



IMPORTANCIA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA CAPTACIÓN Y MANEJO DE AGUA DE LLUVIA PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE EN EL DISTRITO DE PIRAPÓ¹

KODA KODA, Kozo² SHINOTO MAYAHARA, Jorge Yunichiro³ INSFARAN, Amado⁴

SUMMARY

This research discusses the importance Economic and environmental dimensions of captain management of rainwater for sustainable agriculture. The Area of study is located in the District of Pirapó Department of Itapúa, Paraguay. For a review of the data was conducted survey of producers, in situ measurements, laboratories lysing and data records. It has been examined four different productions systems that apply producers who are sowing conventional (SC), Direct (SD), direct seeding system (SSD) and direct seeding system with adequacy plot (SSDAP) which is The system recommended by the author. For the year Analysis was applied methodology a qualitative subjective approaches, historic and using quantitative elements. The system of direct seeding with adequacy plot (SSDAP) is showing the greatest amount of water retained in the soil infiltration more increased productivity by eliminating the draining of rainwater into the water causes in this way avoiding clog the pollution with agrochemical compared with the other systems studied, which impacts positively on the Relationship No Benefit-Cost of the system.

Key Words: Direct seeding system – Conventional seeding system – sustainable Agriculture – Rain water-Soil - Climate.

RESUMEN

Esta investigación analiza la importancia económica y ambiental de la captación y manejo de agua de lluvia para una agricultura sustentable. El área de estudio está ubicada en el Distrito de Pirapó Departamento de Itapúa, Paraguay. Para la recopilación de los datos se realizó encuestas a los productores, mediciones in situ, análisis laboratoriales y registros de datos. Se ha analizado cuatros diferentes sistemas de producciones que se aplican los productores que son Siembra convencional (SC), Siembra directa (SD), Sistema de siembra directa (SSD) y Sistema de siembra directa con adecuación de parcela (SSDAP) que es el sistema recomendado por el autor. Para el análisis se aplicó metodología cualitativa con enfoques subjetivos, históricos y utilizando elementos cuantitativos. El sistema de siembra directa con adecuación de parcela (SSDAP) es la que muestra la mayor cantidad de agua retenida en el suelo, mayor infiltración y mayor productividad eliminando el escurriendo del agua de lluvia hacia los causes hídricos de esta manera evitando la colmatación y la contaminación con los agroquímicos comparativamente con los otros sistemas estudiados; lo cual incide positivamente en la Relación Beneficio – Costo del sistema.

Palabras clave: sistema de siembra directa - sistema de siembra convencional – agricultura sustentable - agua de lluvia – suelo – clima

1 Resumen de la Tesis presentada a la Universidad Nacional de Itapúa para la obtención del título de Master en Gestión Ambiental. Encarnación, 2008.

2 Ingeniero Agrónomo, Egresado de la Maestría en Gestión Ambiental-UNI. E-mail: kodazozo@hotmail.com

3 Ingeniero Agrónomo, Egresado de la Maestría en Gestión Ambiental-UNI. E-mail: jrg.shinoto@gmail.com

4 Ing. en Ecología Humana, MSc en Ingeniería Ambiental. Orientador de Tesis - Maestría en Gestión Ambiental-UNI



INTRODUCCIÓN

Las prácticas agrícolas tradicionales utilizadas en muchas partes del mundo, han traído consigo consecuencias negativas en términos de conservación del agua y del ambiente en general. Esto se debe al uso inadecuado del suelo, al monocultivo y al uso de implementos de labranza inadecuados, que dejan el suelo desnudo y lo pulverizan excesivamente, dejándolo en condiciones propicias para ser arrastrado por la lluvia. La utilización de tecnologías inadecuadas al sitio, tiene como resultado la escorrentía y consecuentemente el fenómeno de la erosión y degradación de los suelos. Así, los métodos tradicionales de cultivo tienen como consecuencia la paulatina pérdida de fertilidad de los suelos, hasta tornarlos improductivos.

Además de tornar suelos agrícolas improductivos, la erosión de suelos y la escorrentía tienen como consecuencia la deposición de partículas de suelo en lugares indeseados, con todas las consecuencias negativas para el mantenimiento de caminos, la generación de energía eléctrica, el suministro de agua potable, las áreas recreativas, entre otras, resultando en gastos significativos para Municipios y la sociedad en general.

La importancia del control de la erosión no se reduce solamente al mantenimiento del potencial productivo y de la fertilidad de los suelos para generaciones futuras, sino también es un medio eficiente para garantizar la continuidad del empleo de mano de obra en el campo, evitando el éxodo rural. Un control eficiente de la erosión es, por lo tanto, muy ventajoso bajo el aspecto ecológico y social, además de ser altamente significativo desde el punto de vista económico.⁵¹

Como una manera de enfrentar ese fenómeno, se ha desarrollado el concepto de agricultura sostenible o sustentable. El mismo se fundamenta en el principio de que el suelo es la base para la producción de alimentos para la humanidad y que, por lo tanto, debe ser preservado evitando su transporte por el agua o el viento y asegurando que se mantenga su capacidad productiva a través del tiempo, para las próximas generaciones.

