



---

---

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

## DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**Evaluación del desempeño en campo del mecanismo  
dosificador de la sembradora para superficies pequeñas  
Herconth**

**POR:**

**EDELMAN ALVAREZ DE LEÓN**

**T E S I S**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Junio de 2011.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA**

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO EN CAMPO DEL MECANISMO  
DOSIFICADOR DE LA SEMBRADORA PARA SUPERFICIES  
PEQUEÑAS HERCONTH**

POR:

**EDELMAN ALVAREZ DE LEÓN**

TESIS

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

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Aprobado por el comité de tesis

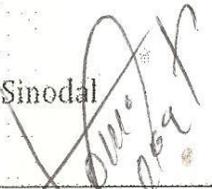
Director de Tesis

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Martin Cadena Zapata**

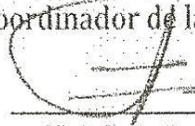
Co-Director de Tesis

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Santo Gabriel Campos Magaña**

Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. Tomas Gaytan Muñoz**

Coordinador de la división de ingeniería

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. Luis Rodriguez Guerrero**

  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA DE ZARAGOZA, MÉXICO  
Coordinación de Ingeniería  
JUNIO DEL 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

A **Dios** todo poderoso por haberme dado la oportunidad de vivir esta vida que hoy comparto con muchas personas, por darme el valor necesario para terminar satisfactoriamente mi carrera... Gracias por las bendiciones que he recibido...!

A **Don "Antonio Narro"**, por haber donado esta hacienda para construir una Universidad Agronómica, gracias a ella pude terminar mis estudios profesionales, "Alma Terra Mater" Gracias...!

Al **Dr. Martín Cadena Zapata**, por darme la oportunidad y aceptarme en la investigación de este proyecto, como sus aportaciones para la realización de este trabajo, por su confianza y apoyo... Sinceramente Gracias!

Al **Dr. Santos Gabriel Campos Magaña**, por su tiempo, conocimiento, consejos y gran apoyo brindado durante todo este tiempo para la realización de esta investigación, " Gracias".

A todos mis **profesores**, que sin ayuda, dedicación y el conocimiento brindado no habría logrado culminar mis estudios y a todas aquellas personas que de alguna manera intervinieron en mi formación durante mi estancia en la Universidad.

Especialmente a todos los Profesores del Departamento de Maquinaria Agrícola: **MC. Uriel Serna, MC. Juan Arredondo, MC. Antonio Guerrero, MC. Tomas Gaytan Muñoz, Dr. Jesús Valenzuela, Ing. Rosendo González, Ing. Jorge Flores, Ing. Ramiro Luna, MC. Elizabeth de la Peña, Dr. Martín Cadena y Dr. Gabriel Campos**; por sus conocimientos compartidos y la formación académica en las aulas de clases.

A mis compañeros de la generación CX de la especialidad de Ingeniero Mecánico Agrícola: Yesmin, Cesar, Ezequiel, Daniel, Luciano, Ulber, Adelfo, Fausto, Maynor, Roberto, Kelvin, Ángel A. Hermenegildo, Jesús, Dario, Nayn, Alejandro, Rafael, Gerardo, Edgar, Jorge, Antonio, por su confianza y amistad que me han brindado desinteresadamente en nuestra vida de estudiante.

Y en fin a todas aquellas personas que me brindaron su amistad, y me ayudaron de alguna manera u otra manera, para la realización de este trabajo, gracias.

## DEDICATORIAS

A mis Queridos Padres:

*Magda Yuri de León López*

Y

*Joaquín Álvarez Guzmán*

**A ti mamá,** por haberme dado la vida, por haberme dado la dicha de ver la luz del día... porque nunca podré pagar todos tus desvelos ni aun con las riquezas más grandes del mundo, por darme el valor necesario para luchar contra los obstáculos de la vida, para alcanzar la meta de ser un profesional, por ejemplo de buena madre...TE AMO MADRE!

**A ti papá,** por el ejemplo de trabajo y honradez que siempre inculcaste en mí y gracias a tu apoyo y consejos he llegado a realizar una de mis metas, la cual es la herencia más valiosa que pudiera recibir. Porque sin escatimar esfuerzo alguno, as sacrificado gran parte de su vida para formarme., el anhelo que más deseabas que fuera un profesional y porque de igual manera nunca podré pagar todo tu esfuerzo ni aun con las riquezas más grandes del mundo... estoy orgulloso de ti.

A mis hermanos (a):

**Karen Isabel,** mi "flakita pop", con cariño para ti hermana, este hermoso momento lo comparto contigo, la mayor satisfacción de haber llegado a la meta de terminar una carrera profesional en la UAAAN.

**Joaquín Eduardo** el “flaco”, por tus consejos, los ánimos y sobre todo por la fuerza de voluntad que me mostraste y me diste para enfrentar día a día los pequeños detalles que viví durante esta etapa en la Universidad.

Gracias por ser como son...LOS AMO.

A mis abuelos:

**Esperanza Guzmán Arteaga**

**Y**

**Edelman Álvarez Cervantes**

Como testimonio de cariño y eterno agradecimiento por mi existencia, valores morales y formación de mi ser. Que son mi inspiración de mi superación y el motivo de lo que he logrado, por lo que soy y por todo el cariño y amor que me han dado, a quienes espero poder darles algo de lo que como hijo me han brindado. Con respeto y admiración...Para quienes daría todo en la vida.

Y de una manera muy Especial a mis tías: **María E. Alvarez Guzmán, Rosa E. Alvarez Guzmán y Martha Alvarez Guzmán**, les agradezco con mucho amor y cariño como el que me han dado toda mi vida, por sus sinceros consejos que me enseñaron el buen camino de la vida, por aquellos momentos de alegría y de tristeza en que estuvieron a mi lado...Gracias Querida Familia!

Con amor:

A **Adriana Quintana Solís**, quien es mi motivo de un sueño hoy hecho realidad. Gracias por compartir conmigo tu amistad, cariño, confianza y apoyo, por estar siempre en los buenos y malos momentos que compartimos (Te amo)...Mis triunfos son tuyos también.

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	III
INDICE DE CONTENIDO .....	V
INDICE DE CUADROS .....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Labranza de conservación, alternativa para evitar la degradación del suelo y reducir el alto gasto de energía. ....	1
1.2 Sembradoras para labranza de conservación. ....	1
1.3 Tracción animal.....	8
1.4 Prueba y evaluación de maquinaria agrícola.....	9
1.5 Instituciones que realizan pruebas y evaluaciones.....	10
1.6 Normalización de la maquinaria.....	10
1.7 Objetivos e Hipótesis. ....	11
1.7.1 Objetivo general. ....	11
1.7.2 Hipótesis.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA. ....	12
2.1 Clasificación de los tipos de dosificadores.....	12
2.2 Sistemas de siembra. ....	16
2.2.1 Sistema de siembra en hileras.....	17
2.2.2 Sistemas de grano fino y al voleo.....	17
2.3 Funciones que debe cumplir una sembradora. ....	17
2.4 Importancia de evaluar la maquinaria agrícola.....	18
2.5 Sistemas de evaluación para maquinaria agrícola. ....	18
2.6 Trabajos realizados en México y el mundo sobre evaluación de sembradoras. ....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1 Localización del Área del trabajo.....	26
3.2 Metodología.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSION. ....	31
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	37
VI. LITERATURA CITADA.....	38

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 4.1</b> Resultados de Velocidad de Trabajo.....	31
<b>Cuadro 4.2</b> Resultados de Corte de Residuo.....	32
<b>Cuadro 4.3</b> Resultados de Profundidad de Trabajo (Maíz) .....	33
<b>Cuadro 4.4</b> Resultados de Profundidad de Trabajo (Frijol 1)... ..	33
<b>Cuadro 4.5</b> Resultados de Profundidad de Trabajo (Frijol 2) .....	34
<b>Cuadro 4.6</b> Resultados de la distribución de semillas de maíz .....	34
<b>Cuadro 4.7</b> Resultados de la distribución de semillas de frijol (1) .....	35
<b>Cuadro 4.8</b> Resultados de la distribución de semillas de frijol (2).....	35

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Implementos manuales para siembra.....	2
<b>Figura 1.2</b>	Sembradora unitaria.....	2
<b>Figura 1.3</b>	Diferentes formas de discos cortadores y removedores de residuos.....	2
<b>Figura 1.4</b>	Sembradora múltiple.....	3
<b>Figura 1.5</b>	Sembradora montada de tracción animal.....	3
<b>Figura 1.6</b>	Sembradora para el arado de palo. Cooperación Prometa CCM.....	4
<b>Figura 1.7</b>	Prototipo de sembradora de siembra directa para cereales menores.....	4
<b>Figura 1.8</b>	Sembradora abonadora de tracción animal. Fuente: Plegable Maquinaria de tracción animal. FAVECZA.....	5
<b>Figura 1.9</b>	Transporte de la sembradora abonadora para iniciar la labor..	6
<b>Figura 1.10</b>	Sembradora abonadora de siembra directa de tracción animal, jalada por un borrico.....	7
<b>Figura 1.11</b>	Cultivo en siembra directa sobre rastrojo.....	8
<b>Figura 2.1</b>	Clasificación de los mecanismos dosificadores de los equipos de siembra.....	12
<b>Figura 2.2</b>	Mecanismo de medición con plato horizontal... ..	13
<b>Figura 2.3.</b>	Mecanismo de medición con plato inclinado.....	13
<b>Figura 2.4.</b>	Mecanismo de medición con plato vertical.....	14
<b>Figura 2.5.</b>	Mecanismo de medición con celda de una banda... ..	14
<b>Figura 2.6.</b>	Distribuidor mecánico de cucharas... ..	15
<b>Figura 2.7.</b>	Mecanismo de medición por dosificación al vacío.....	15
<b>Figura 2.8.</b>	Mecanismo distribuidor de cilindro... ..	16
<b>Figura 2.9.</b>	Banco de pruebas... ..	20
<b>Figura 2.10.</b>	Sistema “Corn Counter”... ..	20
<b>Figura 3.1</b>	Medición de la velocidad de trabajo... ..	26
<b>Figura 3.2</b>	Evaluación del corte de residuo... ..	27
<b>Figura 3.3</b>	Medición de la profundidad de trabajo... ..	28

