

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

EFFECTO DE LOS SISTEMAS DE LABRANZA CONVENCIONAL, REDUCIDA Y
MINIMA EN LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO Y COMPORTAMIENTO
BIO-ECONOMICO DEL CULTIVO DE VIGNA (Vigna sinensis W.) SAN -
LUIS TALPA, LA PAZ

POR :

ELIAS SALOMON CUEVA CHAVARRIA
REYNALDO ADALBERTO LOPEZ LANDAVERDE
CARLOS ARMANDO VILLALTA RODRIGUEZ

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE :
INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, AGOSTO DE 1992



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL : LIC. MIRNA ANTONIETA PERLA DE ANAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO : ING. AGR. GALINDO ELEAZAR JIMENEZ MORAN

SECRETARIO : ING. AGR. MORENA ARGELIA RODRIGUEZ DE SOTO



JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

ING. AGR. SABAS ALBERTO ARGUETA PALACIOS

ASESOR :

ING. AGR. TEODORO ANTONIO ROMERO ROMERO

JURADO CALIFICADOR :

ING. AGR. SONIA MARGARITA LEIVA MERINO

ING. AGR. CARLOS ALBERTO AGUIRRE CASTRO

ING. AGR. JOSE MAURICIO TEJADA ASENCIO

d) 1 - La Invencción de la Fac. de E. a. d. Octubre 1992.

RESUMEN

Las técnicas tradicionales de preparación de la cama de siembra en El Salvador, están condicionadas por la estructura de tenencia de la tierra así como por la capacidad financiera de las empresas agrícolas, dichas técnicas consisten en el uso de sistemas mecanizados (labranza convencional), - tracción animal (labranza reducida) y siembra con chuzo (labranza mínima), los cuales son empleados en el cultivo de vigna (Vigna sinensis) sin considerar el efecto producido en la estructura física del suelo y si dichas técnicas aseguran una rentabilidad alta de cultivo, por lo que se realizó un ensayo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en un suelo antisol, con la finalidad de evaluar los efectos producidos por los mismos sistemas de labranza convencional, reducida y mínima en la estructura física del suelo y la rentabilidad del cultivo de vigna para los tres sistemas de labranza.

El ensayo se realizó en época seca (diciembre-marzo) en un suelo de textura franca media a moderadamente fina friable, utilizando el diseño de bloques al azar con tres tratamientos se constituyen de los sistemas de labranza, convencional o mecanizado (S.L.C.), reducido o de tracción animal (S.L.R.) y mínima o siembra con chuzo (S.L.M.).

Los parámetros de las propiedades físicas del suelo evaluadas comprendieron el análisis estructural, consistencia, es-

fuerzo corriente, penetración infiltración, penetrabilidad, permeabilidad, densidad aparente, densidad real, y porosidad realizadas antes y después de las labores, de preparación de la cama de siembra; exceptuando la consistencia y esfuerzo cortante; evaluadas antes de realizar las labores. En los parámetros del cultivo, se evaluaron, la altura, diámetro, longitud radicular, número de nódulos además se evaluaron parámetros del rendimiento como número de vainas por planta, longitud de vainas, peso de las vainas y peso de la producción de ejote, del rendimiento de grano seco se evaluó el número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos y peso de la producción de grano seco; también se evaluó el rendimiento económico del cultivo para los tres sistemas de labranza.

La evaluación de los parámetros en estudio fue realizada en el área útil (60 m), comprendida por cada repetición, el análisis de los resultados obtenidos, fue realizado a través de análisis de varianza, prueba de significancia de Duncan, coeficiente de variación, correlación de variables y gráficas.

Dentro de los componentes de las propiedades físicas del suelo evaluados, se establece de forma general que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio exceptuando las pruebas de penetrabilidad después de realizadas las labores de preparación en la cama de siembra, en las profundidades de 20-40 cm y 40-60 cm del suelo, en ambas profundidades los mayores valores corresponden al sistema de la-

branza mínima y reducida, mientras el menor valor corresponde al sistema de labranza convencional.

En los parámetros evaluados de la fisiología del cultivo el comportamiento es similar, para los tres tratamientos, el mismo se presenta en los parámetros de rendimiento con la excepción del número de granos por vaina, que presenta el mayor valor en el sistema de labranza convencional 14,333 granos - por vaina, y el menor valoren el sistema de labranza mínima 13,167, mientras que el reducido 14.00 se comportó de manera similar a los otros sistemas de labranza evaluados. En el análisis económico de los sistemas de labranza empleados se observa que el sistema de labranza reducida presenta el mayor valor de la relación beneficio costo 1.32, seguido del sistema de labranza convencional 1.23 y el menor valor en el sistema de labranza mínimo 1.22.

AGRADECIMIENTOS

- Agradecemos a Dios Todopoderoso por habernos guiado en la realización del presente trabajo.
- Agradecemos por la colaboración prestada y de la manera desinteresada al Ing. Agr. Teodoro Antonio Romero Romero, asesor de nuestro trabajo por la orientación ofrecida durante el desarrollo del ensayo.
- A los trabajadores de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas y de manera especial a los miembros del Taller de Maquinaria y Bodega.
- Al personal docente y administrativo de la Facultad, por su valiosa contribución en nuestra formación académica.
- Al Sr. Francisco Osorio por su colaboración desinteresada en el desarrollo de este documento; y a la Sra. Marina del Carmen Rodríguez, por su paciencia y colaboración en el mecanografiado del presente trabajo.

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO :
Por guiarme por el sendero de la sabiduría para alcanzar el éxito.

- A MIS PADRES :
Elías Salomón Cueva y Angela Chavarría de Cueva, por su abnegada labor y prodigiosos consejos, quienes fueron la base para la obtención de mi triunfo.

- A MIS HERMANOS :
Luis Ulises, Glenda Isolina y Claudia María: Con mucho cariño y como un sano ejemplo de poder alcanzar las metas propuestas.

- A MIS ABUELOS :
Con mucho amor y respeto.

- A MIS TIOS :
De una manera especial.

- A MIS PRIMOS :
Con agrado.

- A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO :
Por haber compartido muchas experiencias durante mi formación profesional.

- A MIS AMIGOS :
Con mucho afecto

Elías Salomón Cueva Chavarría

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO :
Por iluminar mis pensamientos y guiar mi vida para alcanzar las metas fijadas.

- A MI MADRE :
Con mucho amor, por su abnegación y sacrificio por sus sabios consejos que han permitido la obtención de mi triunfo profesional.

- A MI HERMANA :
Por su sacrificio, comprensión y como un sano ejemplo de poder alcanzar las metas propuestas.

- A MIS ABUELOS :
Donde se encuentra como un grato recuerdo con mucho cariño.

- A MIS TIOS :
Por su ayuda y apoyo moral con mucho cariño.

- A MIS PRIMOS :
Con agrado y como un ejemplo de poder alcanzar las metas propuestas.

- A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO :
Por haber compartido muchas experiencias durante mi formación profesional.

- A MIS AMIGOS :
Por compartir experiencias y brindarme su apoyo.

Reynaldo Adalberto López Landaverde

DEDICATORIA

- A DIOS :
Por haberme dado la fe necesaria para terminar mi carrera.

- A MI MADRE :
Argelia Villalta, de todo corazón por el sacrificio realizado para alcanzar mi meta propuesta.

- A MIS TIAS :
María Elena Villalta (Q.D.D.G.) y Rosa Hilda Orellana, por el cariño y aprecio que ellas me han brindado.

- A MIS HERMANOS :
Julia Alicia, Herbert Lucio y Roberto Antonio, por todo el apoyo recibido para alcanzar mi objetivo trazado.

- A MI ESPOSA : Rosa María,
Por brindarme toda su comprensión e instarme a seguir triunfando.

- A MIS HIJOS :
Carlos Roberto y Elena Beatriz
Por llenarme de esperanzas.

- DE IGUAL MANERA A TODOS AQUELLOS AMIGOS QUE ME ACOMPAÑARON DURANTE MI TRAYECTO DE ESTUDIANTE.

Carlos Armando Villalta

I N D I C E

	Página
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS	vii
DEDICATORIA	viii
INDICE DE CUADROS	xviii
INDICE DE FIGURAS	xxxiv
1. INTRODUCCION	I
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Cultivo de vigna	3
2.1.1 Origen y distribución	3
2.1.2 Utilidad e importancia	3
2.1.3 Clasificación taxonómica	5
2.1.4 Morfología de la vigna	5
2.1.4.1 Plántula	5
2.1.4.2 Raíz	6
2.1.4.3 Tallo y hojas	6
2.1.4.4 Inflorescencia	6
2.1.4.5 Frutos	7
2.1.4.6 Semillas	7
2.1.4.7 Nodulación	7
2.1.4.8 Crecimiento y producción	10
2.1.5 Adaptación y requerimientos climáticos y edá ficos	11
2.1.5.1 Clima	11

	Página
2.1.5.1.1	Temperatura 11
2.1.5.1.2	Precipitación 12
2.1.5.2	Condiciones edáficas para el cultivo de vigna 12
2.2	Propiedades físicas del suelo y sus derivadas 13
2.2.1	Suelo 13
2.2.2	Propiedades físicas del suelo 13
2.2.2.1	Estructura 14
2.2.2.2	Densidad aparente 18
2.2.2.3	Densidad real 20
2.2.2.4	Porosidad 21
2.2.2.5	Esfuerzo cortante 23
2.2.2.6	Resistencia a la penetración 27
2.2.2.7	Conductividad hidráulica 30
2.2.2.8	Velocidad de infiltración 33
2.2.2.9	Consistencia del suelo 36
2.3	Labranza del suelo 39
2.3.1	Objetivos del laboreo del suelo 41
2.3.2	Labranza convencional 42
2.3.2.1	Efectos de la labranza convencional en las propiedades físicas del suelo y sus derivadas..... 43
2.3.2.2	Acción de las labores sobre el conte nido de agua del suelo..... 48
2.3.2.3	Profundidad de aradura 49
2.3.3	Labranza reducida 49

	Página
2.3.3.1. Ventajas de la labranza reducida..	51
2.3.3.2. Desventajas de la labranza reducida.	52
2.3.3.3. Efectos de la labranza reducida en - las propiedades físicas del suelo y sus derivadas	52
2.3.3.4. Efecto de la labranza reducida en - las poblaciones de insectos y male- zas	53
2.3.4. Labranza mínima	53
2.3.4.1. Efectos de la labranza mínima en las propiedades físicas del suelo y sus derivadas	56
2.3.4.2. Uso del rastrojo y conservación del suelo	58
2.3.5. Análisis económico de los sistemas de labranza.	59
3. MATERIALES Y METODOS	60
3.1. Generalidades	60
3.1.1. Localización del ensayo	60
3.1.2. Características del lugar	60
3.1.2.1. Clima	60
3.1.2.2. Temperatura	61
3.1.2.3. Precipitación	61
3.1.2.4. Viento	61
3.1.2.5. Humedad relativa	61
3.1.2.6. Evaporación	61
3.1.2.7. Suelos	62