Dentro del concepto de agricultura sostenible o sustentable, se ha desarrollado una alternativa que es el **SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA**, definida como aquella que procura establecer una productividad alta del suelo permanentemente, de manera a conservar un ambiente ecológico equilibrado. Comprende además, la viabilidad económica y el mejoramiento de la calidad de vida.⁶²

51 . www.rolf-derpsch.com/erosion-es
62. www.rolf-derpsch.com/erosion-es

En ese sentido, el estudio se propuso analizar la importancia económica y ambiental del agua de lluvia para una agricultura sustentable y con el propósito de orientar la toma de decisiones, se plantea la siguiente hipótesis de investigación: La productividad agrícola aumenta con prácticas eficientes de captación y manejo del agua de lluvia. En el Sistema de Siembra Directa con Adecuación de Parcela (SSDAP) se da la mayor cantidad de agua retenida en el suelo comparativamente con otros sistemas estudiados, lo que incide positivamente en la Relación beneficio – Costo (RBC) del sistema.

METODOLOGÍA

Se aplicó la metodología cualitativa con enfoques: subjetivo, histórico y se ha utilizado elementos cuantitativos.

El estudio se realizó en el departamento de Itapúa, distrito de Pirapó. Se ha enfatizado en el estudio de parcelas diferenciadas por sistema de manejo de suelo o prácticas agronómicas en unidades productivas distribuidas por sistema de producciones (Siembra directa, siembra convencional, sistema de siembra directa, sistema de siembra directa con adecuación de parcela)

El universo de estudio está conformado por 300 productores agrícolas del distrito de Pirapó, departamento de Itapúa. De dicho universo se seleccionó una muestra de 42 (14%) productores agrícolas a quienes se aplicó una **encuesta** con preguntas semiestructuradas, que fueron elaboradas especialmente para el efecto, considerando los objetivos que se plantea en la investigación. Como los sistemas de producción son diferenciados en cada uno de los productores, se han tomado sub muestras de parcelas conforme a los sistemas de producción (Siembra directa, siembra convencional, sistema de siembra directa, sistema de siembra directa con adecuación de parcela) encontrados en las unidades productivas. Es así, que se ha trabajado en un total de 60 parcelas de diferentes sistemas de producción, en donde se han aplicado técnicas diferenciadas de recopilación de información de campo, tales como: entrevistas, mediciones *in situ*, análisis laboratorial del suelo, registro de precipitaciones, resumidas en el siguiente cuadro.

Población y muestra de las entrevistas.

Muestra		Sistema de producción			
42	60	SC	SD	SSD	SSDAP
		12	22	16	10

Por otro lado, se trabajó con muestra de parcelas con el fin de realizar mediciones *in situ* y análisis laboratorial de suelo. En este caso, se seleccionó un total de 4 parcelas, correspondiendo una parcela por cada sistema de producción, donde se realizaron dos mediciones.



Se consideran las siguientes variables del estudio:

Superficie de parcela: Es la extensión total de la parcela de estudio. Se obtuvo por medio de encuestas a los productores.

Costos totales: Se refiere a los costos totales de producción del cultivo. Los costos directos (insumo) se obtuvieron por medio de encuestas a los productores y en los costos indirectos fueron usados datos registrados por la Federación Paraguaya de Siembra Directa para una Agricultura Sustentable (FEPASIDIAS) para la zafra 2006/2007 que es de 215,20

Productividad: Aumento o disminución de los rendimientos. Representa el Volumen de producción por unidad de hectárea. Se obtuvo por medio de encuestas a los productores.

Relación Beneficio-Costo (RBC): Relación obtenida cuando el valor actual de la corriente de beneficios, se divide por el valor actual de la corriente de costos directos. La ecuación es dada por:

$$RBC = \frac{VAB}{VAC}$$

Donde: VAB = Valor actualizado de los beneficios y VAC= Valor actualizado de los costos directos. Para el cálculo de beneficio-costo se utilizó precio promedio de la venta de soja de Sociedad Cooperativa Pirapó Agr. Ltda. del año 2008 (300 dólares/ha).

Pendiente: Declive de un terreno. Se obtuvo por medio de encuestas a los productores. Las opciones fueron Bajo (0 – 3 %) Valor=1; Medio (3 – 6%)Valor=2 y Alto (6 – 9%)Valor =3.

Presencia de erosión: Pérdida o no de suelo por efecto hídrico. Se obtuvo por medio de encuestas a los productores. Las opciones fueron Si = valor 2 y No = valor 1. En la columna de grado de erosión, el número 1=sin erosión; número 2=baja erosión; número 3=media erosión y número 4=alta erosión.

Textura de suelo: Es la cantidad relativa expresada en porcentaje de arena, limo y arcilla contenida en una porción de suelo. Se obtuvo a través de análisis de suelo laboratorial.