**Figura 3.4** Medición de distribución de semilla.....29

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la evaluación en campo del prototipo de sembradora, Cotaxtla 1, de la empresa Herconth de Puebla, de labranza de conservación para tracción animal. El objetivo fue evaluar el desempeño en campo del mecanismo dosificador de la sembradora-fertilizadora Herconth para superficies pequeñas. Para la evaluación de la sembradora en campo se utilizaron procedimientos con base a la parte de evaluación en campo para dosificación de la norma mexicana NMX - O- 168 – SCFI – 2009 para prueba y evaluación de sembradoras unitarias y/o fertilizadoras accionadas mecánicamente con dosificador de semilla de disco.

Considerando el objetivo del trabajo y de acuerdo a los resultados obtenidos en campo, se observó que en la prueba realizada, con maíz plano, no se obtuvo un comportamiento regular en relación a la distribución de siembra, ya que resultó con una desviación estándar de 5.4 cm y un coeficiente de variación de 53.1%. En otra prueba con dos platos dosificador de 15 y 20 celdas para frijol se presentó una desviación estándar del 6.3 y 4.91 y un coeficiente de variación de 67.1% y 59.7% respectivamente, lo cual indica una distribución de las semillas bastante irregular con los platos de frijol. Para la profundidad de siembra de frijol tuvo un comportamiento bueno dentro de los rangos de profundidad, recomendado en la NMX-O-168-SCFI-2009, y para maíz fue irregular la profundidad de siembra, fuera del rango de las especificaciones recomendadas dentro de dicha norma.

Se recomienda realizar más pruebas para comparar los datos obtenidos por el desempeño de la sembradora de tracción animal Herconth de Puebla, y compararlos para cerciorarse si cumple con la norma mexicana la cual establece las especificaciones mínimas de operación, para que se comercialicen en la República Mexicana.

**Palabras clave:** Frijol, maíz, tractor pequeño, plato dosificador.

## **I. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 Labranza de conservación, alternativa para evitar la degradación del suelo y reducir el alto gasto de energía.**

De acuerdo a investigaciones realizadas se considera que la utilización del residuo de cosecha como cobertura en la superficie del suelo ayuda ampliamente a la reducción en la erosión (Ibarra, 2000). De acuerdo a estudios realizados en la región de Alliance Nebraska, sobre la erosión eólica, muestran que cuando se usa el arado de vertedera en la preparación del suelo y se deja en descanso se presenta una pérdida de suelo de 24.6 ton/ha por erosión del viento, comparada con 1.8 ton/ha, donde se utilizó el sistema de labranza de conservación, es decir se conservaron 22.8 ton/ha de suelo (Méndez, 1990).

Se considera que para reducir en un 50 % la erosión del suelo, ya sea hídrica o eólica se requiere de 30 % de cobertura como mínimo en la superficie del suelo (Ibarra, 2000).

El requerimiento energético para el sistema en labranza convencional es de 32 litros de diesel por hectárea mayor que en la siembra directa (Frye y Phillips, 1980).

### **1.2 Sembradoras para labranza de conservación.**

Los implementos utilizados en labranza de conservación para la siembra pueden ser desde una pala, coa sembradora manual, sembradoras de tracción animal, hasta sembradoras unitarias y múltiples especializadas de tracción motriz. Algunos implementos manuales se ilustran en la figura 1.1.



**Figura 1.1** Implementos manuales para siembra

Sembrador Unitaria. Se utiliza para sembrar granos grandes como el maíz, frijol, haba, entre otros, pueden ser del tipo de hileras amplias o angostas.



**Figura 1.2** Sembradora unitaria

Estas sembradoras se caracterizan por tener unidades de siembra independientes unas de otras y en la parte delantera de estas unidades poseen un dispositivo cortador y removedor de residuos del suelo que es un componente indispensable para sembrar sobre rastrojo (Figura 1.2).



**Figura1.3** Diferentes formas de discos cortadores y removedores de residuos.

Al sembrar con cobertura de rastrojo abundante es conveniente realizar la siembra cuando las pajas estén de preferencia secas para que sean cortadas por los discos y se siembre la semilla adecuadamente en el suelo.

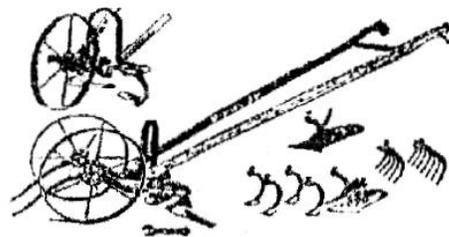
Sembradora múltiple. Estas tienen un solo depósito para la semilla y varios dispositivos para sembrar en pequeñas hileras. Se utilizan para la siembra de granos pequeños (trigo, avena, cebada, sorgo), soya, chícharo, pastizales, praderas de leguminosas y otros cultivos densos.



**Figura 1.4** Sembradora múltiple

Las sembradoras múltiples pueden ser de discos dobles o sencillos para abrir pequeños surcos; tienen ruedas prensadoras para compactar el suelo y regular la profundidad de siembra. Para ajustar la separación entre hileras de siembra, la sembradora cuenta con abridores móviles. ([www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Labranza%20de%20conservaci3n.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Labranza%20de%20conservaci3n.pdf))

Sembradoras montadas de tracción animal. Estas máquinas son menos sofisticadas y menos pesadas que las jaladas por motocultores, la cual permite jalarlas usando animales. El funcionamiento y mantenimiento de estas máquinas es sumamente sencillo.



Sembradora montada de tracción animal

**Figura 1.5** Sembradora montada de tracción animal

([www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4283/1/6803.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4283/1/6803.pdf))

En colaboración con el Comité Central Menonita, se ha desarrollado una sembradora integral con el arado de palo (Figura 1.6). El diseño ha sido evaluado por agricultores con resultados muy positivos y se espera una fabricación comercial a un precio unitario mucho menor que la sembradora Prometa de Cifema, Cochabamba, Bolivia actualmente en venta.



**Figura 1.6** Sembradora con el arado de palo. Cooperación Prometa CCM.

Siembra directa. El beneficio que presta la cobertura del suelo a su protección y mejoramiento es bien conocido (Wall *et al* 1999). En colaboración con CIMMYT, Prometa, Cochabamba, Bolivia, ha desarrollado una serie de prototipos de sembradoras de siembra directa que permiten sembrar cereales por la cobertura de paja dejada sobre la superficie (Callisaya, 1999) (Figura 1.7). Cabe señalar que todavía no hemos llegado a una producción comercial de la sembradora cuya defecto importante es su alto costo. Sin embargo seguimos con el desarrollo y adaptación de otras sembradoras que han dado resultados alentadores en otros países (Dos Santos Ribeiro, 2000).



**Figura 1.7** Prototipo de sembradora de siembra directa para cereales menores.

([www.recta.org/pdf/Bolivia-SimsDijkmanZambranaPROMATA1997-2000web.pdf](http://www.recta.org/pdf/Bolivia-SimsDijkmanZambranaPROMATA1997-2000web.pdf))

Siembra directa con tracción animal. Este tipo de labor de labranza de conservación se efectúa con una sembradora abonadora de siembra directa, sobre el suelo con cobertura de residuos de cosecha del cultivo anterior (mínimo un 30% de cobertura), o con rastrojo seco, sin efectuar ninguna operación de preparación previa o manipuleo de los suelos.

Para que la implementación de este sistema genere una respuesta productiva de los cultivos es necesario que se efectúe en suelos sin limitantes físicas, químicas ni biológicas. El sistema está fundamentado en el uso continuo de coberturas secas formadas mediante la conservación de residuos de cosecha del cultivo anterior y la aplicación previa de herbicidas desecantes al rebrote de la población de malezas, guadañadas con anterioridad y establecidas en el área.

Para la siembra directa se requieren equipos específicos (figura 1.8) que constan de las siguientes partes: secciones de corte, de pre-abonado, de siembra y ruedas tapadoras.



**Figura 1.8** Sembradora abonadora de tracción animal. Fuente: Plegable Maquinaria de tracción animal. FAVECZA.

Sección de corte. Está compuesta por un disco que tiene la función de ocasionar (labrar) una hendidura vertical sobre el suelo, debe estar bien afilado para que pueda cortar fácilmente los residuos (tallos, socas, etc.) de la cosecha del cultivo anterior.