	Página
3.3.5.1.2.1.4 Peso de 100 ejotes (gr)	70
3.3.5.1.3 Parámetros evaluados durante la cosecha de -- grano seco	70
3.3.5.1.3.1 Número de vainas por planta	70
3.3.5.1.3.2 Número de granos por vaina	70
3.3.5.1.3.3 Peso de 100 semillas (gr)	70
3.3.5.1.3.4. Rendimiento grano seco (kg/ha)	70
3.3.5.2 Parámetros evaluados de las propiedades físicas -- del suelo y sus derivadas	71
3.3.5.2.1 Densidad aparente (gr/cc)	71
3.3.5.2.2 Densidad real (gr/cc)	72
3.3.5.2.3 Porosidad (%)	72
3.3.5.2.4 Velocidad de infiltración (cm/h)	72
3.3.5.2.5 Resistencia tangencial del suelo	73
3.3.5.2.6 Consistencia del suelo	73
3.3.5.2.7 Resistencia a la penetración (kg/cm ²)	73
3.3.5.2.8 Permeabilidad (cm/hora)	73
3.3.5.2.9 Estructura	74
3.4 Metodología de campo	74
3.4.1 Métodos de preparación del suelo	74
3.4.1.1 Sistema de labranza convencional (L.C)	75
3.4.1.2 Sistema de labranza reducida (L.R.)	76
3.4.1.3 Sistema de labranza mínima (L.M.)	77

	Página
3.4.2. Manejo agronómico	79
3.4.2.1. Siembra	79
3.4.2.2. Fertilización	79
3.4.2.3. Control de plagas	79
3.4.2.3.1. Control de plagas del suelo	79
3.4.2.3.1. Control de plagas del follaje	80
3.4.2.4. Control de enfermedades	80
3.4.2.5. Riego	80
3.4.2.6. Cosecha	81
3.5. Análisis económico	81
4. RESULTADOS	82
4.1. Parámetros del cultivo	82
4.2. Parámetros de las propiedades físicas del suelo y sus de- rivadas	85
4.3. Análisis económico	91
4.3.1. Costos de producción del cultivo de vigna (<u>Vigna</u> <u>sinensis</u>) para el sistema de labranza convencional .	91
4.3.2. Costos de producción del cultivo de vigna (<u>Vigna si-</u> <u>nensis</u>) para el sistema de labranza reducida	91
4.3.3. Costos de producción del cultivo de vigna (<u>Vigna si-</u> <u>nensis</u>) para el sistema de labranza mínima	91
5. DISCUSION DE RESULTADOS	92
5.1. Parámetros fisiológicos del cultivo	92
5.2. Parámetros del rendimiento del cultivo	94
5.3. Análisis de la correlación entre parámetros fisiológicos del cultivo, propiedades físicas del suelo y sus derivadas. 94	94

	Página
5.4. Propiedades físicas del suelo y sus derivadas	101
5.4.1. Densidad aparente	103
5.4.2. Densidad real	104
5.4.3. Porosidad	105
5.4.4. Velocidad de infiltración	112
5.4.5. Consistencia del suelo y esfuerzo cortante	113
5.4.6. Estructura	114
5.4.7. Resistencia a la penetración	116
5.4.8. Permeabilidad	118
5.5. Análisis bio-económico del cultivo de vigna para los sis temas de labranza empleados	121
6. CONCLUSIONES	129
7. RECOMENDACIONES	131
8. BIBLIOGRAFIA	132
9. ANEXOS	133

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Relación entre el período de crecimiento de la planta y el proceso de formación de nódulos	9
2	Densidad aparente de algunos suelos	19
3	Clase de permeabilidad de perfiles de suelo del U.S. Bureau of plant Industry and Agricultural Engineering	31
4	Rangos de velocidad de infiltración según -- clase textural	34
5	Características físicas y de fertilidad del perfil de suelo en el área de ensayo	63
6	Cuadro general de medidas estadísticas para los parámetros del cultivo	64
7	Cuadro general de medidas estadísticas para las propiedades físicas del suelo y sus derivadas	88
8	Matriz de correlaciones para los parámetros de cultivo y variables de las propiedades físicas del suelo y sus derivadas	124
9	Matriz de correlaciones para las variables de las propiedades físicas del suelo y sus derivadas	125

Cuadro		Página
10	Costos de producción del cultivo de vigna (<u>Vigna sinensis</u>). Sistema de labranza convencional (L.C.), 1992	126
11	Costos de producción del cultivo de vigna (<u>Vigna sinensis</u>). Sistema de labranza reducida (L.R.). 1992	127
12	Costos de producción del cultivo de vigna (<u>Vigna sinensis</u>). Sistema de labranza mínima (L.M.), 1992	128
A-1	Altura promedio de plantas (cm), de <u>Vigna sinensis</u> para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	139
A-2	Análisis de varianza para la altura promedio de plantas (cm), de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	139
A-3	Diámetro (mm) promedio de plantas, de <u>Vigna sinensis</u> para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	140
A-4	Análisis de varianza para el diámetro (mm) promedio de plantas de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	140

Cuadro		Página
A-5	Longitud promedio de raíces (cm), de <u>Vigna sinensis</u> para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Faz. 1992	141
A-6	Análisis de varianza para la longitud (cm) promedio de raíces de <u>Vigna sinensis</u> . -- CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 ...	141
A-7	Número de nódulos promedio por planta de - <u>Vigna sinensis</u> , para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	142
A-8	Análisis de varianza para el número de nódulos promedio por planta de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	142
A-9	Peso seco de plantas (grs), de <u>Vigna sinensis</u> para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	143

Cuadro		Página
A-10	Análisis de varianza para el peso (grs) seco por planta de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, - San Luis Talpa, La Paz. 1992	143
A-11	Peso seco promedio de raíces (grs), de <u>Vigna sinensis</u> para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	144
A-12	Análisis de varianza para el peso (grs) seco de raíz de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	144
A-13	Peso seco de nódulos (grs) de <u>Vigna sinensis</u> , para los sistemas de labranza empleados. -- CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	145
A-14	Análisis de varianza para el peso (grs) seco de nódulos de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, - San Luis Talpa, La Paz. 1992	145
A-15	Número promedio de ejotes por planta de <u>Vigna sinensis</u> , para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	146
A-16	Análisis de varianza para el número de ejotes por planta de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	146
A-17	Longitud promedio de ejote (cm) de <u>Vigna sinensis</u> , para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.	147

Cuadro	Página
A-18	Análisis de varianza para la longitud promedio de ejote (cm) de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX San Luis Talpa, La Paz. 1992 147
A-19	Rendimiento en ejote (kg/ha) de <u>Vigna sinensis</u> , para los sistemas de labranza empleados CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 148
A-20	Análisis de varianza para el rendimiento en ejote (kg/ha) de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, - San Luis Talpa, La Paz. 1992 148
A-21	Peso (grs) promedio de 100 ejotes de <u>Vigna sinensis</u> , para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. - 1992 149
A-22	Análisis de varianza para el peso promedio de 100 ejotes (grs) de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 149
A-23	Número de vainas secas promedio por planta de <u>Vigna sinensis</u> para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 150
A-24	Análisis de varianza para el número de vainas secas promedio por planta de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 150

Cuadro	Página
A-25	Número de granos promedio por vaina de <u>Vigna sinensis</u> para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 151
A-26	Análisis de varianza para el número de granos promedio por vaina de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 151
A-27	Peso promedio de 100 semillas (grs) de <u>Vigna sinensis</u> para los sistemas de labranza - empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 152
A-28	Análisis de varianza para el peso (grs) promedio de 100 semillas de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 152
A-29	Rendimiento en grano seco (kg/ha) de <u>Vigna sinensis</u> , para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 153
A-30	Análisis de varianza para el rendimiento de grano seco (kg/ha) de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX San Luis Talpa, La Paz. 1992 153
A-31	Valores de densidad aparente (grs/cm^3), antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 154

Cuadro	Página
A-32	Análisis de varianza para la densidad aparente (grs/cm^3), antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 154
A-33	Valores de densidad aparente (grs/cm^3), antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 155
A-34	Análisis de varianza para la densidad aparente (grs/cm^3), antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 155
A-35	Valores de densidad aparente (grs/cm^3), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 156
A-36	Análisis de varianza para la densidad aparente (gr/cm^3), posterior a las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 156
A-37	Valores de densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 157

A-38	Análisis de varianza para la densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	157
A-39	Valores de diferencias entre la densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	158
A-40	Análisis de varianza para la diferencia entre la densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	158
A-41	Valores de diferencias entre la densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	159
A-42	Análisis de varianza para la diferencia entre la densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.	159
A-43	Valores de densidad real (grs/cm^3) a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	160

Cuadro		Página
A-44	Análisis de varianza para la densidad real (grs/cm ³), a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	160
A-45	Valores de densidad real (grs/cm ³) a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	161
A-46	Análisis de varianza para la densidad real (grs/cm ³), a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	161
A-47	Valores de porosidad (%), a una profundidad de 0-20 cm antes de las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	162
A-48	Análisis de varianza para la porosidad (%), antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	162
A-49	Valores de porosidad (%) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	163
A-50	Análisis de varianza para la porosidad (%) - antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	163

Cuadro		Página
A-51	Valores de porosidad (%) a una profundidad de 0-20 cm, posterior a las labores de <u>pre</u> preparación del suelo. CAPREX, San Luis - Talpa, La Paz. 1992	164
A-52	Análisis de varianza para la porosidad (%), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	164
A-53	Valores de porosidad (%) a una profundidad de 20-40 cm, posterior a las labores de <u>pre</u> preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	165
A-54	Análisis de varianza para la porosidad (%), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX San Luis Talpa, La Paz. 1992	165
A-55	Valores de velocidad de infiltración (cm/hora) antes de las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. - 1992	166
A-56	Análisis de varianza para la velocidad de infiltración (cm/hora) antes de las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	166
A-57	Valores de velocidad de infiltración (cm/hora) posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	167

Cuadro		Página
A-58	Análisis de varianza para la velocidad de infiltración (cm/hora) posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	167
A-59	Valores de esfuerzo cortante (kg/cm^2) y porcentaje de humedad. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	168
A-60	Valores de porcentaje de humedad correspondientes a la consistencia friable del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.	169
A-61	Valores de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	170
A-62	Análisis de varianza para la penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	170
A-63	Valores de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	171
A-64	Análisis de varianza para la penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.	171

Cuadro

Página

A-65	Valores de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	172
A-66	Análisis de varianza para la penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	172
A-67	Valores de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	173
A-68	Análisis de varianza para la penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	173
A-69	Valores de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	174
A-70	Análisis de varianza para la penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	174

Cuadro	Página
A-71	Valores de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 175
A-72	Análisis de varianza para la penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 175
A-73	Valores de porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 176
A-74	Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992. 176.
A-75	Valores de porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 177
A-76	Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992. 177

Cuadro	Página
A-77	Valores de porcentaje de humedad para la - prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 178
A-78	Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992. 178
A-79	Valores de porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 179
A-80	Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 179
A-81	Valores de porcentaje de humedad para la - prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 180
A-82	Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de prepa-

Cuadro		Página
	ración del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	180
A-83	Valores de porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	181
A-84	Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	181
A-85	Valores de permeabilidad (cm/hora), antes de efectuar las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 ...	182
A-86	Análisis de varianza para la prueba de permeabilidad (cm/hora) antes de las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	182
A-87	Valores de permeabilidad (cm/hora), posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.	183
A-88	Análisis de varianza para la prueba de permeabilidad (cm/hora), posterior a las labores de preparación del suelo.	