Capacidad de uso: Capacidad de uso de suelo según clasificación taxonómica de suelo. Se utilizó el mapa de clasificación taxonómica del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 1995.

Infiltración: Velocidad de absorción de agua en un tiempo determinado. Para dichas mediciones se utilizó infiltrómetro que consiste en un cilindro de hierro de 30 cm. de largo y 10 cm de diámetro con un espesor de 2 mm. Se introducen 20 cm en el suelo y se saca el cilindro completo con la tierra y se carga agua y se mide la cantidad de agua absorbida en 1 hora y 14 horas. La cantidad de agua que se carga en el cilindro es 549 ml que equivale a 70 mm de lluvia. Este infiltrómetro es un instrumento fabricado por el autor mismo para mediciones de infiltración.

Temperatura del suelo: Es la temperatura del suelo en el momento de la extracción de las muestras del suelo en cuatro sistemas de producción. Se obtuvo a través de mediciones de temperatura de suelo en dos repeticiones. Para dichas mediciones se utilizó un termómetro para mediciones de suelo marca TAYLOR (Bitherm dial thermometer) Mod: 6215J

Humedad del suelo: Es la humedad del suelo en el momento de la extracción de las muestras del suelo en cuatro sistemas de producción. Se obtuvo a través de mediciones de humedad del suelo en dos repeticiones. Para las mediciones se ha utilizado un instrumento para mediciones de humedad del suelo marca RAPITEST

Siembra convencional (SC): La siembra convencional involucra la inversión del suelo, normalmente con el subsolador o arado (vertedera o disco) como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos. El propósito principal de la labranza primaria es controlar las malezas por medio de su enterramiento y romper capas compactadas y el objetivo principal de la labranza secundaria es desmenuzar los agregados y crear una cama de siembra. El control de malezas siguiente se puede hacer por medio de cultivaciones o herbicidas. Los datos referentes a este aspecto se obtuvieron por medio de la encuesta.

Siembra directa (SD): Método cultural sin movimientos importantes de suelo (arado, rastra y subsolado) excepto el movimiento que efectúan los discos cortadores, abonadores y los abresurcos de la sembradora que abren una angosta ranura donde se localizará la semilla, con cobertura y sin rotación de cultivo.

Sistema de siembra directa (SSD): Método cultural con labranza mínima de suelo (arado, rastra y subsolado) con rotación de cultivo. Se ubica dentro del concepto de la agricultura sostenible, definida como aquella que procura establecer una productividad alta del suelo permanentemente, a manera de conservar o restablecer un medio ambiente ecológico equilibrado (Adelgelmy Kotschi, 1985 citado por Miranda E.). Los datos referentes a este aspecto se obtuvieron por medio de la encuesta.



Sistema de siembra directa con adecuación de parcela (SSDAP): Método cultural con labranza mínima con rotación de cultivos con prácticas de conservación eficientes de suelo, para una producción sostenible. El SSDAP comprende un conjunto de técnicas integradas que tienen por objetivo mejorar las condiciones ambientales (agua – suelo – clima) para explotar en la mejor forma posible el potencial genético de producción de los cultivos. Deben tenerse en cuenta cuatro requisitos mínimos:

- Suelo con cero o mínima labranza.
- Rotación de cultivos.
- Suelo cubierto con rastrojos vegetales permanentemente.
- Adecuación de parcela y caminos rurales.

Los datos referentes a este aspecto se obtuvieron por medio de la encuesta.

Curva de nivel: Es la elevación horizontal del suelo en una misma cota. Se obtuvo por medio de la encuesta a los productores. Las opciones fueron: Mixto (curvas de nivel y camellones)=1; Camellones=2; Curvas de nivel=3; Ninguno=3.

Rotación de cultivo: Es alternancia entre los cultivos plantados de un año a otro como medio de conservación de suelo. Los datos referentes a este aspecto se obtuvieron por medio de la encuesta a los productores. Las opciones fueron Si=1; A veces=2 y No=3.

Contenido de materia orgánica de suelo: Porcentaje de contenido de restos orgánicos de un suelo. Los datos referentes a este aspecto se obtuvieron a través de un análisis laboratorial de suelo.

Fósforo: Es un elemento químico de número atómico 15 símbolo P. Es un no metal multivalente perteneciente al grupo del nitrógeno que se encuentra en la naturaleza combinado en fosfato inorgánico y en organismos vivos pero nunca en estado nativo. El porcentaje contenido en el suelo se obtuvo a través de un análisis laboratorial de suelo.

Potasio: Es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo es K y cuyo número atómico es 19. Es un metal alcalino, blanco plateado que abunda en la naturaleza, en los elementos relacionados con el agua salada y otros minerales. El porcentaje contenido en el suelo se obtuvo a través de un análisis laboratorial de suelo.

pH: Es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH es la concentración de iones o cationes hidrógeno [H⁺] presentes en determinada sustancia. El porcentaje contenido en el suelo se obtuvo a través de un análisis laboratorial de suelo.

