



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



Validación de un Protocolo para Evaluación de Implementos de Labranza Vertical.

Por:

HONORIO MORALES HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial
Para Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

*Suenavista, Saltillo, Coahuila, México
Mayo de 2009*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Validación de un Protocolo para Evaluación de Implementos de Labranza
Vertical

Por:

HONORIO MORALES HERNÁNDEZ

TESIS

Que Somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

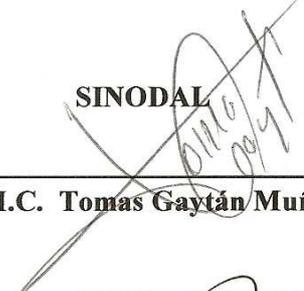
Aprobada por el Comité de Tesis

ASESOR PRINCIPAL



Dr. Martín Cadena Zapata

SINODAL



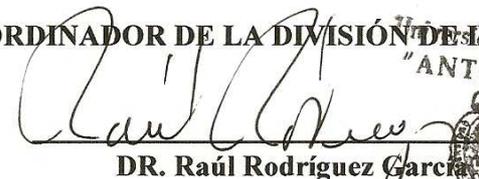
M.C. Tomás Gaytán Muñiz

SINODAL



M.C. B. Elizabeth de la Peña Casas

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA
Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



DR. Raúl Rodríguez García



Suнавista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.
Mayo de 2009
Coordinación de Ingeniería

Agradecimientos



Te agradezco a ti Dios, por tu infinita bondad; por retribuirme lo que un día anhelaba, hoy se hizo realidad; pero sobre todo, gracias por el don de la sabiduría que has puesto en mí, además por regalarme la paz, el amor, la salud y la prosperidad. Conjuntamente por acompañarme en el recorrido de mi vida y por tu plan de amor, por ser el verdadero hermano vuestro y mi mejor amigo.

Las infinitas gratitudes son para ustedes papás, porque con sus esmeros, esfuerzos, amor y fe han podido sacarme adelante. Muchísimas gracias por creer en mí, por los valores inculcados, por luchar su amor en un inicio y darme la oportunidad de ser tu hijo, gracias mamá, valió la pena su esfuerzo. A ustedes le voy a dejar todo lo que he logrado en la vida, y más aun el respeto de aquellas personas que en un tiempo de mi se reían. Que Dios los bendiga y guardé muchos años, que Dios me los cuide estén donde estén.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por ser mi Alma Mater, conjuntamente con el departamento de Maquinaria Agrícola que con su firme propósito académico, me abrieron las puertas para culminar una etapa de mi vida profesional, del cual estoy orgulloso de haber pertenecido. De igual manera, agradezco a todas las instituciones antes de esta, que me abrieron las puertas del conocimiento y a los profesores, los cuales despertaron en mí la filosofía del conocimiento y son parte de mi formación también.

Al Dr. Martin Cadena Zapata, que me dirigió, asesoro y apoyo en mi tesis, lo cual agradezco mucho su apoyo brindado durante la elaboración del proyecto; gracias por su valioso tiempo y dedicación invertido. Además de ser un maestro, es una buena persona y un buen amigo, y sobre todo por su invaluable amistad, gracias lo aprecio mucho.

Al M. C. **René F. Domínguez López** por su asesoría incondicional en la obtención de datos de campo para la elaboración de esta tesis.

A mis **sinodales** y maestros del comité revisor de la academia: M. C. Tomas Gaytán Muñiz, B. Elizabeth de la Peña Casas, Jesús Valenzuela García, Ing. Juan Arredondo Valdez, Dr. Santos Gabriel Campos Magaña y M.A. Héctor E. González Ramírez, quienes fueron testigo y dieron el Vo. Bo. de mi tesis. Gracias, por su tiempo invertido y por brindarme sus conocimientos durante mi estancia universitaria.

A todos los **maestros del departamento de maquinaria** y maestros de la universidad que me brindaron sus conocimientos durante mi estancia en la universidad, en especial al M.C. Gerardo Sánchez Martínez, Uriel Serna Fernández, Juan A. Guerrero Hdez. Todos cooperaron y son excelentes maestros y personas. Me legaron de principios, rectitud y conducta ¡Mil gracias por su ayuda, confianza y apoyo brindado!

A todo el **personal que labora** en la UAAAN por todos los servicios proporcionados que en su momento lo requerí.

A todos aquellos compañeros y amigos que me **apoyaron** incondicionalmente para la obtención de los datos de campo de este proyecto culminado, en especial a mis amigas Perla E. e Imelda,

A mis **compañeros y amigos** de la especialidad, Generación CVI, por los momentos inolvidables, el apoyo, el compañerismo, la amistad y la convivencia brindada durante estos años de estudio. En especial a Ricardo R., Alonso Álvarez, Leandro V., José Gpe., Luis Miguel A., Leonardo Barreto, Ana Ma., Luis Aquino, Orsay, julio, etc. ¡Gracias a todos!

Al Licenciado en Psi. **Martha E. Valdez Sánchez y Gersain Rivera Buitrón** por el apoyo brindado en el momento oportuno, por los momentos compartidos y sobre todo por su invaluable amistad, Dios los bendiga.

*A todo el personal que comprende el **TAP** de “Ave libre” en especial al **TALLER** le doy las gracias por haber cruzado en mi camino y ayudarme a rescatar mi niño interior y por los momentos y experiencias inolvidables. Gracias Dios, sobre todo por su presencia divina, y por ayudarme al rescate de mí mismo.*

*A la **Familia Méndez Betancourt**, por abrirme las puertas de su casa y por hacer de mi estancia en la Universidad una etapa de armonía y convivencia. Con infinita gratitud por su gran corazón.*

*A la Ing. Ind. **Edith Sierra Morales** por creer en mí, su motivación, su colaboración y generosidad, gracias que Dios le colme de bendiciones por su gran corazón.*

*A los **Profesores** Boris Omar Bravo Cruz, Oliverio de Jesús Rojas y Felipe Aventaño Trujillo, le agradezco por ser uno de los mejores profesores que tuve en mi infancia y adolescencia, por su cooperación extra para mi formación, por inculcar en mí la filosofía del conocimiento.*

*Un cordial saludo al municipio de **Yutanduchi de Guerrero**, mi pueblo natal; en especial a todas las familias que en ella radican, gracias por la convivencia, las costumbres y las culturas infundidas para mi formación como persona. Que dios nos guie y, nos oriente a la dicha y la prosperidad.*

*A todas aquellas personas **que se ofrecieron apoyarme** incondicionalmente, aquellas que me impulsaron, que me guiaron con su noble corazón, entrega y generosidad, con su firme propósito de ayuda, gracias hoy les correspondo con infinita gratitud; de esta forma un saludo muy especial para mi buen amigo Cesar Hernández López. El agradecimiento es también al Ing. A. Z. Pablo Z. Monjaraz Curiel. Igual al MVZ. Ermitaño Ríos Díaz. Dios los bendiga a todos ustedes y sus familiares.*

*iii **Gracias!!!***

Dedicatoria



A ti Dios Padre Santo, en tu nombre:

Te agradezco, a través de la presencia de la Santísima Trinidad, padre, hijo y espíritu santo, y de la poderosa intersección de la Santísima Virgen María, nuestra dulce madre y tus santos ángeles administradores.

Las mil gracias te doy de todo corazón, por concederme lo que un día pedí con mucha fe y devoción, hoy con certeza se hizo realidad; pero sobre todo, por el grandioso don de la sabiduría que has puesto en mí, además por regalarme la paz, el amor, la salud y la prosperidad.

Conjuntamente por acompañarme en el recorrido de mi vida y por tu plan de amor, por ser el verdadero hermano nuestro y mi mejor amigo, mi arma fundamental, luz, guía de fuerza, director, eres el amor de mi corazón, en ti confió señor.

A ustedes papás, que se sacrificaron por mí:

Sr. Feliciano Morales López y Sra. Asunción Hernández Puriel

*A ti **padre** que luchaste tanto por hacer de mi un hombre de bien. Pero, sobre todo gracias por darme la oportunidad de ser tu hijo y saber afrontar todos los problemas para lograr que mi vida empezase. Te quiero papá.*

*A ti **madrecita** por tanto cariño, por tanta ternura, por darme tu ser, por aquellos consejos que siempre me das, por cuidarme siempre, por ser mi guía, mi horizonte, mi límite ante los excesos, mi amiga constante de todas las horas, mi mejor consejera, mi doctora, mi maestra. Gracias por ser tú, la madre más hermosa, cariñosa, tierna y dulce del mundo, por tu amor incomparable; a ti te dedico mi trabajo, mi ser y mis victorias por luchar incansablemente. Si me siento orgulloso de algo en esta vida, es de ser hijo tuyo, "Te quiero muchísimo mamá".*

*Es muy gratificante para mí dedicarles este logro que **es parte de ustedes papás**, por luchar y esforzarse día a día para sacarnos adelante, a ustedes le voy a dejar todo lo que he logrado y lograre en la vida. ¡Gracias!*

A mis queridos hermanos:

*Justina, Benito Ignacio, Filemón, Bertín,
Feliciano, y Sergio.*

A ustedes hermanos, gracias por todos los bellos momentos que compartimos juntos, por todo su ayuda incondicional, motivación, amor y comprensión, y son ustedes a quienes los tengo en todo momento porque ustedes son la fuerza de mi caminar, les dedico este logro y les deseo lo mejor en la vida, que Dios me los bendiga. "Los quiero mucho y son parte de mi complemento".

A mis Abuelos:

*Sr. Severiano Morales López. Sr. Daniel Hernández López.
y Sra. Rosalina López Furiel. y Sra. Francisca Furiel Hernández.*

A ustedes gracias por su comprensión, por los momentos compartidos y por sus enseñanzas de la vida, y por sobre todo sus lindos consejos, oraciones y motivaciones que me proporcionaron durante mi estancia universitaria y en la vida misma.

Con mucho cariño para mis Tías (os), Primas (os) y toda la familia por demostrarme siempre su comprensión, ayuda y cariño incondicional y por sus sabios consejos. ¡Gracias!

A mis Verdaderos Amigos, esos ángeles que dios me envió:

A todos y cada uno de ustedes gracias por transitar juntos el camino de la vida, haciendo mi vida más simple e iluminando cada momento. Con quienes he compartido momentos inolvidables..

¡¡¡Mil Gracias!!!



" EL EXITO "



El éxito comienza con la voluntad; si piensas que estas vencido lo estas, si piensas que no te atreves no lo harás; si piensas que te gustaria ganar, pero no puedes no lo lograras, si piensas que perderás ya has perdido; porque en el mundo encontraras que el éxito comienza con la voluntad del hombre (fe), todo está en "el estado mental".

Porque muchas carreras se han perdido antes de haberse corrido y muchos cobardes han fracasado antes de haber su trabajo empezado; piensa en grande y tus hechos crecerán, piensa en pequeño y quedaras atrás, piensa en que puedes y podrás, todo está en estado mental.

Si piensas que estas aventajado, lo estas; tienes que pensar bien para elevarte, tienes que estar seguro de ti mismo antes de intentar ganar un premio. La batalla de la vida no siempre la gana el hombre más fuerte o el más ligero, porque tarde o temprano, el hombre que gana es aquel que cree poder hacerlo.

El pensador positivo se sobrepone al desaliento; nunca supongas que ya lo tienes todo, una meta alcanzada lleva otra y asi consecutivamente; y recuerda la calidad de tu fe y de tu pensamiento dependerá el resultado que obtengas.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
Índice de figuras	IX
Índice de tablas y graficas	X
Resumen	XI
I. Introducción	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Importancia de las pruebas y evaluaciones de implementos	4
1.3 El desarrollo de protocolos de proyectos	6
1.4 Objetivos	7
1.5 Hipótesis	7
II. Revisión de literatura	
2.1 Ventajas y desventajas de la labranza vertical	8
2.2 Caracterización de resultados de la labor y gasto de energía en algunas labores	9
2.3 Protocolos de pruebas y evaluaciones de implementos	15
III. Materiales y métodos	
3.1 Datos generales del arado de cincel	25
3.2 Características del tractor usado para la evaluación	25
3.3 Procedimiento de la evaluación del arado de cincel	27
3.4 Generalidades consideradas antes de la labor	27
3.4.1.1 Medición del microrrelieve	28
3.4.1.2 Medición de la cobertura vegetal	28

3.4.1.3 Medición de la pedregosidad del suelo	29
3.4.1.4 Medición de la humedad del suelo	30
3.4.1.5 Medición de la densidad aparente del suelo	31
3.4.1.6 Medición de la textura	31
3.5 Metodología de evaluación en campo (operaciones).....	32
3.5.1 Parámetros considerados durante la labor	32
1) Superficie total de trabajo	33
2) Medición del Patinaje	33
3) Consumo de combustible	34
4) Velocidad de avance	35
5) Ancho de trabajo	36
6) Profundidad de trabajo	36
3.6 Variables considerados después de la labor	37
1) Medición del microrrelieve, cobertura vegetativa y pedregosidad	37
2) Tamaño promedio de agregados	38
IV. Resultados y discusión	
4.1 Descripción del sitio experimental	40
4.2 Variables tomadas antes de realizar la labor	41
4.3.1 Parámetros tomados durante la labor	47
4.3.2 Variables determinados después de la labor	50
V. Conclusiones y recomendación	52
VI. Bibliografía consultada	53
Anexos	58

INDICE DE FIGURAS

Fig. No.	Página
1. Apreciación del encostramiento del suelo.	1
2. Arado de cincel y su estructura.	2
3. Barra vertical y pie o cincel.	2
4. La diversidad de vida en el suelo	10.
5. Efecto sobre el suelo del pase con un arado de cincel.	12
6. Vista de un montante.	14
7. Forma en que afecta la degradación del suelo en sus propiedades.	15
8. Cincel evaluado de ocho cuerpos.	25
9. Tractor utilizado en la evaluación.	26
10. Toma de lecturas (regla) del microrrelieve por medio del perfilometro.	28
11. Medición de la cobertura con el marco de solera de 1m ² .	29
12. Medición de la pedregosidad con el marco de solera de 1m ² .	30
13. Obtención de las muestras de suelo para la determinación Da.	31
14. Obtención de las muestras del suelo para su posterior análisis en Laboratorio.	32
15. Esquema del avance de la rueda motriz con carga (A) y sin carga (B).	33
16. Medición del patinaje en 5 revoluciones de las ruedas tractivas del tractor.	34
17. Medición del combustible por el método del tanque lleno.	35
18. Medición de la velocidad de avance.	35
19. Medición del ancho de trabajo.	36
20. Determinación de la profundidad de trabajo realizado por el cincel.	37
21. Medición del microrrelieve después del paso del cincel.	37
22. Distribución de los tamices utilizados según diámetro.	39
23. La UAAAN y su campo experimental.	40
24. Ubicación de la parcela experimental.	41
25. Cobertura dejado después del paso del cincel parcela 5.	44
26. Cobertura dejada después del paso del cincel parcela 3.	44

INDICE DE TABLAS

Tabla No.	Página
1. Especificaciones del tractor usado	26
2. Caracterización del microrrelieve de las parcelas antes del paso del cincel.	42
3. Caracterización del microrrelieve de las parcelas después del paso del cincel.	42
4. Cobertura del suelo antes y después del trabajo de las cinco parcelas.	43
5. Comparación de la pedregosidad antes y después de la labor.	45
6. Humedad promedio de las dos repeticiones realizadas.	45
7. Promedio de la Da. de las cinco parcelas.	46
8. Textura del suelo del sitio experimental.	47
9. Obtención del patinaje de cada parcela del sitio experimental.	47
10. Calculo del consumo de combustible durante la prueba.	48
11. Calculo de la velocidad de operación de cada parcela.	48
12. Ancho de trabajo de cada parcela.	49
13. Caracterización de la profundidad de trabajo.	49
14. Distribución del tamaño de terrón según diámetro y masa.	50
15. Determinación del DMA de cada parcela.	51

INDICE DE GRAFICAS

Grafica No.	Página
1. Distribución grafica porcentual de la cobertura del suelo.	43
2. Distribución grafica porcentual de la pedregosidad del suelo.	45

RESUMEN

Es trascendental conocer los diferentes parámetros operativos de los implementos de labranza y su incidencia en el suelo con el fin de disminuir su impacto sobre el medio ambiente y especialmente sobre el suelo. En la actualidad, la labranza de conservación se utiliza extensivamente en la agricultura de México por lo que revisten de gran importancia para el crecimiento de la economía agrícola. No obstante, la productividad y eficiencia de los nuevos implementos juegan un papel determinante en el proceso de producción de alimentos.

Solo por medio de pruebas y evaluaciones, se puede asegurar que la información de las maquinarias agrícolas técnicamente probadas bajo condiciones locales se ponga al alcance de los agricultores. Además, ayudan a fomentar la cultura y por su puesto la adopción de nuevas tecnologías por los agricultores eligiendo el patrón de mecanización necesaria y confiable que rinda un beneficio neto y atractivo.

Con el objetivo de validar una propuesta de protocolo de evaluación se realizó este trabajo en los terrenos experimentales (Buenavista, Saltillo, Coah.) de la UAAAN ubicado en la sede de la institución, en la Ex Hacienda de Buenavista, Municipio de Saltillo, a 7 km al Sur de la Ciudad, sobre la Carretera 54 (Saltillo-Zacatecas).

Se midieron variables antes, durante y después de la evaluación para tener una referencia y así explicar algunos resultados comparativos que se obtienen de ello. La textura del suelo evaluado fue migajón arcilloso, con el 10 % de humedad presente y densidad aparente de 1.55 g/cm^3 ; el implemento evaluado es de tipo integral modelo 610 de la marca John Deere de 8 cuerpos verticales. El estudio arrojó resultados satisfactorios tales como: terrones de tamaños con Diámetro Medio de Agregados de 28.64 mm sobre la superficie, profundidad de trabajo máximo de 26.6 cm y un mínimo de 15.1, ancho de trabajo de 2.30 m, una velocidad de operación de 3.48 Km/h, un nivel proporcional del consumo de combustible de 30 L/h y 25 L/Ha, un patinaje de 13.70%, una cobertura vegetal de 10.2 %, además un índice favorable de rugosidad de 2.38 a 4.70 cm.

Por lo anterior, se confirmó que la propuesta de procedimiento para evaluar los implementos de labranza vertical planteado por el COTENMAEA, sí es adecuada parcialmente para caracterizar el desempeño de los mismos.

Sin embargo, son varios los métodos de medición que requieren ser más tecnificados para una mayor eficiencia. Además se recomienda determinar el volumen del suelo movido por el implemento y buscar una técnica para determinar la porosidad del suelo, línea de cohesión los anteriores no son especificados en la propuesta.

PALABRAS CLAVE: Validación, Labranza Vertical, Evaluación de Implementos, Protocolos, COTENMAEA.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.

En la actualidad, debido a las condiciones de cultivo que se están desarrollando, especialmente el aumento de la superficie sembrada con la práctica de siembra directa y el uso inadecuado de los distintos implementos en las labores, que van desde siembra a cosecha, se empiezan a notar problemas de compactación de suelos. Estos problemas se manifiestan como encostramiento y compactación subsuperficial del suelo (Fig. 1), lo que conlleva a las pérdidas de productividad del mismo. La productividad disminuye a través de los años, debido al reacomodamiento natural de las partículas del suelo (Smith J. et. al., S/F).



Fig. 1. Apreciación del encostramiento del suelo.

Las labranzas agresivas, generalmente denominadas labranza convencional (LC), se asocian a pérdidas del carbono orgánico debido a la destrucción de agregados y la constante exposición de fracciones anteriormente protegidas, y a la sobreoxigenación del suelo provocando incrementos instantáneos en la actividad microbiana (Allmaras et al., 2000). De la misma forma aceleran la descomposición de la materia orgánica y destruyen los agregados estables (Dexter, 1991), provocando la disminución del carbono y nitrógeno potencialmente mineralizables (Woods, 1988).

La conservación del estado óptimo del suelo depende de que sea utilizado de acuerdo con sus aptitudes naturales y su manejo sea técnicamente adecuado. De lo contrario, se tiene como resultado problemas de efectos físicos, químicos y biológicos reflejados como la pérdida de la fertilidad del suelo, deterioros estructurales, pérdida de humus y materia orgánica en general, así como la deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio (INEGI, 2002). El conocimiento de las propiedades físicas de los suelos agrícolas y bióticos proporcionan información para el manejo de equipos agrícolas (Américo, 2004).

Ante los problemas de erosión, degradación de las propiedades físicas y químicas del suelo y déficit hídricos estivales, la introducción de labranzas conservacionistas conocido también como labranza vertical, mantiene altos niveles de rastrojo en la superficie lo cual podría contribuir a solucionar estos problemas (Elissondo et al., 2001). He aquí, que el arado de cincel se considera como un implemento de mínima labranza o labranza de conservación por dejar restos vegetales en la superficie (Hossne G. et al., 2007), además provoca únicamente acciones de roturación y desterronado del suelo sin provocar su inversión respetando de esta forma la conservación de la estructura del suelo agrícola (Planchart R., 2003).

El arado de cincel, es un implemento agrícola cuya función es romper capas endurecidas del suelo que se han formado a ligera o mediana profundidad; se usa en muchos terrenos como labor previo a la arada. El implemento consta de: un marco con sistema de enganche para tres puntos o bien una barra porta - herramientas que puede ser doble o simple (Fig. 2), unas barras verticales que forman el cuerpo del arado de cincel y que pueden ser rígidas ó flexibles, un pié o cincel adherido a las barras verticales (Fig. 3). El arado de cincel debe usarse cuando el suelo esté completamente seco (ImplemAgrRot95, S/F).



Fig. 2. Arado de cincel y su estructura.

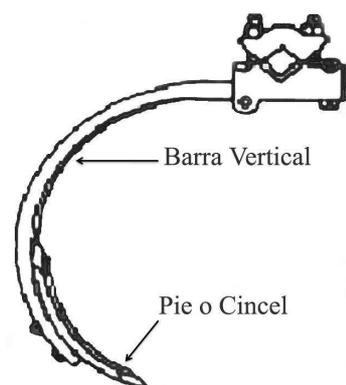


Fig. 3. Barra vertical y pie o cincel. AGSE, S/F

La roturación vertical o labranza vertical de los suelos es una práctica conocida desde 1860, inició con el uso de las cultivadoras de cincel; pero lamentablemente fueron sustituidas por la labranza horizontal por la popularidad que alcanzaron los implementos de discos y vertedera. Sin embargo, hoy en día se encuentran sometidos a un riguroso cuestionamiento en los diferentes foros a nivel mundial, debido a que alteran la disposición natural de los estratos u horizontes del suelo por las acciones de volteo, mezclado y efectos de compactación o pisos.

Ante un sin número de modelos de tractores e implementos de labranza que se comercializan en México de fabricantes domésticos y foráneos, han surgido diferentes grupos o instituciones mexicanas de investigación, enseñanza y operación federal en el ramo de ingeniería y mecanización agrícola, los cuales se han dedicado a la implementación de unidades de prueba y evaluación de maquinaria y equipos agrícolas, que permitan verificar el comportamiento técnico de los diferentes modelos y marcas que se comercializan en nuestro país (Padilla, 2003).

En México fue en el año de 1990 cuando se inició el desarrollo completo de protocolos de pruebas y evaluaciones de algunos de los implementos que se usan en la labranza de los suelos con la “Evaluación Técnica de Equipos para Pequeños Productores” ofrecido en el Campo Experimental de Cotaxtla, Veracruz (Brian G. Sims et. al., 1990); de allí se fueron desencadenando diferentes protocolos o métodos de pruebas y evaluaciones para tractores, implementos, maquinaria pesada, desgranadoras de maíz, trilladoras de frijol, aspersoras, etc. (www.economia-nmx.gob.mx).

Hasta la fecha no hay información técnica para evaluar implementos de labranza vertical, dada la importancia del manejo de estos equipos y para un óptimo aprovechamiento de las partes (implemento-suelo), y más aun por su reputación, es necesario contar con información técnica verídica acerca del desempeño del mismo, esto se piensa lograr a través de la validación del protocolo propuesta por el Comité Técnico Nacional de Normalización de Maquinaria, Accesorios y Equipo Agrícola (COTENMAEA), sometiendo para ello el arado de cincel a la evaluación.

De esta forma se podrá comprobar si los llamados implementos de conservación son realmente eficientes, protectores y conservacionistas como lo dicen los autores para adoptarlos como tal y sea extendido su uso en la agricultura actual.

Cabe destacar que una de las principales ventajas de tener en la mano información de implementos, equipos o máquinas agrícolas es contar con un conocimiento aplicable sobre equipos confiables que rindan un beneficio neto y atractivo, he aquí la importancia de esta evaluación.

1.2 IMPORTANCIA DE LAS PRUEBAS Y EVALUACIONES DE IMPLEMENTOS.

Es trascendental conocer los diferentes parámetros operativos de los implementos de labranza y su incidencia en el suelo con el fin de disminuir su impacto sobre el medio ambiente y especialmente sobre el suelo, con objeto de obtener cambios en la producción de los cultivos y mantener la calidad del suelo, he aquí la importancia de la evaluación de los implementos (Camacho et al, 2007).

Es de sumo interés la evaluación de los implementos agrícolas porque a través de ello se adquiere un buen conocimiento sobre el manejo de las prácticas de laboreo del suelo, el cual se traduce en términos de disminución de los costos de la preparación, conservación de la humedad del perfil, y principalmente provee un conocimiento para prevenir la erosión hídrica y eólica, pero sobre todo para demostrar las ventajas y así fomentar la adopción de nuevas tecnologías por los agricultores. Estos autores compararon tres tipos de manejo del suelo sobre la disponibilidad de humedad en los distintos estratos del perfil del suelo, asociada a períodos determinados por los estados fenológicos del cultivo (Uribe et al, 2002).

Camacho et al (2004), demostraron la capacidad operacional de un prototipo compuesto por discos dobles y cinceles, que permita la fertilización en una profundidad entre 0 y 0,30 m; analizaron el comportamiento de las fuerzas horizontal y vertical, área de suelo disturbada, profundidad de trabajo y resistencia específica. Los resultados reportaron que el uso de discos dobles, frente a los cinceles, reducen la fuerza horizontal y el área disturbada. Los tratamientos con cinceles presentaron mayores valores de fuerza horizontal, mayores áreas disturbadas y resistencia específica semejantes. La combinación de discos dobles y cinceles reduce la fuerza vertical.

En la actualidad, la labranza de conservación se utiliza extensivamente en la agricultura de México. Por lo que los complejos mecanizados revisten de gran importancia en las condiciones modernas de desarrollo y crecimiento de la economía agrícola. No obstante, la productividad y eficiencia de los nuevos implementos juegan un papel determinante en el proceso de producción de alimentos. Para lograrlas, es necesario “buscar” reservas que permitan al productor incrementar sus cosechas y disminuir los costos mediante el uso racional de los recursos suelo y agua (Gutiérrez et al, 2004).