Cuadro

Página

	res de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	183
A-89	Valores de diferencias entre la permeabilidad (cm/hora) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas. - CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	184
A-90	Análisis de varianza para la diferencia entre la permeabilidad (cm/hora) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	184
A-95	Tipos y clases de estructura del suelo ...	201

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Relación de factores dinámicos con la preparación de suelos y el contenido de humedad con especial referencia al rango plástico	26
2	Efecto de humedad sobre los dos componentes principales de la consistencia del <u>sue</u> lo	37
3	Relación existente entre el esfuerzo constante y el contenido de humedad del suelo.	39
4	Número de granos por vaina para los diferentes sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	97
5	Relación entre la porosidad (%) de 0-20 cm de profundidad y la longitud de raíz de <u>Vigna sinensis</u> . CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	100
6	Relación entre la porosidad (%) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas a una profundidad de 20-40 cm CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992. ...	107
7	Porosidad (%) para tres sistemas de labranza a dos profundidades posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	110

Figura

Página

8	Relación entre la porosidad y la densidad aparente a una profundidad de 20-40 cm posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	111
9	Costos de producción y beneficio por hectárea en Colones para el cultivo de vigna (<u>Vigna sinensis</u>) en los diferentes sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992	123

1. INTRODUCCION

La producción de granos básicos en El Salvador está condicionada por la estructura de tenencia de la tierra que además se caracteriza por los sistemas de producción desde el uso y categoría de tierras cultivables hasta las especies cultivadas. En las últimas dos décadas la tendencia de los cultivos se presenta como un incremento en los costos de producción y un decremento del rendimiento de los cultivos, esta tendencia ha sido más visible en el cultivo de frijol por lo que se ha introducido una nueva leguminosa como la Vigna (Vigna sinensis), con la finalidad de sustituir en parte al frijol común dada su alta capacidad de adaptabilidad a diferentes zonas ecológicas ^{en} un rendimiento y contenido protéico alto, el cual para su establecimiento sigue las técnicas tradicionales de los métodos de labranza caracterizados en los diferentes sistemas de producción del país que son pequeñas, medianas y grandes explotaciones agrícolas. Cuyas técnicas son la labranza mínima, reducida y convencional respectivamente, donde su uso está determinado por la capacidad financiera de la empresa agrícola, sin importar que la relación suelo-planta, en los sistemas de labranza se establezca como el de conservar o mejorar la estructura física del suelo, permitir un buen desarrollo del cultivo, incrementar los rendimientos y disminuir los costos para establecer un cultivo.

Con el objetivo de evaluar el efecto de los sistemas - de labranza convencional, reducida y mínima en las propiedades físicas del suelo como en el rendimiento bioeconómico del cultivo de vinya, se realizó un experimento entre - los meses de diciembre de 1991 a marzo de 1992 (período de secano), en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El - Salvador, utilizando como cultivo indicador la vinya (Vigna sinensis), variedad Pink eyes.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Cultivo de vigna

2.1.1. Origen y distribución

La vigna es una leguminosa originaria del Africa tropical, cultivada en toda América, Boswell cree que fue en el sur de Asia donde primero el hombre la encontró (31).

2.1.2. Utilidad e importancia

La vigna tiene gran interés económico por sus múltiples usos. Así sus productos se utilizan para la alimentación humana y del ganado, como abono y para mejorar las condiciones del suelo. Como forraje verde, es un excelente cultivo muy apetecido por el ganado. Se debe recoger cuando las vainas están aún tiernas pero completamente formadas; al análisis químico revela la siguiente composición en ese estado :

Humedad	88,9 %
P.T.	3,4 %
Proteinas digestibles	2,6 %
Grasa	0,2 %
Extractos no nitrogenados	3,2 %
Celulosa	2,7 %
Ceniza	1,6 %

Los granos o semillas en sus diferentes usos constituyen

el aprovechamiento más empleado por todas partes de esta especie.

El elevado valor nutritivo de sus granos secos, según demuestra el análisis siguiente :

Humedad	9.0 %
P.T.	18,9 %
Grasas	1,5 %
Extracto no nitrogenado	63,8 %
Celulosa	3,2 %
Cenizas	3,6 %

Haciendo de ella un alimento excelente para el hombre. Diversos platos pueden cocinarse con estos granos, aunque tienen el grave inconveniente de su sabor muy acentuado, - que las hace muy desagradables para muchas personas.

Las vainas tiernas son aprovechadas en muchos lugares, para consumo humano, su alto contenido en vitamina B, hace de este producto una verdura muy alimenticia (31). Tejada menciona que se han estudiado las características químicas y nutricionales del frijol de costa, obteniéndose los siguientes resultados: se encontró un contenido de nutrientes similar al del frijol común y en la evaluación biológica mostró en algunos casos, valores nutritivos superiores al frijol, así como también presentó ausencia de inhibidores del crecimiento en estado crudo (30).

Se manifiesta que las vainas tienen alto contenido de -

vitamina E y C, que ninguna otra leguminosa puede cultivar se con tanta facilidad en toda clase de suelo bajo condiciones adversas como el Caupí (30). Se indica que el frijol de vaca es de gran interés económico por sus múltiples usos; su grano seco es un buen pienso en la alimentación del ganado vacuno, porcino y aves de corral, ya que lo consumen con buenos resultados. Por ser una buena fuente de proteínas - puede ser empleado para sustituir parcialmente a la harina de soya en dietas de aves y cerdos (30).

2.1.3. Clasificación taxonómica (9)

Reino	:	Vegetal
División	:	Spermatophyta
Sub-división	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotyledoneae
Orden	:	Rosales
Familia	:	Leguminosae
Sub familia	:	Papilionatae
Género	:	Vigna
Especie	:	sinensis

2.1.4. Morfología de la vigna

2.1.4.1. Plántula

Raíz principal bien desarrollada; abundantes raíces secundarias, cotiledones epigeos, hipocotileo, cilíndrico, epicotileo estriado. Las dos primeras hojas son acorazona-

das, las segundas hojas trifoliadas con los folíolos lanceo-
lados (31).

2.1.4.2. Raíz

El sistema radicular consta de una raíz principal pivota-
nte que en condiciones favorables de suelo puede profundi-
zar bastante, posee también abundantes raíces secundarias,
más del 80% de estas raíces se encuentran a 0,20 m de pro-
fundidad. Las características de desarrollo radicular mu-
chas veces se ven afectadas por prácticas de manejo, una vez
formados los pelos radiculares en las raíces primarias y se-
cundarias, se inicia la formación de nódulos debido a la pe-
netración de ciertas bacterias simbióticas fijadoras de ni-
trógeno atmosférico (31).

2.1.4.3. Tallo y hojas

Son plantas herbáceas generalmente anuales, más o menos
volubles, sus hojas son trifoliadas con los folíolos oval-
romboidales; con estípulas y estipelas (31).

2.1.4.4. Inflorescencia

Su inflorescencia es en racimos de tamaño grande; cáliz
formando un tubo con los dientes iguales y puntiagudos, co-
rola con estandarte grande redondeados, alas ovaladas y qui-
lla en disco.

La inflorescencia presenta flores apretadas en el ápice del pedúnculo, sus flores son de color blanco amarillo o púrpura; brácteas caedizas, una vez que las flores estén fecundadas.

De toda la inflorescencia sólo 3 ó 4 flores se convierten en fruto, pues las demás las aborta (31).

2.1.4.5. Frutos

Presenta vainas largas estrechas, colgantes, comprimidas sobre las semillas, pero no arrugadas; con pergamino, con las semillas muy próximas entre sí y con curvatura más o menos acentuada (31).

2.1.4.6. Semillas

La semilla de esta planta es de forma arriñonada, con el hilo más o menos cubierto por un tejido esponjoso (31).

2.1.4.7. Nodulación

La formación de nódulos en la vigna comienza poco antes de que la planta tenga 15 días después de la siembra. La penetración de Rhizobium sp. en las raíces de Vigna sinensis, durante el desarrollo de la planta, provoca formación de nódulos debido a la influencia de un producto de la bacteria presumiblemente ácido indolacético, que da lugar a una deformación de la raíz de esta leguminosa. Está relación sim

biótica es bien generalizada en los trópicos. En estas condiciones la mayor parte de leguminosas forman nódulos cuando se les inocula Rhizobium de la llamada "Miscelánea caupí", aunque su respuesta a la inoculación muestra marcada diferencias en la efectividad de la fijación de nitrógeno (2, 21).

Este es el único proceso biológico de fijación o utilización directa del nitrógeno atmosférico que existe en la naturaleza y fue demostrado desde el siglo pasado (36).

La mera presencia de nódulos no es una garantía de que la cosecha de leguminosas pueda beneficiarse del nitrógeno atmosférico (2). Sin embargo, especies como Vigna nodulan libremente estableciendo por lo general simbiosis eficaces aún con la microflora nativa del suelo (33).

Para una buena simbiosis se necesita una gran población de Rhizobium, además una cepa que permita la fijación de nitrógeno en suficiente proporción para suplir adecuadamente las demandas del huésped y ser totalmente efectivo. Este fenómeno es dependiente de factores ambientales, los cuales influyen en las cantidades de nódulos que forme la leguminosa. Así, son necesarias temperaturas adecuadas, buena intensidad lumínica, días largos y altos niveles de CO₂, que incrementan los carbohidratos en la planta y esto trae como consecuencia un aumento en el número de nódulos. También algunos minerales del suelo, pueden afectar positiva o negativamente la fijación de nitrógeno. Deficiencias de fósforo y

azufre son factores limitantes para que esta fijación se efectúe. Esto es debido a un efecto directo que estos elementos tienen sobre la planta hospedera (2).

Cuadro 1. Relación entre el período de crecimiento de la planta y el proceso de formación de nódulos.

Edad de la planta (días)	Número promedio de nódulos por planta
15	3
30	24
45	63
60	51
75	41
90	10*

* En proceso de degeneración.

Fuente : Introduction to soil microbiology (2).

Según estudios recientes referentes a la nodulación del frijol común bajo dos sistemas de labranza (reducida y cero), se observó que el número de nódulos de las plantas analizadas no fue significativamente diferente entre los dos sistemas de labranza, sin embargo, el peso seco de los nódulos fue con significancia estadística, 2,4 veces más alto en labranza cero. Así también la producción de biomasa (peso seco de raíz y del follaje) evaluados 45 días después de la siembra y el rendimiento de grano fueron 1,4 y 1,8 respectivamente más altos en la labranza cero. Se observó también que en los dos -

sistemas de labranza no existieron diferencias significativas en el número y en el peso seco de los nódulos, entre los tratamientos inoculados y el testigo sin inocular y sin fertilizante nitrogenado. El tratamiento con fertilizante nitrogenado inhibió la nodulación en ambos sistemas de labranza (1).