Cantidad de fertilizante: Cantidad de abono en una unidad de superficie. Se obtuvo por medio de encuestas a los productores.

Plagas: Enemigos naturales de un cultivo (insectos, aves y animal). Los datos sobre la presencia de los mismos en el suelo se obtuvieron por medio de encuestas a los productores. Las opciones fueron Bajo=1; Medio=2 y Alto=3.

Enfermedades: Infección de una planta causado por hongos, bacterias y virus. Los datos sobre la presencia de los mismos en el suelo se obtuvieron por medio de encuestas a los productores. Las opciones fueron Bajo=1; Medio=2 y Alto=3.

Malezas: Son las plantas no deseadas en un cultivo. Los datos sobre la presencia de los mismos en el suelo se obtuvieron por medio de encuestas a los productores. Las opciones fueron Bajo=1; Medio=2 y Alto=3.

Precipitación: Cantidad de lluvia caída en determinado tiempo. Se obtuvo de los datos registrados de un productor Jorge Shinoto. Se usó datos del ciclo 2005 – 2007.

Las técnicas metodológicas utilizadas fueron:

A) Fuentes primarias:

Encuestas: Se ha encuestado a los productores conforme con instrumentos elaborados, con preguntas y opciones de respuestas dicotómicas, múltiples y de respuestas abiertas.

Análisis laboratorial: Se ha realizado muestreo de suelo en las 4 parcelas seleccionadas por sistemas de producción. Las muestras obtenidas fueron analizadas en el laboratorio de CETAPAR (Centro Tecnológico Agropecuario en Paraguay) localizado en el distrito de Yguazú, departamento de Alto Paraná y se obtuvieron datos de Materia orgánica, textura, pH, macro y micro nutrientes.

Mediciones *in situ*: Se ha realizado mediciones *in situ* de velocidad de infiltración de agua de lluvias, las temperaturas del suelo y humedad del suelo en dos repeticiones, cada una con un termómetro, un instrumento para mediciones de humedad del suelo y un infiltrómetro

Precipitación: Se ha usado serie de datos registrado por el Ing. Agr. Jorge Shinoto en el ciclo 2005 – 2007 en el distrito de Pirapó, departamento de Itapúa.

B) Fuentes secundarias: Se ha utilizado registros documentados de resultados de trabajos de investigación, mapas y serie de datos.



Capacidad del uso de suelo: Se consideró como base el mapa de capacidad de uso según el MAG (1995); como referencia método de Soil Taxonomy (EE.UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Factores económicos:

1.1. Superficie de parcelas: Se ha encuestado 60 parcelas por diferentes sistemas de producciones del distrito de Pirapó, departamento de Itapúa. La superficie de las parcelas varía de 9 a 300 has porque se ha tomado el total de la superficie útil de cada finca.

En el siembra convencional (SC) se ha encuestado 12 parcelas con una superficie promedio de 36,33 has y con desvío estándar de $\pm 23,53$.

En el siembra directa (SD) se ha encuestado 22 parcelas con una superficie promedio de 62,64 has y con un desvío estándar de $\pm 58,96$.

En el sistema de siembra directa (SSD) se ha encuestado 16 parcelas con una superficie promedio de 48,37 has y con desvío estándar de $\pm 31,11$.

En el sistema de siembra directa con adecuación de parcela (SSDAP) se ha encuestado 10 parcelas con una superficie promedio de 41 has y con desvío estándar de $\pm 26,08$.

1.2. Costos totales: Es la sumatoria de costos directos más costos indirectos. Los costos directos (fertilizantes, insecticidas, inoculantes, herbicidas y fungicidas) fueron obtenidos por encuestas a los productores por distintos sistema de producción (Siembra convencional, Siembra directa, Sistema de siembra directa y Sistema de siembra directa con adecuación de parcelas). Los costos directos promedios de la siembra convencional (SC) es de 284,58 dólares/ha, el costo de siembra directa (SD) es de 277,95 dólares/ha, en el sistema de siembra directa (SSD) es de 267,81 dólares/ha y en el sistema de siembra directa con adecuación de parcelas (SSDAP) es de 260 dólares/ha.

En el sistema convencional el costo directo es más elevado por realizar la tarea de labranza de los suelos y en el sistema de siembra directa con adecuación de parcelas el costo directo es menor en relación a otros sistemas de producción por la baja incidencia de plagas y enfermedades.

Los costos indirectos fueron usados datos registrados por Federación Paraguaya de Siembra Directa para una Agricultura Sustentable (FEPASIDIAS) para la zafra 2006/2007 que es de 215,20 (insumo físico y bienes móviles). *Insumo físico:* Siembra, aplicación de fitosanitarios, cosecha y fletes *Bienes móviles:* Tractor, sembradora y pulverizadora.