Sección de pre-abonado. Está compuesta de un cincel (igual al del arado de cincel anterior) ubicado a continuación del disco cortador y hace un surco de 5 cm de ancho y de 10 cm de profundidad. El cincel en la sembradora está colocado debajo de la tolva abonadora y detrás lleva una manguera que recibe los fertilizantes de la tolva abonadora, la cual se puede calibrar para dejar caer continuamente, sobre el surco hecho por el implemento, las dosis del fertilizante mineral o químicos de presembrado recomendados.

Sección de siembra. Está compuesta por una tolva sembradora que lleva internamente en su parte inferior los platos y discos de siembra calibrados para cada especie. Estos van girando impulsados por medio de un sistema de cadenas y piñones graduables de diferente tamaño, conectados con la rueda motriz de la cual parten las cadenas generando el movimiento de los discos que dejan caer la semilla continuamente mediante una manguera ubicada debajo de la tolva, en la mitad de los dos discos de siembra, concéntricos, que a la vez que tapan el abono abren un surco donde cae la semilla la cual es cubierta por las ruedas tapadoras. Para que haya una siembra correcta, con el número de semillas por metro lineal calibrado, es necesario que el flujo de semillas sea continuo, para esto es importante que el operario vaya monitoreando que el paso de semillas por el tubo conductor sea normal y no ocurran taponamientos.



**Figura 1.9** Transporte de la sembradora abonadora para iniciar la labor.

Para una utilización eficiente de los equipos de labranza con tracción animal, además de los cuidados anteriores debe también tenerse en cuenta los mismos

requerimientos de humedad de la superficie del suelo (capacidad de campo), que permita fácil penetración del disco y cincel facilitando la labor tanto para la realización de la labranza mínima como para la siembra directa.

En el departamento de Casanare, Yopal, Colombia, aproximadamente desde mediados de Noviembre cesa la época de invierno continuo, sin embargo, con los residuos de humedad en el suelo se forma una cobertura de malezas y en muchos sitios por el fuerte y largo verano los suelos se cuarteán; ya en el primer semestre es necesario esperar las primeras lluvias que permitan tener un suelo húmedo donde puedan penetrar fácilmente el disco cortador, el cincel y los discos de siembra, así también es necesario buena humedad en el suelo que permitan desarrollo dinámico de los vegetales y sea eficiente la aplicación de los herbicidas desecantes y formación de la cobertura seca del sistema.



**Figura 1.10** Sembradora abonadora de siembra directa de tracción animal, halada por un borrico.

En el segundo semestre, se presentan altos contenidos de humedad sobre la cobertura o superficie del suelo por la alta precipitación que no permite buen agarre de la rueda de tracción impidiendo dinamizar el sistema de siembra del implemento. Sin embargo, los equipos son bastante versátiles y trabajan eficientemente después de las lluvias. Es necesario esperar prudentemente que drene el terreno y se seque la cobertura superficial facilitando que la rueda de tracción no resbale, que tenga buen agarre, que gire sobre el suelo dinamizando el sistema de piñones, cadenas y discos necesarios para una siembra efectiva.

La utilización del equipo es de alto potencial en los suelos de los Llanos Orientales después del inicio de las lluvias en primer semestre y con mayor énfasis durante el segundo semestre, por la dificultad, el costo y el tiempo necesario para preparar suelos como se hace convencionalmente en la región.



**Figura 1.11** Cultivo en siembra directa sobre rastrojo

([www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/2006112717841\\_Sistemas%20de%20labranza%20de%20conservacion.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006112717841_Sistemas%20de%20labranza%20de%20conservacion.pdf))

### **1.3 Tracción animal.**

Actualmente se ha revitalizado la mecanización con tracción animal en el país, con la utilización de esta tecnología se preservan los suelos y se disminuye la contaminación atmosférica. El uso de esta fuente energética siempre será pertinente en un grupo de labores donde su eficiencia ha quedado demostrada en áreas poco mecanizables por su pendiente, pedregosidad, obstáculos, etc.; en parcelas pequeñas de huerto, autoconsumo, etc. (Valdés et al., 2004).

El uso de la tracción animal en las labores agrícolas en áreas poco mecanizables por sus condiciones topográficas, de desarrollo, de suelo, por sus dimensiones, etc. nos obliga a acoplarles implementos constructivamente adecuados y que no produzcan una mayor degradación del suelo (Wong et al., 2004).

Galindo, (2009). Propone a la tracción animal como una alternativa tecnológica viable e innovadora para el productor que así puede sortear las dificultades económicas y ser más eficiente en la realización de su trabajo.

Conocer la fuerza de tiro y la demanda de potencia de los implementos agrícolas es de fundamental importancia para armonizar el conjunto animal-maquina, producir mejoras en su diseño y planificar los tiempos de descanso de los animales. También es de suma utilidad para el diseño o regulación optima de los arneses.

#### **1.4 Prueba y evaluación de maquinaria agrícola.**

El término “Prueba” se refiere a un análisis del comportamiento de una máquina, comparándola con normas o valores definidos bajo condiciones ideales, con el propósito de obtener información confiable y repetible. Los procedimientos de prueba no abarcan aquellas mediciones y características que estén influenciadas por las condiciones cambiantes del medio, pues de lo contrario no serian repetibles.

El término “Evaluación” involucra un análisis del comportamiento de una maquina bajo condiciones agrícolas reales. El propósito es obtener información de las maquinas bajo condiciones del medio para el cual fue diseñada y que varían continuamente (Smith y Sims, 1990).

Ambos conceptos prueba y evaluación, se complementan para dar una apreciación integral de las máquinas agrícolas.

## **1.5 Instituciones que realizan pruebas y evaluaciones.**

El Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), fue creado en Marzo de 1999, bajo un acuerdo de cooperación técnica entre los Gobiernos de México y Japón, la meta del proyecto es promover un sistema de prueba y evaluación de maquinaria agrícola en México, y de ahí surgió la Norma mexicana de evaluación de las sembradoras y otros implementos, y así suministrar máquinas adecuadas seguras y de excelente calidad a los productores pequeños y medianos y difundir su uso entre ellos.

Hay instituciones educativas, que colaboran dentro del proyecto y su papel es fungir como laboratorios de pruebas del equipo agrícola que se comercializa en México, entre las cuales se pueden mencionar: Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Universidad Autónoma de Chapingo, y el Centro de Estandarización de Maquinaria Agrícola, estas pruebas se realiza con los métodos y las normas de pruebas y de evaluación de la maquinaria agrícola, que son normas mexicanas voluntarias.

## **1.6 Normalización de la maquinaria.**

La mecanización agrícola es uno de los factores que contribuyen a mejorar la productividad y competitividad de las actividades en el campo. Por eso es tan importante que la maquinaria agrícola que se comercializa en el mercado esté regulada por ciertas normas de calidad que garanticen su adecuado funcionamiento y que aseguren a los productores que están adquiriendo los equipos que responden a sus necesidades.

Para la verificación de estos equipos, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuenta con el CENEMA, que se encarga de realizar pruebas y evaluaciones para maquinaria e implementos agrícolas conforme a las disposiciones de las Normas Mexicanas (NMX), a fin de

verificar que las especificaciones técnicas de comportamiento del equipo que señala el fabricante efectivamente correspondan al producto que adquiere el consumidor final. ([www.inifap.gob.mx/servicios/cenema.htm](http://www.inifap.gob.mx/servicios/cenema.htm)).

Con el establecimiento de la norma mexicana NMX - O- 168 – SCFI – 2009; para Prueba y evaluación de Sembradoras unitarias y/o fertilizadoras accionadas mecánicamente con dosificador de semilla de disco (cancela a la nmx-o-168-scfi-2002). Esta norma mexicana establece las especificaciones mínimas de calidad y el método de prueba para evaluar el funcionamiento, desempeño, seguridad y facilidad de operación de las sembradoras mecánicas y/o fertilizadoras en hileras con dosificador mecánico, que se comercialicen en la República Mexicana. ([www.dof.gob.mx/documentos/3696/seeco3/seeco3.htm](http://www.dof.gob.mx/documentos/3696/seeco3/seeco3.htm)).

Se tiene ahora un instrumento donde se puede, en teoría, verificar estándares mínimos de calidad, seguridad y eficiencia de sembradoras fertilizadoras.

## **1.7 Objetivos e Hipótesis.**

### **1.7.1 Objetivo general.**

Evaluar el desempeño en campo del mecanismo dosificador de la sembradora-fertilizadora Herconth para superficies pequeñas.