Las causas de las diferencias en el peso de los nódulos entre los dos sistemas de labranza no son claras, sin embargo, la mayor capacidad de almacenamiento de agua en el sistema cero parece haber sido decisiva. La labranza permite mayor exposición del suelo a la desecación lo cual ocasiona que la humedad sea baja y que la temperatura del suelo se incremente. En otros estudios, compararon la nodulación de la soya (Glycine max (L) Merrill) entre los sistemas de labranza cero y la labranza convencional y encontraron 2,5 veces mayor cantidad de tejido nodular en labranza cero y sugirieron que la diferencia pudo ser el resultado del aumento de la temperatura del suelo en la labranza convencional y de la mayor capacidad de almacenamiento de agua en la labranza cero. Varios estudios han mostrado la estrecha relación que existe entre la humedad y la nodulación de las leguminosas (1).

2.1.4.8. Crecimiento y producción

La correlación que existe entre el crecimiento y desarrollo

llo de las diversas partes de una planta puede explicarse, al menos, en parte en términos de suministro y demanda por la forma en que las sustancias para el crecimiento son trasladadas, el crecimiento de una parte consume sustancias nutritivas y como resultado disminuye su concentración en los canales de suministro adyacentes estableciéndose un gradiente de concentración que parece producir automáticamente el movimiento de otros materiales desde los órganos que incorporan o fabrican las sustancias, o que, simplemente, las ceden con la edad cuanto más activo sea el crecimiento de una parte, tanto más se restringirá el crecimiento en otras partes. Este tipo de relación existe entre el crecimiento vegetativo y el reproductor así los frutos que crecen rápidamente pueden monopolizar de este modo los recursos de una planta a tal punto que priven por completo de éstos a las partes vegetativas (16).

Las plantas desarrollan extensos sistemas radicales, pero la profundidad a que penetran y la concentración de raíces en un volumen de suelo dado depende de las condiciones de suelo así como de la naturaleza genética de la planta (30).

2.1.5. Adaptación y requerimientos climáticos y edáfi- cos.

2.1.5.1. Clima

2.1.5.1.1. Temperatura

En cuanto a la temperatura, la vinya es una planta de zo

na cálida teniendo casi las mismas necesidades climáticas que el maíz. Si se siembra en tiempo frío la germinación se retrasa, el desarrollo de la planta es escaso y las hojas se arrugan y toman una coloración purpúrea, los daños son aún peores en la fructificación, pudiendo llegar a la no formación de la vaina y por lo tanto, de las semillas. Por el contrario las temperaturas elevadas no suelen perjudicar el cultivo. Solamente en el caso de calores muy fuertes en la época de floración y fructificación pueden producirse daños en el rendimiento y en la calidad (31).

2.1.5.1.2. Precipitación

Este cultivo resiste bien la sequía si es moderada; pero si alcanza intensidad elevada, el desarrollo de la planta se detiene y no fructifica. Necesita como es lógico cierto grado de humedad, aunque el exceso de agua puede perjudicarlo mucho (31).

2.1.5.2. Condiciones edáficas para el cultivo de vig- na

En relación con el suelo, la vigna no es exigente, adaptándose bien a casi todos los tipos de tierras, incluso las muy pobres. Ninguna otra leguminosa puede cultivarse con tanto éxito en toda clase de suelo, bajo condiciones adversas como la vigna.

Un suelo muy fértil no conduce a mejores resultados con

este cultivo. Sobre tales suelos se producirá un abundante desarrollo de follaje, con pequeño rendimiento en grano. En cambio los suelos pobres producirán escaso desarrollo de follaje, pero generalmente buena producción de semilla (31).

2.2. Propiedades físicas del suelo y sus derivadas

2.2.1. Suelo

Desde el punto de vista agronómico, la tierra cultivable es la delgada capa de 20 a 40 cms que trabajan y exploran las raíces (las raíces de ciertas plantas descienden mucho más profundamente, pero la mayor parte de la "cabellera radicular" se encuentra cerca de la superficie) (5).

El suelo es la resultante de un gran número de interacciones dinámicas, tanto de componentes orgánicos como inorgánicos de cuya resultante se deriva el medio para el desarrollo vegetal (27).

2.2.2. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de los suelos se refiere al comportamiento del suelo frente a un esfuerzo aplicado y se expresa en movimientos que resultan de fuerzas externas aplicadas al suelo (8).

El comportamiento mecánico de la fase sólida (orgánica e inorgánica determina las propiedades físicas del suelo, cuya asociación con las características químicas conlleva a la

facilidad para producir cosechas dependientes de los nutrientes presentes en el suelo. Las propiedades físicas, deben ser entendidas en conjunto y formando un todo armónico e interdependiente ya que por norma general una íntima relación se establece entre ellas, derivando unas de otras (27).

Las características físicas del suelo de acuerdo a su determinación y a los fenómenos relacionados con ellas pueden ser divididas en dos grandes grupos :

- a) Características físicas fundamentales
- b) Características físicas derivadas.

2.2.2.1. Estructura

Dentro de la primera categoría se encuentra entre otras la estructura, la cual se refiere a la disposición de los agregados y partículas del suelo.

Las labores de preparación de suelos que realiza el agricultor son buena evidencia de la importancia de la estructura del suelo.

La capacidad de un suelo de ser productivo depende tanto de su fertilidad como de sus condiciones físicas, entre las cuales la estructura es predominante (27).

La estructura del suelo es la clave de su fertilidad. - La respuesta de varios cultivos a la fertilización depende - de una estructura favorable del suelo (7).

En estudios sobre los efectos de las diferentes operacio

nes de labranza sobre la estructura del suelo se concluyó que el arado produce una disminución en el número de terrones y de la densidad volumétrica a menos que se efectúe con humedades excesivas. Las rastras de discos son efectivas para reducir el número de terrones, concluyó diciendo: "La cantidad de terrones de los suelos labrados hasta quedar finamente pulverizado se aumentó mucho con el riego, hasta el punto de quedar con mayor número de terrones que antes de hacer ninguna labranza. Las zonas labradas en las que no se rompieron los terrones aumentó su número algo pero no tanto como en aquellos que se habían pulverizado finamente (39).

A medida que un suelo se maneja la posibilidad de su alteración y cambios en las propiedades físicas es mayor, se citan ejemplos que muestran una disminución del 30-40% de materia orgánica y nitrógeno debido al manejo del suelo comparado con áreas vírgenes.

El efecto aditivo de los efectos relacionados con la oxidación de la materia orgánica, lavado, impacto de lluvias sobre superficies no protegidas, empleo de maquinaria agrícola, etc., es una deterioración de la estructura del suelo.

La protección vegetal es mucho más efectiva a medida que el follaje sea más denso. La causa fundamental de los cambios estructurales se realaciona con la dispersión de los agregados en la superficie de los suelos y el movimiento de arcilla y limos en los macroporos. La acción resultante con

lleva a un decrecimiento de los macroporos y a un aumento en compactación (27).

La degradación estructural resultante del manejo del suelo no está determinado por las labores de arada sino por las operaciones posteriores a ellas (27).

La estructura del suelo, está definida por la forma en que se agrupan las partículas elementales que lo constituyen.

La estructura tiene un gran efecto sobre ciertas propiedades físicas de los suelos, tales como su grado de erodabilidad, porcentaje de porosidad, velocidad de infiltración del agua y la capacidad de retención de humedad (18).

En términos general podemos clasificar a la estructura en seis tipos principales : 1) Gránulos simples, 2) blocosa o terronosa, 3) laminar, 4) granular, 5) prismática; y 6) masiva.

La estructura de gránulos simples, es característica de los suelos con alto contenido de arena y la estructura masiva es típica de los suelos con alto contenido de arcilla. Las estructuras más favorables para el desarrollo de las plantas son la granular, terronosa y la prismática, la estructura laminar impide la circulación del agua y el desarrollo adecuado del sistema radicalr (20).

Si un suelo cuenta con una estructura adecuada, no tiene sentido insistir en labores profundas, dado que ya existe en el las condiciones ideales para permitir el movimiento

de raíces, gases y agua (el éxito logrado por el método de siembra con labranza cero, demuestra este principio). De lo contrario se desprende que sólo se debe labrar el suelo en la medida que el cultivo lo requiera.

El grado de mullimiento de la cama de siembra debe guardar relación con el tamaño de la semilla, para establecer un íntimo contacto con ella y facilitar la transferencia de temperatura y humedad necesaria para su germinación. Cuando los agregados terrosos son demasiado grandes se crean bolsas de aire alrededor de la semilla, que la aíslan e impiden su germinación. El mullimiento exagerado, por su parte, tampoco es favorable, puesto que destruye la estructura, facilita la compactación y forma costras en la superficie con el agua de lluvia y riego, que impiden el libre acceso de la plántula.

La firmeza de la cama de siembra es fundamental para lograr un buen trabajo de la sembradora en la ubicación de la semilla. El laboreo excesivo suelta el suelo, afectando su estructura y acelerando la pérdida de humedad (23).

Cuando los equipos agrícolas pasan en la época lluviosa compactan la tierra, ocasionando entonces los siguientes: Formación de piso de arado, disminución de los espacios entre las partículas del suelo, dificultad en la circulación del aire y deficiencia en la circulación del agua. Con lo señalado se originan corrientes superficiales de agua, que ocasionan erosión o bien su retención en lugares bajos. Con

la compactación del suelo se produce un obstáculo físico para el desarrollo normal de las raíces quedándose éstas únicamente en la superficie y no pudiendo aprovechar la planta el agua y los nutrientes que se encuentran por debajo de la capa dura (10).

2.2.2.2. Densidad aparente

La densidad aparente es la masa (peso) por unidad de volumen de suelo seco. El volumen aparente incluye el volumen de las partículas sólidas del suelo y los espacios porosos, se expresa en gramos por centímetro cúbico.

Las densidades aparentes aumentan con la profundidad en el perfil del suelo. Esto se debe a las cantidades de materia orgánica más baja, a una menor agregación y a una mayor compactación. Los subsuelos considerados densos pueden tener valores de densidad aparente iguales o mayores a 2.0 g cm^{-3} . (40).

El factor más importante que influencia la densidad aparente de los suelos es la clase de minerales, la cantidad de materia orgánica y la cantidad y naturaleza del espacio poroso del suelo. Arando se reduce la compactación del surco, consecuentemente se reduce temporalmente la densidad aparente. Sin embargo, el efecto de la labranza a largo plazo y la producción de cultivos aumentan la densidad aparente (35, 8, 17). La densidad aparente de los suelos es mínima en viejos pastizales e incrementa bajo cultivo. En algunos suelos ara

dos por muchas décadas, la densidad aparente se considera como limitante para la penetración de las raíces (26).