1.3. Productividad: En el sistema convencional (SC) es de 2.325 kg/ha; en siembra directa (SD) es de 2.659,09 kg/ha; en el sistema de siembra directa (SSD) es de 2.666,87 kg/ha y en el sistema de siembra directa con adecuación de parcelas es de 3.215 kg/ha. Como puede observarse en este último sistema se registra la más alta productividad debido a que el sistema permite la captación eficiente de agua de lluvia y mayor aprovechamiento de agua por los cultivos por diversos factores como mayor cantidad de rastrojos que permiten menor erosión y mayor absorción de agua. Además reduce la temperatura del suelo y la evaporación del agua de suelo. Con estos resultados se comprueba la primera hipótesis que **la productividad agrícola aumenta con prácticas eficientes de captación y manejo del agua de lluvia.**

Además de tener un mayor promedio las parcelas con sistema de siembra directa con adecuación de parcelas (SSDAP) es la que arroja una desviación típica menor que la de los otros grupos, que tienen una desviación típica mayor; esto permite interpretar que las parcelas con el SSDAP otorga mayor rendimiento.

1.3. Relación Beneficio-Costo (RBC):

En la siembra convencional (SC) es de 1,39; en siembra directa (SD) es de 1,62; en el sistema de siembra directa (SSD) es de 1,66 y en el sistema de siembra directa con adecuación de parcela es de 2,03.

2. Factores tecnológicos:

2.1. Condiciones físicas del suelo

2.1.1. Pendiente: En la SC el promedio de pendiente es de 1,89; en SD en de 2,05; SSD en de 1,93 y en SSDAP es de 1,7.

2.1.2. Presencia de erosión: En la siembra convencional (SC) y sistema de siembra directa con adecuación de parcelas (SSDAP) existe menor presencia de erosión debido a que en el sistema convencional se realiza labranza de suelo que favorece a la infiltración de agua de lluvia y en sistema de siembra directa con adecuación de parcela existen la retención de agua e infiltración por practicas eficientes de conservación de suelo.

2.1.3. Textura de suelo: Para la clasificación de la textura se utilizó grafico para la denominación de los suelos según la textura. Según esta denominación todos los sistemas (SC, SD, SSD y SSDAP) corresponden a textura arcillosa.

2.1.4. Capacidad de uso: Para la identificación de la capacidad de uso de la tierra y clasificación taxonómica se utilizó el mapa de reconocimiento de suelos de la región oriental.



La capacidad de uso de tierra de las parcelas encuestadas son de clase II y III.

Clase I: Tierra muy buena en todos los puntos de vista. Esta tierra presenta ninguna o muy poca limitación para la producción agrícola.

Clase II: Presenta ligeras limitaciones para la producción agrícola que puede reducir la elección de cultivos, o que requiere prácticas moderadas de conservación de suelo al cultivarlo.

Clase III: Las tierras de esta clase tienen moderadas limitaciones que reducen la selección de cultivos, o requieren prácticas moderadas intensivas de manejo y/o conservación, o ambos.

Clase VI: Tierras con severas limitaciones, que no permiten su uso en cultivos anuales, pero pueden utilizarse para producción de cultivos perennes, forestería y pastos.

Según la clasificación taxonómica del distrito de Pirapó corresponden a Oxisol (O4.5 Lb/D/C2n y O1.5 Vs/A4n, E8.4 Lb/C2n); Ultisol (U10.4 Lb/D/C2n y E8.4 Lb/C/D1m) y Entisol (E8.5 Lb/D1f, E8.5 Lb/C2m y E8.5 Lb/C/D1m). Siendo suelo predominante Oxisol y Ultisol.

Donde:

E8.5 Lb/D1f= Entisol de textura arcillosa muy fina con lomada de origen basáltica con relieve de 3 – 8%, con drenaje bueno y rocosidad nula.

E8.5 Lb/C2m= Entisol de textura arcillosa muy fina con lomada de origen basáltico con relieve de 8 – 15%, con drenaje bueno y rocosidad moderada.

E8.5 Lb/C/D1m= Entisol de textura arcillosa muy fina con lomada de origen basáltica con relieve de 8 – 15% o mayor a 15%, con drenaje excesivo y rocosidad moderada.

O1.5 Vs/A4n= Oxisol de textura arcillosa muy fina con valle de origen de sedimento aluvial con relieve de 0 – 3%, con drenaje pobre y rocosidad nula.

E8.4 Lb/C2m= Entisol de textura arcillosa fina con lomada de origen basáltico con relieve de 8 – 15%, con drenaje bueno y rocosidad nula.

O4.5 Lb/B/C2n= Oxisol de textura arcillosa muy fina con lomada de origen basáltica con relieve de 3 – 15%, con drenaje bueno y rocosidad nula.

U10.4Lb/D/C2n= Ultisol de textura arcillosa fina con lomada de origen basáltica con relieve de 3 – 15%, con drenaje bueno y rocosidad nula.

E8.4 Lb/C/D1m= Entisol de textura arcillosa fina con lomada de origen basáltica con relieve de 8 – 15% o mayor

a 15%, con drenaje excesivo y rocosidad moderada.

