



## **IMPACTO AMBIENTAL DE LA INTRODUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AGRÍCOLA PARA LA LABRANZA DE CONSERVACIÓN**

Johann Mejías Brito<sup>1</sup>  
[jbrito@itcolima.edu.mx](mailto:jbrito@itcolima.edu.mx)  
José A. Martínez Grave de Peralta<sup>2</sup>  
Idalberto Macías Socarrás<sup>3</sup>

### **RESUMEN**

En años recientes se ha incrementado el interés por la sostenibilidad de la agricultura. Los sistemas sostenibles de producción de cultivos requieren que el suelo se mantenga en una buena condición física, biológica y química. Esta situación ha requerido del desarrollo e implementación de métodos de labranza que mejoren los ya existentes. Este trabajo consiste en el diseño de un implemento combinado para la preparación acelerada de suelos, capaz de realizar con un solo pase varias labores, además de contribuir a la descompactación, el subsolado y el control de malezas.

**Palabras clave:** *impacto ambiental, agricultura de conservación, implemento agrícola*

### **ABSTRACT**

In recent years there has been increased interest in sustainable agriculture. Sustainable systems of crop production require that the soil is kept in a good physical, biological and chemical. This has required the development and implementation of tillage methods that improve existing ones. This work involves the design of a combined to implement accelerated soil preparation, able to perform with one pass several tasks and contributes to subsoiling, subsoiling and weed control.

**Key Words:** *environmental impact, conservation agriculture, agricultural implement*

### **INTRODUCCIÓN**

La erosión del suelo es uno de los ejes más importantes de la problemática ambiental y constituye un fenómeno de especial gravedad por afectar a extensas áreas geográficas. La pérdida de suelo conlleva graves consecuencias económicas ya que se produce una disminución en su nivel de fertilidad además del arrastre de sedimentos, fertilizantes y fitosanitarios hacia masas de agua, (González, 2001).

En la agricultura, este problema está influido principalmente por el excesivo laboreo del suelo, que trae consigo a un aumento de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera y conduce a la pérdida de biodiversidad. El alcance de este objetivo en el sector agrario de se ve limitado

---

<sup>1</sup> Ingeniero en Mecanización Agropecuaria, Ingeniero Mecánico, Maestro en Ciencias, profesor e Investigador del Departamento de Mecatrónica de Instituto Tecnológico de Colima, México.

<sup>2</sup> Ingeniero Mecánico, Maestro en Ciencias, profesor e Investigador del Departamento de Mecánica Aplicada de la Universidad de Holguín, Cuba.

<sup>3</sup> Ingeniero en Mecanización Agropecuaria, Doctor en Ciencias, profesor e Investigador del Departamento de Ciencias Técnicas de la Universidad de Granma, Cuba.

por la intensa sequía de los últimos años, la incidencia de las manifestaciones de los procesos de degradación, tales como la erosión, salinización, escasez de agua potable para consumir y regar, utilización de tecnologías de manejo inadecuadas, sobre pastoreo y deforestación.

Por otro lado, la agricultura está necesitada de una disminución de costes para resultar más competitiva, al mismo tiempo que las administraciones comienzan a exigir medidas conservacionistas para la concesión de subvenciones. Las técnicas de laboreo de conservación, surgidas hace años, pueden dar solución a estas dos problemáticas, la ambiental y la económica, ya que disminuyen la erosión y la contaminación e incrementan la rentabilidad de las producciones. (González, 2001). De esta forma el agricultor se convierte no sólo en protector del medio del que vive, sino en uno de los principales garantes de la conservación de un medio natural imprescindible para todos.

Tradicionalmente, el laboreo se ha considerado imprescindible para la implantación y desarrollo de un cultivo. Sin embargo, desde el punto de vista ecológico, la práctica agrícola tradicional se opone a la sucesión natural de los suelos por producir una perturbación reiterada en la estructura del terreno. La agricultura tradicional incluye prácticas como la quema de rastrojos y el laboreo para controlar las malas hierbas. Estas técnicas incrementan considerablemente la erosión del suelo y la contaminación de los ríos con sedimentos, fertilizantes y pesticidas. Además, las prácticas de la agricultura convencional incrementan la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y reducen la materia orgánica y la fertilidad del suelo, entre otros efectos negativos para el medio ambiente. La naturaleza tarda de 1000 a 10000 años en recuperar o formar espesor de suelo ya que anualmente se forma de 0,1 a 1mm de suelo cultivable. De ahí la importancia de conservarlo; es virtualmente irremplazable y es nuestra obligación cuidarlos según (Álvarez, 1996).



**Figura 1.** Circunstancias que vive el agricultor en nuestros días. Fuente: González, 2001.

La Agricultura de Conservación es un sistema de prácticas agrarias basadas en la menor alteración posible del suelo y en el mantenimiento de una cobertura de restos vegetales. Según la FAO “La Agricultura de Conservación comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental conservar mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales, mediante un manejo integrado del suelo, agua, agentes biológicos e insumos externos”. La Asociación Española Agricultura de Conservación / Suelos Vivos (AEAC/SV), se define estas técnicas como: “Sistema de producción agrícola sostenible, que comprende un conjunto de prácticas agronómicas adaptadas a las exigencias del cultivo y a las condiciones locales de cada región, cuyas técnicas de cultivo y de manejo de suelo lo protegen de su erosión y

degradación, mejoran su calidad y biodiversidad, contribuyen a la preservación de los recursos naturales, agua y aire, sin menoscabo de los niveles de producción de las explotaciones”.