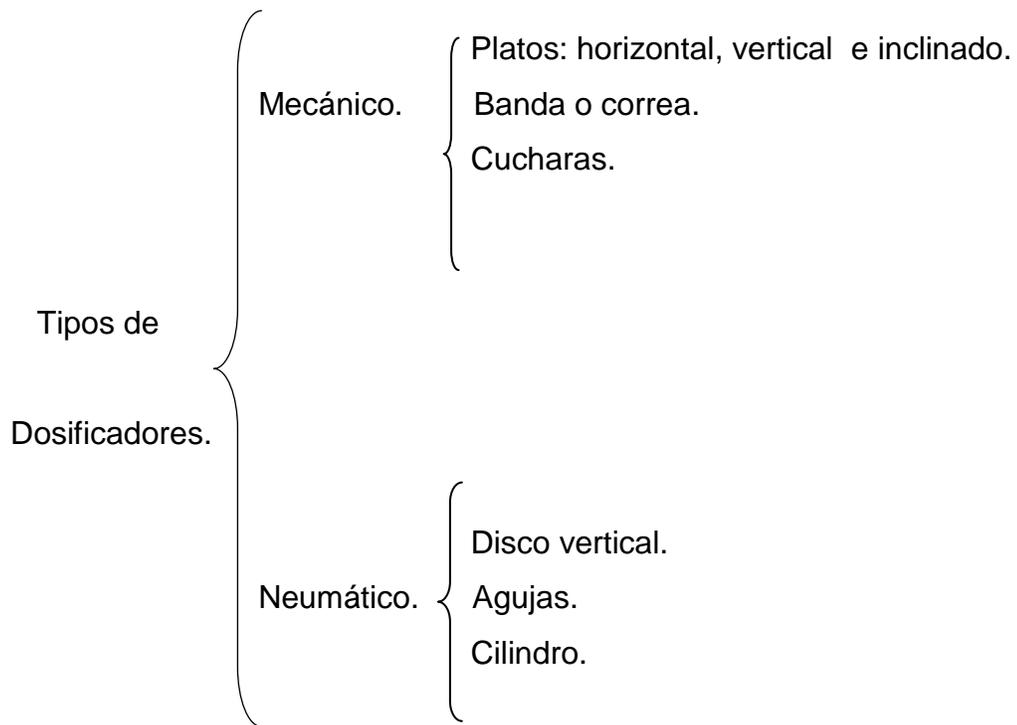
### **1.7.2 Hipótesis.**

Las modificaciones realizadas al mecanismo dosificador de semilla de la sembradora Herconth mejora el desempeño de la misma para cumplir con los requerimientos de dosificación establecidos en la NMX-O-168-SCFI-2009.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1 Clasificación de los tipos de dosificadores.

De acuerdo con Bragachini et al., (2003), en la **Figura 2.1** se muestra la clasificación de los mecanismos dosificadores más comunes en los equipos de sembradoras.



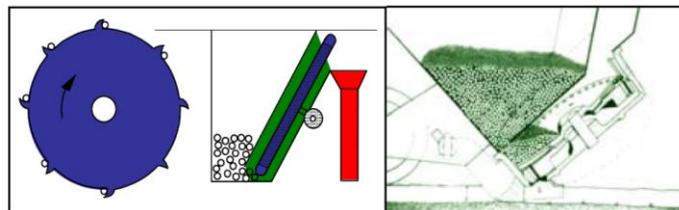
**Figura 2.1.** Clasificación de los mecanismos dosificadores de los equipos de siembra.

**Mecanismo distribuidor con plato horizontal:** en este mecanismo el disco distribuidor con su movimiento de rotación va transportando semillas alojadas en sus alvéolos o escotaduras, desde la tolva hacia el exterior, próximo al suelo, desde donde en caída libre de pocos centímetros alcanzaran el lecho preparado (**Figura 2.2**); pero no se recomienda a semillas de pequeño tamaño (Gracia y Palau, 1983).



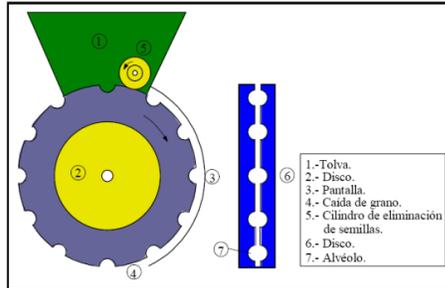
**Figura 2.2** Mecanismo de distribución con plato horizontal.

**Mecanismo distribuidor con plato inclinado:** en este sistema la alimentación es lateral donde las semillas se recogen desde la parte inferior de la tolva siendo descargada por la parte superior, o en un segundo plato paralelo al inferior que conduce hasta la zona de descarga situado bajo la tolva como se muestra en la **Figura 2.3**. Este tipo de distribuidos es sensible a la caída de semilla debido a las vibraciones de la sembradora y la altura de caída de la semilla varía entre 10 y 30 cm. (Ortiz, 1989).



**Fig. 2.3** Mecanismo de distribución con plato inclinado.

**Mecanismo distribuidor con plato vertical:** Kepner, (1978), nos dice que este mecanismo se usa frecuentemente en siembras precisas de vegetales y remolacha azucarera. Los platos verticales (**Figura 2.4**) son los que ofrecen mayor seguridad dentro del grupo de los discos para siembra de precisión con semilla de tamaño medio siempre y cuando esté bien calibrada; estos distribuidores tienen la ventaja de aproximar mucho la semilla al suelo evitando que se presenten desviaciones significativas con respecto al punto de encuentro previsto (Gracia y Palau, 1983).



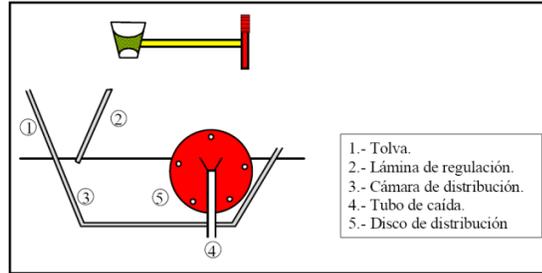
**Figura 2.4** Mecanismo de distribución con plato vertical.

**Mecanismo distribuidor de banda o correa:** este tipo de mecanismo preciso de medición tiene celdas en una banda, ajustadas a las semillas (véase la **Figura 2.5**). Las semillas llegan desde un depósito y entran a la cámara por arriba de la banda por medio de una apertura, y son mantenidas en un nivel controlado. Como la banda gira en sentido contrario a las manecillas del reloj, el botador de semillas que también gira retira el exceso de semilla, permitiendo una semilla por celda, estas son transportadas sobre la base y descargadas en la parte inferior de la banda en la rueda repelente de semillas (Kepner, 1978).



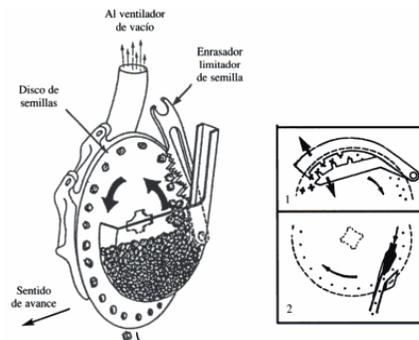
**Figura 2.5** Mecanismo de distribución con celda de una banda.

**Mecanismo distribuidor de cucharas:** método desarrollado en Suecia con una rueda sembradora provista de cucharas radiales que cogen la semilla de la cámara de carga y la transportan hasta un punto donde la dejan caer al suelo, realizando para ello una pequeña rotación dirigida por una leva como se observa en la **Figura 2.6**. Existe un gran número de cucharas de diferentes tamaños y formas para cubrir toda la gama de semillas hortícolas. Hay alguna cuya cavidad semiesférica apenas alcanza 1 mm. de diámetro, que se destinan a semillas pequeñas de col (Gracia y Palau, 1983).



**Figura 2.6** Distribuidor mecánico de cucharas.

**Mecanismo de medición por dosificación al vacío:** (Bragachini, et al., 2003) presentan en promedio una mejor distribución de semillas con formas y tamaños irregulares como el girasol y el maíz, tolerando una mayor velocidad de siembra que el mecánico, sin provocar fallas por falta de carga de la placa. La semilla es succionada en contra de las celdas del plato giratorio, manteniéndola en el hasta llegar a un punto donde el sello de vacío termina (**véase la Figura 2.7**), y debido a la diferencia de presión existente entre la recamara de vacío y la presión atmosférica, las semillas caen hacia el fondo del surco por gravedad (Kepner, 1978).



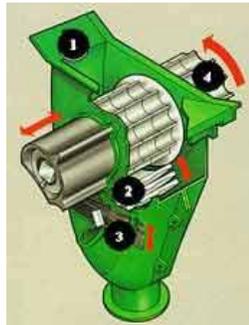
**Figura 2.7** Mecanismo de distribución por dosificación al vacío.

**Mecanismo distribuidor neumático de agujas:** en el sistema neumático de disco con agujas, el distribuidor está constituido por un estrecho cilindro en cuyo interior se crea una depresión a través de las conducciones neumáticas que llegan a su eje. En su superficie lateral lleva colocadas entradas de aire que se asemejan a los engrasadores clásicos, que al girar atraen la semilla, y cuando ésta alcanza el punto deseado cesa la aspiración y caen hasta el suelo.

Utilizando agujas con orificios bien adaptados al grano y creando una depresión suficiente se llega en la mayor parte de los casos a no tomar más que un sólo grano por tubo.