El resultado de la media de la primera lectura a 1 hora de la muestra 1 (SSDAP) es de 318,5 cc; mientras que la segunda lectura es de 352 cc. La media de la primera lectura a 14 horas es de 358,5 cc; mientras que de la segunda lectura es de 442 cc.

El resultado de la media de la primera lectura a 1 hora de la muestra 2 (SD) es de 167 cc; mientras que la segunda lectura es de 262 cc. La media de la primera lectura a 14 horas es de 202 cc; mientras que de la segunda lectura es de 372 cc.

El resultado de la media de la primera lectura a 1 hora de la muestra 3 (SC) es de 297 cc; mientras que la segunda lectura es de 342 cc. La media de la primera lectura a 14 horas es de 352 cc; mientras que la segunda lectura es de 432 cc.

El resultado de la media de la primera lectura a 1 hora de la muestra 4 (SSD) es de 228,5 cc; mientras que la segunda lectura es de 292 cc. La media de la primera lectura a 14 horas es de 242 cc; mientras que la segunda lectura es de 392 cc.

En el sistema de siembra directa con adecuación de parcela (SSDAP) la media de la velocidad de infiltración en primera y segunda lectura es mayor en relación a otros sistemas de producción (SC, SD y SSD). El SSDAP presenta mayor cobertura superficial por realizar rotación de cultivos eficiente, se obtuvo mayor desarrollo radicular en los cultivos anteriores donde han dejado con mayor porosidad al suelo favoreciendo a la velocidad de infiltración.

2.1.6. Temperatura del suelo: En la primera lectura que se registró en el Sistema de Siembra Directa con Adecuación de Parcela (SSDAP) se verificó 30,3 °C, la más baja temperatura. En segundo lugar, el Sistema de Siembra Directa registró 31,6 °C. En tercer lugar la Siembra Directa con 33,3 °C y en último lugar Siembra Convencional con 34,4 °C. En la segunda lectura también se presentó en el mismo orden la temperatura más baja en el Sistema de Siembra Directa con Adecuación de Parcela con 32,7 °C; en segundo lugar el Sistema de Siembra Directa con 34,4 °C; en tercer lugar la Siembra Directa con 36,7°C y en último lugar, la Siembra Convencional con 37,7 °C. En el SSDAP el promedio de la temperatura es menor en relación a otros sistemas por la presencia de mayor cobertura superficial; mientras en la SC el promedio de la temperatura es mayor debido al laboreo y la porosidad superficial es mayor sin la presencia de cobertura vegetal.

2.1.7. Humedad del suelo: Las mediciones de humedad del suelo se realizaron junto con las mediciones de temperatura. En la primera lectura en el Sistema de Siembra Directa con Adecuación de Parcela (SSDAP) se registró 94% de humedad con más baja temperatura; en



segundo lugar está el Sistema de Siembra Directa con 91%; en tercer lugar la Siembra Directa con 89% °C y en último lugar la Siembra Convencional con 68%. En la segunda lectura también se presentaron en el mismo orden. La temperatura más baja se dio en el Sistema de Siembra Directa con Adecuación de Parcela con 69% de humedad; en segundo lugar el Sistema de Siembra Directa con 62%; en tercer lugar la Siembra Directa con 57% y en último lugar Siembra Convencional con 35%.

Con estos resultados se puede decir que en el Sistema de Siembra Directa con Adecuación de Parcela se da mayor retención de agua de lluvia, lo cual incide en una mayor productividad en la relación Beneficio – Costo. Con esto se confirma la segunda hipótesis que afirma que en el SSDAP se da **mayor cantidad de agua retenida en el suelo comparativamente con otros sistemas estudiados**, lo cual incide positivamente en la RBC del sistema.

2.2. Prácticas eficientes

2.2.1. Curvas de nivel: De las 60 parcelas encuestadas, 37 tienen construidas curvas de nivel.

2.2.2. Sistema de siembra directa con adecuación de parcela: De los 60 encuestados, 48 (80%) son los que realizan siembra directa. Dentro de este porcentaje, 10 realizan siembra directa con adecuación de parcela. El 43% de los encuestados realizan rotación de cultivos; 42 % de los encuestados no realizan rotación de cultivos y 15 % realizan a veces. Los 12 encuestados que no realizan siembra directa son dueños de parcelas que temporalmente realizaron siembra convencional para la adecuación de parcela.

2.2.3. Rotación de cultivo: El 50% de las parcelas encuestadas realizan rotación de cultivos, 45% no realizan rotación de cultivos y 5 % realizan a veces.