Los suelos arenosos son relativamente bajos en espacio poroso total y tienen densidades aparentes proporcionalmente altas. Los suelos superficiales arenosos y loam arenosos varían en densidad aparente de 1,2 a 1,8 g cm⁻³. Las densidades aparentes de los suelos de texturas finas (loam limosos, loam arcillosos y arcillosos), normalmente están comprendidos entre valores que oscilan entre 1,0 y 1,6 g cm⁻³. Algunos suelos derivados de cenizas volcánicas presentan valores de densidad aparente inferiores a 1,0 g cm⁻³ (40).

Cuadro 2. Densidad aparente de algunos suelos.

TEXTURA DEL SUELO	DENSIDAD APARENTE gr/cc		
	Mínima	Media	Máxima
Arenoso	1,55	1,65	1,80
Arenoso Franco	1,50	1,55	1,65
Franco Arenoso	1,40	1,50	1,60
Franco	1,35	1,40	1,50
Franco Limoso	1,32	1,37	1,45
Franco Arcilloso	1,30	1,35	1,40
Limoso	1,25	1,30	1,35
Arcilloso arenoso	1,25	1,30	1,35
Franco Arcillo Limoso	1,20	1,25	1,30
Arcillo Limoso	1,20	1,25	1,30
Arcilloso	1,10	1,15	1,20

Fuente : (28).

2.2.2.3. Densidad real

La densidad de las partículas es la masa (peso) de una unidad de volumen de partículas sólidas de suelo. Usualmente se expresa en gramos por centímetros cúbico (40).

La densidad de las partículas del suelo considera únicamente la materia sólida, mientras que la densidad aparente considera el suelo íntegramente el material sólido y el espacio poroso. El tamaño de las partículas sólidas no influencia la densidad de las partículas, pero el tamaño de las partículas, sí afecta la densidad aparente (35, 8, 17).

No obstante la densidad aparente de los suelos presenta valores muy variados, la densidad de partículas de los suelos minerales es bastante constante y varía entre 2,00 y 2,75 gr cm³. El cuarzo, los feldespatos y los silicatos coloidales, componentes muy importantes de los suelos, caen dentro de este ámbito. Cuando se encuentran presentes cantidades muy altas de minerales pesados tales como la magnetita, el zircón y la turmalina, la densidad de partículas puede ser mayor de 2,75 g cm⁻³ (40).

La densidad real de los suelos varía, evidentemente, con la proporción de los elementos constituyentes, es aproximadamente igual a la densidad de la sílice que es de 2,6 ó de los feldespatos que es de 2,7 (28).

El tamaño y el arreglo de las partículas del suelo no afectan la densidad de partículas. Sin embargo, la materia orgánica la cual pesa mucho menos que un volumen igual de -

sólidos minerales, influencia la densidad de partículas.

Algunos suelos superficiales muy orgánicos pueden exhibir valores de densidad de partículas de $2,8 \text{ g cm}^{-3}$. Los suelos superficiales generalmente poseen densidades de partículas más bajas que los subsuelos. Los suelos orgánicos (turbosos), presentan valores extremadamente bajos de densidad de partículas (40).

2.2.2.4. Porosidad

Se define la porosidad del suelo como el porcentaje de la totalidad del volumen del suelo que no está ocupado por partículas sólidas. Se ha reconocido por mucho tiempo que la porosidad total no es tan importante para caracterizar los suelos como lo es la distribución relativa del tamaño de los poros usualmente referida como porosidad capilar y no capilar.

Los poros capilares contribuyen a la capacidad de retención de agua en los suelos. Sólo una porción relativamente pequeña del agua retenida en los poros capilares sin embargo es indispensable para las plantas a causa de que las moléculas del aire del suelo no pueden difundirse fácilmente por los poros capilares y también se retarda la extensión de las raíces.

Para lograr condiciones óptimas para el crecimiento vegetal que necesita aereación adecuada y movimiento de humedad, es indispensable que una gran proporción de la porosi-

dad total sea de tamaño no capilar. Estudios de muchos sue los productivos han indicado que el espacio total de poros de suelos productivos están más o menos divididos igualmente entre poros capilares y no capilares. La absorción del agua por el suelo (infiltración) y su movimiento a través del suelo (percolación) así como la difusión a la atmósfera del anhídrido carbónico liberado por los organismos del suelo y su reemplazo por oxígeno de la atmósfera, todos de penden de la porosidad no capilar del suelo. El crecimen to de las raíces e indirectamente la absorción de nutrientes; dependen de la cantidad de poros grandes.

Bajo condiciones normales de humedad los poros no cap ilares se llenan casi completamente con aire, aunque una pe lícula de agua es retenida adyacente a las paredes de los poros. De resultados obtenidos en experimentos recientes se ha demostrado que hay una relación íntima entre la poro sidad no capilar por un lado y la permeabilidad, contenido de oxígeno, relaciones de humedad, desarrollo de raíces y producción de nitratos por el otro. A causa de esta rela ción la proporción relativa de los poros capilares y no ca pilares constituye un criterio más adecuado que el total de espacio poroso para juzgar las condiciones del suelo y crecimiento de las plantas (35).

Ensayos recientes indican claramente que el cultivo con tínuo del suelo tiende a disminuir la porosidad total y el espacio poroso no capilar. Además se observó un descenso -

significativo de materia orgánica; por lo tanto el cultivo continuo da por resultado una pobre relación de humedad-planta y suelo, una deficiente aireación y un desarrollo radicular restringido (35).

La compactación es otro de los factores que influyen sobre la capacidad de aire, dado que afecta el volumen de poros del suelo (macroporos). Experimentalmente se ha visto que a mayor compactación, menor capacidad de aire, independientemente de la textura.

La compactación causa una entrada del material sólido en los poros del suelo. Esto reduce el espacio poroso total y aumenta la densidad aparente. Las aradas y otras operaciones de preparación del suelo, aumentan el espacio poroso y disminuyen la densidad aparente.

Los suelos arenosos superficiales presentan entre 35 y 50 por ciento de espacio poroso total, mientras que los suelos de texturas finas varían entre 40 y 60 por ciento. Es decir los suelos de texturas más finas (limosos y arcillosos), tienen un porcentaje total de poros mayor que los suelos de texturas gruesas (arenosos). Los subsuelos compactados pueden presentar valores de 25 a 30 por ciento de espacio poroso total (40).

2.2.2.5. Esfuerzo cortante

La resistencia de un suelo a la cortadura es la resistencia interna máxima del suelo al movimiento de sus partí

culas; esto es, la resistencia al deslizamiento o resbalamiento del suelo sobre el suelo (15).

Cuando a un suelo lo sometemos a una carga externa ésta se reparte en el interior de su masa originando una serie de tensiones que puede producir o no su deformación y rotura.

En general los suelos soportan bien las cargas de compresión; no así las de tracción de manera que la rotura por este último concepto se produce con cargas relativamente bajas. Las acciones que ejercen tanto los aperos de labranza como los vehículos sobre los suelos agrícolas distan mucho de ser a tracción. Sin embargo, hay un tipo de acción por la cual se puede originar la rotura de un suelo con relativa facilidad: Es el esfuerzo cortante o de cizalladura.

La inmensa mayoría de los procesos de rotura y disgregación que se producen en los suelos agrícolas son debido a este tipo de acción (34).

La reacción del suelo a las presiones aplicadas es una de las partes más importantes del problema de la preparación. A medida que el suelo se va comprimiendo, en función del contenido de humedad presente, se van originando diferentes respuestas en función de la atracción necesaria para producir la preparación. Igualmente cuando el arado va atravesando el suelo a medida que aumenta el contenido de humedad se va facilitando su acción; pasando un límite las partículas se

orientan determinando un amasamiento sobre el suelo. Este proceso se realiza dentro del rango plástico y tiene lugar antes de que el arado corte el suelo. En este caso las -- propiedades físicas del suelo se deterioran y el efecto de granulaci3n es nulo (27).

El suelo presenta diferentes respuestas de acuerdo con el contenido de humedad en base a la Gráfica No. 1, se explica tanto la resistencia que opone el suelo al arado como la acci3n resultante del efecto cortante a medida que la humedad aumenta (dentro de ciertos límites) va aumentando este efecto pasando ciertos límites de humedad no se produce el efecto cortante debido a una capa de agua que rodea las partículas de suelo.

La cohesi3n aumenta en un rango estrecho de humedad pasando un límite no hay cohesi3n. La adhesi3n se manifiesta solamente a contenidos mayores de humedad se incrementa cuando aumenta el contenido de agua y se mantiene constante antes de pasar a constituir el flujo viscoso.

Se explica que el efecto cortante aumenta con el contenido de humedad debido a que este efecto se basa en la resistencia molecular dentro del cuerpo. Si aumenta el contenido de humedad disminuye dicha resistencia.

Es importante estudiar la adhesi3n en funci3n de los diferentes cuerpos que puedan penetrar al suelo para determinar diferentes efectos. Si la adhesi3n es mayor o menor, se necesitan fuerzas mayores o menores para que los discos pue

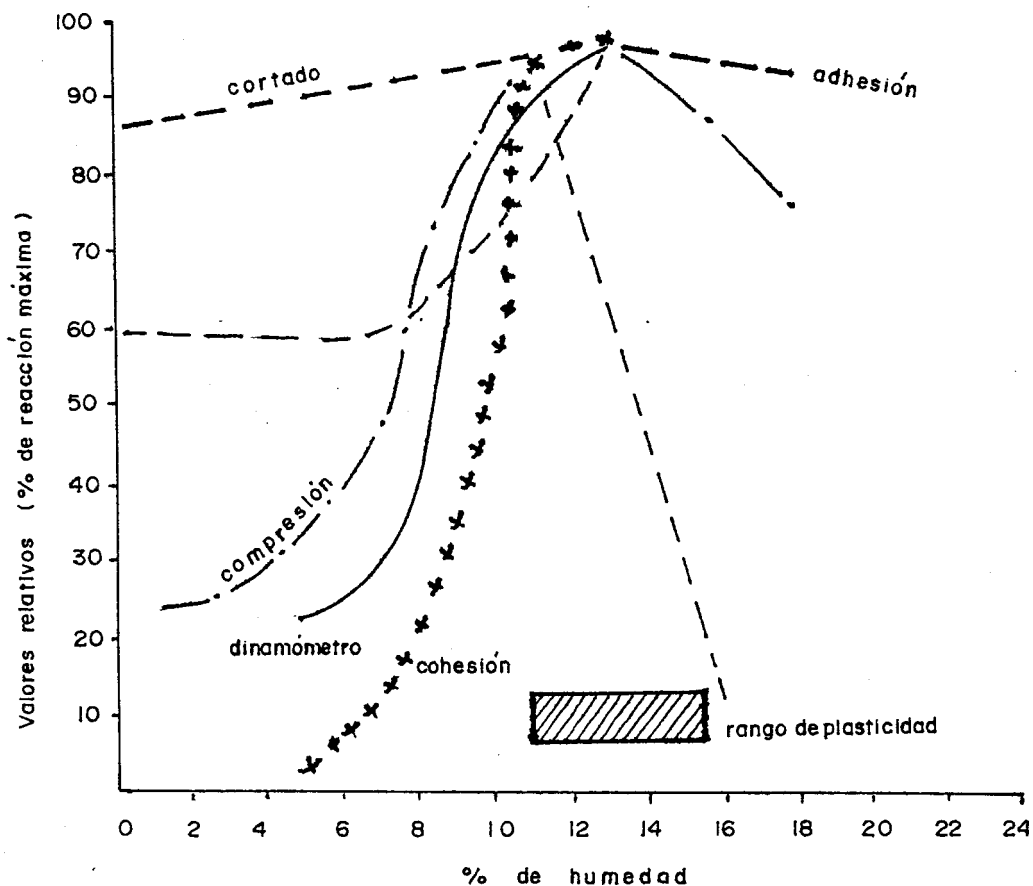


Figura 1. Relación de factores dinámicos con la preparación de suelos y el contenido de humedad con especial referencia al rango plástico. (El valor máximo para c/u fue tomado como 100).