Por tradición de generación a generación se han venido utilizando tecnologías de manejo de suelos con una deficiencia de conocimientos relacionado con la temática que sin lugar a duda determina el deterioro de los suelos mediante el manejo inadecuado de los sistemas tecnológicos el cual provoca la disminución considerable de la productividad de los cultivos, por estas razones surgen las ideas de evaluar los equipos de trabajo ya sea a partir del estudio de parámetros energéticos, económicos, de explotación etc. (Pimentel, 2007).

En muchas regiones, el arado de disco ha comenzado a ser sustituido por otros implementos, tal es el caso de los arados de cincel que ayudan a conservar la estructura del suelo. Por lo que hoy en día es necesario evaluar la estructura y otras propiedades físicas del suelo, con el fin de realizar un diagnóstico para elegir el patrón de mecanización necesario. Además, se debe incluir los conceptos de sostenibilidad y de labranza reducida donde sea posible (Ospina et al., S/F).

El principal objetivo de las evaluaciones en los implementos es conocer los efectos que ocasionan los diferentes métodos de labranza sobre las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración, entre otras) para saber los resultados favorables o no favorables mostrando efectos beneficiosos o no beneficiosos para los suelos los cuales se ven reflejados directamente en el desarrollo del cultivo (Ohep et al, 1998).

Los datos de pruebas pueden servir para controlar importaciones de tractores e implementos y así asegurar la calidad y el servicio para el usuario. Uno de los primeros ejemplos fueron las pruebas de tractores de Nebraska (Barger et al. 1963). Desde 1920 marco como requerimiento estatal que todos los tractores en venta en Nebraska deberán ser sometidos a la prueba oficial y que se mantenga suministro de refacciones en venta.

Uno de los motivos propuestos frecuentemente por gobiernos de países en desarrollo para justificar un programa nacional de pruebas es el de proteger la economía de un gasto erróneo de divisas. Se sostiene que, por medio de pruebas, se puede asegurar que la información de maquinarias agrícolas técnicamente probadas bajo condiciones locales se pone al alcance de los agricultores.

Las pruebas oficiales de los tractores tienen el propósito fundamental de proveer información confiable y repetible a los agricultores. Además, la gran importancia de presentar la información en una forma educativa para ayudarles de esta forma a los extensionistas y estudiantes a entender la importancia de algunos aspectos del diseño de tractores e implementos. Sin embargo, es de importancia para fabricantes, universidades y campos experimentales involucrados en el desarrollo de maquinaria agrícola por la necesidad de formular procedimientos para confirmar criterios de diseño (Brian G. et al., 1990).

Los reportes de pruebas ayudan a posibles usuarios de la máquina a comparar el rendimiento de diferentes modelos y marcas y a seleccionar aquella que más le conviene para sus necesidades (Stevens, 1982). En contraste, Johnson señaló en 1985, que en la gran mayoría de los países donde está disponible información técnica sobre pruebas y evaluaciones de tractores e implementos, hay muy poco interés por los datos. El factor más importante para el usuario potencial es la reputación del fabricante o distribuidor.

1.3 EL DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE PROYECTOS.

Se sabe que, una mala selección de maquinaria y sus herramientas, provocan serios problemas de altos costos de mecanización, reparación y más que nada el abandono por la incompatibilidad con los trabajos que se deben realizar, todo esto ocurre por falta de información y verificación de la calidad de la maquinaria y equipo que se comercializan; sin embargo, en caso contrario es posible asegurar el éxito y rentabilidad del implemento en una región determinada.

El primer protocolo generado en el año de 1990 como se menciona anteriormente, lleva por nombre Evaluación Técnica de Equipos para Pequeños Productores llevadas a cabo en un taller Teórico – Práctico ofrecido en el Campo Experimental de Cotaxtla, Veracruz, México Aprobado por el PROGRAMA DE COOPERACION TÉCNICA México - Gran Bretaña en Marzo de 1990.

Este protocolo establece las especificaciones mínimas de calidad y el método de prueba general para evaluar el funcionamiento, durabilidad, comportamiento, adaptabilidad, facilidad y seguridad de operación de los equipos que comprende la labranza primaria y labranza secundaria, así también, las sembradoras y plantadoras, aspersoras (de mochila y de campo), fertilizadoras (de ancho completo y centrifugas), trilladoras y desgranadoras, bombas (manuales y motorizadas); no obstante, a partir de esta fecha dio inicio con la generación más estructural de las normas para evaluación de equipos en el área de mecanización agrícola en nuestro país.

Por consiguiente, se encontraron varios protocolos que se han venido aprobando de las diferentes pruebas y evaluaciones en los diversos implementos, tractores y maquinaria agrícola que se usan para fines agrícolas en México accediendo a la página de consulta electrónica del catalogo mexicano de normas NOM's y las NMX's vigentes expedidas por la Secretaría de Economía (www.economia-nmx.gob.mx/). Estas normas NMX son:

- NMX-O-131-1977 Tractores, Implementos y Maquinaria Agrícola. Clasificación y Terminología: Clases y Definiciones Generales.
- NMX-O-133-1978. Tractores y Maquinaria Agrícola - Clasificación y Terminología. Equipo para Trabajar la Tierra (Clase B).
- NMX-O-182-SCFI-2003 - Tractores Implementos y Maquinaria Agrícola - Arados de Discos - Especificaciones y Método de Prueba.

- NMX-O-183-SCFI-2003 - Tractores Implementos y Maquinaria Agrícola - Rastras de Discos de Levante - Especificaciones y Método de Prueba.
- NMX-O-203-SCFI-2004 - Tractor Agrícola – Determinación de Potencia y Fuerza de Tracción d la Barra de Tiro – Método de Prueba.
- NMX-O-216-SCFI-2004 - Tractores, Implementos y Maquinaria Agrícola – Desgranadoras de Maíz – Especificaciones y Método de Prueba.
- NMX-O-221-SCFI-2004 - Tractores, Implementos y Maquinaria Agrícola – Trilladoras de Frijol Estacionarias - Especificaciones y Método de Prueba.

En la mayoría de estas normas mexicanas (NMX) llevan el siguiente orden: el prefacio (Empresas e instituciones que participaron para la elaboración de dicha norma), los objetivos y campos de aplicación, las referencias (Otras normas consultadas), las definiciones, las especificaciones de calidad, el muestreo (Verificación de la información técnica) y por último el método de prueba (Se especifican las condiciones generales de la prueba).

1.4 OBJETIVOS.

Determinar si el protocolo “Metodología de prueba para la evaluación de equipos de labranza vertical”, propuesto por el COTENMAEA puede caracterizar y arrojar la información requerida para cuantificar el desempeño de estos implementos.

1.5 HIPOTESIS.

La propuesta del procedimiento para evaluar los implementos de labranza vertical es adecuada para caracterizar el desempeño de los mismos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA LABRANZA VERTICAL.

Los sistemas de labranza conservacionista tienen ventajas sobre los convencionales, puesto que permiten proteger los recursos naturales (Uribe et al, 2002).

La labranza de conservación es una secuencia de labores, cuyo objetivo es minimizar o reducir la pérdida de suelo y agua; operacionalmente es una labranza o una combinación de labranza y siembra que deja una cobertura de rastrojo sobre el suelo de un 30% o mayor. Los logros que se obtienen son: menos costos de operación y por lo tanto son menos horas hombre y menos horas maquinaria utilizada. La materia orgánica se mantiene en la superficie, por lo tanto se generan muchos beneficios entre los cuales tenemos el de conservar la humedad, bajar la temperatura de la tierra, el agua se infiltra, no corre y se incrementa el PH de la tierra (John Deere, S/F).

La labranza conservacionista es un sistema de labranza que no invierte el suelo por lo que hay menos descomposición de la materia orgánica y menos pérdida de humedad, (muy importante antes de la siembra), además retiene rastrojos sobre la superficie para sostener mejor la productividad de los suelos, ejemplo de ello son: la labranza reducida, labranza en camellones, labranza vertical, labranza en bandas y labranza cero. La principal característica de la labranza vertical es que utiliza brazos o flejes equipados con puntas para aflojar el suelo. Los implementos principales son el arado cincel, el vibrocultivador, el cultivador, etc.

Sus ventajas principales: trabajan en amplios rangos de tipos de suelos, inclusive en suelos con problemas de drenaje y susceptibles a la compactación, tienen una alta eficiencia operativa (velocidad y ancho de trabajo), tienen un menor costo en mantenimiento en comparación con los de labranza convencional. Su mayor limitación es la dificultad de controlar malezas, pues inciden en incrementos de plagas y enfermedades asociadas con los rastrojos que no se entierren completamente (AGSE, S/F).

Los arados de cinceles tienen la ventaja de trabajar a una gran profundidad de trabajo crítica, sin que exista remoción lateral del suelo. Dicha profundidad depende del ángulo del implemento y de su ángulo de ataque, así como la densidad y el contenido de humedad del suelo; sin embargo para trabajar en profundidades mayores a la crítica, es recomendable el uso de aletas laterales en la punta del cincel, lo cual reduce también la resistencia específica y favorece el ancho de trabajo y la eficiencia de campo (McKyes, 1985).

La labranza vertical se le llama así porque el suelo es empujado hacia adelante en sentido vertical ascendente mediante una reja montada sobre un brazo rígido, semirígido, flexible, y/o vibratorio. Al ser la tierra desplazada lateralmente la cantidad de materia vegetal enterrada depende fundamentalmente de la velocidad de trabajo, el tipo de reja utilizada y el contenido de residuos previo a la labor. El relieve superficial suele quedar en forma de pequeños lomos. El suelo se fragmenta en agregados de tamaño variable dependiendo del tipo de suelo, contenido de humedad y velocidad de trabajo.

El arado de cincel es el apero que más se utiliza para la labor primaria en la labranza vertical junto al cultivador pesado. Las ventajas son: permite trabajar con una gama de humedades más amplia y especialmente en condiciones secas, la velocidad de trabajo puede alcanzar hasta 10 km/h, se adaptan bien a terrenos con piedras; (BooksPPA45, S/F).

Existen algunos factores que influyen de manera importante para frenar la adopción de labranza de conservación por parte de los agricultores y que pueden constituirse como desventajas. Entre los más importantes están: 1) la fuerte demanda sobre los residuos de cosecha, que se utilizan para la alimentación del ganado; 2) la necesidad de contar con una máquina sembradora especializada; 3) cambios en la dinámica de poblaciones de maleza, lo que hace difícil el manejo de herbicidas por parte de los productores; 4) insuficiente capacitación y difusión sobre el método (Inifap, Michoacán, S/F).

Los implementos de labranza vertical son menos pesados por lo que se fabrican con un mayor ancho de trabajo, condición ésta que permite conformar unidades mecanizadas más eficientes y rendidoras. Ensayos realizados muestran que con un implemento 25 % más liviano se prepara hasta un 80% más de superficie en igual tiempo que con implementos de discos en la labranza horizontal. Los implementos de punta son más económicos en precio, sus repuestos y accesorios más baratos y su mantenimiento mucho más simple por lo que el costo de adquirir y mantener implementos de punta resultan aproximadamente un 30% menor que sus equivalentes en discos (Alezones, 2003).

2.2 CARACTERIZACIÓN DE RESULTADOS DE LA LABOR Y GASTO DE ENERGÍA EN ALGUNAS LABORES.

La labranza vertical, como cualquier sistema de labranza, da los mejores resultados en suelos fértiles, no compactados, bien drenados, emparejados y sin problemas de malezas. Antes de iniciar la labranza vertical, si el suelo está compactado se debe descompactar, emparejar las parcelas si fuera necesario, y rectificar cualquier deficiencia nutricional que se presente. Para la implementación exitosa de la labranza vertical es importante que los rastrojos y las malezas sean bien triturados y uniformemente distribuidos en la parcela. Así se puede evitar el atascamiento en los implementos. (AGSE, S/F).

Una inspección básica del suelo es la primera y a veces la única herramienta de control que se usa para evaluar los cambios en el suelo. Una mejor apreciación de estas propiedades físicas y biológicas del suelo, y de cómo afectan su manejo y productividad, han resultado en la adopción de varias técnicas de evaluación de la salud del suelo. (Fsqihome, 1999).

Los suelos están formados por cuatro componentes básicamente: Minerales (45%), agua y aire (25% c/u), y materia orgánica (2-5%). Estos minerales consisten en tres tamaños de partículas clasificados como arena, limo y arcilla, ordenados de la más grande a la más pequeña respectivamente.

Sin embargo, la textura y estructura del suelo son diferentes pero ambas determinan el estado poroso para la circulación de aire y agua, resistencia a la erosión, facilidad para ararse y penetración de las raíces.

La textura se refiere a las porciones relativas de arena, limo y arcilla, está mas relacionada a los minerales en el suelo y no cambia con las actividades agrícolas, la estructura se puede mejorar o destruir fácilmente con la selección y duración de prácticas agrícolas; por lo que la estructura se refiere a como se aglomeran o a la “reunión” de arena, limo y arcilla en terrones secundarios mayores (Holgado, S/F).

El suelo es considerado como una comunidad viviente de una multitud de organismos y microorganismos (Fig. 4) que forman la materia orgánica a través de sus diferentes niveles tróficos de su red alimenticia, tales como organismos muertos, materia vegetal, y otros materiales orgánicos en varias etapas de descomposición; cada uno de estos organismos juegan papeles diferentes los cuales trabajan para el beneficio del agricultor mediante la fertilidad de la tierra.

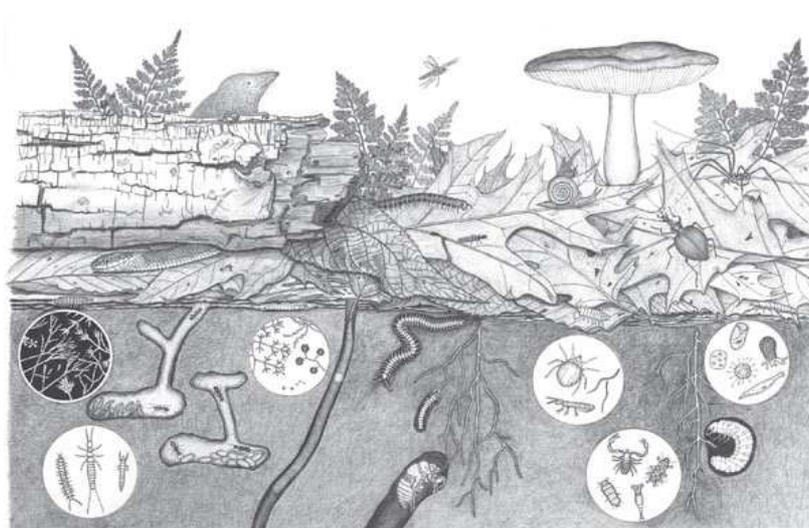


Fig. 4. La diversidad de vida en el suelo. Dibujo por James Nardi, (Stevens G.N., 1982)

Se dice que los lombrices de tierra realizan túneles sobre la faz de la tierra lo cual contribuye a mejorar la filtración del agua, y la aireación del suelo, estos poros permiten el intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera, es decir, la ventilación del suelo (Spaans et. al., 2006), reduciendo así el escurrimiento de agua, ayuda a recargar la capa subterránea, y a guardar más agua para períodos secos.

Un suelo que se desagua bien, no se encostra, se infiltra el agua rápidamente y no forma terrones se dice que tiene buena capa cultivable o labranza. Sin embargo, la buena labranza depende de la agregación (proceso en el cual las partículas individuales del suelo se juntan en racimos o “agregados”). A propósito, el tipo de suelo viviente saludable que se requiere de ahora y en adelante, en el futuro deberá ser balanceado en nutrientes y de alto contenido de humus con una gran diversidad de organismos de suelo. Para lograr esto, debemos trabajar con los procesos naturales y las funciones óptimas para sustentar nuestros terrenos agrícolas (Sullivan Preston, 2007).

Esquemáticamente se puede visualizar el suelo como una matriz, hecha de minerales y materia orgánica, y poros que contienen agua y aire. La arquitectura o estructura del suelo se refiere a la forma en la cual la matriz y los poros están ensamblados (Brady y Weil, 1999).

El arado de cincel tiene la particularidad de poder sobrepasar la profundidad de trabajo de las herramientas de labranza convencional si las condiciones físicas iniciales de suelo y la humedad del mismo son adecuadas (Ripoll y Kruger, 1996).

El uso de discos dobles, frente a los cinceles (Evaluación de un prototipo compuesto de discos dobles frente a los de cinceles), reducen la fuerza horizontal y el área disturbada. Sin embargo, los tratamientos con cinceles presentaron mayores valores de fuerza horizontal, mayores áreas disturbadas y resistencia específica semejantes. La combinación de discos dobles y cinceles reduce la fuerza vertical (Camacho et al (2004).

Se realizaron muestreos de los rendimientos de los cultivos de maíz y trigo comparando parámetros de densidad aparente, resistencia mecánica, la estabilidad estructural y la temperatura del suelo entre siembra directa practicada anteriormente y la acción de labranza vertical; la densidad aparente y resistencia mecánica presentaron valores superiores a la labranza vertical siendo más marcadas estas diferencias entre 3-8 cm.

El uso de arado de cinceles en un suelo con una muy buena condición inicial no produce cambios perjudiciales en la estructura del suelo. Los autores afirman también que una buena condición física del suelo al inicio de la siembra permite que el suelo no tenga limitantes para el rendimiento de los cultivos (Elisondo et al, 2001).

En la agricultura actual ya no se trata de producir más, sino de hacerlo de forma que se consiga minimizar los costes de producción; se estima que de todos los insumos utilizados el más costoso es el uso de la maquinaria para la preparación de suelos. Estas razones y otras son las que han llevado al desarrollo y experimentación de técnicas alternativas a las tradicionalmente empleadas; uno de ellos es la reducción de la intensidad del laboreo (tanto en el tiempo como en el espacio), el laboreo vertical y la siembra directa son algunos ejemplos.

Cualquier sistema de trabajo que se utilice siempre presentará aspectos positivos y negativos y requerirá de análisis pormenorizados que permitan la obtención del balance final para cada situación concreta. Es por eso que, para la introducción de técnicas alternativas a las tradicionales sobre todo en la de preparación de los suelos se requiere un análisis profundo no sólo de los materiales a utilizar sino de las condiciones específicas que rodean a cada situación, ejemplo de ello es la compactación, estructura, profundidad, capas impermeables, así como la información sobre la presencia de malas hierbas en la parcela; solo de esta forma se podrá tomar la decisión de qué tipo de técnica utilizar porque de lo contrario resultaría, una técnica arriesgada y de dudoso éxito (Bibliotecina bustia, S/F).

Para una buena cincelada los dientes deben trabajar 10 cm por debajo de la capa dura que se desea romper y a una velocidad cercana a los 10 Km/h; no es recomendable trabajar a una profundidad mayor de los 20 cm., lo que si se recomienda es dar varias pasadas en un ángulo de 20°. No obstante, cuando avanza el implemento sobre el suelo la vibración del diente promueve con alta intensidad la ruptura angular del suelo quedando fracturado dentro de un surco en V; facilitando así el mezclado de los residuos superficiales que en varias pasadas alcanzan zonas profundas del perfil (Fig. 5).



Fig. 5. Efecto sobre el suelo del pase con un arado de cincel fuente: Biblioteca océano, 2001.

En un suelo con buenas condiciones de humedad (Menos Humedad y cerca a Capacidad de Campo) el cincel permite que los terrones pequeños tiendan a subir a la superficie lo cual produce esponjamiento del suelo, promueve la infiltración, la aireación y rugosidad superficial en el terreno los cuales conducen al mejoramiento de las características físicas de los suelos (Aguilar et. al., 2002).

El contenido de agua del suelo afecta los requerimientos de fuerza de tracción, el área de suelo disturbada, la profundidad de trabajo, el ancho de trabajo y la resistencia específica para los implementos estudiados (arado de discos, arado de cincel vibratorio y arado de cincel rígido). Un contenido de agua intermedio se presenta como la condición adecuada para laborar el suelo, donde la resistencia específica es menor, lo cual se traduce en un menor requerimiento de potencia y baja demanda de energía, con una mayor área de suelo disturbada (Camacho et. al., 2007).

Sugieren (Bonel et. al., 2004) el escarificado como práctica cultural para mejorar las cualidades agrícolas del suelo, que se evidencian en el incremento de la porosidad total, macroporos y mesoporos hasta los 20 cm de profundidad. Esto se traduce en un incremento del flujo de agua medido a través de los aumentos en la tasa de infiltración.

En una comparación que hicieron (Cadena et. al., 2004) de Labranza Vertical (Multiarado y Vibrocultivador) con la Labranza Convencional (Arado de discos y rastra de discos) en términos de la calidad y consumo de energía que los implementos desarrollan al labrar el suelo. Consideran que la labranza vertical son de menor costo para la preparación del suelo; pues el multiarado puede sustituir al arado de discos (labranza primaria) y para la labranza secundaria el vibrocultivador a la rastra de discos puesto que realiza las mismas labores pero de una mejor calidad traducidos en menor consumo de combustible por área, reducción en la densidad aparente, un mayor ancho de trabajo, menor esfuerzo unitario y disturbación energética, tamaño de agregados óptimos y un menor inversión del suelo.

Se puede reducir la intensidad de la labranza del suelo sin que esto afecte negativamente la productividad del cultivo y del suelo, siempre y cuando se deben considerar las características y condiciones específicas de cada tipo de suelo para obtener efectos positivos a través de una mejor estructura del suelo (Spaans et. al., 2006).

El tipo de montante o soporte (Fig. 6) que utilizó (Marrón et al, 1998) para cinceses rígidos y flexibles afectó el esfuerzo de tiro demandado por el arado de cinceses, así también la potencia demandada por el arado de cinceses fue afectada por el tipo de montante, para los distintos espaciamientos entre montantes empleados, con una demanda de potencia a la barra de tiro del tractor de 62,2 % para cincel con montantes flexible comparado con los montantes rígidos.



Fig. 6. Vista de un montante. Marrón et al., 1998.

Al someter un suelo a la rotura por efecto de una herramienta de corte, el componente horizontal y vertical de la fuerza de reacción que el suelo opone al ser trabajado, varía cíclicamente. Así mismo, las fuerzas son una variable aleatoria del tiempo (Duran, 2001).

Para cinceles y subsoladores es importante considerar el ángulo de ataque, ya que para un valor cercano $0,436$ rad se presentan bajos valores de fuerza de tracción (Aluko y Seig, 2000), así como la menor resistencia específica (Magalhães y Souza, 1990).

El laboreo de conservación es el sistema que pone énfasis en reducir las pérdidas por erosión eólica e hídrica, del suelo y las pérdidas por escorrentía, percolación y evaporación del agua de lluvia. El término laboreo de conservación es muy amplio y en él se incluyen sistemas que van desde el laboreo mínimo hasta el no laboreo o siembra directa (Barnet, 1989).

El hombre labra la tierra con el objeto de crear condiciones favorables para el crecimiento de las plantas cultivadas. Estas condiciones están dadas por la presencia de un suelo suelto y bien aireado, y por la ausencia de malas hierbas (Durán, 1996).

Las prácticas de manejo de suelo pueden afectar la producción de los cultivos a través de su influencia en la distribución de la materia orgánica, la capacidad de almacenaje de agua y la dinámica de nutrientes del suelo (Ferrerías, 2002).

Por otra parte, la implementación de labranzas conservacionistas puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos puesto que contribuyen, en general, a mantener o incrementar el nivel de carbono orgánico del suelo (Franzluebbbers et al., 1999). Si bien, estas labranzas conservacionistas son importantes para reducir la degradación del suelo (Fig.7), en algunas situaciones pueden también conducir a un exceso de compactación (Mahboubi et al., 1993).



Fig. 7. Forma en que afecta la degradación del suelo en sus propiedades. Holgado C., S/F

2.3 PROTOCOLOS DE PRUEBAS Y EVALUACIONES DE IMPLEMENTOS.

La validación es el aspecto que caracteriza la introducción de nuevos equipos y tecnologías en los sistemas de producción agropecuarios. No es criterio limitado en aspectos técnicos ni económicos sino trata de recoger algunos de los principales indicadores que decidan la aceptación o no de estos equipos (Garzón Perera et. al, S/F). La primera forma de control sería la aceptación de la evaluación. Para ello, se usan los protocolos bajo el parámetro de evaluación los cuales son intento de reglar la práctica. El protocolo crea realidad; es el producto de un discurso que define y evalúa sólo lo que se propone evaluar.

Etimológicamente, "protocolo" viene del latín y antes del griego con el significado de hoja que se pegaba a un documento para darle autenticidad, propiamente "lo pegado en primer lugar".

Así se tiene, es una serie ordenada de escrituras, matrices y otros documentos que un notario o escribano autoriza y custodia con ciertas formalidades. Acta o cuaderno de actas relativas a un acuerdo, conferencia o congreso diplomático. Regla ceremonial diplomática o palatina establecida por decreto o por costumbre. Plan escrito y detallado de un experimento científico, un ensayo clínico o una actuación médica. Los protocolos son pasos a seguir de cada sitio, lugar o movimiento en la situación de cada uno de los seres humanos. (Barcelona reglas, S/F).

En los países industrializados los frutos de la investigación en ciencias agropecuarias han permitido que la producción agrícola sobrepase las necesidades alimenticias nacionales. Y los avances complementarios en ingeniería agrícola han permitido la aplicación exitosa de dichos frutos (Brian G, 1990).

Sin embargo, todo cambio o avance tecnológico implica un cambio en las concepciones de trabajo del usuario por lo que es necesario identificar, caracterizar y analizar este aspecto partiendo siempre de una mentalidad de mercado, es decir, satisfacer las necesidades de los clientes (Garzón Perera et. al, S/F).

Para esto son necesarias las pruebas y evaluaciones, que es el tema predominante para este fin. El término "prueba" se refiere a un análisis del comportamiento de una máquina comparándola con otras normas definidas y/o bajo condiciones ideales (Johnson, 1985). En cambio la "evaluación" involucra la medición de su comportamiento bajo condiciones agrícolas reales, por ejemplo, el rendimiento de un arado en suelos de diferentes texturas y contenidos de humedad y con un rango de coberturas vegetativas.

En práctica, la gran mayoría de procedimientos para equipos agrícolas incluyen una parte realizada bajo condiciones ideales y controladas (Prueba), y una parte realizada en condiciones reales de la agricultura (Evaluaciones).

Las pruebas oficiales de tractores tienen el propósito de proveer información confiable y repetible. No incluyen trabajo en campo porque sería imposible reproducir las condiciones. Por lo tanto, el procedimiento abarca solamente la medición de las características que no son afectadas por el estado del terreno agrícola, como son: Especificaciones del tractor, potencia y consumo de combustible del motor, potencia y capacidad del sistema hidráulico, radio y espacio de giro, emisión de humo, centro de gravedad, ruido, potencia a la barra de tiro, capacidad de los frenos, y resistencia de las estructuras de seguridad (Sims G. et al., 1990).

La disciplina de evaluación científica desarrolla las aptitudes de observación y medición precisa, aspectos fundamentales en la capacitación de ingenieros agrícolas.