El desarrollo sostenible de la agricultura implica no sólo el cambio económico de los productores, sino también un incremento de la calidad del medio ambiente y una mejora en la calidad de vida para las generaciones presentes y futuras. Promover una mejora de la calidad ambiental, podrá desarrollar una pirámide de capital económico a medida que los procesos de generación de riquezas sea menos dependientes y menos degradantes de los recursos naturales utilizados para la agricultura, en particular el suelo, agua, bosques, etc. (Benites, 2003). El aumento de la generación de riquezas a través de la agricultura no debe comprometer la calidad de los recursos naturales, y si permitir un mejoramiento en la calidad de vida de las poblaciones rurales y urbanas.

Para garantizar el éxito en la agricultura, se requieren los conocimientos especializados de los ingenieros agrícolas que son los que van a facilitar en definitiva que se lleven a cabo las actividades agrarias con mayor destreza. Además, en la medida que existan transformaciones en esta esfera los países deben irse adecuando a las mismas dentro de lo posible, tomando los aspectos positivos para obtener resultados cada vez mejores y un desarrollo verdaderamente sostenible, por ejemplo incrementando la fertilización del suelo con productos orgánicos y racionalizando el uso de plaguicidas, fertilizantes, etc. (Machado, 2012)

La agricultura de conservación es la combinación del uso de medidas agronómicas, biológicas y mecánicas que mejoran la calidad del suelo a través de tres principios técnicos cruciales: no alterar el suelo de forma mecánica (se planta o siembra directamente); cobertura permanente del suelo; especialmente con el uso de rastrojos y cultivos de cobertura; selección juiciosa para las rotaciones de los cultivos y cultivos múltiples, agroforestería e integración pecuaria. Estos sistemas muestran que cuando la calidad del suelo mejora, aumenta la producción agrícola y disminuye la erosión del suelo, (FAO, 2001).

Tradicionalmente en la preparación de suelos se emplean arados de discos, gradas de discos, subsoladores, escarificadores entre otros, estos equipos realizan su función cada uno por separado para lograr el objetivo final de la preparación de suelos que es dejar los mismos listos para recibir la simiente. Este trabajo consiste en el diseño de un implemento combinado para la preparación acelerada de suelos, capaz de realizar con un solo pase varias labores, además de contribuir a la descompactación, el subsolado y el control de malezas.

## **LABRANZA DE CONSERVACIÓN**

La Labranza de Conservación es un sistema de producción que consiste en el uso y manejo de los residuos de la cosecha anterior de tal forma que cubra al menos el 30% de la superficie del suelo (mantillo), con la menor remoción posible del suelo. El principio fundamental de esta es la cobertura o mantillo del suelo con los rastrojos de las cosechas de los cultivos anteriores, los cuales tienen un efecto decisivo en evitar la erosión, disminuir la presencia de malezas, preservar la fertilidad del suelo, principalmente, siendo necesario para este nuevo Sistema el uso de maquinaria especializada tal como sembradoras de Cero Labranza, dispersadoras de rastrojos y el uso de herbicidas de bajo impacto ambiental. El manejo de la Labranza de Conservación implica un nuevo enfoque integral de la agricultura orientado a la competitividad y preservación de los recursos, partiendo de un cambio de mentalidad para dejar el viejo paradigma del arado.

La labranza de conservación ha demostrado tener buenos resultados en la producción de los cultivos y además de reducir la erosión del suelo, incrementa el contenido de materia orgánica y, en la mayoría de los casos se reducen los costos de producción (Velázquez et al., 1997 y Salinas et al., 1997). Con la labranza de conservación, los residuos de cosecha sobre la superficie del suelo lo protegen de la erosión hídrica y eólica, moderan la fluctuación de su temperatura y humedad, influyen en la población y diversidad de maleza y promueven la retención de carbono y nitrógeno.

La alteración de las condiciones del suelo con las actividades de laboreo puede afectar significativamente la producción de cultivos debido a su influencia sobre la distribución de la materia orgánica, la actividad microbiana y la dinámica de nutrimentos (Follett y Peterson, 1988). Varios estudios han reportado mayor cantidad de carbono orgánico en los suelos que han estado manejados con labranza de conservación por períodos largos cuando se comparan con los suelos barbechados, especialmente en la capa superficial del suelo (Havlin et al., 1990; Franzluebbers et al., 1995). La estabilización de la materia orgánica es una parte muy importante en la sostenibilidad de la producción de los suelos. El nivel de equilibrio de la materia orgánica está determinado por las propiedades físicas, químicas y biológicas que controlan la actividad de los microorganismos del suelo (Cole et al., 1987). Mantener, o incrementar, el contenido de materias orgánicas a los niveles más altos posibles bajo condiciones de producción de cultivos económicas requiere de sistemas de labranza que maximicen la cantidad de residuos de cosecha que se depositan en la superficie del suelo.

### **Beneficios de la labranza de conservación.**

La denominación genérica de “agricultura de conservación” o “labranza de conservación” engloba todas las técnicas de manejo de suelo, que pretenden reducir el impacto que el laboreo intensivo tiene en la fertilidad del suelo y en el medio ambiente. Este enfoque de conservacionismo global hace que, sobre todas las técnicas de agricultura de conservación, destaque la “siembra directa”. Pues aunque supone el cambio más radical respecto a la agricultura convencional, también significa la posibilidad de obtener de forma simultánea los máximos beneficios agronómicos, ambientales y económicos. La labranza de conservación es un sistema de prácticas agrarias basadas en la menor alteración posible del suelo y en el mantenimiento de una cobertura de restos vegetales. Aplicadas a los cultivos herbáceos, las técnicas de agricultura de conservación son las siguientes:

- Siembra directa: El establecimiento de un cultivo anual en un terreno que no ha sufrido laboreo previo alguno; en él que se ha procurado mantener el suelo cubierto, mediante la distribución homogénea de los restos del cultivo anterior; evitando la compactación excesiva por el paso de la maquinaria y el ganado; y controlando las hierbas previamente a la siembra, mediante la aplicación de dosis reducidas de herbicidas de baja peligrosidad.
- Laboreo mínimo con cubierta (laboreo de conservación): Preparación del lecho de siembra mediante una o dos labores superficiales dejando al menos el 30% de los restos del cultivo anterior sobre el suelo.