Fuente : (27).

dan ser arrastrados dentro del suelo. El factor que más contribuye a la fricción entre el suelo y el metal radica en la adhesión de la humedad del suelo al metal. Cuando el suelo se empieza a adherir al metal, a través del film de agua, el coeficiente de fricción observado aumenta.

Como efecto resultante de este fenómeno se tiene que si la labor de arada se efectúa a un bajo contenido de humedad se formarán terrones grandes, con poco beneficio para las propiedades físicas. Si la arada se realiza a contenidos de humedad demasiados altos se producirá un amasamiento del suelo. Sólo en el punto de contenidos de humedad que determinan friabilidad se obtendrá los mejores resultados en relación con estas prácticas (27).

2.2.2.6. Resistencia a la penetración

La resistencia de un suelo a la penetración de una determinada herramienta de sondeo constituye una variable que -- aglutina otras propias del suelo tales como compactación, - cohesión y rozamiento interno. Da una idea de la dureza de ese suelo para las condiciones específicas que se encuentran en un determinado momento (34).

Una medida utilizada en la necesidad de labranza de un suelo viene dada por el penetrómetro, que es un aparato que mide la resistencia que opone el suelo a que una barra de metal se vaya introduciendo en él. Como el aparato marca -

la resistencia a la penetración, puede ir definiendo la presencia o no de capas compactas, capas con alta macroporosidad, etc, es decir da una idea de la consistencia del suelo, especialmente para saber si las raíces pueden o no penetrar determinadas zonas; no obstante, hay algunas características del suelo que pueden influir en las lecturas del penetrómetro, tales como la humedad y la densidad radicular. En base a las investigaciones realizadas con este aparato se han obtenido datos relacionados con el efecto de las labores de cultivo y de preparación; se sabe que dentro de la capa arable la mayor resistencia a la penetración está cercana a la superficie del suelo, debido principalmente a que a mayor profundidad la humedad del suelo aumenta facilitando la penetración. Esta zona de máxima compactación se va localizando más cerca a la superficie a medida que el número de operaciones de preparación aumenta. En términos generales, un suelo es más favorable físicamente a medida que puede ser comprimido en mayor proporción (27).

Las observaciones de campo han permitido notar que la compactación del suelo restringe el crecimiento de las raíces y por lo tanto el de las plantas.

En investigaciones se usaron la densidad aparente como índice de la penetrabilidad del suelo y en trabajos con girasoles encontraron que ninguna raíz penetraba los suelos con densidad aparente de 1,9 gr/cc ó mayor (15).

Sin embargo en los suelos estudiados los valores límites variaron entre 1,47 y 1,90 y la densidad aparente dependió del valor de la densidad de los sólidos la cual varía de acuerdo con el suelo. Taylor y Gardner citados por el mismo autor encontraron que el factor básico que afecta la penetración de las raíces principales de las plantitas de algodón es la resistencia del suelo, la cual midieron con un penetrómetro estático. Estos investigadores encontraron que en un determinado suelo, la densidad aparente influye sobre su resistencia, pero que también influyen otros factores como la succión del agua del suelo. Se destaca también que la resistencia a la penetración afecta proporcionalmente la penetración de las raíces en el suelo y funciona como un factor de crecimiento radical (15).

Varios autores investigaron la relación entre compactación del suelo, aireación y crecimiento radicular, el cual aumenta con la concentración de oxígeno, mientras que a altos niveles de compactación el crecimiento radicular apenas era afectado al incrementarse la aireación del suelo, posiblemente debido a que el crecimiento estaba controlado mayoritariamente por la resistencia del suelo (13).

Se midió la resistencia del suelo a la penetración, mediante un penetrómetro estático de pistón de cinco milímetros de diámetro en dos sitios por parcela y a dos profundidades (0 y 10 cm), simultáneamente a esta medición se tomaron muestras de suelo del mismo sitio y profundidad para

determinar y corregir la resistencia del suelo a un 40% de humedad (12).

2.2.2.7. Conductividad hidráulica

La conductividad hidráulica es la habilidad del suelo saturado de permitir el paso del agua y es el factor de proporcionalidad de la Ley de Darcy que trata del flujo viscoso de agua en el suelo; es decir el flujo de agua por unidad de gradiente del potencial hidráulico, en el sistema de unidades de longitud, tiempo y masa (15).

El movimiento hacia abajo del excedente de agua que es retenida suavemente se debe, en su mayor parte, a la fuerza de gravedad. El grado de movimiento hacia abajo depende de la cantidad de agua y de la permeabilidad de las capas del suelo. Este movimiento es principalmente a través de los poros grandes y depende del tamaño relativo y continuidad de los poros. Esta propiedad no parece estar relacionada - muy de cerca con la porosidad total, pero sí con la cantidad de poros grandes no capilares.

La naturaleza de los poros del suelo y por lo consiguiente la permeabilidad, depende de un alto grado de las características físicas del suelo, especialmente textura, estructura y contenido de materia orgánica.

Los residuos gomosos de la actividad de los microorganismos tienden a influir en el movimiento del agua tapando los

poros del suelo que han permanecido húmedos por algún tiempo. El aire aprisionado entre los poros del suelo tiende a impedir el movimiento del agua a través de los poros del suelo (35, 39).

Cuadro 3. Clase de permeabilidad de perfiles de suelo del U.S. Bureau of Plant Industry and Agricultural Engineering.

C L A S E	Conductividad hidráulica en cm/hora
Lenta	
1. Muy lenta	Menor de 0,13
2. Lenta	0,13 - 0,51
Moderada	
3. Moderadamente lenta	0,51 - 2,00
4. Moderada	2,00 - 6,30
5. Moderadamente rápida	6,30 - 12,70
Rápida	
6. Rápida	12,70 - 25,40
7. Muy rápida	Mayor de 25,40

Fuente : (11).

El drenaje depende directamente de la permeabilidad -- del suelo. La permeabilidad, a su vez, depende de varios factores : El sodio intercambiable contenido en el suelo influye directamente en la permeabilidad en relación inversa.

La materia orgánica y las labores pueden también directamente alterar la permeabilidad.

Si la permeabilidad de la capa superficial del suelo es menor que la de las capas inferiores, entonces el movimiento hacia abajo del agua, a través del suelo, tendrá lugar bajo una tensión apreciable, por otra parte, si la permeabilidad disminuye con la profundidad, el movimiento del agua se restringe y la lluvia o el riego causaría la formación de una serie temporal de niveles freáticos en todo el perfil.

Varios autores llegaron a la conclusión que las grietas abiertas dentro del suelo no son importantes para el movimiento del agua y que inclusive puede retardarlo.

Se señaló que la destrucción de los agregados del suelo durante el riego, reduce la permeabilidad y propicia la formación de costra. Las costras de los suelos retrasan la aireación del suelo, obstaculizan el brote de las plántulas y trastorna las funciones normales de las raíces de las plantas.

La buena permeabilidad e infiltración de los suelos superficiales requieren una textura arenosa o granular en los mismos, con un grado de estabilidad moderado en el agua. El estado granular puede mantenerse principalmente haciendo al cultivo adecuado, por la adición de materia orgánica y por la labranza. La mala permeabilidad de los suelos es difícil de manejar.

La humedad más conveniente para la labranza varía considerablemente. En los suelos arenosos se obtienen los mejo-

res resultados trabajándolos a una humedad cercana a su capacidad de campo. Los suelos arcillosos, por el contrario pueden labrarse con éxito dentro de una variación de humedades muy estrechas, mucho menor que la capacidad de campo. La labranza del suelo con humedades inferiores a la óptima tiende a destruir la estructura y cuando están muy mojados se pueden convertir en lodo.

El golpear de las gotas de lluvia y el riego tienden a inducir a la formación de una capa compacta impidiendo la permeabilidad se supone generalmente que la labranza ayuda a romper estas capas (39).

2.2.2.8. Velocidad de infiltración

La infiltración es el flujo de agua de la superficie del suelo hacia abajo, primero en la zona de raíces, y después en el subsuelo. La cantidad de agua que se filtra en el suelo, depende de la velocidad de infiltración y del tiempo disponible para este proceso.

La velocidad de infiltración depende principalmente de la porosidad y permeabilidad del suelo. A su vez, ésta depende de la estructura del suelo, y por lo tanto, de su textura, su contenido de materia orgánica y de la labranza. La velocidad de infiltración alcanza hasta 25 cm/hr en los suelos arenosos; hasta 10 cm/hr en los suelos francos y hasta 2,5 cm/hr en los suelos arcillosos (Ver Cuadro No. 4) (14).

La velocidad de infiltración es el fenómeno por medio del cual el volumen de agua aplicado al suelo, se introduce a éste a través de los poros, para quedar almacenada el agua en el perfil del suelo, a disponibilidad de las plantas. Físicamente se expresa como el volumen de agua que penetra al suelo por unidad de área de suelo en la unidad de tiempo, es decir :

$$I = \frac{Va}{A * T} \quad (\text{cm/hora}) \quad (14)$$

Cuadro 4. Rangos de velocidad de infiltración según clase textural.

CLASE TEXTURAL	Velocidad de infiltración en cm/hora	
	Mínima	Máxima
C	0,10	0,25
CL y CA	0,25	0,50
FC y FCL	0,50	1,00
FCA	0,75	1,50
L, FL y F	1,25	1,75
F, A	1,75	2,50
AF	2,50	5,00
A fino	5,00	-

Fuente : (14).

La velocidad de descenso del agua en las primeras capas del suelo, bajo la acción de la gravedad, es esencialmente la infiltración cuantitativa. Esta velocidad de infiltra--

ción del agua es una variable muy importante pues cuando - se reduce por debajo de un valor crítico, puede afectar la aireación del suelo y en determinadas circunstancias determina el manejo del agua que debe recibir el cultivo para no enfrentar problemas de aireación. Sin embargo esta variable es muy dinámica y es afectada por muchos factores tales como el contenido de humedad, compactación, estabilidad estructural de la superficie del suelo, textura y contenido de sodio intercambiable (27, 13, 17).