Los procedimientos de prueba y normas para tractores agrícolas han sido establecidos en países industrializados por varios años. Ejemplo de ello son los procedimientos norteamericanos (ASA 1980) y europeos (OECD 1970), el código de la Organización Internacional de Normas (ISO 1983) los cuales son compatible a nivel internacional.

Dada la variedad de condiciones de trabajo y niveles de sofisticación de los implementos agrícolas, se ha dificultado la compilación de procedimientos de prueba para ellos a nivel internacional.

Debido a que los procedimientos elaborados en los países industrializados son relativamente tecnificados y, por lo general, requieren equipos e instrumentación sofisticados y no son, en muchas instancias, apropiados para centros de prueba en otros países. Con respuesta a esto, varios países y regiones en desarrollo han elaborado sus propios códigos menos sofisticados y costosos, es decir, de acuerdo a su área local. México cuenta para tal motivo con el Código “Norma Oficial Mexicana” NOM, “Normas Mexicanas” (NMX).

Una Norma Oficial Mexicana “NOM” es:

Conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización es la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como, aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

Para obtener un informe de ensayos, los fabricantes deben evaluar sus productos en un laboratorio mexicano acreditado de acuerdo con los requisitos NOM. En la mayoría de los casos, los certificados NOM tienen una validez de 1 año.

Una Norma Mexicana “NMX”:

Es una Norma Mexicana la que elabora un organismo nacional de normalización, o la secretaria de economía en ausencia de ellos, de conformidad por lo dispuesto en el artículo 54 de la LFMN, en los términos de la LFMN, que prevé para uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, mercado o etiquetado.

Cabe destacar que las normas NOM son reguladas por la Secretaría de Economía y las normas NMX los Organismos Nacionales de Normalización.

Se accedió a la página de consulta electrónica del catálogo mexicano de normas NOM's y las NMX's vigentes en México expedidas por la Secretaría de Economía, los cuales son revisados y actualizados diariamente con la información que se obtiene de las publicaciones del Diario Oficial de la Federación, de los organismos nacionales de normalización y de los comités técnicos de normalización nacional; he aquí, las normas mexicanas (NMX) de evaluaciones en el área de mecanización agrícola encontradas:

NMX-O-131-1977 - Tractores, Implementos y Maquinaria Agrícola. Clasificación y Terminología: Clases y Definiciones Generales.

Esta norma nos permite conocer la clasificación de los tractores, maquinaria e implementos para uso agrícola, así como las definiciones y terminología de cada uno de ellos. Por objeto de esta norma, clasifica a los equipos agrícolas de la siguiente manera y orden:

- Unidades agrícolas de poder.
- Equipo para trabajar la tierra.
- Equipo para sembrar y plantar.
- Equipo para fertilizar.
- Equipo para la protección de los cultivos.
- Equipo para irrigación.
- Equipo para cosechar.
- Equipo para desgranar, seleccionar y acondicionar los productos agrícolas después de la cosecha.
- Equipo para el manejo del ganado.
- Equipo para el procesamiento de los productos agrícolas a escala de granja.
- Equipo para trabajo de lechería a escala de granja.
- Equipo de manejo y transporte para uso Agrícola.
- Equipo para la restauración y conservación de la tierra.
- Equipo para el manejo de estiércol y alimentos de ganado.
- Equipo misceláneo.

Los implementos pueden ser operados por tractor, arrastrado, semi-montado, montado, jalado por un animal, etc. Además pueden ser disco plano, cóncavo, cónico, sencillo, cercenador o dentado, de orilla ondulada, escardillo, vertedera sencilla y cincel.

NMX-O-133-1978 – Tractores y Maquinaria Agrícola - Clasificación y Terminología. Equipo para Trabajar la Tierra (Clase B).

En esta norma se establecen únicamente las definiciones y clasificaciones de los equipos para arar y preparar el suelo como son arados, cultivadores, rastras, rodillos, escarificador, surcador, bordeador, cultivador, etc.

Al igual que las normas anteriores como primer planteamiento establecen los objetivo y campos de aplicación, las referencias, en esta norma establecen las definiciones de los equipos para arar y preparar el suelo como son arados, cultivadores, rastras, rodillos, escarificador, surcador, bordeador, cultivador, etc.

NMX-O-182-SCFI-2003 - Tractores Implementos y Maquinaria Agrícola - Arados de Discos - Especificaciones y Método de Prueba.

Esta norma mexicana establece las especificaciones mínimas de calidad y el método de prueba para evaluar el funcionamiento, durabilidad, facilidad y seguridad de operación de los arados de discos, que se comercializan en la República Mexicana.

Nos capitulan el *Prefacio* en el cual indican las diferentes empresas e instituciones que participaron para la elaboración de dicha norma; al igual en las siguientes normas especifican los *Objetivos Y Campos De Aplicación, Las Referencia para la elaboración de esta norma.*

Así también las *Definiciones* de los implementos, *sus características*, el tractor, tiempo efectivo de trabajo, tiempo para ajustes, estado de piso de arado, longitud de trabajo, longitud real de trabajo, Ancho total (Es el promedio de los anchos de trabajo que se miden directamente en las dos cabeceras de la parcela, al terminar la prueba de funcionamiento). Ancho de trabajo promedio (Es el ancho total de trabajo entre el número de trayectos realizados durante la prueba).

Ancho de trabajo real (Es el ancho de trabajo que realiza el arado en cada trayecto y se determina mediante el promedio de las medidas tomadas durante la prueba). Ancho de trabajo teórico (Es el ancho de trabajo expresado por el fabricante en su manual del operador). Porcentaje del ancho de trabajo (Es la relación que existe entre el ancho teórico dado por el fabricante y el ancho de trabajo real obtenido durante la prueba). Profundidad de trabajo (Es la profundidad a que penetra el implemento en el suelo, que se determina mediante el promedio de las medidas en cada trayecto).

Superficie real (Es la superficie de la parcela donde el arado mueve el suelo, se puede determinar mediante el ancho total y la longitud real de trabajo). Velocidad de operación (Es la velocidad promedio en la que se desarrollaron las pruebas en campo). Rendimiento efectivo (Es la relación entre la superficie real de trabajo y el tiempo efectivo de trabajo).

Cabe destacar que muestran las *especificaciones mínimas de calidad* con las que debe cumplir el arado de discos. El fabricante debe entregar las especificaciones técnicas del arado de discos, manual de operación, mantenimiento, seguridad, diagramas de ensamble y listado de piezas y de refacciones del arado.

Los puntos para la inspección técnica de la estructura son:

a) Del fabricante:

- Fabricante.
- Dirección.
- Teléfono y fax.
- Correo Electrónico.

b) Del arado:

- ✘ Tipo, modelo, número de serie y nombre comercial.
- ✘ Categoría de enganche.
- ✘ Peso de la máquina kg.
- ✘ Dimensiones de altura, longitud y ancho, para trabajo y transporte, m.

c) De los discos:

- Número.
- Peso.
- Diámetro.
- Concavidad.
- Espesor.
- Ángulo de ataque y de inclinación.
- Ajustes.

d) De los cilindros hidráulicos:

- Modelo.
- Fabricante.
- Capacidad.

Realizan el *Muestreo* y consiste en que el fabricante lo entrega al laboratorio para verificar su información técnica, realizan también el *método de prueba* en el que se especifican las condiciones generales de la prueba en el arado (debe contar con sus discos correspondiente, además de sus accesorios y la información que acompaña al mismo).

En el tractor (debe ser siempre el mismo hasta el término de éstas y debe estar en condiciones óptimas para el trabajo como lo recomienda el fabricante del implemento). En el operador (debe ser altamente calificado y avalado por el fabricante para las pruebas del arado y será siempre el mismo hasta el término de la prueba).

En las características de la parcela de prueba:

- Tipo de suelo.
- Textura.
- Densidad aparente.
- Humedad del suelo.
- Resistencia a la penetración (gráficas).
- Resistencia al corte (gráficas).
- Microrrelieve (gráficas).

Prueba de funcionamiento:

- Tiempo total.
- Tiempo de viraje.
- Tiempo de ajustes.
- Superficie total.
- Superficie real.
- Ancho de viraje.
- Longitud trabajada después de los 100 m.
- Combustible consumido.
- Velocidad de operación.
- Profundidad de trabajo.
- Ancho de trabajo.
- Tamaño promedio del terrón.
- Incorporación de residuos.
- Incorporación del suelo.
- Los resultados deben registrarse en los formatos.

NMX-O-183-SCFI-2003 - Tractores Implementos y Maquinaria Agrícola - Rastras de Discos de Levante - Especificaciones y Método de Prueba.

Esta norma mexicana establece las especificaciones mínimas de calidad y el método de prueba para evaluar el funcionamiento, facilidad y seguridad de operación, y durabilidad de las rastras de discos tipo convencional de levante, nuevas que se comercializan en la República Mexicana.

Al igual que anteriores y las siguientes, especifican en este orden los *objetivos y campos de aplicación, las referencias, las definiciones del implemento del tractor, implemento agrícola, etc.* Las definiciones que aquí se establecen son similares a la del arado de discos con la única diferencia de que esta maneja el grado de mulción (es la relación que existe entre el tamaño promedio del terrón antes y después de la prueba de funcionamiento del implemento).

Nos indica las *especificaciones generales*, de la estructura de la rastra, del funcionamiento (ancho de trabajo, patinaje), de la eficiencia, de la calidad de trabajo, de la durabilidad, de la seguridad de operación, realizan *el muestreo* al igual que las anteriores.

Igual que el de arado de discos realizan el método de prueba en el que se especifican las condiciones generales de de la rastra, tractor, operador, características generales de la parcela:

- Textura del suelo.
- Humedad del suelo [%].
- Densidad aparente [g/ml].
- Cantidad de residuos [g].
- Resistencia al corte [kgf/cm] [kPa].
- Tamaño promedio del terrón [mm].
- Micro relieve [%], y
- Resistencia a la penetración [kgf/cm] [kPa].

En la prueba midieron y/o calculan cada uno de los siguientes puntos:

- Ancho real de trabajo [m].
- Ancho de trabajo total [m].
- Ancho de trabajo [m].
- Longitud total de trabajo [m].
- Longitud real de trabajo [m].
- Superficie total de trabajo [m²].
- Superficie real de trabajo [m²].
- Velocidad de operación [km/h].
- Tiempos [h].
- Porcentaje del ancho de trabajo [%].
- Profundidad de trabajo [m] [in].
- Rendimiento teórico de la rastra [ha / h].
- Eficiencia efectiva [%].
- Eficiencia real [%].
- Rendimiento en tiempo efectivo [ha / h].
- Rendimiento en tiempo operativo [ha / h].
- Rendimiento real [ha / h].
- Patinaje de las ruedas [%].
- Tamaño promedio del terrón antes de la prueba [mm].
- Tamaño promedio del terrón después de la prueba [mm].
- Grado de mullición [%].
- Incorporación de residuos [%].
- Incorporación de suelo [%].
- Eficiencia operativa [%].

De la facilidad y seguridad de operación:

- Seguridad en el enganche y desenganche.
- Observación de la firmeza de las señales de seguridad al finalizar las pruebas.
- Seguridad para realizar el mantenimiento de la rastra.
- Seguridad al realizar las regulaciones en la máquina.

De la operación continua:

- Tiempo de prueba.
- Material de prueba.
- De la durabilidad.
- Inspección técnica de la estructura.

Del fabricante:

- ✓ Dirección.
- ✓ Teléfono y fax
- ✓ Fabricante.
- ✓ Correo electrónico.

De la Rastra:

- Tipo, modelo, número de serie y nombre comercial.
- Categoría de enganche.
- Peso del implemento, kg.
- Dimensiones de altura, longitud y ancho para trabajo y transporte, m.

De los discos se registra:

- | | |
|--------------------------|--|
| ✓ Número. | ✓ Espeso. |
| ✓ Peso. | ✓ Distancia entre discos. |
| ✓ Diámetro. | ✓ Dimensiones de la barra portadiscos. |
| ✓ Diámetro de la muesca. | ✓ Ángulo de ataque. |
| ✓ Concavidad. | ✓ Ajustes. |

De los cilindros y baleros se registra:

- | | |
|---------------|-----------|
| ➤ Peso. | ➤ Grosor. |
| ➤ Diámetro, y | |

Señalización en la rastra:

- Tipo de señal, contenido, ubicación, claridad de la información.

NMX-O-203-SCFI-2004 - Tractor Agrícola – Determinación de Potencia y Fuerza de Tracción a la Barra de Tiro – Método de Prueba.

Esta norma mexicana establece el método de prueba para determinar la potencia y la fuerza de tracción a la barra de tiro desarrollada por los tractores agrícolas nuevos que se comercialicen en la República Mexicana.

Establece el *objetivo y campo de aplicación* en la determinación de la potencia y fuerza de tracción a la BDT, así también las consultas de otras normas mexicanas (*Referencias*), en el apartado de las *definiciones* nos definen el consumo específico de combustible, despeje, distancia entre ejes, energía específica, fuerza máxima a la BDT, patinaje, potencia a la BDT, Potencia del motor, potencia a la TDF, tractores agrícolas y forestales, trocha, velocidad nominal, etc.

Resaltan las *especificaciones* como tolerancias permisibles en medidas como velocidad de radio de giro. Tiempo, presión atmosférica, presión en llantas, en el sistema hidráulico, sin embargo los resultados de todas las pruebas (Calidad) deben coincidir con la información y rangos de tolerancia especificados por el fabricante.

Efectúan la verificación (*Muestreo*) de calidad, tamaño y color del producto objeto a prueba a un muestreo en común acuerdo entre vendedor y comprador. Como último apartado es el *método de prueba* el cual consiste en revisar las operaciones generales de la prueba, si se detecta que la prueba no coincide con el manual del fabricante el tractor nunca debe ser operado.

NMX-O-216-SCFI-2004 - Tractores, Implementos y Maquinaria Agrícola – Desgranadoras de Maíz – Especificaciones y Método de Prueba.

La norma establece especificaciones y métodos para evaluar las desgranadoras de maíz que se comercializan en la república mexicana en condiciones de calidad de trabajo, durabilidad, rendimiento, facilidad y seguridad de operación.

Esta norma primero nos capitula las *definiciones de las características* y componentes del maíz así también de la maquinaria agrícola, desgranadora de maíz y sus componentes; en seguida están las *especificaciones de calidad* de las desgranadoras de maíz como por ejemplo: su manual de operación, mantenimiento, seguridad, diagramas de ensamble, listado de piezas y refacciones, entre otras.

Cabe destacar que realizan *el muestreo* a la máquina a probar, el fabricante lo entrega al laboratorio de pruebas para verificar que los resultados de la prueba sea igual a lo que dice su manual técnico. A continuación sugieren las *condiciones generales de prueba* en el que especifican que la máquina debe ser entregada por el fabricante en condiciones óptimas de trabajo, contar con todos los instrumentos de medición, inspección técnica de la estructura y la revisión del manual técnico, también realizar un breve estudio de las *propiedades y características biológicas* de la mazorca antes y después de la prueba, se sugiere llevar apuntes ordenados con formatos en bitácoras.

NMX-O-221-SCFI-2004 - Tractores, Implementos y Maquinaria Agrícola – Trilladoras de Frijol Estacionarias - Especificaciones y Método de Prueba.

Facilita información para evaluar las Trilladoras de frijol estacionarias a través de Especificaciones y los Métodos de Prueba que se lleva a cabo para su evaluación. Se especifican los *objetivos y campos de aplicación* de la maquina trilladora, resaltan las *referencias*; se establecen *definiciones* de la máquina, sus componentes, fallas, tiempos, eficiencia, etc.

Se resalta las *especificaciones de calidad*; a continuación, llevan a la selección de la máquina. Prosiguen con el *método de prueba y evaluación* en el que parten de la inspección técnica de la estructura, *Preprueba* (Conocer el funcionamiento de la maquina y sus ajustes), Prueba de la calidad de trabajo (Velocidad Máxima), prueba de rendimiento, prueba de potencia, prueba de operación continua, facilidad y seguridad de operación y estudio de durabilidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DATOS GENERALES DEL ARADO DE CINCEL.

El implemento evaluado es de tipo integral modelo 610 de la marca John Deere, con 8 cuerpos verticales con sus correspondientes cinceles distribuidos (Fig. 8); para su operación es conectado a los tres puntos del tractor.

La finalidad de esta evaluación es contar con información bajo condiciones agrícolas reales sobre el desempeño general del implemento para conocer su capacidad, rendimiento y precisión de trabajo, facilidad de operación y más que nada la calidad de trabajo que entrega a la hora de laborar.



Fig. 8. Cincel evaluado de ocho cuerpos.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL TRACTOR USADO PARA LA EVALUACIÓN.

El tractor agrícola está diseñado para transportar o transmitir potencia a herramientas o equipos y cuando sea necesario, operar en forma estacionaria o en movimiento. Las más comunes formas de transmitir potencia son la toma de fuerza, el sistema hidráulico y la barra de tiro.

Para la evaluación del arado cincel se utilizó un tractor de la marca John Deere (Fig. 9), con las siguientes especificaciones generales:

Tabla 1. Especificación del tractor utilizado.

Especificación	Marca : John Deere
Modelo	6403
Potencia del Motor - Hp	106
Potencia a TDF - Hp	90
Capacidad de Levante Hidráulico - Kgf	2687
Cilindros	4
Peso Total sin los Contrapesos - Kg	3590
Tipo de Tracción	Sencilla
Velocidad RPM	540
Medida y Presión en llantas	----
Velocidad Nominal del motor – rpm	2100
Par máximo - N. m	396 - 2100
Tanque de combustible – L	152
Dirección Tipo:	Hidrostática
Aspiración	Turbo
Cilindrada - L (in3)	4.5 (276)



Fig. 9. Tractor utilizado en la evaluación.

3.3 PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN DEL ARADO DE CINCEL.

Los parámetros que se midieron de acuerdo a la propuesta del COTENMAEA fueron los siguientes:

Se consideraron variables *antes* (microrrelieve, cobertura vegetativa, pedregosidad, contenido de humedad, textura, densidad aparente y resistencia del suelo), *durante* (superficie total de trabajo, patinaje, consumo de combustible: horario y por hectárea, velocidad de avance, ancho de trabajo y profundidad de trabajo) y *después* (microrrelieve, cobertura vegetativa, pedregosidad del suelo y tamaño promedio de agregados) de la labor porque se cree que es la mejor forma de apreciar e interpretar dichos variables.

3.4 GENERALIDADES CONSIDERADAS ANTES DE LA LABOR.

1) Preparación de la prueba.

Antes de medir el comportamiento de una máquina, las labores a realizar y las condiciones bajo las cuales se realizarán tendrán que ser determinadas (Crossley and Kilgour, 1983). He aquí, que lo que se requiere conocer antes de la evaluación en este caso son: resistencia del suelo, su textura, microrrelieve, contenido de humedad, densidad aparente, cobertura vegetativa, y pedregosidad los cuales son representativos de acuerdo a la evaluación.

Para la preparación de la evaluación del arado cincel se elige primero la selección del campo o terreno, los instrumentos y las herramientas necesarias utilizar, así también, los formatos de registros impresos para los datos. Se elige un terreno donde no se haya barbechado antes de la prueba y por lo menos que sea una superficie uniforme.

La prueba se llevó a cabo en un terreno con cinco parcelas con dimensión promedio de 200 x 30 metros, cumpliendo con las características mencionadas con anterioridad. Este se ubica en el bajío de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo.

3.4.1 Estudio de las Condiciones de Campo.

Se caracterizan las condiciones de campo antes de la labor para tener una referencia y así explicar algunos resultados que se obtienen de ello, realizando comparaciones entre parámetros o variables considerados.

3.4.1.1 Medición del Microrrelieve.

Para la medición del microrrelieve se empleó como material primordial el perfilómetro manual de 2m de ancho con 20 barritas verticales con separaciones de 10 cm. Este perfilómetro se recorre a lo largo de los 4m. del marco o bastidor (4 x 2m) a intervalos de 20 cm obteniendo un total de 400 lecturas. Las lecturas del perfil del suelo son tomadas con una regla, como se aprecia en la Fig. 10. Se realizaron 5 repeticiones, una por parcela. Cabe destacar que esta medición se realiza antes y después de labor, y el procedimiento más detallado esta en el apartado de anexos A5.



Fig. 10. Toma de lecturas (Regla) del microrrelieve por medio del perfilómetro de 2m de ancho.

3.4.1.2 Medición de la Cobertura Vegetal (Cantidad de Maleza o Restos de Cosecha).

Esta evaluación se realiza con la finalidad de estimar la cantidad (%) de cobertura vegetal que se encuentra disponible en el terreno de prueba, cuyo objetivo es considerar la calidad del trabajo que realiza el arado cincel, es decir, si estas coberturas vegetales son enterrados o quedan sobre el terreno. Por decir, si son enterradas se considera de mala calidad el trabajo porque no está protegiendo al suelo contra los agentes erosivos.

Para conocer la estimación de restos o cobertura vegetal se determina la cantidad (%) de malas hierbas o restos de cosecha anterior que se tiene en la parcela de prueba. Esta variable se mide antes y después del paso del implemento con los siguientes procedimientos.

- En primer lugar, se coloca sobre el suelo un marco de solera de 1m² (Fig. 11), subdivididos a través de una cuadrícula con un total de 100 partes; cada cuadrícula equivale al 1% dando un equivalente de todo el marco de 100%.

- Una vez establecido el marco se fija una referencia fuera de la parcela de prueba por medio de una estaca conociendo la distancia para tomar lecturas a ese mismo sitio después del paso del implemento con la finalidad de comparar las coberturas.
- En seguida se distribuye uniformemente toda cobertura vegetal, residuo de cosecha anterior o maleza presente dentro del marco, se cubre bien cuadro por cuadro sin que se vea la tierra.
- Los datos obtenidos son graficados. Este mismo procedimiento se realiza en las cinco muestras o repeticiones del área bajo estudio. Y también es el mismo procedimiento que se sigue después del paso del implemento en el mismo sitio. Una vez recabadas las lecturas antes y después del paso del arado cincel se hace un comparativo entre ellas en cada repetición.



Fig. 11. Medición de la cobertura con el marco de solera de 1m².

3.4.1.3 Medición de la Pedregosidad del Suelo.

Esta prueba se realiza con la finalidad de estimar la cantidad (%) de piedras que se encuentra disponible en el terreno de prueba la cual es factor determinante de la calidad de trabajo del implemento. Así, se puede deducir a una respuesta lógica si el implemento sufre una fisura después del trabajo; que puede ser la resistencia que opone el suelo o la dureza de las piedras.

Para conocer la estimación piedras se determina la cantidad (%) que se tiene en la parcela de prueba. Esta variable se mide antes y después del paso del implemento.

- Se coloca sobre el suelo un marco de solera de 1m^2 , subdividido a través de una cuadrícula con un total de 100 partes; cada cuadrícula equivale al 1% dando un equivalente de todo el marco de 100%. Es el mismo marco que se utilizó para la medición de cobertura.
- Una vez establecido el marco se fija una referencia fuera de la parcela de prueba por medio de una estaca conociendo la distancia para tomar lecturas a ese mismo sitio después del paso del implemento con la finalidad de comparar estos resultados.
- Después se distribuye uniformemente todas piedras presentes dentro del marco, se rellena bien cuadro por cuadro según la cantidad presente de piedras en esa área elegida (Fig. 12).
- Los datos obtenidos son graficados. Este mismo procedimiento se realiza en las cinco muestras o repeticiones del área bajo estudio. Y también es el mismo procedimiento que se sigue después del paso del implemento en el mismo sitio. Una vez recabadas las lecturas antes y después del paso del arado cincel se hace un comparativo entre ellas en cada repetición.



Fig. 12. Medición de la pedregosidad con el marco de solera de 1m^2 .

3.4.1.4 Medición de la Humedad del Suelo.

Cuando la humedad crece o disminuye, las partículas del suelo se recubren con una película de agua absorbida cada vez más o menos gruesa y de esta manera se dan varios estados de consistencia, (Límites de Atterberg); los cuales dependen del contenido de humedad. Los diferentes estados de consistencia son: sólida, semisólida, plástica y líquida.

Se recomienda realizar esta prueba de 20 a 30 minutos antes de realizar las operaciones. El procedimiento para la obtención de esta variable está descrito detalladamente en el anexo A5, a excepción de que se hizo dos repeticiones con profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 y 20-25 cm distribuidos en las cinco parcelas del terreno donde se realizó la evaluación.

3.4.1.5 Medición de la Densidad Aparente del Suelo.

La densidad aparente es la masa por unidad de volumen de suelo seco, se mide en g/ml o en g/cm^3 . Es un dato valioso que se emplea para detectar las capas endurecidas en los suelos; densidades mayores de 2.0 g/ml provocan problemas de manejo en la preparación del suelo, así como en el desarrollo radical de las plantas; la presencia de amorfos, como el alófono, y densidades menores que 0.85 g/ml están relacionadas comúnmente con problemas de fertilidad (Ortiz, 1980).

El método empleado para obtención de esta variable esta descrito extensamente en el apartado anexo A5, con la única diferencia de que se trabajó en profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 y 25-30 cm, en cinco repeticiones en todo el terreno arrojando un total de 30 muestras (Fig. 13).



Fig. 13. Obtención de las muestras de suelo para la determinación Da.

3.4.1.6 Medición de la Textura.

La textura se refiere al porcentaje de arena, limo y arcilla que integran el suelo; es una característica muy importante que afecta a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En términos generales, los suelos se dividen en aquellos de textura gruesa y los de textura fina; esta última les concede mayor superficie activa, mayor capacidad de absorción de nutrientes y los hace más difíciles de laborar. La textura gruesa hace a los suelos más porosos, con infiltración del agua más rápida y también más fáciles de labrar (Ortiz, 1980).

- Para la determinación del porcentaje de arena, limo y arcilla se emplea el análisis mecánico con el método del hidrómetro (de Bouyoucos).

- Se toman tres muestras con la pala recta (Fig. 14) en profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm, en forma aleatoria en todo el terreno de prueba. Estas muestras obtenidas se envían al laboratorio de suelo para su análisis.



Fig. 14. Obtención de las muestras del suelo para su posterior análisis en laboratorio.

3.5 METODOLGIA DE EVALUACION EN CAMPO (OPERACIONES).

1) Objetivo de la evaluación.

El objetivo principal es obtener información real sobre el desempeño general del implemento en condiciones de campo, para conocer su precisión, capacidad y rendimiento de trabajo, calidad de la labor, energía requerida, facilidad de operación y adaptabilidad a diversos cultivos y condiciones del terreno.

Entre las generalidades que se consideran antes de la evaluación (preparación de la prueba) del implemento arado cincel se analizan varios aspectos, los cuales se describen detalladamente en el anexo A5 y fue base para esta evaluación.

La secuencia de operaciones que se describen en este apartado corresponde directamente a la evaluación en campo del implemento, que de una u otra forma incumbe a los parámetros evaluados anteriormente los cuales son el resultado del análisis comparativo de estos. He aquí:

3.5.1 Parámetros Considerados Durante la Labor.

3.5.1.1 Prueba de Funcionamiento.

1) Superficie total de trabajo.