En cultivos leñosos, las técnicas de labranza de conservación son las cubiertas que se basan en proteger con una cubierta viva o inerte el espacio existente entre las hileras de árboles.

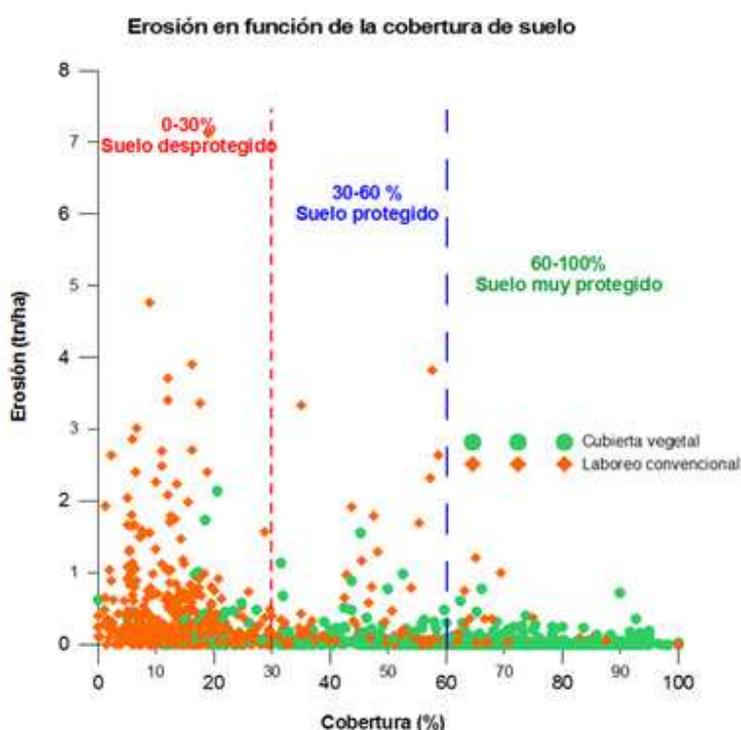
#### *La Labranza de Conservación, una herramienta eficaz para luchar contra la erosión*

Diferentes estudios científicos concuerdan que el método más efectivo para luchar contra la erosión es mantener el suelo cubierto con restos vegetales. De esta manera, se minimiza el impacto directo de las gotas de lluvia, se favorece el incremento de la infiltración y una disminución del poder erosivo producido por el corrimiento de las aguas. Esta reducción será más efectiva mientras mayor sea la cobertura del terreno. De forma general, aunque existen variaciones en función del tipo de suelo y las condiciones locales, las técnicas de labranza de conservación disminuyen de forma drástica la erosión. En diversos estudios (FAO, Fernández-Quintanilla, 1998) citados por (AEC/SV, 2008), se demuestra como a partir de un 30 % de cobertura de suelo la erosión disminuye, y como con un 60 % prácticamente desaparece. Estos datos se verifican por los estudios realizados por la Asociación Española Agricultura de Conservación / Suelos Vivos que se muestran en la Figura 2.

#### *El papel de la labranza de conservación para adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático.*

El cambio en los patrones del clima global constituye uno de los problemas ambientales más graves que enfrenta la humanidad en los tiempos actuales. La causa fundamental de este fenómeno, denominado cambio climático, se asocia al incremento sostenido de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera como resultado de procesos naturales y de la actividad humana, (Cantú, et al., 2009). Es probable que los efectos

de este cambio en los cultivos y en el ganado se agraven en la medida en que continúe el calentamiento del planeta. Mientras menos labores se realicen en el suelo este adsorbe y almacena más carbono, y por consiguiente sintetiza más materia orgánica, lo que a largo plazo aumenta su capacidad productiva. Al mismo tiempo disminuye el CO<sub>2</sub> que se libera a la atmósfera, ya que las continuas labores oxigenan el terreno en exceso, lo que favorece la oxidación del carbono, que se emite en forma de CO<sub>2</sub>. Las operaciones de laboreo son las que más combustible fósil consumen, siendo reseñable que a lo largo de una la campaña, con labranza de conservación, se puede ahorrar más del 50% del combustible requerido que si se realizaran las labores agrícolas con un sistema de laboreo convencional, (AEC/SV, 2008).



**Figura 2.** Erosión en función de la cobertura del suelo. Fuente: (AEC/SV, 2008).

Por estas razones, la labranza de conservación se ha reconocido como actividad que fomenta los sumideros de carbono en documentos sobre el cambio climático a nivel mundial. Desde el punto de vista medio ambiental, la labranza de conservación no sólo representa un sistema de manejo que mejora la calidad del suelo y del agua, sino que también se presenta como un método eficaz para reducir la concentración de gases de efecto invernadero en el sector agrícola. En base a diferentes investigaciones realizadas, las técnicas de conservación son capaces de fijar de media, hasta 5,68 toneladas por hectárea y año de CO<sub>2</sub> más que las técnicas convencionales en los primeros 10 años de implantación y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera hasta un 22%, (AEC/SV, 2008).