([www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/.../temas/sembradoras.pdf](http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/.../temas/sembradoras.pdf))

**Mecanismo distribuidor de cilindro:** el dosificador de semilla es del tipo rotor acanalado externo (**Figura 2.8**), destacándose por su eficiencia y su sencilla regulación. Para un tratamiento suave de la semilla el cuerpo de la tasa alimentadora es de material plástico (acetato copolímero reforzado con fibra de vidrio) y la compuerta de alimentación es de nylon. Cuya regulación se basa en la translación del rodillo, dejando expuesto mayor o menor volumen de acanaladura al flujo de semillas (Diezma y García, 2006).



**Figura 2.8** Mecanismo distribuidor de cilindro.

## 2.2 Sistemas de siembra.

Los sistemas de siembra más importantes son los siguientes (Breece, 1975):

- Sistema de siembra en hileras.
- Sistemas de grano fino y al voleo.

### **2.2.1 Sistema de siembra en hileras.**

En este sistema de siembra se utilizan las sembradoras en hileras, utilizadas para cultivos que van en líneas separadas, a las distancias más apropiadas y determinadas por experimentación, para lograr mejores rendimientos. Estos cultivos al sembrarse en estas condiciones, podrán ser escardadas, es decir, se podrá cultivar la plantación y efectuar todas las labores subsecuentes sin el problema de perjudicar la plantación (Soto, 1983).

### **2.2.2 Sistemas de grano fino y al voleo.**

La siembra a voleo consiste en la distribución al azar de las semillas sobre toda la superficie del terreno. La siembra a voleo es apropiada para semillas pequeñas. Estas sembradoras suelen ser de construcción muy simple, viéndose dos tipos: centrífugas y de descarga libre (Hernanz, 1997).

Los cultivos sembrados con una sembradora para grano fino generalmente son cosechas de alto rendimiento. Las sembradoras de grano fino proporcionan una distribución más precisa de las semillas y una profundidad más uniforme que el equipo de siembra tipo a voleo; existen dos tipos de sembradoras de grano fino: sembradora con rueda en los extremos y sembradora con ruedas prensadoras (Breece, 1975).

## **2.3 Funciones que debe cumplir una sembradora.**

Abrir el surco en el suelo, con la profundidad y la forma adecuadas. Para una germinación adecuada las semillas deben colocarse debajo de la superficie, por tanto, el equipo sembrador debe prever un mecanismo para la apertura del surco. Este dispositivo es un abresurco que debe mantener el surco a una profundidad apropiada en una variedad de condiciones de suelo. La semilla no

puede ser plantada superficialmente ni demasiado profundo, ya que estas dos situaciones ponen en riesgo la germinación (Rodríguez, 2008).

#### **2.4 Importancia de evaluar la maquinaria agrícola.**

En México, se consideran como tareas primordiales de política agropecuaria la modernización de la explotación agrícola para el mejoramiento del estatus social y económico de las zonas rurales, a través del fomento de la mecanización de las labores agrícolas de productores de pequeña escala, sin embargo existen factores que inhiben la funcionalidad agrícola, entre los cuales se contemplan los siguientes:

- El no existir un sistema de funcionalidad para el desarrollo y mejoramiento de las maquinas agrícolas, ni de pruebas de durabilidad o de la economía de las mismas, por tal motivo no hay suficientes conocimientos técnicos y científicos acumulados sobre estos aspectos.
- Los productores agrícolas se interesan en la funcionalidad de las maquinas agrícolas, sin embargo, tienen que correr el riesgo al intentar adquirirlas, al no existir un sistema confiable de aseguramiento de la calidad y de la funcionalidad de las mismas (Ozuna, 2003).

Por lo tanto es necesario establecer un sistema de pruebas y de evaluación de las maquinas agrícolas para asegurar la funcionalidad de estas maquinas usadas en el campo.

#### **2.5 Sistemas de evaluación para maquinaria agrícola.**

Smith et al., (1994). Para el procedimiento de pruebas de sembradoras en laboratorio, algunos de los puntos que deben analizarse son:

- El mecanismo dosificador y método para cambiar la dosis de semilla entregada.
- Tipos de abridores de surcos y tapadores.
- Tipos de mecanismos y transmisión para accionar la maquina.
- Controladores de profundidad.
- Pruebas del mecanismo dosificador: donde los resultados obtenidos darán la información básica para obtener su rendimiento o desempeño en el campo.
- Rango de siembra: deberán ser evaluados a su máxima, media y mínima efectiva tasa de siembra.
- Semillas para la prueba y daño mecánico: las pruebas deberán ser efectuadas usando tres diferentes tipos de semilla, las cuales deberán ser especificadas de acuerdo a su tipo y peso de 1000 gramos, tamaño medio y contenido de humedad. Después de cada prueba se tomaran tres muestras de semilla al azar y se pesara.

Por su parte el comité estatal de normalización de Cuba de maquinaria agrícola, (1987). Señala que la evaluación objetiva de la maquinaria agrícola debe reunir y determinar los siguientes aspectos:

- Las maquinas agrícolas deben garantizar la calidad de trabajo. Para lo cual es necesario tomar en cuenta la influencia de las condiciones del suelo, el cultivo y las condiciones ambientales sobre los índices energéticos y económicos del trabajo de la maquinaria.
- Las máquinas agrícolas seleccionadas, en este caso la sembradora, debe garantizar la carga óptima del tractor, de tal manera que utilice al máximo la potencia del mismo para obtener una alta eficiencia en el consumo energético por unidad de superficie sembrada.
- El implemento debe garantizar una alta seguridad y comodidad de explotación.

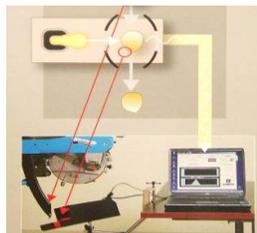
Syngenta cuenta con una herramienta para evaluar plantabilidad y distribución en el sistema de siembra mecánico (de placas). Este sistema consta de un simulador de siembra (instalado como banco de pruebas), fabricado con elementos originales de sembradoras existentes en el mercado argentino, con dos modalidades: un modelo de cuerpo de siembra con fondo plano y otro modelo de fondo inclinado.

El banco de pruebas (**Figura 2.9**), tiene la opción de simular la velocidad de siembra deseada y contar los alvéolos de las placas, lo que nos permite la comparación con las semillas contadas a distintas velocidades.



**Figura 2.9** Banco de pruebas.

Adosado a éste banco de pruebas, el sistema “Corn Counter” (desarrollado por Syngenta Basilea – Suiza) que se muestra en la **Figura 2.10**, permite contar las semillas que caen por el tubo de bajada de los cuerpos de siembra y medir por tiempo el paso entre una semilla y otra, lo que refleja la posible distribución espacial en la línea de siembra.



**Figura 2.10.** Sistema “Corn Counter”.

Este sistema (Corn Counter), nos permite evaluar la posible distribución en un sistema de siembra neumático. Estas mediciones (cantidad y tiempo entre semillas), son transmitidas a un software, donde elabora un informe y grafica los datos recibidos. De ésta manera, se determina la placa más adecuada para cada Híbrido/Calibre/Batch y se sugiere la misma para cada caso con un reporte de la prueba. ([www.nkenvivo.com.ar/guiadesiembra.pdf](http://www.nkenvivo.com.ar/guiadesiembra.pdf))

Albarran, (2004). Menciona que las pruebas y evaluación que se deben realizar con el procedimiento de la Norma Mexicana (NMX-O168-2002), a los implementos agrícolas son:

- Llegada del equipo que se somete a prueba y evaluación.
- Preparación de la prueba: tractor, combustible, insumos, campo, instrumentación y herramientas.
- Estudio de la estructura.
- Estudio agronómico y de ingeniería del material sujeto a pruebas.
- Prueba de dosificación en banco: velocidad de operación, ajuste del dosificador de precisión, dosificación de la semilla y fertilizante por metro, densidad de siembra, dosis de fertilizante, irregularidad de la entrega de la máquina, irregularidad de entrega entre salidas, porcentaje de semilla dañada, efecto del cambio de operación en la dosificación de semilla, efecto del cambio de inclinación transversal de la máquina en la dosificación de semilla y efecto de vibración en la dosificación de semilla.
- Pruebas de dosificación por desplazamiento.
- Estudio sobre las condiciones de campo: prueba de ajuste.

Evaluación del funcionamiento: parcela de pruebas y condiciones de operación.

La siembra mecánica en todas sus versiones supone un importante ahorro de molestias y tiempo de exploración, lo que justifica su larga tradición entre las máquinas agrícolas (Gracia y Palau, 1983).

Gracia y Palau clasificaron los mecanismos dosificadores para la siembra de la siguiente manera:

- Mecánicos: de discos, correas y paletas.
- Neumáticos: de sobrepresión y aspiración.

Ibáñez clasifica los dosificadores de sembradoras en línea en dos tipos:

- Cilindro acanalado.
- Dosificador doble.

De acuerdo a la información consultada se encontró:

- Mecanismo dosificador. La sembradora lleva una lata cilíndrica de 15 cm. De diámetro que sirve como depósito de las semillas y, al mismo tiempo, como placa distribuidora y que tiene orificios en los laterales por donde salen las semillas. La distancia y diámetro de los orificios depende del tamaño de la semilla a sembrar. Estos orificios deben ser de un diámetro tal que permita salir con facilidad una sola semilla por vez.

Esta sembradora es una herramienta que permite sembrar semillas pequeñas (como las hortalizas) en líneas, con cierta uniformidad en el distanciamiento entre semillas y profundidad se siembra.