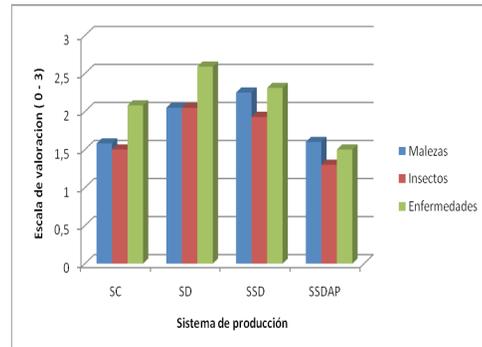
2.3. Nutrición

La materia orgánica (M.O) constituye un componente clave en el suelo al afectar sus propiedades química, física y biológica, siendo además un prerrequisito para la obtención del cultivo con niveles de producción elevado y estable (Allison, 1965; citado por INTA 2005). Comparando los cuatro sistemas de producción se puede notar que en SSDAP, el pH, Mg/K y Ca/K son los que presentaron nivel más alto (5,39; 2,56 y 11,58, respectivamente), mientras que en la materia orgánica el sistema convencional fue el más alto con 3,89%, debido a que el cultivo anterior fue maíz que con la labranza permitió elevar el porcentaje de M.O. Las cantidades de fertilizante varían entre 130 – a 140 kg/ha en promedio.

2.4. Control fitosanitario.

En la figura se puede observar que la incidencia de malezas, insectos y enfermedades fue más baja en el Sistema de Siembra Directa con Adecuación de Parcela, razón por la cual en la Siembra Convencional se hace laboreo del suelo y se corta el ciclo biológico de las plagas. En el Sistema de Siembra Directa con

Adecuación de Parcela se corta el ciclo biológico por realizar la rotación de los cultivos. En Siembra Directa las incidencias de la plagas son más elevadas debido a que no se realiza rotación de cultivo y por ende no se corta el ciclo biológico de las plagas.



2.5. Clima

2.5.1. Precipitación: En el cuadro se pueden observar los datos de registro de precipitaciones. En el año 2005, la producción promedio de soja fue baja (2000 kg/ha)⁷ por déficit hídrico en el mes de enero (64 mm), febrero (40 mm) y marzo (55 mm). En el año 2006 las precipitaciones en el mes de enero, febrero y marzo fueron buenas pero por ataque fuerte de enfermedades (roya de la soja), la producción promedio fue de 2500 kg/ha⁸. En el año 2007 las precipitaciones fueron buenas y la producción promedio fue de 3000 kg/ha⁹. En este año los productores controlaron bien las enfermedades de la soja con aplicación de fungicidas.

Registro de precipitaciones. 2005 – 2007

AÑOS			
MES	2005	2006	2007
ENERO	64	175	232
FEBRERO	40	117	115
MARZO	55	168	158
ABRIL	250	168	300
MAYO	160	55	325
JUNIO	190	120	27
JULIO	100	13	98
AGOSTO	60	152	64
SETIEMBRE	97	175	75
OCTUBRE	202	248	285
NOVIEMBRE	130	198	328
DICIEMBRE	159	235	200
TOTAL	1507	1824	2207
PROMEDIO	125,58	152	183,91

7 Datos del productor Ing. Agr. Kozo Koda

8 Ídem 11

9 Ibídem 11



CONCLUSIONES

Con relación a las hipótesis formuladas al inicio de la investigación, de acuerdo a los datos obtenidos durante el trabajo de campo, se puede expresar que las mismas son verdaderas.

Como se puede observar en los resultados el Sistema de Siembra Directa con Adecuación de Parcela (SSDAP) es el que muestra la mayor cantidad de agua retenida en el suelo y mayor infiltración. Con esto se confirma la segunda hipótesis que dice **“En el Sistema de Siembra Directa con Adecuación de Parcela (SSDAP) se da la mayor cantidad de agua retenida en el suelo comparativamente con otros sistemas estudiados, lo que incide positivamente en la RBC ”**

Esto lleva a la afirmación de que **la productividad agrícola aumenta con las prácticas eficientes de captación y manejo del agua de lluvia**; lo cual hace verdadera también la primera hipótesis formulada.

En relación a la temperatura del suelo en el SSDAP es la más baja comparando con otros sistemas de producción contribuyendo a la menor evaporación del agua disminuyendo el estrés hídrico de los cultivos en la época de escasa lluvia.

Con la rotación de cultivo se disminuye el costo de producción por cortar el ciclo biológico de las plagas. Además, el sistema permite mayor producción de materia orgánica que aumenta la producción y la productividad. La siembra directa tuvo un impacto muy favorable en muchos de los aspectos que hacen a la sustentabilidad de la producción agrícola del país pero es necesario incluir el Sistema de Siembra Directa con Adecuación de Parcelas Agrícolas para continuar trabajando hacia el gran objetivo que es una Agricultura Sustentable que ponga en armonía todos los componentes de una producción intensiva con la máxima estabilidad ambiental, económica y atender al desarrollo local y social de las distintas regiones. Dicho de otra manera, se debe lograr sostenibilidad productiva, económica, ambiental y social.

Esperamos que a través de este trabajo de investigación podamos contribuir para la toma de decisiones de diferentes sistemas de producción que aplican los productores.

SUGERENCIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE.