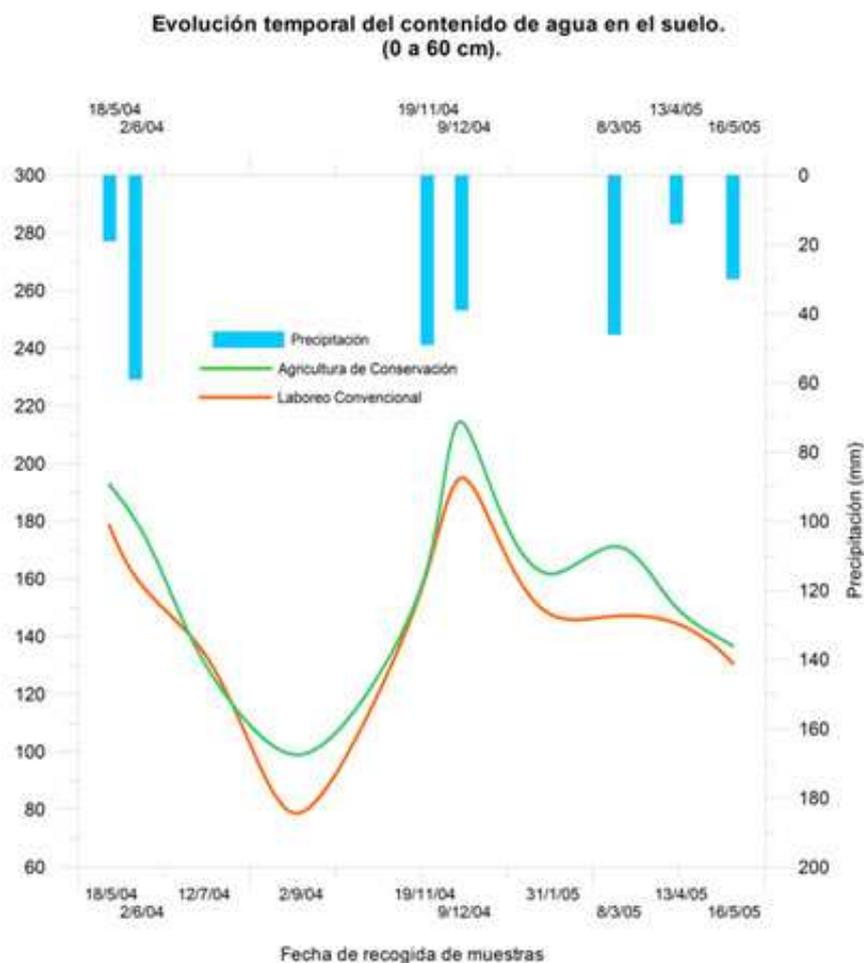
Además de disminuir, es conveniente favorecer la adaptación al cambio climático. En este sentido, múltiples estudios informan del previsible descenso de lluvias y aumento de temperaturas. La labranza de conservación tiene la capacidad de adaptarse mejor a estas condiciones, dado su mejor balance hídrico. Con las técnicas de conservación, se consigue reducir la evaporación de agua desde el suelo a la par que se aumenta la infiltración de agua. No menos importante es el hecho de que al reducir la erosión, no perdemos el suelo, que a la postre, va a ser el almacén de agua. Por este motivo si evitamos la erosión, no perderemos potencial volumen de agua disponible para los cultivos.

#### **Otros beneficios medioambientales de la Labranza de Conservación.**

A continuación se justifican brevemente otros notables beneficios medioambientales que se derivan de la práctica de la labranza de conservación.

*Mejora de los contenidos de materia orgánica.*

La calidad de un suelo está determinada principalmente por su contenido en materia orgánica, si bien éste es variable y muy sensible a los sistemas de manejo el suelo. En la mayoría de las zonas, se destaca la importancia de la materia orgánica en la mejora de la estructura del suelo, lo que frena la erosión y aumenta la capacidad de retención de agua. Diversos estudios coinciden en que cuando se cambia de la agricultura convencional (laboreo intenso) a la de conservación, el contenido en materia orgánica del suelo aumenta con el tiempo, con todas las consecuencias positivas que ello supone. (AEC/SV, 2008)



**Figura 3.** Evolución temporal del contenido de agua en el suelo. Fuente: (AEC/SV, 2008)

*Conservación y mejora del agua.*

Con la labranza de conservación, se aumenta la infiltración de agua de lluvia respecto al laboreo convencional, lo que ayuda a mejorar el caudal ecológico de los ríos y arroyos que son alimentados más por el flujo subterráneo, que por la escorrentía superficial, y por ende, incrementa su buen abastecimiento, a la par que revitaliza manantiales secos. Además, este incremento en la infiltración disminuiría el riesgo de riadas, de manera sencilla y económica..

La adopción de las prácticas de conservación no implica un riesgo por la utilización de los herbicidas. La reducción drástica en erosión y escorrentía que se consigue con la labranza de conservación disminuye significativamente los efectos adversos de los mismos. La implantación de esta tecnología, retiene en gran medida los fertilizantes y productos fitosanitarios en la zona en que fueron aplicados, hasta que son utilizados por el cultivo o descompuestos en otros componentes inactivos. De esta forma estas técnicas no sólo reducen de considerable la

escorrentía, sino que también propician una fuerte disminución de la cantidad de abonos, herbicidas, etc., que son transportados disueltos en el agua o adsorbidos en el sedimento.

Los estudios realizados por Márquez et al. (2008), muestran como la mejoras estructurales, centradas en una mejor relación entre los macro y microporos del suelo, aumentan la capacidad de retención del nitrógeno en los poros someros del suelo y facilitan la asimilación de este elemento por la planta. Aplicado a los casos de contaminación sufridos en diversos embalses y acuíferos andaluces en los años pasados, la labranza de conservación es una herramienta de prevención eficaz. Según Márquez et al. (2008), en cuencas donde se encuentren zonas con pendientes considerables, unidas a prácticas de laboreo intensivo y el empleo de herbicidas residuales es necesario fomentar prácticas de conservación de suelos con especial intensidad. Si se comparan diversos métodos de laboreo se puede concluir que mediante la labranza de conservación se mejora sustancialmente la calidad de las aguas. (AEC/SV, 2008).

#### *Mejora de la biodiversidad.*

La abundancia de restos vegetales sobre el suelo provee alimento y cobijo a muchas especies animales durante los períodos críticos de su ciclo de vida, (AEC/SV, 2008). De ahí que con estas cubiertas se desarrollen una amplia variedad de especies de aves, pequeños mamíferos, reptiles y diversos invertebrados, entre otros.