**([www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/desarrollorural/proinder/catalogo/tecno/19.htm](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/desarrollorural/proinder/catalogo/tecno/19.htm)).**

- El dosificador para hortalizas de sistema neumático MaterMacc, ideal para la siembra de hortalizas en hileras.

El dosificador de las semillas es único y se caracteriza por dos celdas de carga de distinto perfil, una para semillas más grandes y otras para las semillas pequeñas, seleccionable con un desplazamiento lateral sobre el eje de arrastre. Las cantidades de semilla y el flujo de aire se gestionan por separado mediante un sistema electrónico asegurado una siembra óptima ([www.sistemaq.com.ar/tusimagenes/prod-hortícolas.htm](http://www.sistemaq.com.ar/tusimagenes/prod-hortícolas.htm)).

- El dosificador monograno original de GreatPlains, USA. A diferencia de otros distribuidores, la semilla es expuesta a más del 60% de la rueda de semillas, lo que asegura que se le llene cada celda.

Más celdas en la rueda de semillas agrupadas en estrechas filas, permiten a la máquina sembrar a mayor velocidad de avance que las sembradoras convencionales, puesto que gira a menor velocidad que otros distribuidores. Por medio de un rápido giro de un cuarto de vuelta, la rueda de semillas se cambia fácilmente por otra. Simplemente removiendo este perno y bajando la puerta de limpieza, se limpia fácilmente toda la unidad y ya está lista para la siguiente variedad de semilla (<http://www.agrometal.com/productos/mxy/mxy-dosificadores.htm>).

- Dosificador monograno de cilindro perforado en posición vertical (patentado), que permite sembrar grano por grano tanto en cultivos de granos finos como gruesos.

Este dosificador mantiene una pequeña cantidad de semillas en forma constante. El doble de celdas disponibles por dosificador para cada cultivo. Ausencia de gatillos enrasadores y excepcional trato de semillas y los cilindros se perforan según los calibres de semillas enviadas por el productor ([www.viarural.cl/agricultura/maquinaria-agricola/yomel-ferosor/hilcor-hj3-cuerpo-de-siembra.htm](http://www.viarural.cl/agricultura/maquinaria-agricola/yomel-ferosor/hilcor-hj3-cuerpo-de-siembra.htm)).

## **2.6 Trabajos realizados en México y el mundo sobre evaluación de sembradoras.**

El termino evaluación involucra la medición del comportamiento de la maquina bajo condiciones agrícolas reales, y su propósito principal es obtener datos y compararlo con el requerimiento para el cual fue diseñada (Smith y Sims, 1990).

Mancillas, (1988), menciona que las pruebas y evaluaciones que se deben de realizar a las maquinas agrícolas son:

- Pruebas funcionales.
- Pruebas mecánicas, para fuerzas estructurales y durabilidad.
- Determinación del requerimiento de potencia.
- Determinación de fuerzas exteriores.

Santos, (1996), en su trabajo sobre evaluación de una sembradora de hortalizas, nos indica que esta se lleva a cabo considerando los siguientes aspectos:

1. La durabilidad de la maquinaria.
2. Dosificación de la semilla.
3. Distribución de la semilla.
4. Efecto de la cantidad de semilla.
5. Daño a la semilla.
6. Compactación de la sementera.
7. Eficiencia de nacencia.
8. Calibración de la maquina.
9. Limpieza y mantenimiento de la maquina.

Bernabé, et al (1996) en su trabajo sobre la evaluación en campo de sembradoras unitarias. Evaluó dos diferentes sembradoras mecánicas, usando semilla de maíz. Los factores en estudio fueron los siguientes:

- Relación de engranes.
- Velocidad de avance.
- Llenado de tolva.

Las variaciones evaluadas fueron la profundidad de siembra, distribución de la semilla, dosis de siembra, dosis de fertilización y daño mecánico de la semilla; además se obtuvo información sobre la manejabilidad de las sembradoras y requerimientos de tracción.

Tesouro, (1997), en su trabajo sobre el desempeño de diferentes sistemas de dosificación con distintos tamaños de semilla de girasol obtuvo que la mejor uniformidad de siembra obtenida fue la sembradora neumática de precisión. Además observo que la uniformidad de siembra es afectada por la velocidad de trabajo.

Rocha, (1998), en su trabajo de evaluación con tres mecanismos de distribución (cónico, espiral y helicoidal) usando semilla de maíz y trigo para las pruebas encontró que en el espacio aceptable en la distribución de la semilla, en el mecanismo de espiral vario un 32.8 %, en el cónico un 54.8 % y el 12.4 % en el helicoidal; usando semilla de maíz. Con respecto a la densidad de siembra con esta misma semilla, en el caso del mecanismo cónico se obtuvo 454,167 plantas/ha, en el espiral 70,000 plantas/ha y en el helicoidal 60,000 plantas/ha. Mientras que en trigo la densidad de siembra es la siguiente; para el tipo cónico es de 3,920,000 plantas/ha, para el espiral es de 4 ,111,100 plantas/ha, y para el helicoidal es de 3,770,000 plantas/ha.

Bhat, et al., (1993), en su investigación sobre evaluación y desarrollo de un mecanismo de siembra para semilla criolla. De acuerdo a la calibración en laboratorio del prototipo, indico una distribución bastante uniforme de la semilla a lo largo de la hilera; con un daño a la semilla de 0.5 y 1por ciento además ensayos en campo demostraron que la semilla requirió de una fuerza de 646.7 Newton para poder ser triturada. La eficiencia de la sembradora fue de 67.74 %.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Localización del Área del trabajo.

La evaluación se realizó en la parcela de pruebas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo se localiza al suroeste de Coahuila, en las coordenadas 101°59'17" longitud oeste y 25°23'59" latitud norte, a una altura de 1,600 metros sobre el nivel del mar.

#### 3.2 Metodología.

Las pruebas en campo del mecanismo dosificador de de semilla del prototipo de sembradora, Cotaxtla 1 de la empresa Herconth de Puebla, se realizaron en el campo experimental "El Bajío" de la UAAAN, siguiendo el siguiente esquema de evaluación:

#### Procedimiento de las pruebas en campo.

##### Velocidad de trabajo.

Para determinar la velocidad de trabajo se realiza el siguiente procedimiento.



**Figura3.1** Medición de la velocidad de trabajo.

1. Se instalan dos balizas en un extremo de la parcela separadas a 10 metros y dos en el otro extremo, en una forma paralela a las primeras.
2. Se toma con un cronometro el tiempo que tarda la maquina en recorrer los 10 metros.
3. Se realiza la conversión de metros a kilómetros y de minutos a horas, de los datos obtenidos para velocidad de trabajo en campo.
4. Utilizando la siguiente formula se determina la velocidad de trabajo.

---

Donde:

V= velocidad

D= distancia

T= tiempo

### **Corte de residuo.**

Para determinar la eficiencia de corte es necesario realizar el análisis de cada uno de los tramos de rastrojos por donde pasaron los discos de la sembradora, para esta prueba se realizaron seis muestras por parcela.



**Figura 3.2** Evaluación del corte de residuo.

1.- En tramos de un metro, en la línea de trabajo, se cuenta el número de rastrojos que se encuentran en él; posteriormente se prosigue a determinar el número de rastrojos que son cortados por los discos.

2.- Se considera que el total de rastrojos en el tramo representan el 100% de la muestra.

3.- Conociendo el número de rastrojos cortados por el mecanismo se prosigue a determinar el porcentaje de corte. Utilizando la siguiente expresión.

Donde:

—

%C= Porcentaje de corte.

RC= Número de rastrojos cortados.

TR= Total de rastrojos de la muestra.

100= Factor de conversión.

### **Profundidad de trabajo.**

Para determinar la profundidad de trabajo se realiza el siguiente procedimiento:

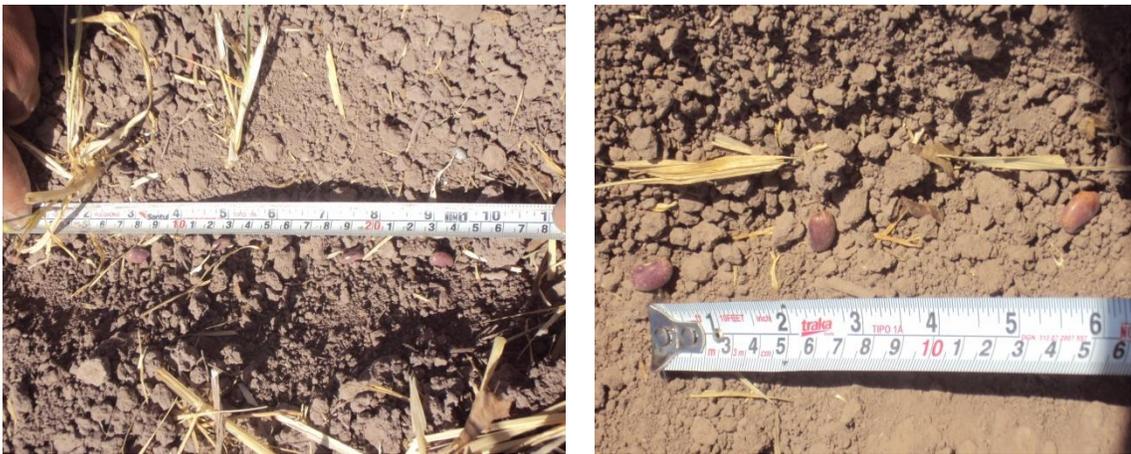


**Figura 3.3** Medición de la profundidad de Trabajo.

1. Por cada línea o hilera se marcan tres tramos de un metro cada uno
2. En un tramo de metro lineal, con un nivel y con una regla graduada se toma las lecturas de profundidad de trabajo. y en cada tramo marcado de realizan cinco mediciones como mínimo.
3. Se determina la media aritmética de los datos obtenidos.