Este dato se obtiene al multiplicar el ancho total de trabajo por la longitud total de trabajo, según la ecuación siguiente:

$$S_t = B_t * L_t \quad (3.1)$$

Donde:

S_t : Superficie total de trabajo, m^2 ;

B_t : Ancho total de trabajo, m;

L_t : Longitud total de trabajo, m.

2) Medición del Patinaje.

El patinaje es muy común cuando el tractor realiza cualquier operación en campo debido a que el implemento montado lo empuja. Esto se traduce como la reducción de la distancia recorrida por el tractor debido a la reducción de n revoluciones de la rueda motriz.

- Para la obtención de la cantidad de patinaje se realiza una marca visible en una de las ruedas traseras o tractivas del tractor con la finalidad de que sea una referencia de inicio de la distancia a medir;
- En seguida se mide la distancia recorrida por el tractor en cinco revoluciones (Fig. 15) con carga [A] (implemento trabajando) y sin carga [B] (implemento en posición de transporte) en cada una de los trayectos de cada parcela (Fig. 16).
- Hubo una diferencia en la medición del patinaje del implemento sin carga y con carga, ya que este último se determino ida y vuelta (Cada trayecto) del patinaje en cada parcela y después se promedio para obtener un valor.
- Se obtiene el porcentaje de patinaje con la ecuación VII.

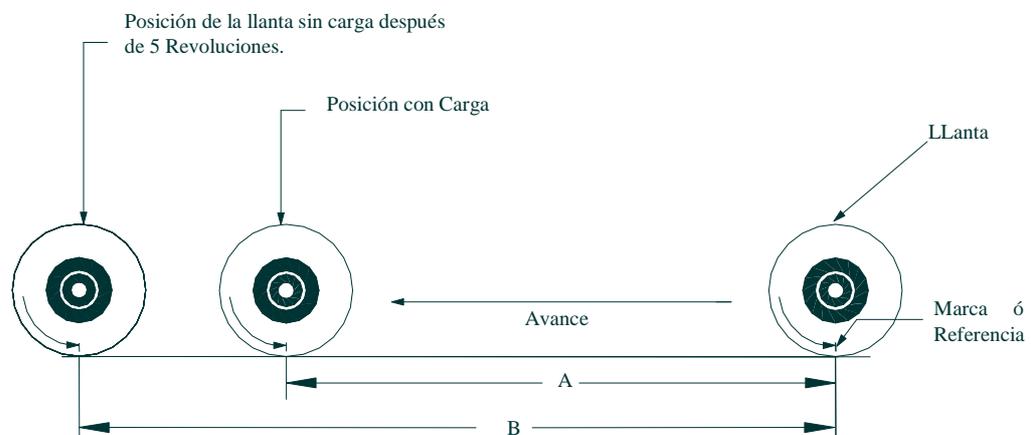


Fig. 15. Esquema del avance de la rueda motriz con carga (A) y sin carga (B) [m].

El porcentaje del patinaje se determina con la siguiente ecuación:

$$\% P = \left(\frac{A - \bar{B}}{A} \right) * 100 \quad (3.2)$$

Donde:

% P: Porcentaje del Patinaje del tractor, %;

A: Distancia recorrida sin carga en cinco revoluciones de las ruedas, m;

\bar{B} : Distancia promedio recorrida con carga en cinco revoluciones de las Ruedas, m.



Fig. 16. Medición del patinaje en 5 revoluciones de las ruedas tractivas del tractor.

3) Consumo de combustible.

La medición del consumo de combustible consiste en determinar la cantidad de combustible consumido durante el trabajo realizado por el implemento en la superficie de trabajo, mediante el método del tanque lleno (Fig. 17). Los detalles de procedimiento empleado se describen en el apartado anexo A5, así también la determinación del consumo de combustible horario y por hectárea.



Fig. 17. Medición del combustible por el método del tanque lleno.

4) Velocidad de avance.

La velocidad de avance se determina midiendo el tiempo (cronómetro) durante el cual el tractor con implemento trabajando avanza los 20 metros delimitados con dos estacas en la parte central del terreno (Fig. 18). Para esta variable se determinó dos repeticiones por parcela, una de ida y la otra de regreso.

Los detalles de procedimiento, la ecuación para determinar esta variable, así como la determinación del tiempo y para mas detalles esta en el anexo A5.



Fig. 18 Medición de la velocidad de avance.

5) Ancho de trabajo.

- Para la determinación de esta variable se establece una referencia fuera del área de trabajo por medio de una estaca cuya distancia se conoce,
- Se obtienen las distancias del área donde trabajó el implemento los cuales se miden de la referencia al límite del bordo de cada pasada del implemento (Fig. 19).
- De aquí para obtener el ancho uno se hace la diferencia de la distancia 1 menos la distancia conocida de la referencia, para el ancho 2 se hace la diferencia de la distancia 2 menos la distancia 1.
- Enseguida, se obtiene el ancho promedio con la ayuda del ancho 1 y 2. En cada parcela se obtuvo 2 anchos de trabajo, sin olvidar calcular el ancho promedio de cada parcela.



Fig. 19. Medición del ancho de trabajo.

6) Profundidad de trabajo.

Para medir la profundidad de trabajo se realizaron en cada parcela 3 repeticiones por trayecto del implemento distribuidas a lo largo la parcela; se trató de encontrar el nivel máximo escarbado por el cincel de cada una de sus puntas (Fig. 20).

Se coloca una barra horizontal en forma perpendicular al paso del implemento, de aquí se niveló con la ayuda del nivel. Una vez nivelada se toma la distancia con una regla graduada de la profundidad trabajada de cada paso del cincel hasta la barra horizontal; la barra horizontal fue establecida sobre la superficie del suelo, es decir sobre la capa arada.



Fig. 20. Determinación de la profundidad de trabajo realizado por el cincel.

3.6 VARIABLES CONSIDERADOS DESPUÉS DE LA LABOR.

3.6.1 Estudio de las Condiciones de Campo.

- 1) Medición del microrrelieve del suelo, cobertura vegetativa, y la pedregosidad.

Los parámetros de estudio y medición que se vuelven a tomar para esta evaluación después del paso del implemento son: medición del microrrelieve del suelo (Fig. 21) [procedimiento en el anexo A5], medición de la cobertura vegetativa, y la medición de la pedregosidad. Las 2 últimas variables siguen el mismo procedimiento planteado o descrito anteriormente en el apartado 3.2.1.1, 3.2.1.2 y 3.2.1.3, respectivamente.



Fig. 21. Medición del microrrelieve después del paso del cincel.

2) Tamaño promedio de agregados.

Este estudio está estrechamente relacionado con la humedad, resistencia a la penetración y resistencia al corte, y nos ayuda a determinar la calidad de trabajo en todo implemento de labranza. Para los equipos de labranza vertical, nos indica el nivel de roturación del suelo.

El grado de pulverización de los terrones es medido evaluando el tamaño medio de agregado.

- Después de que el implemento haya pasado se toma una área de muestreo de aproximadamente 0.5 x 0.5 m, toda la tierra que encierra esta área es depositada en un recipiente con mucho cuidado.
- Después de recolectar toda la muestra de suelo de aproximadamente 0.5m² de área, es tamizada a través de una serie de tamices y el suelo retenido en cada tamiz es medido y pesado lo que permitirá obtener la distribución del tamaño de los terrones y el tamaño promedio de terrón.
- Los siguientes tamaños de tamices fueron considerados para esta evaluación: 44.45, 15.875, 7.93, 4.76, 4, 3.36, 2, 1.19, 0.5 [Base] (mm), Fig. 22. Se realizaron cinco repeticiones por las cinco parcelas de prueba.
- Una vez que se obtuvo el peso de cada una de las muestras, se consideró los diámetros de los tamices utilizados para obtener cada uno de los tamaños medios de las partículas retenidas en el tamiz.
- Así, para determinar el primer tamaño medio de partícula, se promedió el tamiz de dimensión más grande el de diámetro de 44.45 mm con la dimensión del terrón más grande que no fue tamizado $\left(\frac{44.45 + X}{2}\right)$, donde X es el terrón más grande obtenido (mm).

- Para obtener el tamaño medio de la partícula con el tamiz de 15.875 mm se promedió ésta con la diferencia de menos uno del tamiz anterior $\left(\frac{15.875 + [44.45 - 1]}{2}\right)$, de esta forma fueron obteniéndose cada uno de los tamaños medios de las demás partículas de los tamices restantes (Tabla 14).
- Después de lo anterior se obtuvo la suma total del peso neto del suelo de cada uno de los diámetros medios de los tamices donde incluye peso del recipiente, bolsa empleado, etc. En base a la ecuación (4.1) se obtuvo el DMA de cada uno de las cinco parcelas (Tabla 15). Cabe mencionar que los o agregados se trasladaron a laboratorio con mucho cuidado y se dejaron ventilar para una obtención más precisa de la calidad de labor.



Fig. 22. Distribución de los tamices utilizados según diámetro.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.

La parcela experimental donde se realizó la evaluación se localiza en los terrenos experimentales (Buenavista, Saltillo, Coah.) de la UAAAN ubicado en la sede de la institución, en la Ex Hacienda de Buenavista, Municipio de Saltillo, a 7 km al Sur de la Ciudad, sobre la Carretera 54 (Saltillo-Zacatecas) [Fig. 23]. Este terreno experimental cuenta con 18 Hectáreas de tierras Agrícolas.

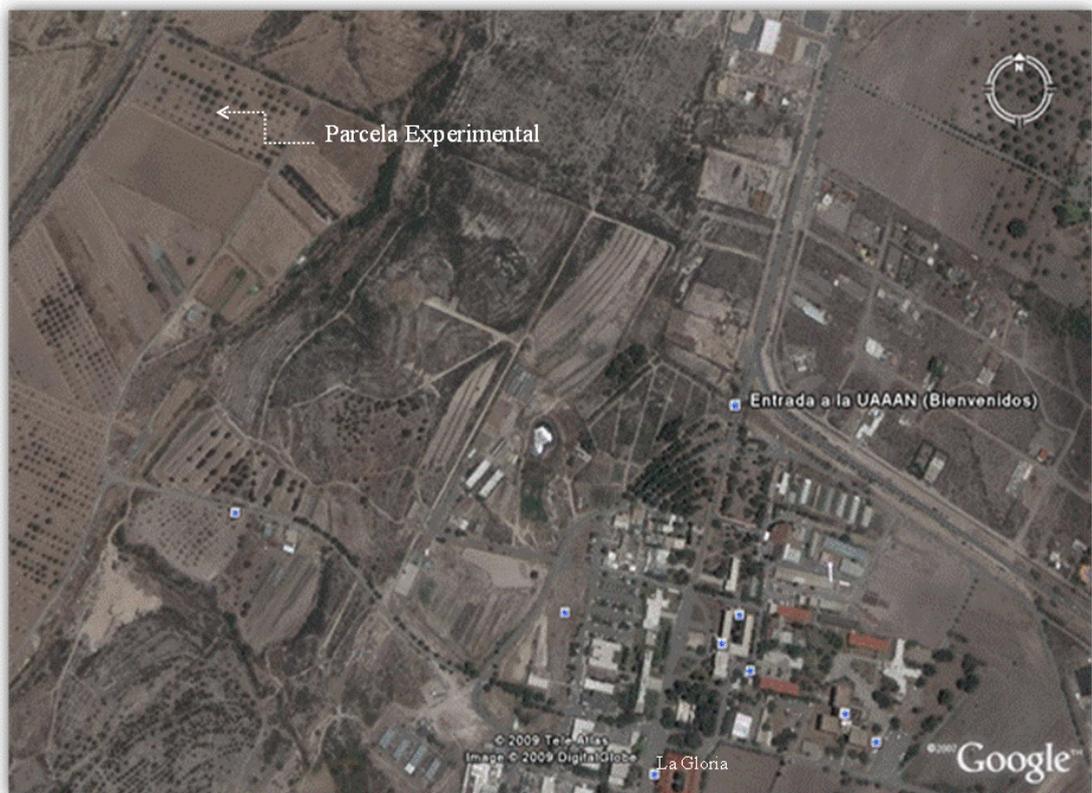


Fig. 23. La UAAAN y su campo experimental (Google Earth).

La región tiene un clima templado, con verano caliente e invierno frío, con una temperatura media anual de 19.8°C y una precipitación anual promedio de 417 mm. Los suelos tienen textura de migajón, son bajos en materia orgánica y poseen una capa de carbonato de calcio (Jasso et, al, 2007). 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).

Se encuentra en una altitud de 1,728 msnm con coordenadas: 25° 21' 38.02'' latitud Norte y 101° 02' 03'' longitud Oeste como se distingue en la Fig. 24, (Google Earth, 2009).

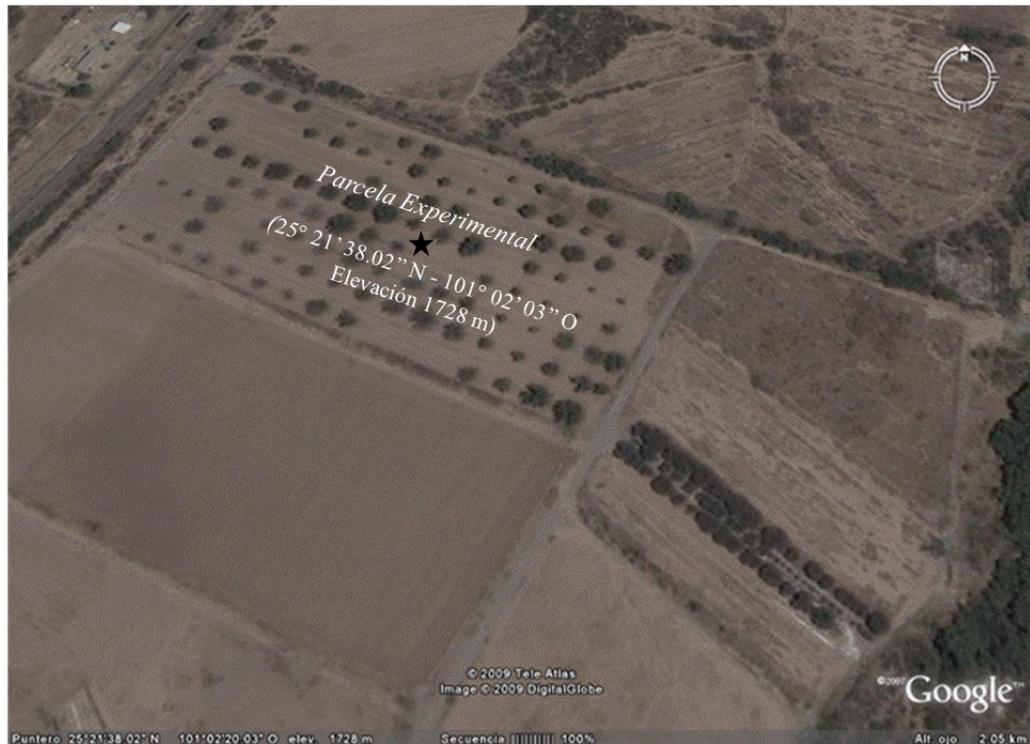


Fig. 24. Ubicación de la parcela experimental (Google Eart).

El terreno experimental subdividido en cinco parcelas con una longitud de aproximadamente 207 metros y una anchura de 6.5 metros cada una, arrojando una superficie total de trabajo de 6716 m² equivalente a 0.67 ha.

4.2 VARIABLES TOMADAS ANTES DE REALIZAR LA LABOR.

4.2.1 Medición del Microrrelieve.

Las 400 lecturas (A3.3) del perfil del suelo obtenidas fueron graficadas (A3.4), y anterior a ello se determinó los valores máximos y mínimos, la media (\bar{X}), la desviación estándar (σ) y el coeficiente de variación (V) de cada repetición. A continuación, se muestran estas variables antes y después del paso del arado cincel, como se aprecia en la Tabla 2 y 3.

Tabla 2. Caracterización del microrrelieve de las parcelas antes del paso del cincel.

Microrrelieve del Suelo					
Parcelas	Valor Max (cm)	Valor Min (cm)	Media (cm)	Desv. Stand. (cm)	Coef. Var. (%)
1	23.50	11.00	14.51	1.65	11.36
2	24.50	14.00	18.99	1.91	10.08
3	20.00	6.00	14.12	2.98	21.12
4	22.50	6.50	12.92	3.03	23.50
5	24.50	11.50	17.88	2.32	12.99

Tabla 3. Caracterización del microrrelieve de las parcelas después del paso del cincel.

Microrrelieve del Suelo					
Parcelas	Valor Max (cm)	Valor Min (cm)	Media (cm)	Desv. Stand. (cm)	Coef. Var. (%)
1	32.00	3.50	17.93	4.95	27.61
2	29.00	5.00	17.56	4.45	25.35
3	29.00	2.50	17.47	4.43	25.36
4	31.00	4.00	16.65	4.49	26.94
5	33.50	7.50	21.29	5.18	24.31

Si se promedia los valores máximos y por otra parte los mínimos, de aquí restando ambos se obtendrá que, antes del paso del cincel se tenía una diferencia entre estos de 13.20 cm, mientras que después del paso del cincel se registra un incremento en la diferencia de alturas máximos y mínimos ahora de 26.40 cm. Esto quiere decir que después del paso del cincel hubo modificaciones en el relieve del suelo, el cual se traduce en incremento del volumen, es decir, tiene una mayor estructura porosa; por lo que el implemento solo roturó y desterronó el suelo sin provocar su inversión dejando terrones a tamaños medios y medianos.

Diferenciando los valores obtenidos de la media, máximo, mínimo, desviación estándar, y el coeficiente de variación antes y después del paso del implemento (Tabla 3 y 4) se nota incrementos en sus valores excepto los valores mínimos; ésta a su vez, disminuyó en un promedio de -5.30 cm. lo cual quiere decir que el relieve superficial quedó en forma de lomos variados, algunas partes muy altas, otras bajas generando para esto un mayor espacio poroso para el intercambio de los fluidos (aire y agua) y la creación de las condiciones apropiadas para una mejor captación y retención del agua de la lluvia.

4.2.2 Medición de la Cobertura Vegetal (Cantidad de Maleza ó Restos de Cosecha).

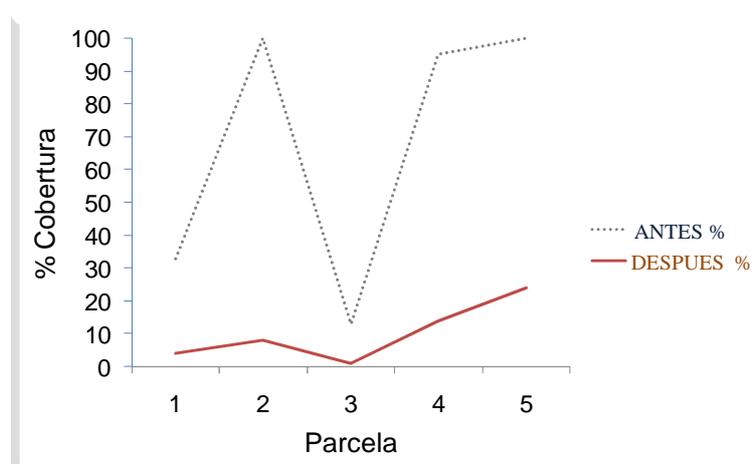
Considerando la calidad del trabajo que realiza el arado cincel sobre el suelo, se analizará si dejó residuos de cosecha anterior o maleza sobre el suelo. Para ello, antes del paso del implemento el suelo contaba con una cobertura vegetal promedio de 68.2% (Tabla 4) un poco más del 50% de cobertura sobre el suelo; después del paso del cincel se redujo la cobertura a un valor promedio de 10.2 %.

Si analizas el comportamiento de la cobertura parcela por parcela antes y después del paso del cincel se nota que disminuyó drásticamente a como estaba originalmente (Grafica 1), pues no quedó el 30% o más de cobertura sobre el suelo a como lo proponen algunos autores para labranza de conservación. Esto es debido a que cuando se midió la cobertura antes del paso del cincel no se distribuyó la maleza para dejarlo a su forma natural, por eso cuando pasó el cincel, fue movida a la dirección del avance del tractor y otros tantos fueron semienterrados y fue así como después del pasó del cincel se volvió a medir pero arrojaron resultados drásticamente bajos.

La cobertura semienterrada de una u otra forma está protegiendo al suelo contra las erosiones, al igual que las que fueron movidas de manera considerable, ya que no están dejando al suelo descubierto totalmente (Ver Fig. 25 y 26). También dilatará más la descomposición de esta cobertura. Recomiendo tener debida precaución en distribuir la maleza a su forma natural después de medir la cobertura para obtener resultados favorables, ya que antes y después del paso del implemento se muestrea en el mismo sitio.

Tabla 4. Cobertura del suelo antes y después del trabajo de las cinco parcelas.

PARCELA	COBERTURA	
	ANTES %	DESPUES %
1	33	4
2	100	8
3	13	1
4	95	14
5	100	24



Grafica 1. Distribución grafica porcentual de la cobertura del suelo.



Fig. 25. Cobertura dejada después del paso del cincel parcela 5.



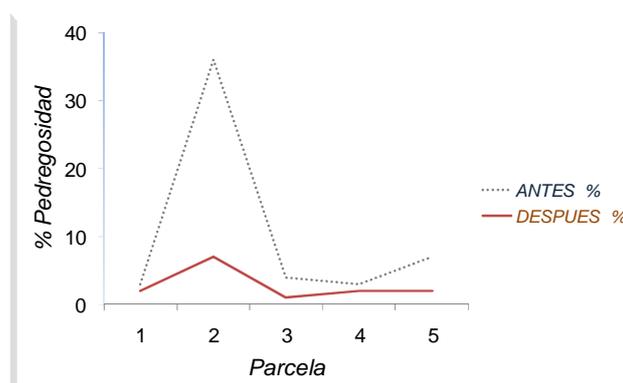
Fig. 26. Cobertura dejada después del paso del cincel parcela 3.

4.2.3 Medición de la Pedregosidad del Suelo.

A través de la comparación de la pedregosidad existente sobre suelo, después del paso del implemento se nota que disminuyó proporcionalmente (Grafica 2) a como estaba antes; esto se debe a que las piedras se movieron sobre el suelo. Se redujo de un valor promedio de 10.6 a un 2.8 % (Tabla 5). Sin embargo, con este porcentaje de piedras existentes sobre el suelo de prueba no se afectó al cincel en desgastes y roturas visualmente.

Tabla 5. Comparación de la pedregosidad antes y después de la labor.

PARCELA	PEDREGOSIDAD	
	ANTES %	DESPUES %
1	3	2
2	36	7
3	4	1
4	3	2
5	7	2



Gráfica 2. Distribución gráfica porcentual de la pedregosidad del suelo.

Sin embargo la velocidad de desgaste de los cinceles y la resistencia al impacto depende del tipo y dureza del acero que utilizaron en su fabricación. Además, en muchas ocasiones se pueden reducir o evitar las roturas por medio de una operación cuidadosa y de la selección del equipo adecuado.

4.2.4 Medición de la Humedad del Suelo.

He aquí los valores de la humedad del suelo (%) obtenidos del área de prueba, promediados con sus profundidades correspondientes de las repeticiones 1 y 2.

Tabla 6. Humedad promedio de las dos repeticiones realizadas.

PROFUNDIDAD (Cm)	HUMEDAD (%)
0-5	7.20
5--10	8.68
10--15	11.49
15-20	11.81
20-25	11.05

Como se ve en la tabla 6, el porcentaje de humedad incrementa de acuerdo a la profundidad muestreada. Se concluye que este bajo porcentaje de humedad, fue apto para realizar este tipo de labor, fue el rango adecuado por lo que presentó una cierta resistencia, pero apropiada. Sin embargo, los suelos disminuyen su resistencia conforme aumenta el contenido de humedad.

4.2.5 Medición de la Densidad Aparente del Suelo.

Los resultados obtenidos de la densidad aparente (g/cm^3) del suelo se muestran en la tabla 7, los cuales son valores promediados de cada una de las parcelas con sus correspondientes profundidades muestreadas.

Tabla 7. Promedio de la Da. de las cinco parcelas.

<i>PROFUNDIDAD (cm)</i>	<i>Da (g/cm³)</i>
0-5	1.49
5--10	1.56
10--15	1.57
15-20	1.57
20-25	1.51
25-30	1.58

Según Ortiz (1980), densidades mayores a 2.0 g/cm^3 provocan problemas de manejo en la preparación del suelo y densidades menores que 0.85 g/cm^3 están relacionados comúnmente con problemas de fertilidad. Se observa en la tabla 8, que las densidades oscilan entre 1.49 y 1.58 g/cm^3 como valores mínimos y máximos, respectivamente.

Se observa que de la profundidad de 0-20, hay un incrementando variable en la densidad aparente, de allí baja en la profundidad 20-25; esta diferencia es porque en esas profundidades hay una cierta compactación ligera producto de fenómenos físicos debido a que este suelo ya se tenía años sin labrar.

4.2.6 Medición de la Textura.

La textura se refiere al porcentaje de arena, limo y arcilla que integran el suelo, es más que nada el grado de finura o al grosor de las mismas. En el análisis del laboratorio los resultados de textura, indican que es un suelo Migajón Arcilloso- Arenoso. En la tabla 8, se detallan los contenidos de las fracciones texturales.

Tabla 8. Textura del suelo del sitio experimental.

Profundidades (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Tipo de suelo
0 - 10	52.5	28.5	19.0	Migajon Arenoso
10 - 20	50.0	26.0	24.0	Migajon Arcilloso Arenoso
20 - 30	55.0	23.5	21.5	Migajon Arcilloso Arenoso

4.3 RESULTADOS DE EVALUACIÓN EN CAMPO (OPERACIONES).

4.3.1 Parámetros Tomados Durante la Labor (Prueba de Funcionamiento).

1) Medición del patinaje.

El porcentaje del patinaje que se obtuvo en las cinco parcelas de evaluación fluctúa entre 9.21 y 20.29 %, como se logra apreciar en la tabla 9. Se sabe que el rango aceptable del patinaje es de 15 % máximo.

Tabla 9. Obtención del patinaje de cada parcela del sitio experimental.

Repetición	Patinaje (%)
1	9.63
2	17.28
3	20.29
4	12.11
5	9.21

Para la repetición 2 y 3 el patinaje está alto, esto se debe a que en estas parcelas se trabajó a una profundidad más elevada (tabla 13), pues existe una cierta resistencia (D_a) a profundidades más elevadas. Y también influye de manera considerable la pedregosidad, cobertura vegetal y la ligera humedad presente, porque una superficie húmeda implica un aumento en el patinaje.

2) Consumo de combustible.

En la tabla 10 se nota el consumo de combustible horario y por hectárea obtenido, conociendo el volumen consumido de 16.600 lts., con un tiempo total de trabajo de 33 minutos, 13.3 segundos en una superficie total trabajada de 6716.13 m² del sitio experimental.

Tabla 10. Cálculo del consumo de combustible durante la prueba.