La labranza de conservación permite el desarrollo de una estructura viva en el suelo, más estratificada, rica y diversa en seres vivos tales como distintos microorganismos, nematodos, lombrices, insectos y diferentes macro invertebrados, especialmente pájaros. La gran mayoría de las especies que constituyen la fauna del suelo son beneficiosas para la agricultura y contribuyen a la formación del suelo, a la movilización de nutrientes y al control biológico de los organismos considerados como plagas. En el caso de lombrices, en ensayos realizados, en perfiles de suelo inalterados con restos vegetales, se han alcanzado 200 individuos por metro cuadrado en los primeros 20 cm de suelo, frente a apenas 30 en agricultura convencional (Cantero et al., 2004) citado por (AEC/SV, 2008). Esta cifra equivale a unos 600 kg. de biomasa por hectárea, casi un 700 % más que en agricultura convencional. Estos invertebrados son especialmente beneficiosos para el suelo, al formar galerías que favorecen la infiltración del agua, mejoran la estructura del mismo, y son uno de los principales alimentos de los vertebrados que pueblan estas tierras de cultivo, contribuyen además al reciclaje de basuras y desechos, aumenta las defensas de las plantas contra las plagas, el humus que producen sustituye la fertilización química, mejora la textura y estructura activa los procesos biológicos del suelo así como evita la contaminación de aguas y suelos puesto que se transforman las basuras, (Reinés, et al., 2001).

## **METODOLOGÍA**

Antes de comenzar con el proceso de diseño de estas máquinas se realizó una investigación sobre los diferentes equipos existentes en el mercado, con el propósito de determinar si era económicamente rentable la construcción de las mismas. Para realizar el cálculo del implemento en cuestión se emplearon las metodologías de diseño propuestas por (Androsoy, 1986; Álvarez Sánchez, 1985; Stiopin, 1985; Shigley y Mischke, 1990)

Se realizó una amplia búsqueda de información donde se analizaron diferentes tecnologías y prototipos de implementos de laboreo mínimo, en este campo se han realizado algunos avances, aunque en la mayoría de los casos su introducción al proceso productivo no corresponde con la expectativa que estos generaron. Para el diseño del subsolador se utilizaron los métodos de análisis y síntesis y de ingeniería inversa. Para la concepción del implemento se utilizaron órganos rotovatores, subsoladores y escarificadores.

## **RESULTADOS**

### **Características del implemento diseñado.**

Se obtuvo un implemento combinado para la preparación acelerada de suelos, capaz de realizar con un solo pase varias labores, incorporar los residuos, roturar y preparar el terreno para la siembra, además de contribuir a la descompactación, el subsolado y el control de malezas. A pesar de no incluirse en el desarrollo del trabajo un análisis económico de la propuesta el costo de producción del mismo no es elevado, pues se reutilizarán los órganos de trabajo de otros equipos que no son capaces de realizar la serie de operaciones que hace este implemento en una pasada.

El implemento propuesto es fiable y de fácil montaje, ya que se acopla directamente entre la toma de fuerza del tractor y el conjunto de enganche. El principio de funcionamiento consiste en una serie de cuchillas que giran sobre un eje horizontal, estas penetran en la tierra y la pulverizan, al mismo tiempo el subsolador que se le adiciona realiza la labor de descompactación, dejándola lista para la siembra, aprovechando la humedad residual del terreno. El nuevo implemento está compuesto por los siguientes elementos: rotovator, bastidor, transmisiones, acoplamiento, tapa trasera, rotor (fresa), cubiertas laterales. EL peso aproximado del implemento ronda los 500 kg. En las figura 2 se puede observar el implemento diseñado.

*Principio de funcionamiento.*

El movimiento para el funcionamiento de las cuchillas del rotovator llega al cabezal del reductor, desde el tractor mediante el acoplamiento de una unión estriada y un par de engranes cónicos. La profundidad de trabajo de los órganos subsoladores se establece mediante dos tornillos que los fijan al bastidor del subsolador. La distancia entre los órganos subsoladores no hay que regularla, ya que ésta es fija (30 cm).

*Descripción de los componentes.*

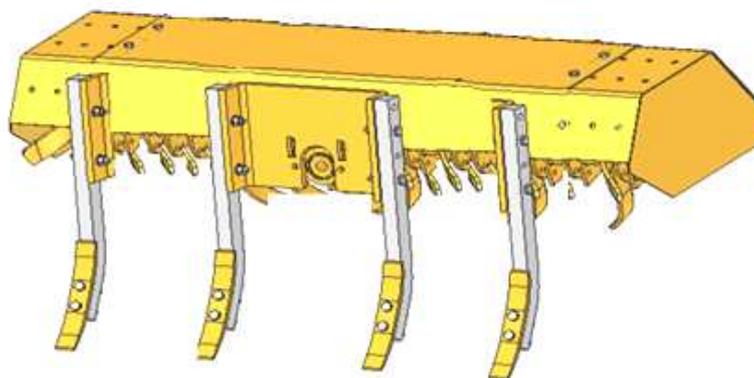
*Bastidor:* Está construido de planchuelas atornilladas, formando una estructura semi-rectangular. El mismo se fija a un conjunto que lleva en su interior la transmisión por engranajes.

*Transmisión:* Está formada por el cabezal con engranajes cónicos, los rodamientos lubricados en aceite y el árbol estriado de salida del reductor hacia la transmisión frontal.

*Acoplamiento:* El mismo se realiza mediante tornillos entre dos piezas con agujeros; una acoplada al árbol toma de potencia del tractor y otra acoplada al mecanismo de la transmisión del rotovator.