### **Distribución de siembra.**

Para poder obtener los datos en campo sobre la distribución de la semilla, se realiza el siguiente procedimiento:



**Figura 3.4** Medición de distribución de semilla.

1. Se descubren tramos de un metro lineal de surco sembrado, de tal forma que la semilla no sea acarreada con el suelo suelto.
2. Se coloca cinta métrica en el surco sembrado y se mide la distancia entre semillas existentes.
3. Se trata que la primera semilla localizada coincida con el cero de la cinta.
4. Se determina la distribución real de siembra y la media aritmética.
5. Por cada hilera se realizan tres tramos o muestras.

### **Cubrimiento de la semilla.**

1. En un metro lineal del surco de siembra se determina el número de semillas que se encuentran descubiertas.
2. Después de esto se determina el total de semillas que existen en la muestra del metro lineal, y en relación con esto se determina el por ciento de cubrimiento.
3. Por cada hilera se realizan tres tramos o muestras.

Para obtener la mayor uniformidad en dosificación se realizó una selección de semilla por tamaño y forma empleando una seleccionadora mecánica. Para determinar el tamaño y forma de la semilla se tomó una muestra de 100 semillas con tres repeticiones midiendo largo, ancho y espesor y realizando un análisis estadístico de las muestras.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

De acuerdo al procedimiento de evaluación establecido en materiales y métodos, a continuación se presentan los resultados obtenidos y se realiza una breve discusión acerca de los mismos.

##### **Velocidad de Trabajo.**

Las velocidades a las que se trabajo en campo, fueron las siguientes:

**Cuadro 4.1** Resultados de Velocidad de Trabajo.

<b>Parcela de Maíz</b>	<b>Parcela de frijol (1)</b>	<b>Parcela de frijol (2)</b>
<b>VELOCIDAD (m/s)</b>		
0.77	0.91	1
1	1	1
1	0.91	0.91
1	1	1
1	1	1
1	1	1
1	1	0.91
0.91	0.91	1
<b>Promedio por parcela</b>		
<b>0.96</b>	<b>0.97</b>	<b>0.98</b>

Rodríguez y Herrera, (2007) mencionan que un buey en promedio puede trabajar a una velocidad promedio de 0.75 m/s, mientras que Mena-Mesa et, al., (2007), mencionan que los animales de trabajo pueden caminar entre 0.82-0.86 m/s, dependiendo de la fuerza requerida por el implemento. La velocidad utilizada en este trabajo fue de 0.97 m/s la cual se encuentra en una velocidad apta para trabajar con tracción animal. Según Smith *et. al* (1994), menciona que cada especie y raza de animales tiene un rango de velocidades de avance

preferido y cómodo, generalmente entre 0.6-1.5 m/s para bovinos. Las velocidades de trabajo de las pruebas realizadas se encuentran en este rango.

### **Corte de residuo.**

Una de las funciones de los discos de la sembradora es la de cortar el residuo de la cosecha anterior; los discos cortan el residuo de la superficie solo si está duro y tienden a empujarlos dentro de el suelos cuando éstos se encuentran suaves y cultivados.

**Cuadro 4.2** Resultados de Corte de Residuo.

<b>Muestra</b>	<b>Corte de Residuo (%)</b>
1	87
2	93
3	87
4	83
5	97
<b>Promedio</b>	<b>89</b>

El porcentaje de corte de residuos es eficiente, otros estudios (Cervantes Contreras, 2001) han encontrado un corte de residuos de entre 96% a 100% con sembradoras acopladas al tractor. En este estudio se obtuvo una eficiencia de corte de residuos entre el 83 % al 97% lo cual se considera bueno para una sembradora de tracción animal.

### **Profundidad de Trabajo.**

La profundidad de penetración en el suelo es función de la fuerza descendente y de la resistencia del suelo, que varía en función de las condiciones de humedad en el suelo y de los residuos.

La profundidad de trabajo de acuerdo a los datos obtenidos en campo fue aceptable.

**Cuadro 4.3** Resultados de Profundidad de Trabajo (Maíz).

<b>Profundidad de trabajo (cm)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coficiente de variación</b>
3.8	0.9	23
3.5	1.2	35
2.7	0.9	33
3.3	0.9	27
3.8	0.8	20
2.5	0.9	35
2.5	0.9	35
4.2	1.2	29
<b>Promedio de la parcela</b>		
<b>3.3</b>	<b>1.0</b>	<b>29.6</b>

Avellaneda, (2006) menciona que la profundidad de siembra no debería ser menor a 2.5 cm y no superar los 5 cm, lo cual nos permite decir que esta dentro del rango de siembra. Mientras que en la NMX 2009 se menciona que el 90 % de las muestras tomadas para la profundidad de siembra en maíz debe estar entre 5 y 7 cm con la cual no cumple el rango de profundidad. En este caso la profundidad fue menor al establecido por la norma, sin embargo las pruebas se realizaron en suelo seco. Normalmente la siembra se realiza sobre suelo friable, con mayor humedad se tiene menos resistencia y se espera una mayor profundidad de trabajo.

**Cuadro 4.4** Resultados de Profundidad de Trabajo (Frijol 1).

<b>Profundidad de trabajo (cm)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coficiente de variación</b>
4.6	0.85	18.7
4.2	1.13	26.7
4.7	0.73	15.4
4.1	0.56	13.8
3.1	1.20	38.7
2.7	1.70	62.9
4.3	0.78	18.2
4.4	0.81	18.3
<b>Promedio de la parcela</b>		
<b>4</b>	<b>0.97</b>	<b>26.6</b>

**Cuadro 4.5** Resultados de Profundidad de Trabajo (Frijol 2).

<b>Profundidad de trabajo (cm)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>
4.2	0.75	17.8
3.4	0.81	24.1
4.4	1.19	27.2
4.7	1.19	25.5
3.3.	1.94	58.9
3.4	1.22	36.1
4.4	0.96	21.7
4.3	1.18	27.1
<b>Promedio de la parcela</b>		
<b>4</b>	<b>1.15</b>	<b>29.8</b>

La NMX-2009 menciona que 90 % de las muestras tomadas para la profundidad de siembra en frijol debe estar entre 3 cm y 5 cm, por lo cual la profundidad de siembra con un promedio de 4cm está dentro de lo que marca la Norma.

#### **Distribución de semilla.**

La distribución es un factor importante en el correcto establecimiento del cultivo y finalmente en su rendimiento.

Con los datos obtenidos en campo se prosiguió a realizar el análisis estadístico.

**Cuadro 4.6** Resultados de la distribución de semillas de maíz.

<b>Distancia entre semillas (cm)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>Semillas por metro</b>
14.3	7.8	54.6	6.9
11.4	4.4	38.5	8.7
8.7	5.5	63	11.5
9.8	4	40.8	10.2
9.1	5	55	10.9
8.8	4.4	49.5	11.3
9.5	5.7	59.5	10.5
10	6.4	63.5	10
<b>Promedio de la parcela</b>			
<b>10.21</b>	<b>5.4</b>	<b>53.1</b>	<b>10</b>

Bustamante et al., (2000) la siembra de precisión para maíz se realiza con una distancia entre plantas de 14-16 cm por lo cual es este trabajo se tiene una distancia menor, promedio de 5 cm entre semilla. En este caso la desviación estándar entre las distancias de semillas fue de 6 cm y el coeficiente de variación de esas distancias de casi 60% por lo que este es un porcentaje alto, lo que implica una pobre regularidad de la distribución de la semilla.

**Cuadro 4.7** Resultados de la distribución de semillas de frijol (1).

<b>Distancia entre semillas (cm)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>Semillas por metro</b>
8.5	3.7	43.2	11.7
7.9	4.1	51.2	12.6
9.4	4.7	50.3	10.6
8.3	2.4	28.4	12
8.7	4.7	53.6	11.5
10.6	14	132.4	9.4
10.4	13.4	129.4	9.6
7.3	3.6	48.7	13.7
<b>Promedio de la parcela</b>			
<b>8.8</b>	<b>6.3</b>	<b>67.1</b>	<b>11.4</b>

**Cuadro 4.8** Resultados de la distribución de semillas de frijol (2).

<b>Distancia entre semillas (cm)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>Semillas por metro</b>
8.2	5.7	70.1	12.1
6.7	3.2	47.9	14.9
8	4.1	51.4	12.5
8.8	4.9	55.9	11.3
8.4	5.2	62.1	11.9
8.4	5.4	64.5	11.9
9.2	5.7	62.2	10.8
7	4.5	63.9	14.2
<b>Promedio de la parcela</b>			
<b>8.1</b>	<b>4.9</b>	<b>59.7</b>	<b>12.4</b>

Rojas y Chávez, (2002). Mencionan que la máquina de siembra la calibraron

para sembrar a una distancia de 8 cm entre plantas lo que dio un promedio de 12.5 semillas/m lineal, lo que nos da como resultado similar lo dicho por los mismo autores, para el plato dosificador con 15 celdas y para el de 20 celdas.