Volumen de Combustible Consumido (L)	Tiempo	Superf.	Consumo de Combustible	
	Hora	Ha	Horario (L/h)	Por Hectárea(L/Ha)
16.6	0.55	0.67	30.06	24.72

El consumo de combustible está influenciado por muchos factores, como: el tipo y la estructura del suelo, las condiciones atmosféricas, la humedad de la tierra, el paisaje, las cosechas, el tipo del tractor, el tamaño del tractor, la relación entre el tractor y el implemento, la técnica de manejo, el conductor del tractor, etc. (Weidema, 2000).

3) Velocidad de avance.

La tabla 11 muestra la velocidad de avance del tractor en 20 metros central de la parcela con el tiempo promedio obtenido de dos trayectos por parcela.

Tabla 11. Cálculo de la velocidad de operación de cada parcela.

Parcela	Tiempo Promedio (Seg)	Vo (Km/h)
1 (R 1 y 2)	00:19.8	3.64
2 (R 1 y 2)	00:22.1	3.26
3 (R 1 y 2)	00:21.2	3.40
4 (R 1 y 2)	00:20.3	3.55
5 (R 1 y 2)	00:20.3	3.55

Se determinó la velocidad de avance (V_o) de todas las parcelas (Cinco parcelas) con una distancia conocida de 20 metros centrales (de referencia) y el tiempo promedio de todos los trayectos de 20.7 segundos, he aquí la Velocidad de avance u operación:

$V_o =$	3.48	Km / h
---------	------	--------

Con respecto a la velocidad obtenida se observa que hay una mayor penetración del cincel a menores velocidades de trabajo, lo que se traduce en una mayor profundidad de trabajo; esto se nota en la tabla 11 y 13 si las comparamos.

4) Ancho de trabajo.

Cabe destacar que por parcela se realizaron dos trayectos del tractor (Ida y Vuelta) para el laboreo del suelo en el sitio experimental; de los cuales se determinaron dos anchos de trabajo para posteriormente obtener el ancho promedio de cada parcela como se puede apreciar en la tabla 12.

Tabla 12. Ancho de trabajo de cada parcela.

PARCELAS	ANCHO PROMEDIO (cm)
1	2.17
2	2.16
3	2.05
4	2.42
5	2.70
<i>Ancho Promedio Total</i>	2.30

Se tiene 2.05 cm como ancho mínimo y un ancho máximo de 2.70 cm de las cinco parcelas, con una diferencia de 0.65 cm entre estos. Y un ancho promedio total de 2.30 cm. al parecer nos proporcionó un buen ancho de trabajo que es lo que en muchas ocasiones les interesa a los agricultores.

5) Profundidad de trabajo.

La profundidad de trabajo se refiere a qué profundidad alcanzó a zarandear el suelo con los cinceles, para ello se determinó las profundidades en la sección transversal de la labor del paso de seis puntas o cinceles sobre el suelo, con tres repeticiones por parcela arrojando un total de 15 repeticiones por todo el sitio experimental. En la siguiente tabla (Tabla 13) se aprecia la caracterización.

Tabla 13. Caracterización de la profundidad de trabajo.

Parcelas	Valor Máximo (cm)	Valor Mínimo (cm)	Media (cm)	Desviacion Estandar (cm)	Coefficiente de Variacion (%)
1	23.0	17.0	19.7	1.9	9.8
2	25.0	13.5	18.9	3.1	16.6
3	30.0	18.5	25.1	2.9	11.4
4	23.0	11.0	15.2	3.0	19.5
5	32.0	15.5	21.5	4.5	21.0

Las profundidades de trabajo obtenidas fueron casi uniformes debido a que no hubo mucha oposición de fuerzas del suelo sobre el cincel, porque el suelo contaba en ese instante con un cierto incremento de humedad ligera, proporcional a las profundidades. Además, no hay mucha diferencia en variabilidades de los datos, pues los coeficientes de variación (%) no son tan elevados. En esta variable repercute mucho la velocidad de avance.

4.3.2 VARIABLES DETERMINADOS DESPUES DE LA LABOR.

1) Tamaño promedio de agregados.

Tabla 14. Distribución del tamaño de terrón según diámetro y masa.

Tamaño de la Apertura(mm) TAMIZ	Diámetro de suelo que pasa a través de la tamiz y es retenido en el tamiz de debajo de apertura más pequeña (mm)	Tamaño medio de las partículas retenidas en el tamiz (mm)	Peso del suelo en [W] (Kg)
44.45	> 40	94.73	A
15.875	< 7.93 > 15.875	29.66	B
7.93	< 4.76 > 7.93	11.40	C
4.76	< 4 > 4.76	5.85	D
4	< 3.36 > 4	3.88	E
3.36	< 2 > 3.36	3.18	F
2	< 1.19 > 2	2.18	G
1.19	< 0.5 > 1.19	1.10	H
0.5 (Base)	< 0.5	0.35	I

En la tabla 15 se observan las variabilidades del tamaño promedio de agregados (DMA) obtenidas en la parcela de prueba, con la ayuda de la siguiente ecuación.

$$DMA = \left(\frac{0.35I + 1.10H + 2.18G + 3.18F + 3.88E + 5.85D + 11.40C + 29.66B + 94.73A}{W} \right) \quad (4.1)$$

Donde:

DMA = Diámetro Medio de los Agregados o Partículas (mm).

W = A + B + C + D + E + F + G + H + I = Peso Total del Suelo (Kg).

Tabla 15. Determinación del DMA de cada parcela.

TAMAÑO MEDIO DE PARTICULAS (mm)	Parcela 1 W (Kg)	Parcela 2 W (Kg)	Parcela 3 W (Kg)	Parcela 4 W (Kg)	Parcela 5 W (Kg)
94.73	4.786	2.146	0.619	12.502	5.294
29.66	5.482	2.906	0.743	5.994	5.794
11.40	4.195	2.718	1.393	2.794	2.444
5.85	2.180	1.422	0.844	0.644	0.494
3.88	0.539	0.455	0.451	0.384	0.250
3.18	1.015	1.103	0.947	0.548	0.542
2.18	1.590	1.827	5.435	1.004	0.779
1.10	1.057	1.155	1.131	0.614	0.576
0.35	4.979	5.473	6.343	2.393	1.693
<i>Peso Total [W](Kg)</i>	25.823	19.205	17.907	26.877	17.865
DMA (mm)	26.651	17.766	6.788	52.262	39.723

<i>Promedio DMA (mm) =</i>	28.638
-----------------------------------	---------------

Conforme los datos obtenidos del DMA, se estima que en la parcela 4 el cincel cortó el suelo dejando el tamaño más grande de agregados en comparación con las otras parcelas. Al romper o fracturar las capas del suelo, crea de este modo una excelente porosidad, lo que permite la aireación, la infiltración y el almacenamiento del agua. Los cinceles dejan sobre la superficie trabajada los terrenos partidos y abiertos para atrapar y mantener el agua de la lluvia y resistir contra la erosión del viento.

Para las parcelas con DMA bajos, influyen varios factores entre los más importantes la humedad. Esto se aprecia en la tabla 3, por lo que el cincel dejó pocos terrones (pequeños por lo regular) y más suelo molido; volviéndose este terreno muy sensible contra las erosiones. Se concluye que a menor humedad al momento de la labor el implemento deja terrones más grandes.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

Considerando el objetivo e hipótesis de este trabajo y una vez sometido el implemento en campo para su evaluación y recopilados los datos para su posterior análisis y comparación, se concluye que la propuesta de procedimiento para evaluar los implementos de labranza vertical planteado por el COTENMAEA sí es adecuada parcialmente por que a través de este trabajo realizado se obtuvieron resultados favorables que los caracteriza como tal para su óptimo desempeño como implementos de labranza vertical.

Es parcialmente adecuada porque la propuesta del COTENMAEA está incompleta, motivo por el cual se emplearon otras técnicas de medición de las que establecen y otras se tuvieron que implementarse; sin embargo, se sugiere medir la fuerza de tiro para dimensionar la fuente de potencia, medir la sección transversal del volumen del suelo disturbado en función de las áreas e inversamente proporcional al consumo de combustible, indicar los valores de cohesión (en función de la humedad y la textura) y ángulo de fricción del suelo, calidad y eficiencia de funcionamiento del implemento y definir una combinación de sección transversal - tamaño de agregados - demanda de fuerza.

Son varios los métodos de medición que requieren ser más tecnificados para una mayor eficiencia. Entre estos, es recomendable contar con un medidor de combustible electrónico, para mayor precisión, pues dependiendo del usuario y las condiciones en que se presenta la evaluación se cometen errores humanos e instrumentación. Al igual para medir la rugosidad del suelo es necesario contar con un perfilómetro lo más tecnificado posible ya que con la técnica empleada fue muy tedioso. Así también, una herramienta o una técnica más precisa para la medición de la profundidad de trabajo

La propuesta planteada por el COTENMAEA se sugiere que sea más ordenada y completa en lo posible de tal forma que especifique variables medidas antes, durante y después de la evaluación; las recomendaciones y sugerencias anteriores no son especificadas en la propuesta.

VI. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AGSE, S/F. http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/C8.htm, Consultado el día 04 de diciembre del 2008.
- Aguiar Herrera Saúl Bernardo, Aguilar Zea Nohora F., 2002. Sistemas de labranza de conservación con implementos de tracción animal para el piedemonte casanareño. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria); Boletín Técnico No. 27.
- Alezones Jesús, 2003. Maíces Especiales II Maíz Alto Aceite (Ho). Fundación Popular DANAC Fundación para la investigación agrícola. Boletín informativo 4. Edición especial año VIII, No. 2.
- Allmaras R.R; Schomberg H.H; Douglas Jr. C.L. y Dao T.H. 2000. Soil organic carbon. Sequestration potential of adopting conservation tillage in U.S. croplands. Journal of soil and water conservation 55:365-373.
- Aluko O.B., and D.A. Seig. 2000. An experimental investigation of the characteristics of and conditions for brittle fracture in two-dimensional soil cutting. Soil tillage Res. 57:143-157.
- Américo Hossne Juan Salar, 2004. Límites de consistencia y sus implicaciones agrícolas en un suelo ultisol de sabana del estado Monagas, Venezuela. Agronomía costarricense, Vol. 28, No. 1, pp. 69-80.
- Barcelona reglas, S/F. Consultado en la página web http://www.google.com/search?hl=en&safe=active&q=V+debate+de+actualidad+ELP-CdC+%22Abusos+del+protocolo%22+3+de+abril+de+2008%2C+Barcelona+El+protocolo+y+las+reglas+de+la+pr%C3%A1ctica*+Hebe+Tizio, el 05 de febrero 2009.
- Barger E.L., Liljedahl J.B., Carleton W.M., McKibben E.G., 1963. Tractors and their power units. 2 edition. New York, John Wiley. 420-429p.
- Barnet J., 1989. Tendencias de adopción en sistemas de labranza de conservación en maíz. Documento de trabajo CYMMYT-prociandino. El Batán, Edo. de México. pp. 4-12.
- Bibliotecna bustia, S/F. Docto. PDF; web. <http://bibliotecna.upc.es/bustia/arxiu/28067.pdf>. Consultado el día 08 de diciembre del 2008.
- Bonel B.A., Denoia J., Costanzo M, Giubileo G. y Zerpa G., 2004. Efecto de la labor de escarificado sobre un argiudol vertico bajo siembra directa continua. Ciencias de investigación agraria. Vol. 31, Núm. 3, Pp. 187-196.

- BooksPPA45, S/F. Pagina web, consultado en <http://books.google.com/books?id=7wcLDOFLE2QC&printsec=frontcover#PPA45,M>. El día 8 de diciembre del 2008.
- Brady N. C. y R.R. Weil. 1999. *The nature and properties of soil*. Prentice-Hall, New Jersey. 12va edición.
- Cadena Zapata Martin, Gaytán Muñiz Tomás, Zermeño González Alejandro, 2004. Desempeño de implementos de labranza en términos de consumo de energía y calidad de trabajo. *Revista agraria -Nueva época- Año I - Vol. 1- No 3*.
- Camacho Jesús H. y Magalhães Paulo S. G., 2004, Estudio de parámetros operacionales de discos dobles y cinceles parabólicos para prácticas culturales en áreas con residuos vegetales, *Agricultura técnica*, Vol. 64, Núm. 1, pp. 58-65.
- Camacho Tamayo Jesús H., Rodríguez B. Gonzalo A., Enero-Marzo 2007, Evaluación de implementos de labranza a diferentes velocidades de operación y contenidos de agua del suelo, *Agricultura técnica (Chile)* Vol. 67 No. (1) pp: 60-67.
- CENEMA, S/F. Metodología de prueba para evaluación de equipos de labranza vertical. Km. 18.5 carretera México-lechería “Chapingo” Texcoco Edo. de México.
- Crossley P. and Kilgour J., 1983. *Small farm mechanization for developing countries*. Chichester. John Wiley. 221 – 224 p.
- Dexter AR. 1991. Amelioration of soil by natural processes. *Soil Till. Res.* 20:87-100.
- Durán García Héctor M., 2001. Efecto de las condiciones físicas del suelo y de las rejas de sembradora de cereales en el valor de la fuerza que provoca su rotura pasiva. *Interciencia*. ISSN 0378-1844 versión impresa.
- Durán GHM (1996) Rotura pasiva de un suelo franco con diferentes herramientas de laboreo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España. 123 pp.
- Elissondo E., Costa J. L., Suero E., Fabrizz K. P., García F., 2001. Evaluación de algunas propiedades físicas de suelos luego de la introducción de labranzas verticales en un suelo bajo siembra directa. *Ciencia del suelo* Vol. 19 (1).
- Ferreras L., Toresani S. & sup Pecorari C., 2002. Parámetros edáficos, crecimiento y rendimiento del cultivo de trigo bajo diferentes manejos. Artículo original número II. *Campo experimental J.F. Villarino, C.C.* 14 (2123) Zavalla, Argentina,

- Franzluebbers A.J., Langdale G.W. y Schomberg H.H. 1999. Soil carbon, nitrogen, and aggregation in response to type and frequency of tillage. *Soil Science Society of America Journal*, 63: 349-355.
- Fsqihome August 1999. Soil Quality Test Kid Guide, USDA, Unit state departament of agriculture. Soil Quality Institute. (<http://www.google.com/search?hl=en&safe=active&q=http%3A%2F%2Fwww.statlab.iastate.edu%2Fsurvey%2FSQI%2Fsqihome.shtml>, Consultado el día 16 de febrero del 2009).
- Garzón Perera Juan, Valdivia Portal Ramón E. y Tamayo Chacon Douglas. S/F. Normas de validación para implementos de tracción animal, Instituto de investigaciones de mecanización agropecuaria, Cuba, consultado en la página web <http://www.google.com/search?hl=en&q=Normas+de+validaci%C3%B3n+para+implementos+de+tracci%C3%B3n+animal%2C+Instituto+de+investigaciones+de+mecanizaci%C3%B3n+Agropecuaria%2C+Cuba>, el 16 de febrero del 2009.
- González H. G. 1999. Levantamiento de suelos a nivel detallado del campo experimental “El bajío” UAAAN. Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, pp. 13 – 28.
- Google Eart, 2009, Tele atlas. Cnes/Spot image, Image Digital Globe, Europe Technologies Sequence 100%. Versión 4.2.198.2451.
- Gutiérrez Rodríguez Francisco, González Huerta Andrés, Serrato Cuevas Rodolfo, Norman Mondragón Thomas H., 2004; Evaluación tecnológico - explotativa del conjunto multiarado - tractor J. D. Modelo 4235 en el labor de preparación primaria de un suelo vertisol. *Ciencia Ergo Sum*. Vol. 11, Núm. 002, pp. 171-176.
- Holgado Cabrera Antonio, S/F. Sistemas de mantenimiento de suelo en producción integrada. Fed. Europea Agric. Conservación <http://www.google.com/search?hl=en&safe=active&q=+SISTEMAS+DE+MANTENIMIENTO+DE+SUELO+EN+PRODUCCI%C3%93N+INTEGRADA+Antonio+Holgado+Cabrera+Fed.+Europea+Agric.+Conservaci%C3%B3n>, Consultado el 16 de febrero del 2008).
- Hossne García Américo J., Álvarez C. Emmanuel A., 2007. Influencia de la posición y número de los cuerpos del arado de cincel en un suelo de sabana de Venezuela, *Revista UDO Agrícola*, Vol. 7, No. 1, pp. 209-220.
- ImplemAgrRot95, S/F. Implementos agrícolas para roturación. Docto. web <http://www.google.com/search?hl=en&q=ImplemAgr%C3%ADcolaRot95>, consultado el día 16 de Febrero 2009.
- INEGI, Anuario estadístico del estado de Baja California Sur, México, 2002.

- Inifap, campo experimental Uruapan, Michoacán, S/F. Guía técnica para producir maíz bajo labranza en Michoacán, pagina web consultado en <http://www.google.com/search?hl=en&safe=active&q=Inifap%2C+campo+experimental+Uruapan%2C+Michoac%C3%A1n+Gu%C3%ADa+T%C3%A9cnica+para+producir+ma%C3%ADz+bajo+labranza+en+Michoac%C3%A1n>. El día 16 de febrero 2009.
- Jasso Cantú Diana, Muñoz Romero Luis Ángel, García Martínez Eduardo, Cuellar Flores Ricardo 2007. Manual de procedimientos para el uso de campos experimentales en la UAAAN, Dirección de investigación/subdirección de operación de proyectos. Universidad Sustentable.
- John Deere, consejos semanales, S/F. www.johndeere.com.mx, consultado el día 12 de noviembre del 2008.
- Johnson I. M., 1985. Testing of farm machinery for agricultural development. Silsoe, UK. National Institute of agricultural Engineering. 32p. (Unpublished).
- Magalhães P.S.G., e W.R. Souza. 1990. Subsolador: influência de parâmetros geométricos no mecanismo de forças. 2:1033. XIX Congresso brasileiro de engenharia agrícola, Piracicaba, São Paulo, Brasil, julio de 1990. Sociedad Brasileira de Ingeniería Agrícola, Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil.
- Mahboubi A.A., Lal R. y Faussey N.R. 1993. Twenty-Eight years of tillage effects on two soils in ohio. Soil Science Society of America Journal, 57: 506-512.
- Marrón Guillermo, Krüger Hugo, Vallejos Adrián, Ripoll Marcelo. 1998. Requerimientos energéticos de escarificadores de cincel con montantes rígidos y flexibles en un suelo argiudol típico. Informe Técnico N° 61. ISSN 0326-2596
- McKyes E. 1985. Soil cutting and tillage. Elsevier, amsterdam, the netherlands. pp. 217.
- OCÉANO- Centrum. Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Barcelona, España, 2001. Pp. 159-160.
- Ohep Carlos, Marcano Felipe y Sivira Orlando, 1998; Efectos de la labranza sobre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento del frijol, Bioagro; Vol. 10, Núm. 3, Pp. 68-75.
- Ortiz V., B. y Ortiz S., C. 1980. Edafología. 3ª ed. Universidad Autónoma Chapingo, Edo., de México. México. 331pp.
- Ospina P. Bernardo, García G. Martha Liliana, Alcalde T. Cesar Andrés; S/F. Sistemas de mecanizados de siembra y cosecha para el cultivo de la yuca. Consultado en http://www.clayuca.org/PDF/libro_yuca/capitulo19.pdf el día 2 de diciembre del 2008.

- Padilla Alfaro Agustina Del Carmen, 2003. Validación de la Norma “PROY-0-182-SCFI-2002” para rastras de discos de levante. Tesis licenciatura. Ingeniero Mecánico Agrícola.
- Pimentel Rivero Ismael, Vento Tielves Raymundo, Ponce Ceballos Felix, 2007; Aprovechamiento de los animales para el tiro de aperos de labranza; Revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias; Vol. 16, Núm. 002, Pp. 85-90.
- Planchart R. Nelson, 2003. Labranza vertical en una agricultura sostenible. DANAC. Fundación para la investigación agrícola. Boletín informativo 3. Edición especial Año VIII, No. 2.
- Ripoll M. y H. Krüger (1996). Labranza vertical en el SO de la provincia de Buenos Aires. Efectos sobre la resistencia a la penetración, el sistema radical y los rendimientos de trigo. Memorias IV Congreso Argentino de Ingeniería Rural. Neuquén, octubre de 1996. Argentina.
- Sims Brian G. and Smith Desmond W., Aragón Adrian, Uresti Jesús, Del toro Jesús, 1990. Evaluación técnica de equipos para pequeños productores. AFRC Institute of Engineering Research. Programa de cooperación técnica México – Gran Bretaña.
- Smith J. E., Hilbert J.A., Aucana M. O., Irurtia C. B., Mon R., Mousegne F., S/F. Descompactación por medio de subsolado y enmienda profunda. Docto. web en <http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/labranza/subsolado.pdf>, consultado el 12 de octubre del 2008.
- Spaans Egbert, Núñez Oscar, 2006. Manejo de la estructura del suelo con precisión. X Congreso de la sociedad ecuatoriana de ciencias de suelo, 22-24 noviembre 2006, Guayaquil, Ecuador.
- Stevens G.N., 1982. Equipment testing and evaluation. Silsoe, UK. National Institute of Agricultural Engineering. 137p.
- Sullivan Preston, 2007. El manejo sostenible de suelos. ATTRA - El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible www.attra.ncat.org.
- Uribe C. Hamil y Rouanet M. Juan L., Octubre, 2002, Efecto de tres sistemas de labranza sobre el nivel de humedad en el perfil del suelo, Agricultura Técnica, Vol. 62, No. 4, pp. 555-564.
- Weidema B.P., Meeusen M.J.G. 2000. Agricultural data for Life Cycle Assessments. Agricultural Economics Research Institute (LEI), The Hague. Vol. 1. No 2.00.01, pp 51-69.
- Woods LE, Schuman GE. 1988. Cultivation and slope position effects on soil organic matter. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:1371-1376.
- www.economia-nmx.gob.mx, S/F. Consultado el día 29 de enero del 2009.

ANEXOS

A1
Datos obtenidos antes del paso del cincel.

Cuadro A1.1 Datos de la densidad aparente (Da).

$$Da = \frac{Pss\ Neto}{Volumen}$$

PROFUNDIDAD	PARCELA 1				PARCELA 2				PARCELA 3				PARCELA 4				PARCELA 5			
	Psh	Pss	Pss neto	Da	Psh	Pss	Pss neto	Da	Psh	Pss	Pss neto	Da	Psh	Pss	Pss neto	Da	Psh	Pss	Pss neto	Da
0-5	242.1	220.4	135.1	1.454	262.4	235.4	150.1	1.615	246.6	222.4	137.1	1.475	250.8	215.8	130.5	1.404	258.0	226.5	141.2	1.520
5--10	241.6	218.9	133.6	1.438	267.7	238.2	152.9	1.645	258.1	232.0	146.7	1.579	263.0	228.8	143.5	1.544	270.4	234.2	148.9	1.602
10--15	215.6	197.8	112.5	1.211	266.3	240.6	155.3	1.671	265.7	240.7	155.4	1.672	273.0	247.8	162.5	1.749	258.7	230.1	144.8	1.558
15-20	216.7	203.1	117.8	1.268	275.7	247.9	162.6	1.750	238.2	216.5	131.2	1.412	271.9	246.3	161.0	1.733	269.1	240.0	154.7	1.665
20-25	216.0	197.8	112.5	1.211	258.9	232.4	147.1	1.583	247.5	225.0	139.7	1.503	274.9	245.4	160.1	1.723	254.0	228.5	143.2	1.541
25-30	216.3	201.9	116.6	1.255	268.9	240.3	155.0	1.668	251.8	230.8	145.5	1.566	262.6	236.6	151.3	1.628	279.4	250.9	165.6	1.782

Cuadro A1.2 Datos obtenidos en contenido de humedad repetición 1 y 2, respectivamente.

Profundidad (cm)	Psh (gr)	Pss (gr)	Wbote (gr)	Psh NETO (gr)	Pss NETO (gr)	HUMEDAD (%)
0-5	155.8	151.9	84.8	71	67.1	5.81
5--10	162.5	158.8	90.1	72.4	68.7	5.39
10--15	151.5	146.6	83.8	67.7	62.8	7.80
15-20	143.1	137.9	85.1	58	52.8	9.85
20-25	136.6	132.5	82.1	54.5	50.4	8.13

Profundidad (cm)	Psh (gr)	Pss (gr)	Wbote (gr)	Psh NETO (gr)	Pss NETO (gr)	HUMEDAD(%)
0-5	140.4	136.3	88.6	51.8	47.7	8.60
5_10	141.4	134.5	76.9	64.5	57.6	11.98
10_15	166.6	156.4	89.2	77.4	67.2	15.18
15-20	140	133.2	83.8	56.2	49.4	13.77
20-25	134.4	127.1	74.8	59.6	52.3	13.96

$$\% HUMEDAD = \frac{Psh - Pss(NETO)}{Pss(NETO)} \times 100$$

Cuadro A1.3 Textura del suelo bajo prueba.

Textura del Suelo				
Profundidades (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Tipo de suelo
0 - 10	52.5	28.5	19.0	Migajon Arenoso
10 _ 20	50.0	26.0	24.0	Migajon Arcilloso Arenoso
20 - 30	55.0	23.5	21.5	Migajon Arcilloso Arenoso

A2

Datos obtenidos durante la labor.

Cuadro A2.1 Determinación del patinaje.

REPETICION #	Dsc	Dcc	\bar{D}_{xcc}	% DE PATINAJE
1	25.87	23.25	23.38	9.63
2	25.64	23.51	21.21	17.28
		20.39		
3	25.83	22.03	20.59	20.29
		20.86		
4	25.89	20.32	22.76	12.11
		22.23		
5	25.62	23.28	23.26	9.21
		23.80		
		22.72		

$$\% PATINAJE = \frac{D_{sc} - \bar{D}_{xcc}}{D_{sc}} \times 100$$

Cuadro A2.2 Determinación de la velocidad de operación.

REPETICION #	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO (SEG)	Tiempo Promedio	V _o (Km/h)
R1 (P1)	20	00:19.4	00:19.8	3.64
R2 (P1)	20	00:20.2		
R1 (P2)	20	00:22.1	00:22.1	3.26
R2 (P2)	20	00:22.2		
R1 (P3)	20	00:22.2	00:21.2	3.40
R2 (P3)	20	00:20.1		
R1 (P4)	20	00:20.4	00:20.3	3.55
R2 (P4)	20	00:20.2		
R1 (P5)	20	00:19.3	00:20.3	3.55
R2 (P5)	20	00:21.3		

Time Promedio

00:20.7

Min : Seg

$$V_o = 3.6 \left(\frac{D_p}{t_m} \right)$$

Cuadro A2.3 Ancho de trabajo.

PARCELAS	REFERENCIA (M)	DIST 1 (M)	DIST 2 (M)	ANCHO 1 (M)	ANCHO 2 (M)	ANCHO PROM
P1	1.45	3.68	5.78	2.23	2.10	2.17
P2	2.10	4.35	6.42	2.25	2.07	2.16
P3	2.30	4.40	6.40	2.10	2.00	2.05
P4	1.46	3.70	6.30	2.24	2.60	2.42
P5	1.90	4.20	7.30	2.30	3.10	2.70
Ancho Promedio Total						2.30

Cuadro A2.4 Determinación del consumo de combustible.