*Rotor:* Está constituido por un árbol tubular de sección redonda al cual se fijan los porta cuchillas que tienen forma circular, donde se atornillan las mismas. El rotor gira sobre rodamientos situados en la base del mecanismo de transmisión.

*Cubiertas laterales:* Están construidos con planchuelas atornilladas.



**Figura 4.** Vista frontal del implemento propuesto. Fuente: Elaboración propia.

*Tapa trasera:* Está diseñado para que los terrones sean golpeados por el rotor, choquen y se fraccionen más, además de alisar del cantero. Esta tapa está construida con láminas metálicas conformadas de forma aerodinámica, la cual se fija al bastidor con bisagras.

**Tabla 1.** Características técnicas del implemento propuesto. Fuente: Elaboración propia.

Parámetros	Características Técnicas	Dimensiones
Distancia entre órganos del rotovator–subsolador (cm)		35–40
Profundidad de trabajo (cm)		40–45
Cantidad de hileras de trabajo (u)		4

*Subsolador:* Está compuesto por el bastidor, el órgano subsolador y la reja, esta se fija al subsolador mediante dos tornillos.

### Resultado de la consulta a expertos para la valoración del implemento diseñado.

En la elaboración de la consulta se seleccionaron 16 expertos, todos con un coeficiente de competencia promedio de 0.836. Para su selección se tuvieron en cuenta: años de experiencia profesional e investigativa, categorías docentes y científicas, cargo ocupacional, y esencialmente experiencia práctica e investigativa. De los 16 expertos seleccionados, el 37% posee grado científico de doctor, el 30 % de maestría y el 33% restante son diseñadores vinculados de forma directa a las empresas de este ramo. En la Tabla 2 se observan los valores del coeficiente de conocimiento (Kc), del coeficiente de argumentación (Ka) y coeficiente de competencia (K) de los expertos. Todos los expertos tienen coeficiente de competencia alto y el código para la interpretación del coeficiente de competencia de cada experto es el siguiente:

- Si  $0,8 \leq K_c \leq 1$ , el coeficiente de competencia del experto es alto.
- Si  $0,5 \leq K_c < 0,8$ , el coeficiente de competencia del experto es medio.
- Si  $K_c < 0,5$ , el coeficiente de competencia del experto es bajo.

Se elaboró el contenido de la consulta y se aplicó la misma a los expertos, para conocer el nivel de coincidencia sobre la relevancia de la propuesta elaborada y se utilizó para su procesamiento estadístico una hoja de cálculo con la matriz de frecuencia y de valores. Los resultados del procesamiento estadístico de la consulta realizada a los expertos se resumen en la Tabla 3.

**Tabla 2.** Valores del coeficiente de conocimiento (kc), del coeficiente de argumentación (ka) y coeficiente de competencia (k) de los expertos.

Expertos	Coeficiente de conocimiento (Kc)	Coeficiente de argumentación (Ka)	Coeficiente de competencia (K)
1	0.8	0.8	0.8
2	0.8	0.9	0.85
3	0.8	0.9	0.85
4	0.9	0.8	0.85
5	0.8	0.8	0.8
6	0.8	0.8	0.85
7	0.8	0.9	0.8
8	0.8	1	0.9
9	0.8	0.8	0.8
10	0.8	0.9	0.85

**DELOS**  
**Revista Desarrollo Local Sostenible**

11	0.8	0.8	0.8
12	0.8	0.8	0.8
13	0.8	0.9	0.85
14	0.9	1	0.95
15	0.8	0.9	0.85
16	0.8	0.8	0.8
<b>Promedio</b>	<b>0.810</b>	<b>0.863</b>	<b>0.836</b>

En la consulta realizada, se evidenció un consenso de los expertos sobre la propuesta del implemento de preparación de suelos diseñado, la utilidad del mismo y su introducción en el medio rural pueden contribuir a favorecer el desarrollo de una agricultura sustentable. Referente al grado de relevancia en la utilidad e impacto del implemento, se obtuvo una valoración de los expertos por cada fase con los resultados siguientes:

*Criterios de diseño indispensables para determinar las características técnicas del implemento.*  
De los 4 ítems propuestos, todos los expertos muestran una coincidencia en valorarlos como muy relevantes.

*Diagnóstico para determinar las características para la realización de preparación de suelos observando los criterios de la agricultura de conservación.*

De los 4 ítems propuestos en esta fase, en 3 de ellos los expertos coinciden en valorar las categorías de muy relevantes y en 1 de bastante relevante, siendo este:

- 2d Criterios de reutilización de algunos componentes de otros implementos agrícolas: Al respecto se sugirió proponer una política de reutilización de los elementos de otros implementos ya en desuso para poder recibirlos en las mejores condiciones posibles.

**Tabla 3.** Resultados del procesamiento estadístico de la consulta realizada a los expertos.

<b>Conclusiones Generales</b>		<b>MR</b>	<b>BR</b>	<b>R</b>	<b>PR</b>	<b>NR</b>
1	1a	Si	-	-	-	-
2	1b	Si	-	-	-	-
3	1c	Si	-	-	-	-
4	1d	Si	-	-	-	-
5	2a	Si	-	-	-	-
6	2b	Si	-	-	-	-
7	2c	Si	-	-	-	-
8	2d	-	Si	-	-	-
9	3a	Si	-	-	-	-
10	3b	-	Si	-	-	-
11	3c	Si	-	-	-	-
12	4a	Si	-	-	-	-
13	4b	-	Si	-	-	-
14	4c	Si	-	-	-	-
15	5a	Si	-	-	-	-

*Estudio de la mantenibilidad del prototipo diseñado.*

Esta fase está compuesta por 3 ítems, los expertos coinciden en valorar 2 de ellos en la categoría de muy relevante y 1 en bastante relevante, siendo este:

- 3b Criterios de selección del tipo de uniones e interfases mecánicas del implemento: Al respecto se sugirió disminuir el número de uniones soldadas para posibilitar el desarme y mantenibilidad del implemento así como disminuir la emisión al medio ambiente de gases contaminantes productos del proceso de soldadura.