La velocidad de infiltración es una variable muy ligada a las condiciones de aireación del suelo después del riego. Un suelo con problemas de infiltración reduce su capacidad para captar agua en el perfil en un tiempo determinado y consecuentemente la cantidad de agua disponible para el cultivo también se reduce, además de afectarse la aireación del suelo después del riego. Bajo condiciones de estrecha variación en la densidad aparente, la resistencia del suelo está principalmente influenciada por el contenido de humedad del mismo (13, 17). Hay dos métodos de aplicar agua a la superficie del suelo para determinar la infiltración: Mediante la lluvia artificial que trata de simular la distribución del tamaño de las gotas y la velocidad terminal de la lluvia natural; y el otro método es por inundación, el cual se hace usando un sistema de anillos concéntricos.

Generalmente la velocidad de infiltración es máxima al comienzo pero se reduce y tiende a estabilizarse con el tiem

po. La humedad inicial del perfil del suelo la afecta. Cuanto más seco esté el suelo, mayor es la infiltración - (15).

2.2.2.9. Consistencia del suelo

La consistencia del suelo comprende las características del material que se expresan como su grado y clase de cohesión y adhesión o en su resistencia a la deformación o ruptura. La consistencia está representada por la friabilidad, plasticidad, pegajosidad, resistencia a la compresión, etc. La consistencia del suelo resulta básicamente de dos fuerzas :

- a) Cohesión o atracción molecular
- b) Adhesión o tensión superficial

La cohesión en suelos húmedos tiene lugar entre las moléculas de la fase líquida, moléculas que actúan como puentes entre partículas de suelo adyacentes.

La adhesión actúa como una fuerza atractiva entre la fase líquida y la superficie de la fase sólida. La estructura del suelo resulta de las variaciones entre las fuerzas - dentro de la masa del suelo.

A medida que el contenido de humedad aumenta (rango mojado) la tensión por unidad de área disminuye no compensando el incremento en área de contacto y ocasionando en consecuencia, un decrecimiento de la consistencia. Al estar el suelo saturado la adhesión deja de existir.

Debido a que la consistencia resulta de la atracción molecular y de la tensión superficial presenta dos máximos y dos mínimos:

- a) La consistencia será mayor en el rango seco debido a la cohesión y en el rango mojado (aproximadamente en la mitad del mismo) debido a la adhesión.
- b) La consistencia será pequeña en el rango húmedo y cuando el suelo está saturado (Figura 2).

Estas relaciones son ciertas solamente en suelos con suficiente contenido arcilloso para permitir una atracción molecular efectiva, ya que la atracción molecular de limos y arenas es insignificante. A medida que la consistencia de un suelo seco se destruya y las partículas de suelo se separan, solamente su rehumedecimiento y orientación podrá restablecerla (27).

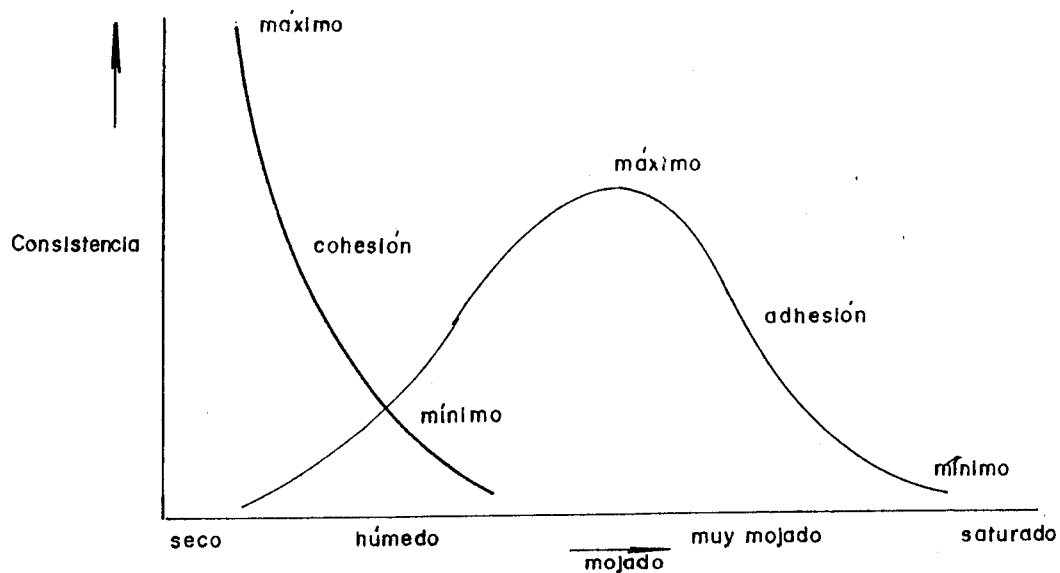


Figura 2. Efecto de la humedad sobre los dos componentes principales de la consistencia del suelo.

Fuente : (27).

La consistencia del suelo es afectada por el tipo de arcilla, la textura ya que la cohesividad aumenta con el decrecimiento del tamaño de las partículas. La materia orgánica causa mayor cohesión que las arenas o los limos pero menos que las arcillas. En cuanto a la estructura se sabe que es un suelo degradado estructuralmente presentará mayor cohesión que un suelo con buen estado de agregación; este fenómeno se produce debido al aumento en arenas de contacto entre las partículas individuales.

La degradación causa ordenamiento de las partículas arcillosas y decrecimiento en el espacio de poros. Después de secarse un suelo "degradado (amasado) presentará un aumento de consistencia debido al incremento en superficies de contacto". Existen diferentes formas de consistencia basados en la diferencia del contenido de humedad :

- a) Consistencia en seco (dura)
- b) Consistencia en húmedo (friable)
- c) Consistencia en mojado (plástica)
- d) Consistencia en suelo saturado (viscosa) (27).

El contenido bajo de humedad del suelo involucra un suelo de consistencia dura en cuya resistencia a la penetración del arado es mayor es decir presenta un mayor esfuerzo cortante el cual se va reduciendo a medida que el contenido de humedad aumenta, hasta llegar a un óptimo el cual hace presentar al suelo una consistencia friable. La fraibilidad caracteriza el estado óptimo de un suelo para ser manejado

(Figura 3).

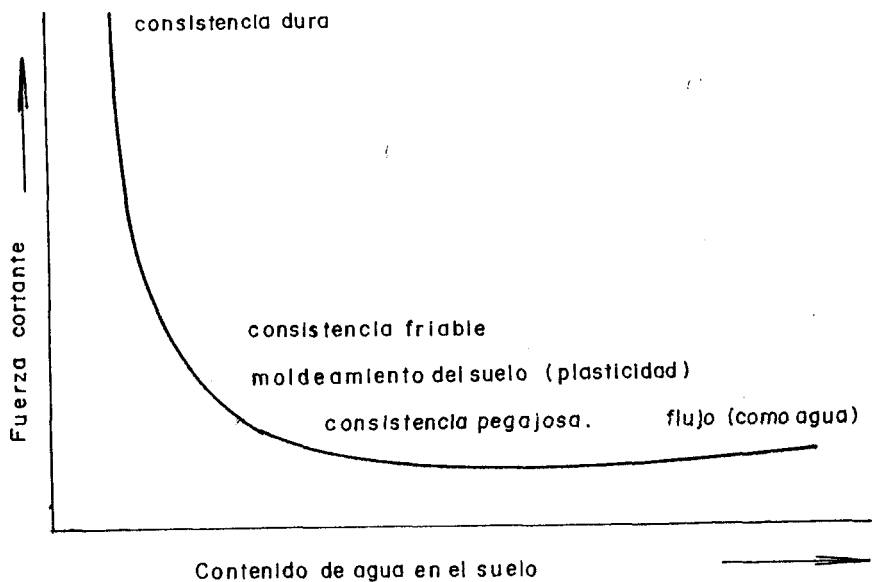


Figura 3. Relación existente entre el esfuerzo cortante y el contenido de humedad del suelo.

Fuente : (27).

Las labores de cultivo pueden mejorar o empeorar las condiciones físicas del suelo, dependiendo del estado de humedad en el cual se realicen. La manipulación mecánica del suelo ya sea en el rango plástico o en el duro, de la consistencia del suelo determina condiciones físicas desfavorables; si el contenido de humedad es bajo las partículas no se "pegan" y si el contenido es muy alto el suelo es "amasable" (27).

2.3. Labranza del suelo

Varios autores coinciden en definir a la labranza co-

mo la manipulación física que se aplica al suelo, con la intención de modificarle las características que afectan la germinación de la semilla y las primeras etapas de desarrollo de las plantas. La acción de labranza tiene por objetivo mejorar las condiciones físicas del suelo. Es decir que las labores de preparación tienen como meta principal hacer que el suelo adquiriera características favorables especialmente en cuanto a aire, agua y consistencia ya que éstos son los principales factores que influyen en el desarrollo de los cultivos (23). La primera explicación de los efectos benéficos de las labores de preparación la hizo un agricultor inglés al afirmar que el "volumen explorado por las raíces de las plantas era mayor cuando se preparaba el suelo". Al haber mayor volumen, hay también mejores posibilidades de que la planta tome agua y elementos nutrientes, teniendo entonces mayores posibilidades de desarrollarse. Esta es una de las razones por las cuales la preparación del suelo asociada con prácticas adecuadas de fertilización produce los mejores rendimientos. En los tiempos modernos parece haber disminuido la importancia de la preparación del suelo debido al alto grado de desarrollo de la industria de fertilizantes, no obstante se debe tener presente que sólo mediante una adecuada preparación del medio los fertilizantes pueden ser asimilados efectivamente (27).

Se cree que al remover el suelo se favorecerá la entrada de aire en los espacios aéreos de los agregados, se fomen

tará una mejor captación de agua de lluvia, se suavizará el horizonte arable para que los sistemas radiculares de las plantas arraiguen mejor (7). Además se ha reportado que la actividad humana sobre el medio edáfico a través de la labranza, modifica las características físicas y químicas del suelo, afectando también la microflora del mismo (1).

2.3.1. Objetivos del laboreo del suelo

- a) Esponjamiento del suelo, que permita la aireación y al macenamiento de la humedad.
- b) Volteo de la tierra, para que las semillas de las malas hierbas, situadas en la parte superior del terreno, para que se asfixien (enterrándolas) y también para hacer que llegue, incluso a las capas más profundas, el abono mineral que por sí mismo tiene poca tendencia a descender - (fosfatos).
- c) Mezcla del terreno: Para que todos los elementos nutritivos aportados artificialmente y existentes por naturaa leza e incluso la humedad, puedan distribuirse homogéneamente por todo el volumen del terreno labrado (34).

En conclusión se puede decir que hay tres propósitos comúnmente aceptados por la labranza.

- 1 - Destruir las malas hierbas
- 2 - Manejo de los residuos de los cultivos
- 3 - Alterar la estructura del suelo (17).

2.3.2. Labranza convencional

Esta se refiere a mejorar las condiciones físicas del suelo haciendo uso de implementos agrícolas mecanizados con el único fin de formar una capa apta para una buena germinación y crecimiento radicular, incorporar materiales orgánicos al suelo, combatir maleza y favorecer la penetración del agua.

Al arar se está favoreciendo la granulación del terreno mejorándose sus condiciones físicas. Esto es importante ya que gran parte de arada al "aflojar" el suelo se favorece la penetración radicular; mientras que al invertir las capas puede darse un mejoramiento en estructura, a la vez que se incorporan materiales que actúan como mejoradores físicos (27).