### **Cubrimiento de semilla.**

Los resultados del cubrimiento a la semilla dieron un 100 de eficiencia tanto para maíz como para frijol. Lo cual se considera que no existen plantas fuera de línea de siembra.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Considerando el objetivo del trabajo y de acuerdo a los resultados obtenidos en campo, se observó que en las pruebas realizadas, no se obtuvo un comportamiento regular en relación a la distribución de siembra, con maíz plano, ya que resultó con una desviación estándar del 5.4 cm y un coeficiente de variación de 53.1%. En otra prueba con dos platos dosificador de 15 y 20 celdas para frijol utilizando se presentó una desviación estándar del 6.3 y 4.91 y un coeficiente de variación de 67.1% y 59.7% respectivamente, lo cual indica una distribución de las semillas bastante irregular con los platos para frijol.

Con respecto a la profundidad de siembra, la sembradora tuvo un comportamiento favorable dentro de los rangos recomendados en la norma mexicana NMX-O-168-SCFI-2009 para frijol y para maíz, está fuera de las especificaciones recomendadas.

Se recomienda realizar más pruebas con distintas combinaciones de engranes, para poder caracterizar ampliamente el desempeño del mecanismo dosificador de la sembradora de tracción animal Herconth, para cerciorarse si cumple con la norma mexicana la cual establece las especificaciones mínimas de operación, para que se comercialicen en la República Mexicana.

## VI. LITERATURA CITADA.

Bernabé, J.J. Morales C. N., 1996. Evaluación en Campo de Sembradoras Unitarias, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.

Bhat, S.N. 1993. Development and evaluation of low cost metering mechanism for an indigenous seed drill, college of Agriculture engineering, Raichur; Karnataka, India.

Bragachini M., Méndez A., Peiretti J., Scaramuzza F., 2003. Sembradoras para siembra directa. Proyecto agricultura de precisión, INTA Manfredi.

Breece H. E., Hansen H. V., Hoerner T. A., 1975. Fundamentos de maquinaria. John Deere Service publications. Moline Illinois.

CERVANTES Contreras, Hediberto. 2001. "Evaluación de la sembradora MP-25 para mínima labranza en cuatro niveles de mantillo y en dos contenidos de humedad del suelo". Tesis (Ingeniero Mecánico Agrícola). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Maquinaria Agrícola. Saltillo, Coahuila, Méx. 75

Comité estatal de normalización, 1987. Sembradoras de grano 34-50, (metodología para la realización de pruebas). Habana Vieja, Cuba.

Diezma I. B., García R. F. J., 2006. Características técnicas de las sembradoras convencionales. Escuela Superior de Huesca.

Figuroa Sandoval, B. y F. Morales Flores. 1992. "Manual de Producción de cultivos con labranza de conservación", Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de México.

Galindo W. F., 2009. La tracción animal (se encuentra en).  
<http://www.cipar.org.com/cipar/resrch/livestk/waler.htm>.

Gracia. I. C, Palau. M. P., 1983. Mecanización de los cultivos hortícolas.  
Ediciones mundi-prensa.

Ibarra, T.A.R. 2000. Guía de Labranza de Conservación; Cooperación entre  
Alianza para el Campo, Sagar y John Deere; Nuevo León, México.

Kepner R. A., Barger E. C., 1978. Principles of farm machinery. Third edition,  
The AVI Publishing Company. Inc. Connecticut, USA.

Mancillas, T.J.A. 1988. Evaluación de una sembradora de grano, diseñada para  
el establecimiento de lotes experimentales de la UAAAN. Tesis de  
Licenciatura en Ingeniero Agrónomo en Maquinaria Agrícola,  
Buenavista Saltillo, Coah. Méx.

Méndez, R.A. 1990. Curso Regional de Labranza de Conservación, Río Bravo  
Tamaulipas, México.

Mena-Mesa N, Ruiz-Vega J, Brydson- Bonera J.A, Perez-Corcho J.S., Molina-  
Trujillo A, (2007). Evaluación de la eficiencia económica de los animales de tiro,  
en la unidad básica de producción "Aramndo Enrique Cardoso" Cuba.  
Naturaleza y Remo 5(2) 15-25.

Olivet Rodríguez Y.E, Herrera González E. 2007. Aprovechamiento de la  
tracción animal en una cooperativa agropecuaria. Revista Ciencias Técnicas  
Agropecuarias 16 (2) 91-94.

Ortiz C. J., 1989. Técnica de la mecanización Agraria. Edicion Mundi-Prensa,  
Madrid, España.

- Ozuna V. J. M., 2009. Desarrollo de un banco modular para la evaluación bajo condiciones de laboratorio de sembradoras integrales. Tesis Licenciatura. Saltillo, Coahuila, México.
- ROCHA, F.E. C. et al. Evaluación de tres mecanismos para la distribución de semillas. Investigación Agrícola de Brasil, Brasilia, v. 33, n 3, p. 331-337, 1998.
- Rodríguez B. J. R., 2008. Diseño, construcción y evaluación de los elementos que están en contacto directo con el suelo de una sembradora de conservación. Tesis licenciatura, Saltillo, Coahuila, México.
- Rojas, L.A., Chávez, G. (2002). "Efecto de la Labranza mínima y convencional en frijol (*PHASEOLUS VULGARIS L.*)". Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica. (105-110)
- Santos, E. A. 1996. Diseño, Construcción y Evaluación de una sembradora de hortalizas, tesis licenciatura para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo en Maquinaria Agrícola; Saltillo, Coah, México.
- Soto M. S., 1983. Introducción al estudio de la maquinaria agrícola. Editorial Trillas, México.
- Frye, W.W. y S.H. Phillips (1980). How to grow crops with less energy. In Cutting energy costs, The 1980 Yearbook of Agriculture, USDA, Washington, DC.
- Smith, D. y Sims B.G. 1990. Evaluación Técnica de Equipos para Pequeños Productores; Cooperación Técnica entre México y Gran Bretaña; Veracruz, México.

Smith D. W., Sims B. G., O' Neal D. H., 1994. Principios y prácticas de pruebas y evaluación de maquinas y equipos agrícolas. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 110. Roma, Italia. 272 p.

Smith D.W., Sims B.G.1990. Procedimiento para la evaluación de implementos para labranza primaria. Evaluación técnica de equipos para pequeños productores. Manual teórico-práctico. Programa de cooperación técnica México-Gran Bretaña, pp. 1-14.

Tesouro, M.O.1997. Performance evaluation of several seed metering systems with different sizes of sunflower seed; Instituto de Ingenieria Rural, Castelar, Buenos Aires Argentina.

Wong B. M., Soto B. P., Campos P. R., Lara C. D., Valdés R. R., Armada L. M. M. E., 2004. Sistema de implementos de tracción animal para aéreas semimontañosas. Forum Tecnológico Especial Cuba.

## **PÁGINAS WEB CITADAS.**

**([www.agrometal.com/productos/mxy/mxy-dosificadores.htm](http://www.agrometal.com/productos/mxy/mxy-dosificadores.htm)).**

**([www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/2006112717841\\_Sistemas%20de%20labranza%20de%20conservacion.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006112717841_Sistemas%20de%20labranza%20de%20conservacion.pdf))**

**([www.dof.gob.mx/documentos/3696/seeco3/seeco3.htm](http://www.dof.gob.mx/documentos/3696/seeco3/seeco3.htm)).**

**([www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4283/1/6803.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4283/1/6803.pdf))**

**([www.inifap.gob.mx/servicios/cenema.htm](http://www.inifap.gob.mx/servicios/cenema.htm)).**

**([www.nkenvivo.com.ar/guiadesiembra.pdf](http://www.nkenvivo.com.ar/guiadesiembra.pdf))**

**([www.recta.org/pdf/Bolivia-SimsDijkmanZambranaPROMATA1997-2000web.pdf](http://www.recta.org/pdf/Bolivia-SimsDijkmanZambranaPROMATA1997-2000web.pdf))**

**([www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Labranza%20de%20conservaci3n.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Labranza%20de%20conservaci3n.pdf))**

**([www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/desarrollorural/proinder/catalogo/tecno/19.htm](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/desarrollorural/proinder/catalogo/tecno/19.htm)).**

**([www.sistemaq.com.ar/tusimagenes/prod-hortícolas.htm](http://www.sistemaq.com.ar/tusimagenes/prod-hortícolas.htm)).**

**([viarural.cl/agricultura/maquinaria-agricola/yomel-ferosor/hilcor-hj3-cuerpo-de-siembra.htm](http://viarural.cl/agricultura/maquinaria-agricola/yomel-ferosor/hilcor-hj3-cuerpo-de-siembra.htm)).**

**([www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/.../temas/sembradoras.pdf](http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/.../temas/sembradoras.pdf))**