*Evaluación y pruebas de campo.*

En esta fase compuesta por los 3 ítems 2 de los propuestos fueron valorados por los expertos de muy relevantes y 1 de bastante relevante, siendo este:

- 4b Tipos de pruebas a realizar con el implemento en las labores agrícolas: Luego de una valoración y por coincidencia de los expertos, se decidió que para la realización de las pruebas se utilice la NC 34–37. Metodología para la Evaluación Tecnológico–Explotativa. Máquinas Agropecuarias y NC 34–47: Máquinas agropecuarias. Metodología para la determinación de las condiciones de prueba.

*Impacto ambiental de la formación de agregados agrícolas utilizando este prototipo.*

De los 3 ítems que contiene la misma, todos los expertos coincidieron en sus valoraciones en clasificarla como muy relevante.

Todas las recomendaciones y elementos aportados por los expertos a través de la consulta permitieron mejorar el diseño del prototipo del implemento agrícola.

**Impacto ambiental de la introducción del implemento diseñado en la labranza de conservación.**

Las técnicas de agricultura de conservación comprenden diversas modalidades tales como la siembra directa (no laboreo), el laboreo de conservación (reducido, sin labores de volteo, donde no se incorporan o sólo en parte, los restos de la cosecha precedente), y el establecimiento de cubiertas vegetales localizadas entre hileras de árboles en plantaciones de cultivos leñosos. En correspondencia con los requerimientos de esta tendencia, el uso de este implemento combinado posibilita realizar varias operaciones con una sola pasada de trabajo permite laborar el suelo hasta una profundidad de 30 cm, roturando el mismo sin invertirlo, las aletas cortadoras trozan las raíces de las plantas presentes por lo que el control de malezas se puede efectuar de forma mecánica y sin utilizar herbicidas, como se hace en la labranza tradicional. El empleo de estas técnicas por los agricultores conlleva notables mejoras ambientales que se resumen en la tabla 2.

**Tabla 4.** Principales beneficios medioambientales de la Agricultura de Conservación. Fuente: (AEAC/SV)

<b>SUELO</b>	Reducción de la erosión. Incremento en los niveles de materia orgánica Mejora de la estructura. Mayor biodiversidad. Incremento de la fertilidad natural del suelo.
<b>AIRE</b>	Fijación de Carbono. Menor emisión de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.
<b>AGUA</b>	Menor escorrentía. Menor contaminación de aguas superficiales. Mayor capacidad de retención de agua. Menor lixiviado de nutrientes.

---

Menor riesgo de inundaciones.

---

Las bondades de este equipo para conformar agregados agrícolas favorecen su introducción en la agricultura de conservación, puesto que reduce de forma efectiva el consumo de energía y de trabajo, con un ahorro de entre 15 - 50% de los costes, al realizar varias labores en un solo pase del implemento, contribuyendo a aumentar el contenido de materia orgánica y por tanto la fertilidad de los suelos, lo que permite una mayor formación natural de agregados y el incremento de la biodiversidad. Así mismo reduce la alteración mecánica del suelo y al aumentar los restos de cosecha dejados in situ, estos residuos orgánicos aportan riqueza a la tierra, y se ha visto una ligera mejora en cuanto a materia orgánica, fósforo y potasio, creando condiciones favorables en los suelos agrícolas para el desarrollo de una mayor actividad de las lombrices, un período de tres o cuatro años son suficientes para influir positivamente en estas poblaciones y ofrecer cambios importantes. Entre otros beneficios se pueden citar la menor erosión del suelo, mejor estructura y fertilidad del mismo, rápido establecimiento de los cultivos, menos mano de obra, maquinaria, combustible y por ende menos emisiones de gas de efecto invernadero.

Otro aspecto importante sobre el que incide de manera directa la aplicación es la posibilidad que ofrece de labrar menos el terreno, cuanto menos se labra, el suelo adsorbe y almacena más carbono, y por consiguiente sintetiza más materia orgánica, lo que incrementa su capacidad productiva, a la par que disminuye el CO<sub>2</sub> que se libera a la atmósfera, ya que las continuas labores oxigenan el terreno en exceso, lo que favorece la oxidación del carbono, que se emite en forma de CO<sub>2</sub>. Las operaciones de laboreo son las que más combustible fósil consumen, pudiéndose destacar que a lo largo de una campaña de preparación de suelos, aplicando los principios de la agricultura de conservación, se pueden ahorrar más del 50% del combustible necesitado en comparación con los gastos que se incurren con una tecnología de agricultura convencional.

Con este equipo el suelo se rotura de forma vertical y horizontal permitiendo de esta forma el incremento de la infiltración del agua después de preparado el suelo para el cultivo, ya que rompe el piso de aradura que pudiera existir de otras labores anteriores, lo que en correspondencia con lo planteado en los estudios realizados por Márquez et al. (2008), y citados por (AEAC/SV), muestran como la mejoras estructurales, centradas en una mejor relación entre los macro y microporos del suelo, aumentan la capacidad de retención del nitrógeno en los poros someros del suelo y facilitan la asimilación de este elemento por la planta.

Desde el punto de vista económico uno de los principales impactos de la introducción de este prototipo puede coincide con la constante búsqueda de los trabajadores del medio rural para rentabilizar al máximo el campo, y el empleo de este implemento para la formación de agregados incide favorablemente en disminuir los costes de producción y por ende obtener alimentos más baratos y con menos afectaciones al medio ambiente.