VOLUMEN DE COMBUSTIBLE CONSUMIDO (Lts)	TIEMPO Total de Trabajo		Superficie Total de Trabajo		Consumo de Combustible	
	Minutos	Hora	m2	Ha	Horario (L/h)	Por Hectárea(L/Ha)
16.6	33:13.3	0.55	6716.13	0.67	30.06	24.72

Min : Seg

$$CCh = \frac{CC}{T_t}$$

$$CCH = \frac{CC}{S_t}$$

Cuadro A2.5. Determinación de la profundidad de trabajo.

Parcelas	REPETICION #	1	2	3	4	5	6	Media	Des St	Max	Min	Coef var
P1	1	22	18	18.5	21	18	18	19.7	1.9	23	17	9.8
	2	21	19	18	23	22	17					
	3	23	21	17.5	20	20	19					
P2	1	21	23	19	20	25	20.5	18.9	3.1	25	14	16.6
	2	18	14	18	21	19	22					
	3	18	14	18	16	14	20.5					
P3	1	28	27	23.5	25	25	23.5	25.1	2.9	30	18.5	11.4
	2	23.5	27	18.5	21	25	22					
	3	30	29	27	27	26	25.5					
P4	1	13	18	11	11	16	13	15.2	3	23	11	19.5
	2	15	13	15	15	14	15					
	3	18	13	16	19	15	23					
P5	1	32	28	19	22	26	23	21.5	4.5	32	16	21
	2	26	25	22	18	18	16					
	3	17	23	15.5	18	19	20					

A3

Datos obtenidos después de la labor.

Cuadro A3.1. Cobertura y pedregosidad del suelo.

PARCELA	COBERTURA		PEDREGOSIDAD	
	ANTES %	DESPUES %	ANTES %	DESPUES %
1	33	4	3	2
2	100	8	36	7
3	13	1	4	1
4	95	14	3	2
5	100	24	7	2

Cuadro A3.2 Determinación del diámetro medio de agregados (DMA).

TAMIZ (MM)	P1 Wt (KG)	TERRON	P2 Wt (KG)	TERRON	P3 Wt (KG)	P4 Wt (KG)	TERRON	P5 Wt (KG)
44.45	4.786	1.163	2.146	0.739	0.619	12.502	5.6087	5.294
15.875	5.482		2.906		0.743	5.994		5.794
7.93	4.195		2.718		1.393	2.794		2.444
4.76	2.180		1.422		0.844	0.644		0.494
4	0.539		0.455		0.451	0.384		0.250
3.36	1.015		1.103		0.947	0.548		0.542
2	1.590		1.827		5.435	1.004		0.779
1.19	1.057		1.155		1.131	0.614		0.576
BASE	4.979		5.473		6.343	2.393		1.693

TAMAÑO MEDIO DE PARTICULAS RETENIDAS (mm)	P1 W (KG)	P2 W (KG)	P3 W (KG)	P4 W (KG)	P5 W (KG)
94.73	4.786	2.146	0.619	12.502	5.294
29.66	5.482	2.906	0.743	5.994	5.794
11.40	4.195	2.718	1.393	2.794	2.444
5.85	2.180	1.422	0.844	0.644	0.494
3.88	0.539	0.455	0.451	0.384	0.250
3.18	1.015	1.103	0.947	0.548	0.542
2.18	1.590	1.827	5.435	1.004	0.779
1.10	1.057	1.155	1.131	0.614	0.576
0.35	4.979	5.473	6.343	2.393	1.693
W Total (Kg)	25.823	19.205	17.907	26.877	17.865
DMA (mm)	26.651	17.766	6.788	52.262	39.723
Promedio DMA (mm)	28.638				

A3.3 Tablas de contenidos de los datos del microrrelieve parcela 1 al 5; antes y después de la labor.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	11.00	11.00	12.00	12.50	13.00	12.50	12.50	11.50	11.00	11.00	12.00	12.50	11.00	11.50	12.50	13.00	12.50	13.00	14.00	15.50
2	12.00	13.50	14.50	14.00	14.00	14.00	13.50	12.00	13.50	12.50	12.50	12.50	13.00	15.50	14.00	14.00	14.00	14.50	15.00	15.00
3	16.00	14.50	15.50	15.00	16.50	16.00	17.00	16.00	17.00	15.50	17.00	14.50	14.50	15.50	14.50	15.00	15.00	15.00	16.50	16.00
4	17.00	14.50	14.00	16.50	16.00	14.50	14.50	13.50	14.00	13.50	13.00	13.00	14.00	15.00	15.00	15.50	15.00	15.50	17.00	16.00
5	12.00	13.50	14.50	14.50	14.00	14.50	14.00	14.50	15.00	13.50	16.00	13.00	13.50	14.00	15.00	14.50	14.50	16.00	15.50	15.00
6	14.50	15.00	15.00	14.50	14.50	14.00	16.00	16.00	14.50	14.00	14.00	13.00	13.50	14.00	12.00	12.50	14.50	14.00	15.00	16.50
7	16.50	14.50	14.50	15.00	15.50	15.50	15.00	15.00	15.50	14.00	12.50	12.00	12.00	13.00	12.50	12.00	12.50	14.00	14.00	15.00
8	14.00	14.50	14.00	13.00	15.50	16.50	15.50	13.50	13.50	14.50	13.50	12.50	11.00	11.50	11.50	13.00	12.00	13.00	13.50	14.00
9	14.00	16.00	16.00	13.00	15.50	15.50	14.00	15.00	15.00	13.50	12.50	13.00	13.50	16.00	14.00	12.00	12.00	12.50	11.50	14.50
10	14.50	17.00	13.50	13.00	14.00	15.50	17.50	19.00	12.50	13.00	12.50	12.50	13.50	14.00	14.50	15.50	12.50	14.00	14.50	15.00
11	16.00	16.00	16.50	16.00	16.00	16.00	15.50	16.00	15.50	15.00	14.50	15.00	14.50	13.50	15.00	15.00	15.50	15.00	15.00	14.50
12	13.50	13.50	15.00	15.50	15.00	16.00	16.00	17.50	14.00	14.50	17.00	14.50	14.50	17.00	16.00	15.50	15.00	16.50	17.50	19.00
13	14.50	16.00	16.50	16.50	16.00	15.50	15.50	14.00	14.00	14.50	15.50	13.00	13.00	14.00	14.50	12.50	13.00	13.00	15.00	16.00
14	16.50	15.50	16.50	16.00	15.00	15.00	14.50	13.50	14.50	14.00	14.50	17.00	17.00	17.00	17.50	16.00	16.50	16.50	16.00	18.50
15	16.50	15.00	14.50	13.50	15.00	13.00	13.50	12.50	14.00	14.00	14.00	14.00	16.00	16.50	16.00	14.50	13.00	13.00	14.00	15.00
16	17.50	14.50	14.00	23.50	23.50	15.00	15.00	14.00	14.50	13.50	14.50	14.50	15.50	16.00	16.50	12.50	12.50	13.50	14.50	15.50
17	15.00	15.00	14.50	13.50	13.50	14.00	16.00	13.50	13.50	18.50	14.50	13.00	14.00	14.50	15.00	12.50	13.00	14.50	14.50	16.00
18	14.50	12.00	12.50	11.00	13.00	13.50	12.50	13.50	13.50	13.50	14.50	15.00	15.00	13.50	14.00	13.00	13.00	16.00	16.50	16.00
19	12.00	14.50	14.00	14.00	14.50	15.00	15.00	15.00	16.00	16.50	16.00	14.50	15.00	14.00	15.00	14.50	14.50	13.50	14.00	14.50
20	15.00	13.50	14.50	14.50	14.50	13.50	16.00	15.50	17.00	18.50	22.00	16.00	14.00	13.50	16.00	14.00	11.50	13.50	14.50	15.00

23.50 max **Media** 14.51 **Promedio** 14.51
 11.00 min **Desv Stand** 1.65 **Coef. Varia.** 11.36

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	13.00	11.50	18.00	18.00	22.50	17.00	15.00	14.50	17.00	15.50	3.50	7.50	15.00	17.00	15.00	19.00	13.00	10.00	15.50	21.00
2	16.50	14.50	22.00	21.00	25.50	18.50	12.50	16.50	15.00	14.50	5.50	8.00	18.00	24.50	21.00	16.00	10.00	11.00	17.00	23.00
3	12.00	16.50	20.00	30.00	18.50	16.00	21.00	18.50	17.00	14.00	8.00	16.50	22.00	25.50	21.00	22.00	11.00	21.50	21.50	24.00
4	12.00	18.50	21.50	20.00	19.50	15.00	14.50	15.50	20.00	14.50	7.00	17.00	27.50	26.50	20.00	16.00	15.00	12.50	18.50	23.00
5	23.00	18.50	20.50	21.00	23.00	22.00	21.00	18.50	15.50	8.00	10.50	15.50	16.00	15.50	18.50	16.50	11.50	12.00	16.50	20.00
6	12.50	20.00	23.50	19.50	21.50	16.00	25.00	19.00	21.50	16.50	11.50	8.50	18.50	20.00	12.50	24.50	18.50	12.50	18.50	19.00
7	7.50	21.00	24.00	23.00	23.00	20.50	17.50	23.00	19.50	15.50	10.00	18.50	20.00	18.50	15.50	13.50	11.00	13.00	22.00	21.50
8	11.00	15.50	20.00	25.00	22.00	24.00	16.50	23.00	21.00	12.00	18.00	19.00	20.00	22.50	16.50	15.50	10.50	11.00	17.50	19.00
9	5.50	5.00	21.00	27.50	24.00	20.50	21.00	21.50	19.50	14.50	10.00	13.50	20.50	20.50	20.50	22.00	12.50	13.00	19.00	20.50
10	12.00	19.00	20.50	20.50	26.00	22.00	23.00	22.00	18.00	13.00	12.50	14.00	16.00	19.00	16.00	15.50	20.50	8.50	18.00	22.00
11	15.00	25.00	25.00	29.00	29.00	21.50	17.50	23.00	20.00	18.50	17.50	21.00	19.50	19.50	19.00	15.50	14.00	17.50	17.50	23.50
12	12.50	18.50	23.50	23.00	24.00	21.50	32.00	26.00	19.50	17.00	15.00	18.00	23.00	19.50	17.50	20.50	18.50	18.00	21.50	21.50
13	14.00	21.00	25.00	29.50	23.50	17.50	21.00	24.00	23.00	15.50	5.00	17.00	20.50	16.50	20.00	20.00	17.50	22.50	18.50	22.50
14	16.00	18.00	25.00	29.00	23.50	19.50	24.50	24.50	24.00	5.50	6.00	20.00	16.50	15.50	23.50	17.00	17.00	18.00	17.00	21.00
15	11.00	17.50	22.50	24.00	22.00	21.00	19.50	17.50	22.50	12.00	4.00	7.00	22.50	14.50	17.50	15.00	15.00	15.00	18.50	21.50
16	18.50	17.50	23.00	22.00	26.50	19.00	21.00	20.50	19.00	14.00	13.50	17.50	16.00	17.50	15.00	15.00	11.00	18.50	18.00	22.50
17	7.50	11.50	21.00	24.00	22.50	20.00	17.50	24.00	19.50	18.00	9.00	10.00	17.50	16.00	12.50	17.50	11.50	16.00	21.00	24.50
18	8.00	11.00	18.50	25.00	24.00	18.00	17.00	19.00	17.50	13.50	11.50	13.00	21.50	19.50	14.00	12.50	17.00	15.00	19.00	22.50
19	12.50	10.00	24.00	18.50	20.00	15.00	23.00	19.00	22.00	11.50	13.50	18.00	20.00	14.00	16.50	24.50	14.00	8.00	17.00	21.50
20	10.00	11.00	19.50	27.00	23.00	29.00	19.00	23.00	19.00	14.00	11.00	19.00	18.00	23.00	26.00	17.50	13.00	10.50	15.00	20.00

32.00 max **Media** 17.93 **Coef. Varia.** 27.61 %
 3.50 min **Desv Stand** 4.95

Parcela 1. Antes y después, respectivamente.

Parcela 2. Antes y después, respectivamente.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	18.00	20.50	18.50	19.50	22.50	21.50	21.00	20.50	21.00	20.00	20.00	20.50	20.00	20.50	20.00	19.00	19.50	19.00	16.00	18.00
2	18.00	20.00	18.00	20.00	21.50	23.00	21.50	21.50	22.00	24.50	21.00	24.00	22.00	23.00	23.50	19.00	19.00	21.00	17.00	17.00
3	19.50	20.00	18.50	19.50	20.00	21.50	22.00	20.50	20.50	20.50	21.50	20.50	20.00	20.00	19.00	18.00	18.50	19.00	17.00	16.00
4	20.50	20.00	20.00	19.50	20.50	21.50	21.50	21.00	20.00	20.00	19.50	18.50	19.50	18.00	18.50	17.00	17.50	17.00	17.50	16.00
5	18.00	19.50	18.50	19.00	24.50	22.50	21.50	21.00	21.00	20.50	19.50	18.00	17.50	17.00	17.50	16.00	18.00	16.50	16.00	17.00
6	18.50	19.50	18.50	19.00	19.50	20.50	21.50	21.00	22.00	21.00	19.00	18.50	17.50	17.50	17.50	17.50	17.00	19.00	17.50	17.00
7	17.50	19.00	17.00	18.00	20.00	20.50	22.00	21.00	21.00	20.00	18.50	18.00	17.50	17.50	17.00	18.50	19.00	18.00	18.00	18.00
8	18.50	19.50	18.50	18.50	20.50	20.50	22.00	20.00	22.50	19.50	19.00	17.00	17.00	17.00	17.50	18.00	18.50	17.00	16.50	18.00
9	19.50	20.00	19.50	19.00	21.00	21.00	23.50	22.50	22.00	22.00	18.00	23.00	18.00	19.00	18.50	18.50	17.00	17.50	16.50	16.00
10	18.00	18.50	18.50	19.00	20.50	22.00	22.50	22.00	22.50	20.00	18.50	18.00	17.00	17.00	18.00	16.50	17.50	17.00	17.00	17.50
11	18.00	19.00	18.00	18.50	21.50	22.00	24.00	23.50	23.50	20.00	18.00	18.50	17.50	18.00	19.50	17.00	17.00	15.50	17.00	15.00
12	18.00	19.00	18.50	19.50	19.00	20.50	22.00	21.50	21.50	21.00	19.50	17.50	17.50	18.00	17.00	16.50	17.00	16.50	16.00	14.00
13	19.00	19.50	19.00	18.50	20.00	19.50	21.50	20.00	19.50	20.50	18.50	17.00	18.00	18.00	19.00	17.00	17.50	16.00	16.50	16.00
14	20.00	21.50	18.00	19.00	21.00	21.00	20.50	19.50	19.50	19.50	18.50	20.50	21.00	18.00	17.00	16.50	18.50	18.50	16.50	16.00
15	18.00	18.50	18.50	19.50	20.50	19.50	24.00	24.00	22.00	18.50	18.50	18.50	19.00	18.50	18.50	17.50	17.50	17.00	17.50	15.50
16	18.00	18.50	18.00	19.50	21.00	20.50	19.50	19.00	19.50	19.00	22.00	19.00	17.50	17.00	17.00	16.50	19.00	19.00	16.00	15.00
17	19.00	18.50	17.00	18.50	20.00	20.00	21.50	18.50	19.50	20.50	22.00	18.00	17.50	17.00	17.50	16.00	15.50	17.50	17.50	17.50
18	20.00	20.00	19.00	19.50	20.50	19.50	20.50	19.00	19.50	19.50	18.00	18.50	18.50	18.50	16.50	15.00	15.00	16.00	18.00	17.00
19	19.00	20.00	18.50	19.00	20.00	19.50	21.00	20.50	21.00	20.00	17.50	18.00	18.00	18.00	17.50	18.50	16.00	16.00	16.50	16.50
20	19.50	20.00	17.50	20.00	21.50	20.50	19.00	20.50	21.00	20.00	19.00	18.50	18.00	17.50	15.00	16.00	16.50	18.50	14.00	16.00

24.50 max Media 18.99 Coef. Varia 10.08
 14.00 min Desv Stand 1.91

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	19.50	22.00	19.50	14.00	16.00	21.00	23.00	22.50	20.00	17.50	20.00	21.00	17.50	9.00	12.00	18.50	20.50	13.50	16.00	19.00
2	23.00	22.00	18.00	11.50	15.00	19.50	24.00	21.00	17.50	14.00	13.50	18.00	14.00	9.50	15.50	18.00	19.50	17.00	15.00	15.00
3	21.00	22.00	19.50	14.50	20.00	27.50	25.50	22.50	19.50	14.50	21.50	21.50	14.00	10.00	12.00	19.00	17.00	16.00	16.50	15.50
4	20.00	24.00	21.50	16.50	16.50	23.00	25.50	24.00	18.50	17.00	18.00	19.50	14.50	9.00	11.50	19.00	19.50	14.50	14.00	14.00
5	18.00	29.00	20.50	20.00	17.00	22.50	23.00	20.00	18.00	14.00	15.50	17.00	14.50	7.00	7.00	16.50	17.50	15.00	13.50	15.50
6	24.50	19.00	15.00	18.50	14.00	19.50	26.00	24.50	18.00	12.00	14.50	18.00	15.50	10.50	8.00	17.50	20.00	17.00	17.00	13.50
7	16.50	19.50	19.00	15.50	15.00	19.00	23.50	23.50	22.50	18.00	16.50	17.50	16.00	9.00	10.00	11.50	19.50	16.50	18.50	18.00
8	19.50	20.00	20.50	13.50	15.00	18.50	25.00	24.00	23.00	17.50	17.50	22.00	19.50	12.00	5.00	16.50	17.50	17.50	16.50	17.00
9	22.00	23.00	16.00	12.50	13.00	21.00	26.00	23.50	23.00	17.50	20.00	21.00	17.00	10.00	12.50	8.00	20.00	18.50	16.00	17.00
10	15.00	20.00	19.50	13.00	13.00	22.50	26.00	26.00	25.00	19.00	19.50	26.50	14.00	16.00	17.00	10.50	16.00	18.00	14.50	13.50
11	17.50	19.50	19.50	16.50	16.50	21.50	27.50	28.50	23.00	21.50	18.00	21.00	17.00	12.00	11.50	17.00	24.00	22.50	19.00	19.00
12	18.00	19.00	24.50	14.50	12.50	20.00	23.00	22.50	21.50	21.00	19.50	20.50	14.50	9.50	10.00	14.50	21.50	21.50	17.50	18.00
13	18.00	21.50	16.00	11.00	10.50	18.50	24.50	23.50	21.00	15.00	18.50	22.00	17.00	10.00	8.50	13.00	15.50	10.50	11.00	18.00
14	22.00	23.00	19.50	14.00	17.00	24.50	25.00	26.00	24.50	16.50	13.50	17.50	15.00	9.00	10.50	15.00	16.00	12.00	14.50	16.50
15	20.00	19.00	20.00	13.50	20.00	23.00	29.00	25.00	23.00	20.00	20.50	18.50	18.00	13.50	10.00	15.50	16.50	11.00	14.00	15.00
16	20.00	18.50	21.00	16.00	14.00	17.00	18.50	20.00	28.00	18.50	15.00	12.50	18.00	10.50	8.50	15.00	14.00	17.50	14.50	16.00
17	18.00	20.50	20.00	16.00	14.50	17.00	22.50	19.50	20.50	20.50	14.00	18.50	18.50	12.00	9.00	11.00	17.00	18.00	14.00	12.00
18	17.00	15.50	19.00	17.00	17.50	17.50	19.50	23.00	25.00	22.50	11.50	12.00	17.50	12.00	13.00	17.00	18.00	20.50	16.00	12.50
19	17.00	20.00	22.00	15.50	15.50	15.00	24.50	27.50	25.00	23.00	14.00	13.00	16.00	10.00	14.00	16.00	19.00	15.00	13.00	17.00
20	14.50	23.00	22.00	14.50	13.50	14.50	26.00	26.50	22.00	23.00	14.50	11.50	16.00	10.50	8.00	12.00	16.00	12.00	10.50	15.00

29.00 max Media 17.56 Coef. Varia 25.35
 5.00 min Desv Stand 4.45

Parcela 3. Antes y después, respectivamente.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	9.50	10.50	11.00	11.00	12.00	12.50	14.50	15.50	17.50	16.50	16.50	18.00	17.50	18.00	19.00	19.50	19.00	18.00	19.00	17.00
2	8.00	10.50	10.00	11.00	13.00	14.50	15.00	17.00	17.50	17.50	17.00	16.00	17.00	18.50	20.00	18.50	18.00	18.50	18.50	17.50
3	8.50	9.00	9.00	9.50	11.50	14.50	15.00	17.50	17.00	17.50	17.00	16.00	16.50	17.50	19.00	17.50	17.50	17.50	19.50	18.50
4	7.00	8.00	8.00	10.00	12.00	15.00	17.50	16.50	17.50	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	18.50	17.50	17.50	16.50	17.00	16.50
5	8.00	7.50	9.00	9.50	11.50	11.50	15.00	17.00	17.00	16.00	17.00	15.00	16.00	16.00	15.00	15.00	16.00	16.50	16.00	16.00
6	7.50	8.00	8.50	8.00	10.50	12.50	13.50	15.00	15.50	15.50	15.50	14.50	15.00	16.50	17.00	11.50	14.50	15.00	16.00	16.50
7	8.00	9.00	9.50	9.50	12.00	13.00	14.00	14.50	15.00	15.00	15.00	15.50	16.50	16.00	17.00	16.00	16.50	17.50	17.50	20.00
8	8.00	8.00	8.50	10.00	12.50	14.50	14.50	14.00	14.00	14.00	15.00	15.00	16.00	16.00	15.50	15.00	16.00	14.50	16.50	16.50
9	8.00	7.50	8.00	9.00	11.00	13.00	13.50	13.00	13.50	13.50	14.00	14.50	16.00	14.00	14.50	14.00	14.00	15.00	13.50	15.50
10	7.50	6.00	6.00	9.50	11.50	12.50	13.00	14.50	14.50	14.00	14.50	15.00	15.00	14.50	14.00	13.00	13.50	14.00	14.00	13.50
11	9.00	10.00	8.50	10.50	13.00	14.00	16.00	15.50	14.50	15.00	15.50	15.50	15.50	14.00	13.50	13.00	14.00	12.50	12.50	13.00
12	9.00	10.00	9.50	11.00	12.50	14.50	15.50	15.00	15.00	15.00	15.00	15.50	14.50	14.00	14.50	14.00	13.50	13.50	12.50	12.00
13	8.00	10.00	9.50	10.50	12.00	15.50	16.50	16.00	16.00	16.00	16.00	18.00	15.50	15.00	14.50	13.50	15.00	14.00	14.00	13.00
14	7.50	9.50	8.00	10.00	12.50	16.00	17.00	15.50	16.00	16.00	16.50	16.00	16.00	15.50	15.00	14.00	14.50	14.00	13.50	13.00
15	9.50	9.00	9.50	9.00	14.00	17.00	19.00	18.00	18.00	17.50	18.00	19.00	19.00	16.50	16.00	15.00	15.00	16.00	14.00	14.50
16	10.50	10.00	10.00	10.00	12.00	16.50	18.00	18.00	17.50	18.00	17.50	18.50	19.00	17.00	17.00	17.00	18.50	18.00	17.00	16.50
17	10.00	10.50	9.00	9.50	11.50	17.00	16.50	15.00	15.50	15.50	16.00	15.00	16.00	16.00	17.00	15.50	15.00	14.00	15.00	13.50
18	9.00	11.50	10.00	11.00	14.50	15.50	15.50	13.50	14.00	14.00	13.50	14.50	14.50	15.00	14.50	14.00	15.00	14.00	14.50	16.00
19	10.00	11.00	11.00	11.00	16.00	15.50	14.50	14.00	14.00	14.50	15.00	15.00	14.50	15.00	16.00	14.00	13.50	12.50	13.00	13.00
20	9.50	11.00	11.00	11.50	11.00	13.00	14.00	14.00	13.00	12.00	14.00	15.00	15.00	15.00	15.00	14.50	14.50	16.00	16.00	14.00

20.00 max **Media** 14.12 **Coef. Varia.** 21.12
 6.00 min **Desv Stand** 2.98

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	28.00	18.00	20.50	17.00	22.50	7.50	20.50	24.50	24.00	25.00	21.00	22.50	21.50	18.50	12.50	15.00	21.50	22.50	21.00	19.50
2	20.50	20.50	17.00	14.00	15.50	10.00	15.00	22.50	24.50	20.50	20.50	24.00	22.00	17.00	14.00	15.00	22.50	25.00	22.50	21.50
3	15.50	16.00	18.00	11.50	8.50	18.00	18.50	23.50	22.50	17.50	20.50	22.50	22.00	15.00	12.00	21.50	19.50	24.00	20.50	21.00
4	17.00	22.00	18.50	15.00	18.00	19.00	21.50	26.00	24.00	17.50	18.00	21.00	20.50	15.00	10.00	13.00	18.50	19.00	17.50	20.00
5	11.00	17.00	21.00	18.00	4.50	13.50	19.00	23.00	24.00	19.00	16.50	18.50	24.50	17.00	16.50	15.50	21.00	22.50	19.00	19.50
6	14.00	16.00	16.00	17.00	10.50	12.50	16.00	23.00	20.50	18.50	16.00	17.00	21.00	15.50	13.50	16.00	23.50	21.00	19.00	21.00
7	12.50	12.00	12.50	12.00	9.00	19.00	21.00	16.50	17.50	20.00	14.50	17.50	20.50	14.00	12.00	15.00	18.50	21.50	17.00	20.00
8	10.00	13.00	14.00	12.00	11.00	13.00	17.00	19.00	21.00	17.00	12.50	15.00	18.00	13.00	10.50	15.00	18.00	18.00	16.00	18.00
9	15.50	13.00	19.00	21.50	9.50	6.50	19.00	21.50	21.50	18.50	12.00	20.00	19.00	14.00	12.50	14.00	16.00	21.00	16.50	18.50
10	10.00	10.50	15.00	17.00	10.50	15.50	20.00	26.00	24.00	18.00	22.50	22.00	24.00	26.50	12.00	14.00	19.00	18.50	17.00	20.00
11	14.00	14.50	16.00	14.50	2.50	11.50	18.00	23.50	23.00	24.50	17.00	14.50	20.00	15.50	16.00	16.50	17.50	18.50	18.00	18.00
12	18.00	13.50	17.00	14.50	14.00	17.00	20.00	22.50	21.50	17.00	11.50	15.00	18.50	16.50	15.00	17.00	23.00	19.00	19.50	17.00
13	13.00	18.50	19.50	13.00	8.50	10.50	17.00	22.50	23.00	13.50	13.50	16.00	17.50	15.00	12.50	12.50	17.00	20.50	19.50	18.50
14	15.50	15.50	18.50	15.00	8.00	11.00	16.50	21.00	26.50	23.50	25.00	20.00	19.50	14.00	16.50	14.50	17.50	21.50	19.50	18.00
15	20.50	18.50	20.50	19.50	14.00	15.00	21.00	25.00	27.50	25.50	20.50	21.50	19.00	18.50	15.00	15.50	15.00	19.00	17.00	20.00
16	16.00	16.00	16.50	18.00	14.50	15.50	17.50	25.50	24.50	20.00	18.50	19.50	21.00	20.00	17.50	18.50	19.00	21.50	17.50	23.00
17	15.00	20.50	18.00	17.00	12.00	12.00	18.00	20.50	29.00	20.00	16.00	16.00	21.50	16.00	4.50	5.50	5.50	19.00	19.00	17.50
18	16.50	13.00	16.00	9.50	9.50	8.00	12.00	21.00	21.00	22.50	22.50	17.00	18.50	15.00	10.00	6.00	17.50	19.00	23.50	16.50
19	17.50	15.00	17.00	9.00	14.00	5.50	14.50	22.00	21.00	19.50	15.00	17.50	19.00	16.00	11.00	6.50	16.50	27.50	16.00	17.00
20	16.50	22.00	22.50	25.00	18.00	7.50	10.00	18.50	21.00	21.00	18.00	19.00	21.00	24.50	10.00	15.00	16.50	18.50	17.00	16.00