Para una agricultura sustentable se debe eliminar la erosión del suelo utilizando práctica de conservación eficiente acorde a los diferentes accidentes topográficos, de tal manera realizar la máxima retención de agua

de lluvia en las parcelas para aumento de producción de materia orgánica para mayor producción y productividad.

Crear condiciones del suelo para aumentar la infiltración del agua de lluvia realizando la rotación del cultivo.

La adecuación de la parcela se debe realizar a nivel de microcuencas para lograr mayor eficiencia de control del agua de lluvia.

Es muy importante mencionar que se realice el estudio de recarga de agua de lluvia en el agua subterránea y acuífero Guaraní utilizando SSDAP.

Dentro del proyecto de la adecuación de las parcelas es fundamental la inclusión de adecuación de los caminos rurales.

Es importante mencionar que existen técnicas sofisticadas utilizando equipos de precisión georeferenciadas para mayor aprovechamiento de los insumos.

LITERATURA CITADA

ALVARES C; BARRACO M. (2005). Efecto de los sistemas de labranzas sobre las propiedades edáficas y rendimiento de los cultivos. Disponible En www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/29-efecto_sistemas_de_labranza.pdf Consultados en fecha 17 - 10 - 2008

DERPSCH R. (1997). Erosiones. Disponible en www.rolf-derpsch.com/erosion-es.html - 19k -Consultado en fecha 17-05-2007

FERNANDEZ P.; DIAZ P. (2002). Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña España. Disponible en www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali.asp - Consultado en fecha 17 - 09

GARCIA F. (2002). Aspectos básicos del comportamientos de suelo en siembra directa: propiedades físicas. Disponible en basicowww.fagro.edu.uy/~eemac/Siembra%Directa/1a.pdf- Consultado en fecha 17-10-2008.

GAYASO J. (1999). Guía de conservación de agua. Chile. Disponible en www.uach.cl/proforma/guias/paisaje.pdf -Consultado en fecha 02-06-2007

GONZALEZ B. V. (2002). Técnico de siembra directa. Disponible en www.libroblancoagricultura.com/libroblanco/jautonomica/c_mancha/comunicaciones/bodas.pdf Consultado en fecha 15—08-07



- KIEHL E. (1985). Fertilizantes orgánicos. CERES. São Paulo, Brasil. 492p.
- KLEINE, C.; PURRICELLI, C. (2001). Comparación de los rendimientos y algunos parámetros químicos luego de varios años bajo labranza convencional y siembra directa en el sudoeste de Buenos Aires. Publicado en *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* N°12, Diciembre 2001.
- KRUGER H. (2007). Equilibrio del suelo en siembra directa. Disponible en www.produccionbovina.com/suelos_ganaderos/45-equilibrio.pdf. Consultado en fecha 17-10-2008
- LANDERS J. (2004). Desarrollo de la siembra directa en el Brasil tropical. Disponible en www.fao.org/docrep/007/y2638s/y2638s04.htm. Consultado en fecha 15-08-07
- Lattanzi A. et al. (2004) *La siembra directa presente y futuro*. Disponible en www.inta.gov.ar/balcarce/noticias/inta_expone/AuditorioUbaldoGarcia/SiembraDirecta.pdf. Consultado en fecha 17-10-2008
- MICHELENA R. (2002). Como controlar la erosión hídrica para que no destruya los suelos. Disponible en www.elsitioagricola.com/.../michelena/Como%20controlar%20la%20Erosion. Consultado en fecha 17-10-2008.
- MGAP (2003). *Recomendaciones básicas sobre el manejo, conservación y recuperación de suelos ley 15.239*. Disponible en www.mgap.gub.uy/renare/SuelosyAguas/Recomendaciones.pdf
- MUÑOZA. et al. (2005). La siembra directa como técnica de ahorro y de conservación de agua en cultivos de maíz de Extremadura. Disponible en www.valenciadealcantara.net/congreso/pdf/la%20siembra%20directa.pdf –
- PEREZ Y. (2006). Cosecha de agua, término considerado en el proceso de captación. Disponible en www.villaclara.cu/.../infolegam/2007no1/la%20sequia,%20un%20problema%20actual%20publicacion.doc – Consultado en fecha 02-06-2007.
- PINEDAJ. A. (2005). Conservación de suelo y agua. Disponible en www.cafedehonduras.hn/IHCAFE2005/pdf/conservacion.pdf - Consultado en fecha 15-08-07
- ROBERTO R. (2001). Siembra directa en el cono sur. Coordinador Roberto Rossello. Montevideo: PROCISUR, 450 p.
- Sepúlveda S. (1996). Desarrollo sostenible. IICA. San José, Costa Rica. 494 p. ISBN 0534-5391
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M. (1986). Influencia do sistema de manejo na temperatura do solo. R. bras. Ci. Solo 10, 181 - 184.
- VALLEJOS F. et al. (2001). Abonos verdes y rotación de cultivos en siembra directa. Sistema de producción tractorizados. Proyecto conservación de suelo MAG – GTZ. San Lorenzo, Paraguay, p. 92.