## **1. CONCLUSIONES**

- El implemento diseñado cumple con las características fundamentales exigidas para realizar la labranza conservacionista.
- La reutilización de algunos componentes de otros implementos agrícolas contribuye a disminuir los costos de producción del prototipo y al reciclaje y por ende a la contaminación del medio ambiente.
- Se realizó una consulta con expertos que arrojó una valoración positiva del implemento diseñado, contando en este proceso con diversas sugerencias que permitieron el mejoramiento del mismo.

- El prototipo puede laborar 4 hileras dejando el terreno listo para la siembra en una sola pasada y por ende laborar menos el terreno reduciendo la alteración mecánica del mismo.
- La disminución del número de labores contribuye a reducir la alteración mecánica del suelo y a mejorar las actividades sostenibles del agroecosistema en cuanto a su manejo.
- La introducción de este implemento en las labores agrícolas disminuye la erosión del suelo, mejora la estructura y fertilidad del mismo, favorece un rápido establecimiento de los cultivos, el ahorro de mano de obra, maquinaria, combustible, menos emisiones de gas de efecto invernadero y por añadido alimentos más baratos.

## **2. TRABAJOS FUTUROS**

- Continuar con el diseño e introducción en el medio rural de implementos que favorezcan el desarrollo de una agricultura sustentable.

## **3. REFERENCIAS**

- ÁLVAREZ, A. (1996). Siembra en contornos una forma eficaz de controlar el suelo. Cañaveral. 2: 27-30.
- ÁLVAREZ SÁNCHEZ, J. (1985). Elementos de máquinas. Editorial de la ISJAE Ciudad de la Habana, Cuba.
- ANDROSOV, A. A. (1986). Diseño de elementos de máquinas. Editorial del ICMA. Rostov del Don. Rusia.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN / SUELOS VIVOS (AEAC/SV) <http://www.agriculturadeconservacion.org>. Fecha de acceso: agosto de 2012.
- BENITES J (2003). Conservation Agriculture benefits on water holding, carbon mitigation and reducing soil losses. II World Congress on Conservation Agriculture. p. 16-18. Foz do Iguassu, Brazil.
- COLE, C.V., J. WILLIAMS, M. SCHAFFER, y J. HANSON. (1987). Nutrient and organic matter dynamics as components of agricultural production systems. Pp. 147-166. En: R.F.Follett et al. (ed.) Soil fertility and organic matter as critical components of production systems. SSSA Spec. Publ. 19, ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- FERNÁNDEZ QUINTANILLA, C., GARCÍA TORRES, L. (1989). Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Madrid. Editorial Mundi Prensa & MAPA - SEA. 450 pp.
- FOLLETT, R.F., y G.A. PETERSON. (1988). Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:141-147.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). (2001). Disponible en la página: <http://www.fao.org/ag/ca/es/index.html>. Fecha de acceso: agosto de 2012.
- FRANZLUEBBERS, A.J., F.M. HONS, y D.A. ZUBERER. (1995). Tillage and crop effects on seasonal soil carbon and nitrogen dynamics. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1618-1624.
- GARCÍA-TORRES, L., MARTÍNEZ VIRELA, A., GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, E., HOLGADO-CABRERA, A. (2003). "Protección del Suelo y Agricultura de Conservación.

- Beneficios Medioambientales y Económicos". En *Revista Agricultura*. Núm. 853: 496-502.
- GONZÁLEZ, M.I. (2001). Editorial Apuestas por una agricultura sostenible: Laboreo de Conservación. Excma, Valladolid, España.
- HAVLIN, J.L., D.E. KISSEL, L.D. MADDUX, M.M. CLAASSEN, y J.H. LANG. (1990). Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:448-452.
- JIMÉNEZ, P., BONMATÍ, M. (2003). Determinación de la actividad de la  $\beta$ -glucosidasa. In: Mundi-Prensa (ed), *Técnicas de Análisis de Parámetros Bioquímicos en Suelos: Medidas de Actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana*, Spain, pp173 - 174.
- MACHADO RODRÍGUEZ, M. (2012). Repercusión de la actividad agraria en la protección del medio ambiente. *Revista Desarrollo Local Sostenible*. Vol 5. Nº 14.
- MÁRQUEZ, H.C., CANO, R.P., RODRÍGUEZ, D.N. (2008) Uso de sustratos orgánicos para La producción de tomate en invernadero. *Agricultura Técnica*. México. 34(1): 69–74.
- NAVARRETE, L., FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, J. (2003). Evolución de la Vegetación Arvense en Respuesta al Laboreo. *Agricultura de Conservación*. 19: 7-10.
- SHIGLEY, J.E. Y MISCHKE, C. R. (2002). *Diseño en Ingeniería*. Editorial McGraw Hill Interamericana. México.
- REINÉS, A. M., LOZA, J.A., CONTRERAS, R.S.H. (2001). *Lombricultura: conocer y cuidar las lombrices para obtener abono orgánico*. Fundación Produce Jalisco A.C. Guadalajara, Jalisco, México. 9 – 26.
- STIOPIN, B. A. (1985). *Resistencia de materiales*. Editorial MIR. Moscú, Rusia.
- SOLBRIG, O.T., PAALBERG, R. Y F. DI CASTRI (2000). *Globalization and the rural environment*. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- CANTÚ, M.P. , BECKER, A.R., BEDANO, J.C., SCHIAVO, H.F. Y PARRA, B.J. (2009). Evaluación del impacto del cambio de uso y manejo de la tierra mediante indicadores de calidad de suelo. Córdoba, Argentina. Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña. Vol. 34, pp. 203 - 214.
- VELÁZQUEZ, G. J.J. (1997). Avances de la investigación en labranza de conservación. Resumen. In Claveran, A. R., J. Velázquez G., J.A. Muñoz V., M. Tiscareño L., J.R. Salinas G. y M.B. Nájera R. (Eds). 1997. *Avances de la investigación en labranza de conservación*. Centro Nacional de Investigación para Producción Sostenible. Libro Técnico No. 1. pp 3-9.