29.00 max **Media** 17.47 **Coef. Varia.** 25.36
 2.50 min **Desv Stand** 4.43

Parcela 4. Antes y después, respectivamente.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10.00	18.50	20.00	15.50	15.50	15.50	15.50	14.50	15.50	16.00	16.00	13.00	13.50	13.00	11.00	10.00	12.50	12.50	14.50	14.50
2	9.50	16.00	15.00	13.00	13.50	13.50	14.00	13.50	14.00	15.00	15.50	14.00	14.00	13.50	13.50	13.00	13.50	14.50	13.00	13.50
3	9.50	15.50	15.00	14.00	15.00	14.00	14.00	13.50	13.50	13.00	14.00	12.00	12.00	11.50	12.00	11.00	11.00	11.50	12.00	12.50
4	9.00	16.00	16.00	15.00	15.50	15.00	15.50	14.00	14.00	13.50	13.00	11.00	11.50	11.00	11.00	11.00	10.50	10.50	10.00	11.00
5	10.00	16.50	15.50	15.00	15.00	15.50	16.00	14.00	13.00	13.00	13.00	11.00	10.00	10.00	10.50	8.50	9.00	10.00	10.00	11.00
6	10.00	16.00	15.50	14.00	15.50	16.00	16.50	15.00	13.50	12.00	11.00	11.00	11.50	10.00	9.50	11.00	10.00	11.00	10.00	11.00
7	10.50	13.50	16.00	15.00	16.00	15.50	16.00	14.50	13.50	12.00	11.00	11.00	10.50	10.50	10.50	9.50	10.50	11.00	11.00	11.00
8	9.50	11.00	15.50	14.50	15.00	15.50	16.00	14.50	14.00	13.50	12.50	11.50	10.00	10.00	10.00	9.00	9.50	11.00	11.00	11.50
9	10.00	11.50	15.50	15.50	16.00	16.00	16.00	14.50	14.00	13.00	13.00	14.00	11.00	10.00	9.50	9.00	10.00	10.00	11.50	11.00
10	12.50	14.00	17.00	16.00	16.00	17.00	19.00	16.00	15.50	13.50	12.50	11.00	11.50	11.00	10.50	10.00	10.00	12.00	11.00	11.00
11	16.00	13.50	16.00	15.50	16.00	15.00	13.50	11.50	12.00	12.00	10.50	9.00	8.00	7.00	6.50	7.50	7.00	9.50	9.00	10.00
12	13.50	13.00	17.00	17.50	18.50	18.50	18.50	15.50	14.50	12.00	10.50	10.00	12.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	10.50	10.00
13	12.50	14.50	16.00	16.00	17.00	17.50	16.50	14.50	13.50	11.50	11.50	11.00	11.50	9.50	9.00	8.00	8.00	8.00	7.50	7.50
14	11.50	15.50	16.50	15.50	17.00	17.50	16.50	15.00	13.50	12.00	11.50	10.00	9.50	9.50	8.00	7.50	8.00	7.50	6.50	7.50
15	13.50	16.00	17.00	16.50	17.00	17.50	16.50	17.00	13.50	13.00	11.50	10.00	10.00	11.50	10.50	9.50	9.00	9.00	10.00	10.00
16	14.00	17.00	17.50	17.00	18.50	16.50	17.00	15.50	13.50	11.00	12.00	9.50	9.00	11.00	12.00	9.50	9.00	10.00	10.00	10.00
17	13.50	16.50	17.50	17.00	16.00	16.00	17.00	14.50	13.00	10.50	11.00	9.00	10.50	9.50	11.50	10.00	11.50	10.50	10.00	10.00
18	13.00	19.00	19.00	18.50	19.00	16.50	15.00	14.50	15.50	12.50	12.00	10.50	11.50	10.50	10.00	8.50	10.00	9.50	9.50	11.00
19	15.00	19.00	18.50	18.50	19.50	18.00	18.00	15.50	16.00	14.50	13.00	12.50	13.00	11.50	11.50	11.00	10.00	9.50	9.50	10.00
20	14.50	19.50	20.00	21.00	22.50	21.50	20.50	17.50	17.50	14.50	12.00	12.00	11.50	10.00	12.50	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00

22.50 **max** **Media** 12.92 **Coef. Varia** 23.50
6.50 **min** **Desv Stand** 3.03

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	14.00	22.50	11.00	12.00	12.50	25.00	24.00	20.50	17.50	18.50	20.50	15.00	13.50	5.00	8.00	16.50	14.00	18.00	13.00	13.00
2	14.50	14.50	10.50	10.50	15.50	23.50	23.50	22.00	18.50	16.00	20.00	16.00	13.50	8.50	8.50	20.50	16.50	12.00	16.00	14.00
3	11.00	12.00	11.50	8.00	18.00	22.00	20.50	21.50	15.50	17.00	23.00	16.50	13.50	14.50	14.00	20.00	20.50	16.50	16.50	19.50
4	13.00	14.00	11.50	11.00	17.00	22.50	22.00	29.00	16.50	15.00	17.00	15.00	7.50	10.50	17.50	20.50	28.00	17.50	18.00	17.50
5	18.50	16.00	11.50	11.50	17.50	20.50	23.00	21.00	17.00	19.50	22.50	15.00	11.00	19.50	18.00	18.50	16.50	14.00	16.00	16.50
6	22.50	17.50	11.00	13.50	18.50	20.50	24.50	22.50	17.00	15.00	19.00	17.50	13.00	7.50	16.50	20.50	19.50	17.00	15.50	12.00
7	15.50	16.50	12.00	8.50	11.50	22.50	21.50	28.00	19.00	20.50	21.50	20.50	14.00	13.50	15.00	21.00	16.50	13.50	17.00	12.50
8	17.00	20.50	20.00	13.00	14.00	17.00	25.00	21.00	17.50	16.50	18.50	21.50	15.50	11.00	14.00	17.00	13.00	12.50	14.50	12.00
9	17.00	21.00	14.00	8.00	11.00	17.00	24.50	22.00	17.00	22.00	16.50	19.00	13.00	12.00	16.50	19.50	20.00	15.00	13.50	11.00
10	16.50	23.00	19.00	12.50	13.00	17.50	24.50	24.50	19.00	15.00	20.50	22.50	18.50	11.00	14.50	21.00	20.00	17.50	19.00	15.00
11	22.00	19.50	18.00	11.00	14.00	18.50	24.00	22.00	21.00	13.50	14.00	17.50	17.50	10.00	16.50	16.00	15.50	12.50	13.50	10.00
12	16.00	18.00	17.50	12.00	10.50	21.50	26.00	23.00	18.50	14.00	14.00	17.00	16.00	9.00	14.50	18.00	16.00	14.00	17.00	15.00
13	17.50	18.50	18.00	13.50	16.50	20.50	31.00	28.50	23.50	11.50	14.00	18.00	15.00	9.50	12.00	17.00	14.50	17.50	16.50	10.00
14	18.50	23.00	16.50	12.50	14.00	26.00	24.00	22.00	20.50	14.50	12.50	21.50	11.00	8.00	9.00	15.00	15.50	13.00	12.00	8.50
15	21.50	22.00	15.50	14.00	12.00	22.50	25.00	21.50	20.00	12.50	13.50	17.50	11.50	7.50	13.50	20.00	17.50	14.00	12.00	7.50
16	19.50	24.50	20.50	11.50	15.50	22.00	23.50	21.50	19.50	25.50	15.50	17.50	11.00	7.50	12.50	16.50	17.50	14.50	11.00	14.00
17	22.50	23.50	22.50	13.50	19.50	22.50	27.00	23.50	22.50	17.00	17.50	13.50	11.50	15.50	16.50	17.50	17.00	15.00	12.00	11.00
18	18.50	21.00	17.50	13.50	10.50	21.00	22.00	21.50	16.50	17.00	14.50	16.00	18.50	14.50	16.00	15.50	16.50	16.50	14.00	13.00
19	18.00	19.50	17.00	10.50	13.50	20.50	29.00	20.50	19.50	17.00	18.50	16.00	15.00	18.00	4.00	15.00	16.00	14.00	12.50	11.50
20	18.00	18.00	20.00	10.00	16.00	19.00	25.00	19.50	20.00	13.50	14.50	17.50	14.50	8.00	7.50	14.00	18.50	16.50	12.00	11.00

31.00 **max** **Media** 16.65 **Coef. Varia** 26.94
4.00 **min** **Desv Stand** 4.49

Parcela 5. Antes y después, respectivamente.

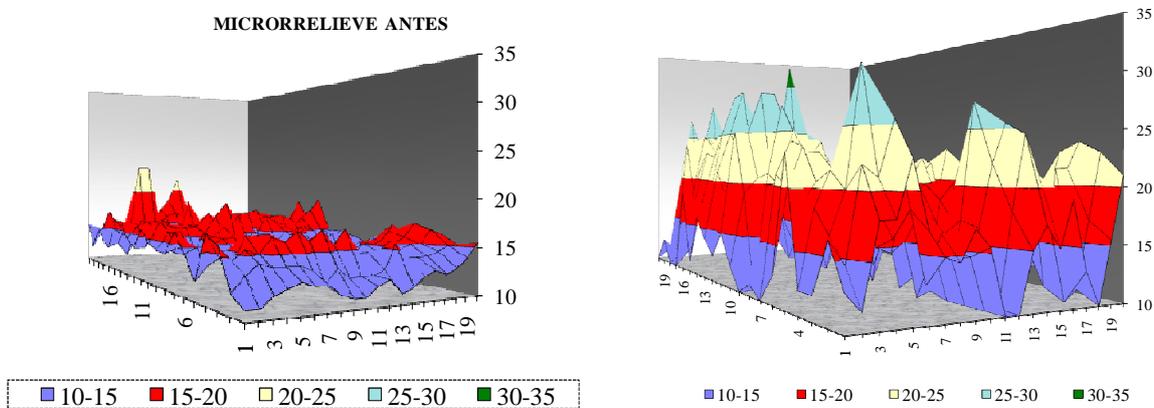
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	16.50	20.00	19.50	19.00	18.00	16.50	17.00	15.50	18.50	16.00	15.00	14.00	15.00	15.00	16.00	18.00	15.00	14.50	15.00	14.50
2	15.00	20.00	20.50	19.00	18.50	17.00	17.00	17.00	17.00	18.00	15.00	14.50	13.50	15.50	16.50	16.50	16.00	15.00	11.50	15.00
3	15.50	18.50	20.50	19.00	21.00	18.00	18.00	17.00	16.00	18.00	16.50	15.50	14.50	15.00	16.00	18.00	16.50	15.50	16.00	16.00
4	14.50	20.00	21.00	20.00	21.00	21.50	22.00	18.00	16.50	21.00	16.50	18.00	18.50	16.50	17.50	19.50	18.50	17.50	18.00	17.00
5	16.00	18.50	20.50	21.50	21.00	22.00	23.50	19.50	19.50	20.00	18.00	18.50	18.00	17.00	19.00	18.50	18.50	19.00	19.00	18.00
6	17.00	19.00	22.00	21.00	21.00	22.00	22.00	22.50	20.00	20.00	17.50	18.00	18.00	20.00	19.50	19.50	20.50	18.00	19.50	19.00
7	19.50	18.50	19.00	20.00	21.50	22.50	24.50	21.00	20.00	21.50	18.00	19.00	20.50	20.00	21.00	20.50	21.50	20.50	19.50	19.00
8	16.00	15.50	18.00	21.00	21.50	23.00	24.00	23.50	21.00	20.50	19.00	19.00	19.50	20.50	20.00	20.00	19.50	20.00	19.00	18.50
9	17.50	17.00	17.50	21.00	23.50	23.00	24.00	23.50	19.00	20.50	21.50	19.00	19.50	21.00	20.00	20.00	21.00	20.50	20.00	21.50
10	17.00	15.50	18.50	20.50	20.50	20.00	23.50	19.50	20.00	19.00	20.50	20.00	22.00	19.50	21.00	21.00	20.00	22.00	21.00	20.50
11	18.50	13.00	17.00	18.50	19.50	20.50	20.50	21.00	19.50	18.50	19.50	18.50	19.00	18.00	18.00	17.50	17.00	19.00	19.00	17.50
12	18.50	14.50	17.00	18.00	20.00	19.50	16.50	18.00	17.00	17.50	17.50	17.00	17.50	14.50	17.00	16.50	17.50	18.00	19.00	20.00
13	17.50	16.00	16.50	16.50	18.00	18.50	18.50	19.00	16.00	16.00	15.50	16.00	17.00	16.00	17.00	17.50	20.00	19.50	18.00	20.00
14	19.00	14.50	16.00	18.50	18.00	17.00	18.00	17.50	19.00	17.50	18.00	17.50	18.00	17.00	17.50	17.00	16.50	17.50	17.00	16.50
15	18.00	16.50	16.00	18.50	19.00	19.50	17.50	16.50	19.00	16.50	17.00	17.00	18.00	17.50	15.00	15.50	16.50	17.00	17.50	16.00
16	19.50	16.50	17.00	18.00	19.00	16.00	15.00	15.00	18.00	18.50	17.50	15.50	17.00	15.50	16.50	15.50	15.00	16.00	16.00	15.00
17	21.50	17.00	16.50	17.50	17.00	16.50	17.00	16.50	16.50	19.50	17.00	15.00	15.00	15.00	15.50	14.50	14.00	14.50	14.00	15.00
18	20.00	18.00	15.00	16.00	17.00	16.50	15.50	16.50	17.50	16.00	16.50	15.50	16.00	15.00	15.00	12.00	13.00	13.50	14.00	14.50
19	16.50	15.50	15.00	16.50	17.50	17.50	19.00	18.00	16.50	16.50	16.50	17.50	17.00	17.00	16.00	13.50	13.50	12.00	14.00	15.00
20	15.50	14.00	15.50	17.50	18.50	18.50	18.50	18.00	19.00	20.00	18.50	16.50	18.00	17.50	16.00	15.00	14.00	12.50	14.00	13.50

24.50 **max** **Media** 17.88 **Coef. Varia.** 12.99
 11.50 **min** **Desv Stand** 2.32

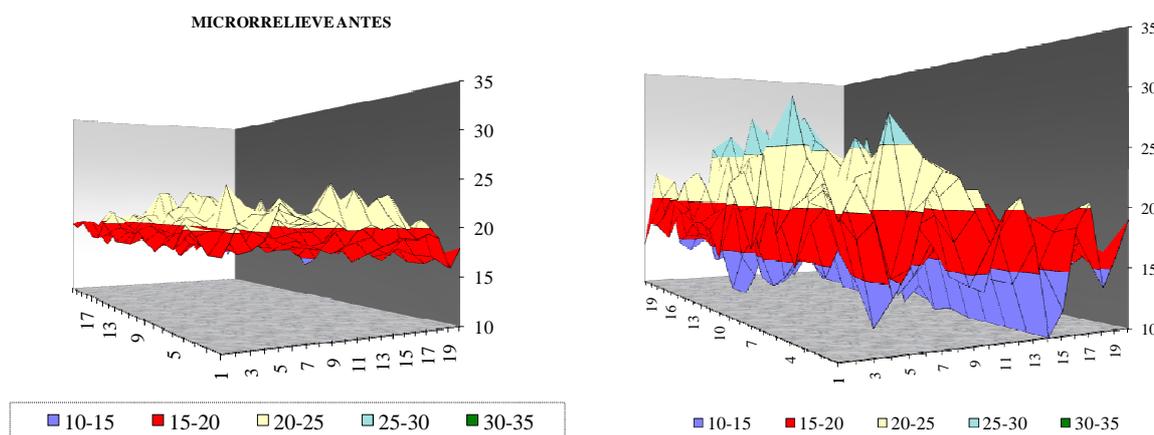
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	19.50	22.00	24.00	10.00	15.00	25.50	23.00	21.00	23.50	19.50	20.50	20.50	19.50	15.00	18.50	22.50	19.00	18.50	13.00	14.00
2	25.00	26.50	19.50	12.50	12.50	28.50	27.50	22.50	23.00	21.00	21.50	13.00	8.50	17.00	19.00	23.00	20.00	20.00	20.00	18.50
3	23.00	27.00	23.50	11.00	16.00	23.00	30.00	24.50	21.50	22.00	25.00	25.50	18.00	16.00	14.50	18.50	21.00	23.00	19.00	18.50
4	23.00	20.50	29.00	13.00	15.00	27.50	29.50	29.50	33.50	25.00	24.00	25.00	21.50	15.00	15.00	21.00	30.00	31.00	25.00	21.00
5	19.50	19.00	21.00	14.50	23.50	26.00	29.50	29.50	32.00	31.00	28.00	29.50	22.00	21.50	16.00	20.50	25.00	31.00	24.00	23.50
6	19.50	26.00	18.00	21.00	22.00	24.50	30.00	31.00	29.00	30.00	28.00	27.50	23.00	16.00	22.00	17.50	24.00	29.00	21.00	26.50
7	32.50	20.00	17.00	16.00	14.00	22.00	27.50	33.00	30.00	25.50	28.00	27.00	22.50	8.50	31.50	23.50	26.00	29.50	25.00	23.50
8	21.50	26.00	19.00	14.50	18.00	20.50	23.50	30.00	32.00	28.00	23.00	28.00	24.50	15.50	16.00	20.50	24.50	25.50	26.50	26.00
9	25.50	23.50	19.00	17.00	20.50	23.50	26.50	29.00	29.50	24.00	25.50	27.50	25.00	22.00	18.00	21.00	27.00	28.00	26.00	24.50
10	23.00	23.50	28.00	19.00	21.50	22.00	24.50	30.00	31.50	30.50	31.00	27.00	26.00	25.50	18.00	14.50	26.50	27.00	26.00	24.00
11	23.00	15.50	19.50	16.00	17.50	21.00	24.50	27.00	24.00	20.50	21.50	24.00	19.00	14.50	16.00	28.00	23.50	28.50	21.00	23.00
12	19.00	22.50	17.00	12.50	12.00	28.50	30.50	21.50	26.50	26.00	22.00	22.00	15.00	9.00	19.00	24.00	23.50	24.00	19.50	21.00
13	23.50	23.00	17.50	15.00	15.50	28.50	25.00	22.00	30.00	21.50	25.50	23.00	14.00	17.00	23.50	25.50	23.50	23.00	22.00	23.00
14	21.00	22.00	17.00	10.50	14.00	22.50	24.00	24.00	25.00	24.50	25.50	21.00	16.00	18.50	19.00	23.00	23.00	21.50	18.50	20.00
15	20.50	21.00	15.50	16.00	16.00	25.00	28.00	29.50	23.00	25.00	23.00	26.00	20.00	20.00	21.00	16.50	22.00	16.50	25.00	18.50
16	22.50	18.00	27.00	20.50	19.00	23.00	25.00	23.00	21.00	22.50	22.00	18.50	14.00	15.50	18.50	22.00	19.50	19.50	19.00	16.00
17	21.00	24.50	19.50	12.50	7.50	21.00	24.50	20.50	21.00	16.50	19.00	19.50	12.50	9.50	10.00	19.50	18.00	18.00	18.00	16.50
18	22.00	20.00	22.00	10.50	14.00	10.00	24.00	23.00	23.00	12.00	14.00	10.00	18.00	14.50	16.00	18.00	20.50	18.50	19.00	13.00
19	15.00	23.00	14.00	15.00	16.50	18.00	23.50	19.50	22.50	22.00	19.00	22.00	18.00	15.50	15.00	19.50	19.50	18.50	15.50	11.00
20	13.50	21.50	13.50	10.00	14.50	18.50	21.50	24.00	21.50	18.00	26.00	26.00	16.00	12.00	14.00	21.00	24.00	16.50	15.00	11.00

33.50 **max** **Media** 21.29 **Coef. Varia. (C)** 24.31
 7.50 **min** **Desv Stand** 5.18

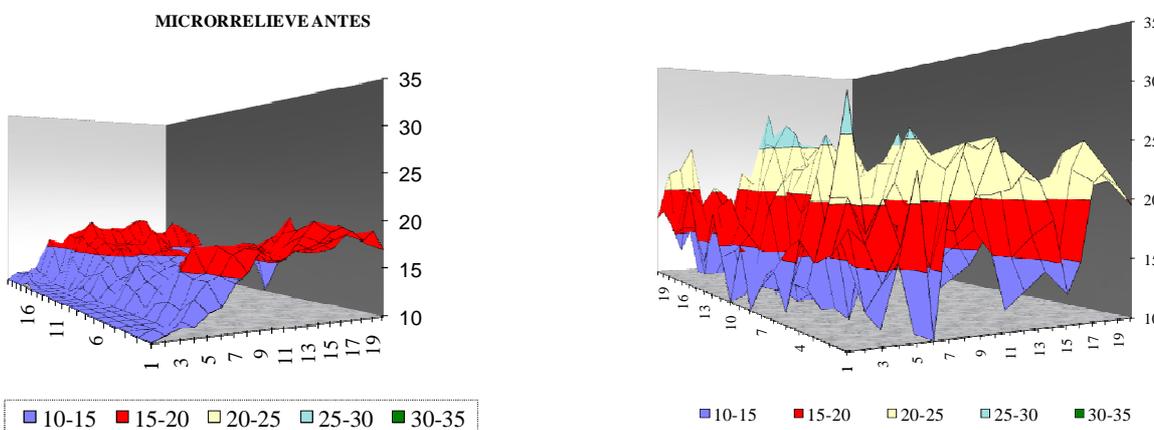
A3.4. Graficas del microrrelieve del suelo parcela 1 al 5; antes y después de la labor.



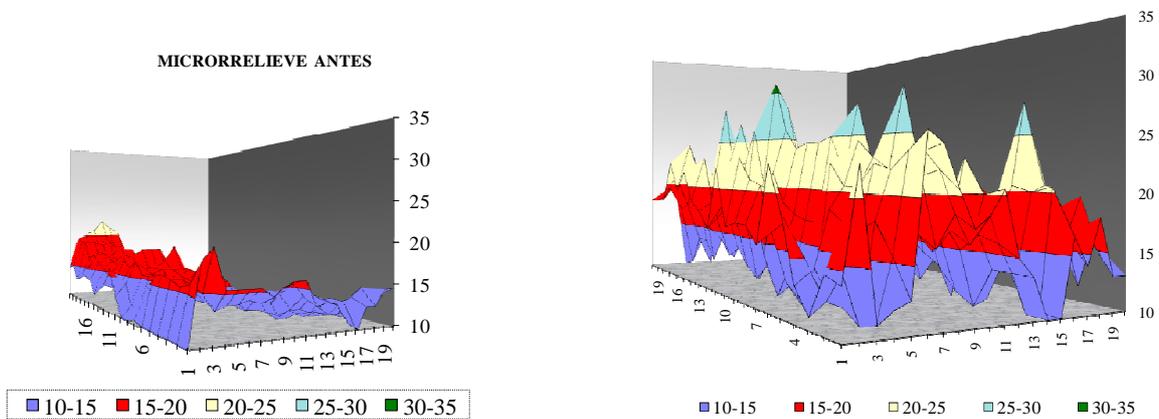
Microrrelieve parcela 1 antes y después.



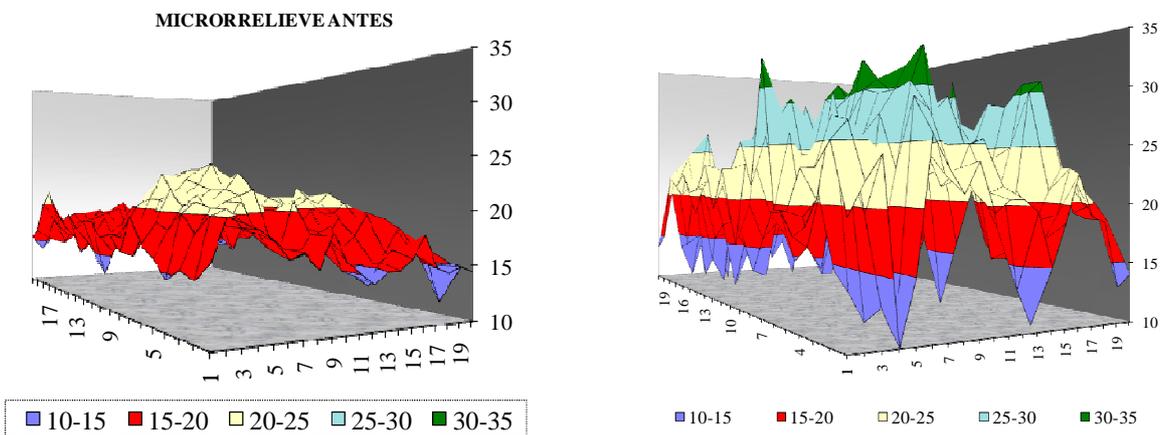
Microrrelieve parcela 2 antes y después.



Microrrelieve parcela 3 antes y después.



Microrrelieve parcela 4 antes y después.



Microrrelieve parcela 5 antes y después.

A4

Ejemplo del esqueleto de los formatos de registros utilizados.

Formato para la toma de datos de velocidad de trabajo o velocidad de avance.**Lugar:** _____**Fecha:** _____

Tractor (marca y modelo): _____

Implemento (m y m): _____

Parcela No. _____

Responsable de la toma de datos _____

REPETICION #	DISTANCIA RECORRIDA (M)	TIEMPO (S)
1	20	
2	20	
3	20	
4	20	
5	20	
6	20	

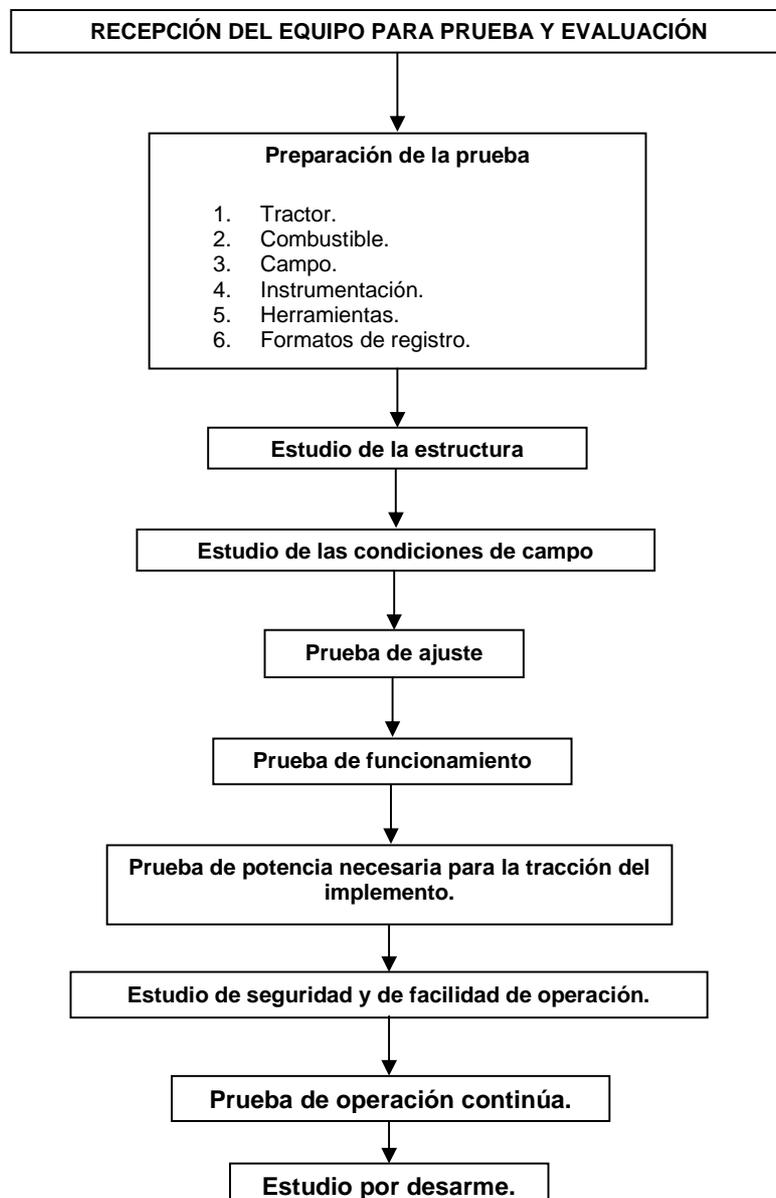
Nota: No se menciona cada uno de los formatos utilizados porque ya están en los anexos anteriores, por eso en éste solo se muestra la estructura o esqueleto del contenido.

A5

METODOLOGIA DE PRUEBA PARA LA EVALUACIÓN DE EQUIPOS DE LABRANZA VERTICAL

Evaluaciones que conforman la metodología de prueba

La evaluación del implemento incluye las pruebas y estudios que se presentan en el diagrama de flujo de la figura, donde se muestra el orden de ejecución de las pruebas y la evaluación de los equipos de labranza.



Preparación de la prueba.

Tractor, operador, Operaciones de ajuste, Parcela objeto de evaluación y suspensión de la evaluación.

Para la realización de la evaluación de todo implemento de labranza vertical se debe contar con el mismo tractor desde el inicio hasta el término de las pruebas, así también debe ser el mismo quien opere el tractor, una persona muy familiarizada con el equipo; cabe mencionar que se debe mantener la misma presión en los neumáticos mientras se realizan las evaluaciones. Antes de realizar las evaluaciones y pruebas se deben llevar a cabo los ajustes necesarios, para ello el equipo debe estar en buenas condiciones físicas y mecánicas para un óptimo funcionamiento. Además la parcela a evaluación debe ser un terreno donde no se haya producido algún cultivo y no haber barbechado antes de la prueba.

La evaluación se suspenderá cuando se presente alguna avería y/o anomalía en el equipo sujeto a prueba o evaluación, que sea de tal magnitud que impida continuar la prueba en condiciones normales. Así también cuando las condiciones imperantes (lluvia, frío, viento, desastre, entre otros) impidan el desarrollo normal de la prueba o evaluación.

Estudio de la estructura.

Las pruebas de medición de la estructura del implemento se deben realizar en el laboratorio para lograr mayor precisión y uniformidad de las observaciones y registros necesarios. La forma de estudiar la seguridad estructural del implemento es mediante la inspección visual y física de cada una de las variables de estudio. Revisión detallada de la información técnica proporcionada por el fabricante, a través de manuales de operación y mantenimiento. Verificación técnica de la estructura y características técnicas del implemento.

Dimensiones del implemento

Se miden la longitud (E) y la anchura (L), ambas en milímetros, considerando los valores máximos del implemento. La altura (A) se determina en el punto más alto del equipo. Para esto, el implemento se coloca en una superficie uniforme y nivelada, enseguida se localizan visualmente los puntos extremos (arriba, a los lados, al frente y la parte posterior). A continuación se proyectan los puntos dejando caer la plomada sobre la cinta adhesiva que esta adherida a la plataforma. Para asegurarse que las distancias de un extremo a otro son de forma recta y paralela al eje de avance del tractor, es necesario crear una línea recta paralela al avance del tractor y ayudarse con una escuadra al momento de la medición.

Masa del implemento

La masa del implemento se determina con todos sus componentes, tal como será usado durante las evaluaciones; primero se toma el peso del implemento solo y después éste se acopla al enganche de tres puntos del tractor y se toma el peso de ambos.

Medidas de piezas de rápido desgaste

Se realiza el desarme de todos sus componentes del implemento poniendo mayor atención en las piezas de rápido desgaste para medirlas y/o pesarlas para después hacer una comparación del estado final de las piezas al terminar las pruebas con el estado inicial de las mismas.

Habrán ocasiones en las que será muy difícil medir el desgaste directamente; en estos casos se debe utilizar la báscula con graduación mínima de 0.01 g para obtener el peso inicial de la pieza, para después en la prueba de desarme determinar la diferencia de peso y describir el desgaste de cada una de las piezas.

Especificaciones del tractor de prueba

Indicar el tipo y modelo de tractor, la potencia, número de revoluciones por minuto del motor, tipo de enganche y posición de la transmisión, así como el tipo, medidas y presión de las llantas.

Estudio de campo

VARIABLES DE ESTUDIO Y MEDICIÓN:

Textura

Instrumentación: Bolsas de polietileno de 1 kg de capacidad, pala recta y/o barrena.

Método de medición: cinco repeticiones a dos profundidades: 0-15 y 15-30 cm. Se toman cinco muestras de suelo en cada una de las dos profundidades indicadas, tratando de cubrir todo el terreno. Después se homogenizan las cinco muestras para cada profundidad y se envía 1 kg de la muestra homogénea al laboratorio de suelos para su análisis, mediante el método del hidrómetro.

Humedad del suelo

Repeticiones: Seis.

Instrumentación: Recipientes de aluminio (20), báscula de precisión (lectura mínima 0.01g), estufa u horno de secado con control de temperatura con escala hasta 110°C, desecadores, barrena y/o pala recta.

Método de medición: Se toman con la barrena o pala tres muestras de suelo, la primera a una profundidad de 0-15 cm, la segunda en el estrato de 15-30 cm y la tercera de 30-45 cm, distribuidas en cinco puntos en todo el terreno donde se realizará la prueba. Se utiliza el método gravimétrico, el cual consiste en colocar cada muestra en recipientes de aluminio con tapa, en seguida se cierra y pesa cada recipiente para obtener el peso del suelo húmedo, después las muestras se secan en la estufa a una temperatura de 110 °C por 24 horas hasta obtener un peso constante, los recipientes se sacan de la estufa, se dejan enfriar en un desecador y se vuelve a pesar cada muestra para obtener el peso del suelo seco. Se procede a destapar los recipientes (al menos que se conozca el peso de cada recipiente) y con la información obtenida se determina el porcentaje de humedad (H_s):

$$H_s = \left[\frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SS}} \right] \times 100, \%$$

Donde:

P_{SH} : Peso del suelo húmedo, g;

P_{SS} : Peso del suelo seco, g.

Densidad aparente

Repeticiones: Cinco.

Instrumentación: Cilindro de volumen conocido (5), báscula de precisión con lectura mínima de 0.01g, estufa u horno de secado con circulación de aire y control de temperatura de 0 a 110 °C, barrena y desecadores.

Para determinar esta variable se utiliza el método del cilindro, el cual consiste en obtener la masa de un cilindro de volumen conocido (v). Se obtienen muestras de suelo con el cilindro, el cual se entierra con firmeza en el suelo con auxilio de la barrena, cuidando de no disturbar la muestra. El volumen debe ser lo más exacto posible, para ello se enrasa el cilindro. Después se secan las muestras en el horno de secado a temperatura de 110 °C por 24 horas, para luego obtener la masa seca del suelo (P_{SS}); la densidad aparente (D_{AP}) se obtiene de:

$$D_{AP} = \frac{P_{SS}}{v} \quad \text{g/cm}^3, \text{ g/ml.}$$

Donde:

P_{SS} : Masa de suelo seco, g;

v : Volumen, ml, cm^3 .

Dureza del suelo

Repeticiones: Cinco.

Instrumentación: Penetrómetro de cono.

Método de medición: Esta variable se obtiene con el penetrómetro a intervalos de cinco cm de profundidad hasta alcanzar una profundidad total de 45 cm, si la profundidad y dureza del suelo lo permiten; las unidades de medida serán kpa (kgf/cm^2). El penetrómetro cuenta con diferentes conos, por tanto, se debe registrar el tipo de cono utilizado en cada medición; el tipo de cono que se va a utilizar va a depender de la dureza del suelo, para lograr mayor precisión en la medición se deben colocar las hojas de registro especiales para este instrumento.

Resistencia la corte

Repeticiones: Cinco.

Instrumentación: Veleta de corte.

Método de medición: se obtienen cinco puntos distribuidos en el área de prueba. El accionamiento de la veleta de corte se hace a una velocidad uniforme, y el valor de resistencia por torsión se medirá a intervalos de 10 kgf de presión desde 0 hasta 50 kgf. Cambiar el resorte con base en la dureza del suelo y registrar el tipo de resorte utilizado; para obtener la resistencia al corte (S) se aplica la ecuación siguiente:

$$S = \frac{3T * 100}{2\pi(r_1^3 - r_2^3)}, \text{ kgf/cm}^2$$

Donde:

T = Par de torsión, kgf.m;

r_1 = Radio exterior de anillo, cm;

r_2 = Radio interior de anillo, cm.

Tamaño promedio del terrón

Repeticiones: Tres.

Instrumentación: Tamices de 8, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 mm, una báscula electrónica con capacidad de 50 kg, un marco de solera de 30 x 80 cm, una pala recta, 10 contenedores y una lona de 5 x 5 m.

Método de medición: esta variable se toma en dos momentos: antes de que el implemento trabaje sobre el suelo, y después de la prueba de funcionamiento. En la determinación se tiene en cuenta el tamaño de los terrones y se toman muestras de suelo en tres puntos a lo largo de una diagonal en la parcela de prueba, dejando un tramo mínimo de 10 m en cada cabecera. El corte de cada muestra se hace en una área de 0.3 x 0.8 m a la profundidad de trabajo del implemento.

Una vez obtenida la muestra se coloca en los contenedores, se vacía en cada contenedor y se tamiza. Los tamices se ordenan de acuerdo con los diámetros: menores de 10, de 10 - 20, de 20 - 30, de 30 - 40, de 40 - 50, de 50 - 60, de 60 - 70, de 70 - 80, de 80 - 90, de 90 - 100 y mayores de 100 mm, se pesa cada contenedor con la muestra respectiva lo que permitirá obtener la distribución del tamaño de los terrones y el tamaño promedio de terrón, con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{5(A+3B+5C+7D+9E+11F+13G+15H+17I+19J+21K)}{W}, \text{ mm}$$

Donde:

$A - K$ = Peso de las muestras, kg;

W = Peso total, kg.

Microrrelieve del suelo

Repeticiones: Seis

Instrumentación: Perfilómetro (marco de PTR de 0.5 pulgadas) con 3 m de longitud, flexómetro, nivel de mano, nivel de agua (manguera), cinta métrica de 50 m, estacas y martillo.

Método de medición: Realizar esta operación antes y después de pasar el implemento; se coloca el perfilómetro en el punto determinado, y se nivela en forma horizontal y vertical. Cada uno de los seis puntos medidos debe tener una referencia fuera de la parcela de prueba, registrando la distancia y el nivel de cada punto, con la finalidad de poder realizar después de la prueba de funcionamiento esta medición en el mismo sitio y así comparar el

microrrelieve del suelo trabajado antes y después de la prueba. Se registra la distancia que hay desde el marco hasta la superficie del suelo a intervalos de cada 20 cm; enseguida se grafica el perfil del suelo, se describe la variabilidad encontrada y se obtienen la media (\bar{X}), la desviación media (σ) y el coeficiente de variación (V) respectivamente con las ecuaciones:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

\bar{X} = Promedio (cm).

σ = Desviación estándar (cm).

V = Varianza (%).

X_i = Cada uno de los valores tomados de la variable altura (cm) [Fig. 8].

n = Cantidad de las mediciones de la altura (400).

$$V = \frac{\sigma \cdot 100}{\bar{X}}, \%$$

Cantidad de maleza o restos de cosecha

Repeticiones: Cinco

Instrumentación: Marco de solera de 1m², contenedores, bolsas de papel, estacas, cinta métrica de 50 m, estufa de secado y báscula de precisión con lectura mínima de 0.01g.

Método de medición. Se determina la masa de malas hierbas y/o restos de cosecha que se tienen antes y después de pasar el equipo de labranza vertical. Las mediciones se tomarán en cinco lugares distribuidos al azar en el terreno de prueba, identificándolos con una referencia fuera de la parcela de prueba; se registra la distancia entre el punto y la referencia para poder regresar a esos mismos puntos después de que haya pasado el implemento. Para ello se coloca sobre el suelo un marco de solera de 1 m², se recoge toda la maleza y los restos de cosecha que se encuentran sobre la superficie del suelo y dentro del marco; se registra su peso húmedo, se llevan a secar en una estufa a 70 °C durante 24 horas y finalmente se obtiene el peso seco. Con los pesos secos obtenidos antes y después de la prueba de funcionamiento se obtiene el porcentaje de incorporación de residuos vegetales, o cualquier otro movimiento que sufre la materia orgánica. A continuación se muestra la ecuación:

$$P_M = \frac{P_{MH} - P_{MS}}{P_{MS}} \times 100$$

Donde:

P_M : Porcentaje de la muestra, %.

P_{MH} : Peso de la muestra húmeda, kg.

P_{MS} : Peso de la muestra seca, kg.

Prueba de funcionamiento

- *Ancho total de trabajo, m;*

Método de medición. Repetición una. Cinta métrica de 50m. Esta variable se obtiene al final de la prueba, mediante la medición del ancho en cada una de las cabeceras de la parcela de prueba, con ayuda de una cinta métrica; para esta medición se toma la cinta métrica y se extiende en la cabecera sobre la línea que delimita los 100m de la parcela de prueba, y se mide desde la primer raya que deja el primer cuerpo del implemento del primer trayecto, hasta la última raya que deja el último cuerpo del implemento en el último trayecto, sumándole la distancia entre cuerpos. El dato se obtiene con la ecuación siguiente:

$$B_t = \frac{(B_1 + B_2)}{2} + D_c$$

Donde:

B_t : Ancho total de trabajo, m;
 B_1 : Ancho medido en la cabecera 1, m;
 B_2 : Ancho medido en la cabecera 2, m;
 D_c : Distancia entre cuerpos.

- **Ancho de trabajo (B), m;**

- **Ancho de trabajo real (B_r), m;**

$$B = \frac{B_t}{n_t}$$

$$B_r = n_c \cdot D_c$$

Donde:

B_t : Ancho total de trabajo (m).
 n_t : Número de trayectos.

Donde:

D_c : Distancia entre cuerpos.
 n_c : Numero de cuerpos.

- **Profundidad de trabajo, m;**

Repeticiones: Tres.

Instrumentación: PTR (con 11 divisiones de 15 cm entre ellas), varilla con punta y cinta métrica.

Método de medición: En cada división del PTR se mide la profundidad iniciando desde cero, lo que nos da un total de 12 datos por cada punto. Deben tomarse tres puntos de muestra por parcela en diagonal tratando de cubrir toda el área de esta, el PTR debe colocarse en dirección perpendicular al paso del implemento. Finalmente la profundidad se obtiene sacando un promedio de los datos obtenidos de los tres puntos.

- **Longitud de viraje**

La longitud de viraje se mide en cada trayecto y en ambas cabecera. Para la medición se coloca una persona en cada cabecera, la cual está atenta para identificar este punto más lejano, colocando una marca (varilla) en dicho punto, para posteriormente tomar la medida de la varilla o de este punto a la línea de los cien metros. Para su cálculo promedio en cada cabecera se emplea la siguiente ecuación:

$$L_{v1,2} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} X_i}{n}$$

Donde:

$L_{v1,2}$: Longitud promedio de viraje en la cabecera 1, 2, m;
 X_i : Longitud de viraje del trayecto i en la cabecera 1, 2, m;
 n : Numero de trayectos.

- Longitud total de trabajo (L_t), m;

Se hace una repetición. Este dato se obtiene midiendo con cinta métrica la longitud trabajada en la parcela de prueba, incluyendo la distancia de viraje en cada una de las cabeceras; aplicar la ecuación siguiente:

$$L_t = \frac{(L_1 + L_2)}{2}$$

Donde:

L_1 : $100 + L_{v1}$ (m);
 L_2 : $100 + L_{v2}$ (m).

- Superficie efectiva de trabajo

Es el área de terreno que realmente trabajó el implemento; para su cálculo se utiliza la ecuación siguiente:

$$S_e = B_t \cdot L_r$$

Donde:

S_e : Superficie efectiva de trabajo, m^2 ;
 B_t : Ancho total de trabajo, m;
 L_r : Longitud real de trabajo, m.

- Velocidad de operación, km/h;

Repeticiones: Una por cada trayecto.

Instrumentación: Cinta métrica (50 m), balizas (4) y cronómetro.

Método de medición: Operar el tractor y el implemento de labranza vertical a la velocidad recomendada por el fabricante del equipo en estudio, comúnmente a una velocidad entre 7 y 9 km/h. En cada trayecto se mide el tiempo que el implemento necesitó para recorrer la distancia sujeta a medición 20m, en la parte central del terreno y durante todo el tiempo que transcurre la prueba. Con la información recabada se calcula el valor promedio del tiempo requerido para recorrer los 20 m; la velocidad promedio de operación se obtiene con la ecuación siguiente:

$$V_{op} = 3.6 \cdot \left(\frac{D_p}{t_m} \right)$$

Donde:

V_{op} : Velocidad promedio de operación, km/h;
 3.6: Factor de conversión de m/s a km/h;
 D_p : Distancia de referencia (20 m);
 t_m : Tiempo promedio de todos los trayectos, s.

- **Tiempo total (T_t), min;**

$$T_t = h_t - h_i$$

Donde:
 h_t : Hora de término;
 h_i : Hora de inicio.

- **Tiempo para dar vueltas en cabeceras (T_c), min;**

$$T_c = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{60}$$

Donde:
 x_i : Tiempo en cabeceras del trayecto i , s;
 n : Número de trayectos.

- **Tiempo de suspensión por fallas (T_f), min;**

$$T_f = \sum_{i=1}^n x_i n$$

Donde:
 x_i : Tiempo que duró la falla i , min;
 n : Numero de fallas.

- **Tiempo efectivo de trabajo (T_e), h;**

$$T_e = \frac{T_t - T_c - T_f}{60}$$

Donde:
 T_t : Tiempo total de operación, min;
 T_c : Tiempo para dar vueltas en cabeceras, min;
 T_f : Tiempo de suspensión por fallas, min.

- **Patinaje de las ruedas del tractor (Pa), %.**

Repeticiones: Una en cada trayecto.

Instrumentación: Cinta métrica (20m), varillas (4) y marcador.

Método de medición: Para obtener esta variable se mide la distancia que recorren en tres vueltas la rueda motriz del tractor; la medición se realiza en ambas ruedas a la vez, considerando que este valor se debe calcular con carga (implemento trabajando) y sin carga (implemento en posición de transporte). Para esta medición es necesario tener un punto de referencia en las ruedas motrices, para lo cual se marca un punto visible en estas. Los datos se toman dentro de los 20 m centrales de la parcela y en cada uno de los trayectos. El porcentaje del patinaje se determina con la siguiente ecuación:

$$Pa = \left(\frac{l_o - l}{l_o} \right) \times 100$$

Donde:
 l_o : Longitud de avance de la rueda motriz sin carga, m;
 l : Longitud de avance de la rueda motriz con carga, m.

- Eficiencia tractiva (TE)

$$TE = (1 - s) \left(1 - \frac{\frac{1.2}{Cn} + 0.04}{0.75(1 - e^{-0.3(Cn \cdot s)})} \right)$$

Donde:

Cn : Coeficiente adimensional de las llantas,
 s : Patinamiento de las ruedas traseras, %.

$$s = \frac{1}{0.3Cn} \ln \left(\frac{0.75}{0.71 - \frac{P}{N} - \frac{1.2}{Cn}} \right)$$

Donde:

P : Potencia del motor, kW.
 N : Reacción normal de las llantas tractivas, N.

$$Cn = \frac{CI \cdot b_c \cdot d_c}{W}$$

$$f = \frac{1.2}{Cn} + 0.04$$

Donde:

CI : Índice de cono (resistencia a la penetración), Pa.
 b_c : Ancho de la llanta, m.
 d_c : Diámetro de la llanta, m.
 W : Peso total del vehículo y operador, N.

Donde:

f : Coeficiente de fricción.

- Consumo de combustible

Método de medición: método del tanque lleno; lo cual se traslada el implemento acoplado al tractor al lugar en el que se iniciara la prueba de funcionamiento, enseguida se llena el tanque con combustible hasta el nivel de referencia y se anota en la hoja de campo la marca en el momento en que el tanque está lleno. Al finalizar la prueba de funcionamiento se mide el combustible necesario para recuperar el nivel marcado antes de la prueba. Es muy importante asegurarse de eliminar las burbujas de aire del interior del tanque tanto antes como después del suministro de combustible, para lo cual se mece el tractor lo suficiente hasta sacar todo el aire del tanque.

Obtener el consumo de combustible horario (CCH - L/h) y el consumo de combustible por superficie (CCh - L/ha), mediante el cálculo con las ecuaciones:

$$CCH = \frac{cc}{Tt}$$

Donde:

CCH : Consumo de combustible horario (L/h);
 cc : Consumo de combustible durante la prueba (L);
 Tt : Tiempo total (h).

$$CCh = \frac{cc}{St}$$

Donde:

CCh : Consumo de combustible por hectárea (L/ha);
 cc : Consumo de combustible durante la prueba (L);
 St : Superficie total (ha).

- Rendimiento teórico del implemento (R_t), ha/h.

$$R_t = 0.1 \cdot (B_f \cdot V_{mi})$$

Donde:

B_f : Ancho teórico reportado por el fabricante, m;

V_{mi} : Velocidad promedio recomendada por el fabricante, m/s;

0.1: Factor de conversión de dimensiones.

Rendimiento efectivo (R_e), ha/h

$$R_e = \frac{S_e}{(T_e \cdot 10^4)}$$

Donde:

S_e : Superficie efectiva de trabajo, m²;

T_e : Tiempo efectivo de trabajo, h;

10^4 : Factor de conversión de m² a ha.

Rendimiento operativo (R_o), ha/h.

$$R_o = \frac{S_e}{(T_o \cdot 10^4)}$$

Donde:

S_e : Superficie efectiva de trabajo, m²;

T_o : Tiempo operativo de trabajo, h;

Rendimiento real (R_r), ha/h

$$R_r = \frac{S_r}{(T_r \cdot 10^4)}$$

Donde:

S_r : Superficie real de trabajo, m²;

- Eficiencia efectiva de trabajo (E_e), %

$$E_e = \left(\frac{R_e}{R_t} \right) \cdot 100$$

Donde:

R_e : Rendimiento efectivo, ha/h;

R_t : Rendimiento teórico, ha/h.

Eficiencia operativa de trabajo (E_o), %

$$E_o = \left(\frac{R_o}{R_t} \right) \cdot 100$$

Donde:

R_o : Rendimiento operativo, ha/h;

R_t : Rendimiento teórico, ha/h.

Eficiencia real de trabajo (E_r), %

$$E_r = \left(\frac{R_r}{R_t} \right) \cdot 100$$

Donde:

R_r : Rendimiento real, ha/h;

R_t : Rendimiento teórico, ha/h.

- Prueba de potencia necesaria

Método de medición: En el terreno de prueba se marcan 20 m en la parte central, tramo en el cual se registran las lecturas del dinamómetro a intervalos regulares y se obtiene el valor promedio para cada condición. Cuando se utilizan dos tractores se evita registrar valores pico debido al arrastre intempestivo del tractor delantero. Para disminuir este problema se utiliza el procedimiento para el tratamiento de la señal de fuerza de la medición, como puede ser la transformada rápida de Fourier (FFT).

$$Pa = 0.001v \cdot Pt$$

Donde:

Pa :Potencia necesaria para la tracción del arado, kW;

v :Velocidad de desplazamiento, m/s;

0.001 :Factor de conversión de W a kW.

$$Pt = P \cdot 9.81$$

Donde:

P : Fuerza resultante de la resistencia de tracción tomada directamente del instrumento de medición, kg.

9.81 : Aceleración de la gravedad, m/s².

- Prueba de radio de giro

$$Rg = 0.5 \cdot Dgp$$

Donde:

Rg : Radio de giro (m).

Dgp : Diámetro promedio del círculo formado (m).

- Estudio de seguridad y de facilidad de operación

Se debe confirmar físicamente el estado del sistema y del equipo de seguridad mediante la inspección de las variables que se especifican. El equipo de prueba se debe operar en el campo por más de dos inspectores, para verificar así la seguridad del mismo.

- Prueba de operación continúa

El equipo se pone a trabajar durante 100 horas continuas, tiempo en el que se tomara cada media hora mediciones de la velocidad de operación, de la profundidad de trabajo y del ancho de trabajo en un tramo de 20 m en la parte central de las parcelas, siguiendo la misma metodología aplicada en la prueba de funcionamiento. Antes de iniciar la prueba se deben tomar muestras de suelo para la determinación de: humedad, densidad aparente, resistencia a la penetración y al corte.

- Estudio por desarme

Al terminar las pruebas se evalúa y registra la condición final del equipo para comprobar la existencia de desgastes o deformaciones de piezas y para confirmar la calidad y la precisión del ensamblado, maquinado y materiales que constituyen el arado. Estas piezas son los brazos, y el timón.