Con el uso de labranza convencional nos encontramos con resurgimiento de poblaciones densas de malezas. Hay predominancia de especies altamente especializadas y competitivas con nuestras plantas productivas. Se presentan explosiones poblacionales de insectos destructivos que afecta la eficacia de producción del cultivo.

Este tipo de labranza conlleva en los ecosistemas tropicales muy frágiles con el tiempo a daños irreparables. La erosión es el resultado de esta práctica efectuada en el agroecosistema tropical durante muchos ciclos (7).

La incorporación de materia orgánica al suelo por medio

de la inversión del arado ha sido discutida, por varios au
tores buscando siempre el efecto benéfico de esta acción.
Al incorporar materia orgánica al suelo ésta se descompone
liberando diferentes ácidos orgánicos que favorece la for-
mación de estructura o su conservación; pero también se ha
observado que la materia orgánica dejada sobre la superfi-
cie del terreno aumenta su grado de infiltración disminuyen
do la susceptibilidad a la erosión, puesto que impide el
efecto directo de las gotas de lluvia y ayuda a la penetra-
ción del agua (27).

Al utilizar la labranza convencional se destruyen hue-
vos, larvas, ninfas y adultos de insectos dañinos; además
se puede hacer control integrado de plagas y enfermedades.
Sin embargo, las operaciones de labranza causan contínua re
ducción de agregados entre 1 y 5 mm, disminuyendo la estabi-
lidad del agua (38, 12).

2.3.2.1. Efectos de la labranza convencional en las -
propiedades físicas del suelo y sus derivadas.

Según estudios realizados la labranza convencional pre-
senta los menores valores de densidad aparente en la prime-
ra capa. Esto se debe a que el uso adecuado del arado y el
rastrillo promueve un nuevo arreglo de las partículas del
suelo, aumentando así el volumen en el mismo, lo que permi-
te mejor aireación, infiltración y almacenamiento de agua.
Como los efectos de labor de arada y rastrillada no se alcan

za a sentir en la capa de suelo entre 20-40 cm a dicha profundidad la densidad aparente es uniforme. Este tipo de labor permite al suelo mayor capacidad de infiltración básica, debido a que la arada profunda y la rastrillada proporcionan un nuevo arreglo a los terrones, disminuyendo la densidad aparente por el aumento de la porosidad lo cual redundo en mejor infiltración y almacenamiento de agua (38).

En cuanto al contenido de humedad se sabe que a profundidades entre 20-40 cm la labranza convencional presenta un buen porcentaje de humedad debido a que favorece la penetración y almacenamiento de agua (38).

El efecto benéfico o perjudicial de la labranza mecanizada depende del tipo de implementos utilizados y de la intensidad con que se usen, ya que en muchas ocasiones el efecto benéfico de los implementos se nulifican con el uso intenso, siendo de suma importancia mantener una buena relación maquinaria-suelo (19, 17).

En ciertos estudios encontraron que arando en los suelos de Iowa se producía mayores rendimientos que con cualquier otro tipo de labranza.

Observaron que la plasticidad del suelo al tiempo de arar, afectaba materialmente la acción del arado sobre la granulación del suelo. Encontraron que el cultivo de la superficie del suelo reduce grandemente la infiltración de agua; reportaron que la compactación del suelo derivada del uso de implementos de labranza produjo una gran reducción

en la infiltración de agua (35).

Los valores de permeabilidad (K), bajo dos sistemas de labranza, los valores indicaron, a pesar de las limitaciones del método, que la misma resultó alta en ambos sistemas de labranza, aunque en el suelo bajo labranza convencional fue mayor que bajo siembra directa, siendo las diferencias más marcadas a 0-5 cm (3).

El efecto benéfico de los implementos agrícolas depende del tipo de suelo en que se usen y del cultivo que se va a establecer. Así se llevaron a cabo investigaciones sobre las prácticas de cultivo en algunos suelos de Iowa, encontrándose que cuando se prepara el terreno con arado, se obtienen rendimientos en maíz más altos, que preparando el suelo con labores superficiales. Además indicaron que la labor con arado es práctica recomendable para preparar la cama de siembra en suelos mal drenados. Por otra parte en posteriores investigaciones se encontró que la preparación del suelo con arado para el cultivo de algodón incrementó el espacio poroso no capilar y aireación, mientras que las labores superficiales aumentan la conductividad hidráulica y las pérdidas por erosión (19).

Una de las propiedades físicas que se ve constantemente afectada, tanto por los implementos como por la maquinaria, es la compactación del suelo. Es común encontrar en suelos que han sido trabajados constantemente con arado una capa compacta de 30 a 50 cm de profundidad, llamada comúnmente -

piso de arado o piso de tráfico.

Se ha observado que la maquinaria empleada en jalar los implementos tiene un fuerte efecto sobre la compactación, siendo mayor este efecto en maquinaria con llanta de hule - que con oruga. A consecuencia de la compactación se reduce el espacio poroso, estos efectos son mayores cuando las labores se realizan en suelos con cierto contenido de humedad. Este factor es importante y debe de tomarse en cuenta al momento de efectuar las labores (19, 17).

El efecto benéfico producido por un implemento de labranza generalmente se nulifica por su uso excesivo, o por las labores realizadas con un contenido de humedad del suelo inapropiado. En estos casos, el valor de la consistencia del suelo es dato muy importante, pues está relacionada con el contenido de humedad óptimo para efectuar la labranza. El laboreo del suelo en estado plástico o con una consistencia dura provoca siempre condiciones desfavorables, ya que a bajos contenido de humedad las partículas, no se unen y por lo tanto, no forman agregados; y a altos contenidos de humedad, al secarse el suelo produce terrones grandes y compactos. El suelo debe manipularse a un contenido de humedad de consistencia friable (19).

Literatura citada anteriormente, señala que las prácticas de labranza están casi definitivamente relacionadas con las propiedades físicas del suelo, sin importar la localidad.

En conclusión al hacer una preparación adecuada las condiciones físicas del suelo tienden a mejorarlas y por tal motivo las raíces encontrarán menos obstáculos físicos para penetrar, consumirán menos energía y tendrán mayores posibilidades de encontrar agua y aire disponibles, y por lo consiguiente un mejor desarrollo de la planta (38).

Se sostiene que el uso frecuente de equipos convencionales y a la misma profundidad provoca la pérdida de estructura de los suelos, en la capa arable, en dos formas: la porción superficial pulverizada y sin restos vegetales, totalmente expuestos a los agentes de erosión y la subsuperficial compactada que impide la infiltración del agua lluvia y favorece así el escurrimiento superficial (6).

Varios autores al estudiar el efecto del subsolado y del disco pesado en el rendimiento del cultivo de soja y las propiedades físicas del suelo, encontraron que la altura de la soja se incrementó por el efecto del arado de disco y subsolado, lo mismo sucedió con el desarrollo radicular de la planta. También los valores de densidad aparente bajaron de 1,73 g/cc a 1,56 por efecto del disco, 1,64 por el subsolado y 1,55 g/cc por el subsolado más el control de tráfico; en cambio el convencional mantuvo su valor inicial. La fuerza de resistencia del suelo, medida con penetrómetro, también indicó valores más altos para este tratamiento. Con la práctica del subsolado y arado de disco se ha logrado incrementar el rendimiento de la soja var. IAC-8 en el -

orden del 23 por ciento en relación a la práctica común - del agricultor (preparado con rastra pesada) (4).

Una cama de siembra profunda es fundamental para lograr raíces bien desarrolladas. Sin embargo, a cultivos poco arraigadores, les resulta indiferente la aradura profunda o superficial, en la medida que no existan capas compactadas en el subsuelo que originen problemas de drenaje o limiten el desarrollo radicular. Las araduras profundas demandan mayor potencia y tiempo para hacerlo, hecho que indice en los costos y oportunidad de siembra (23).

2.3.2.2. Acción de las labores sobre el contenido de agua del suelo.

La lluvia al caer sobre un rastrojo viejo por acción del tiempo y el pisoteamiento sufrido al recogerse la cosecha ha formado cuerpo con el suelo, permanece algún tiempo sobre el suelo se evapora y si la tiene está sobre ladera el agua cae rápidamente, pero la superficie rota de un campo arado impide el fluir del agua que desciende por las muchas aberturas existentes; al mismo tiempo el aumento del espacio poroso en la superficie suelta, arada, permite a esta porción de suelo absorber más agua antes de que comience la percolación.

Hay diferencias de opinión acerca del efecto de las labores sobre la humedad del suelo. El objeto inmediato es obtener una buena sementera; pero hay que considerar también que

la superficie obtenida al arar y rastrillar actúa como una cubierta para proteger el suelo de excesivas pérdidas de humedad por evaporación (19, 22).

2.3.2.3. Profundidad de aradura

Se han efectuado muchas comparaciones sobre diversas profundidades del arado. En la mayoría de los casos se ha encontrado poco ventajoso arar a profundidades mayores de 15 a 18 cm. Puede resultar benéfico arar más profundo en suelos muy compactados, especialmente si se trata de cultivos de raíz profunda. El arar muy superficial también se ha encontrado muy ventajoso en ciertas ocasiones cuando hay que plantar inmediatamente después de haber arado, y que no se dispone de tiempo para preparar propiamente el suelo arado a profundidad (17).

Siempre y cuando la profundidad efectiva radicular lo permite, un mayor volumen de suelo favorece un mayor crecimiento de la planta. En caso de que por acción profunda de arada se lleve a la superficie suelo de una capa poco fértil, el beneficio es discutible, a menos que se realicen prácticas de fertilización (27).

2.3.3. Labranza reducida

La labranza reducida es el menor laboreo posible de la tierra, requerido para crear en el suelo condiciones ade

cuadas para la germinación de la semilla, el desarrollo del cultivo y el control de malezas. La labranza reducida es un concepto muy antiguo (37, 38, 25, 19), cuyo origen se remonta a mediados del siglo XIX. Con la introducción de los herbicidas químicos durante la década de los años 40 comenzó a recibir más atención, pues antes las malezas eran un problema insalvable. Otros términos sinónimos de la labranza reducida son: poca labranza, labranza de conservación y la no labranza (25).

El enfoque ecológico de la agricultura señala que en el momento actual existe un deseo desmedido por aumentar la productividad y la protección de los suelos. Es posible producir más que lo actual sin deterioro excesivo de los recursos de producción, siempre y cuando se observen medidas encaminadas a evitar la destrucción de los suelos. La solución es no remover el suelo en forma excesiva sino usar una práctica agronómica que mejor se adapte a las condiciones reales de las tierras que se cultivan, y entre estas prácticas tenemos el uso de la labranza reducida (42).

La práctica de labranza reducida consiste en la combinación de los principales métodos de preparación de la cama de siembra; entre los que tenemos el manual, químico y mecánico, utilizando este último en mínimas proporciones con el objetivo de romper el suelo. Este método ha sido adoptado por pequeños y medianos agricultores que se dedican a la explota

ción de tierras de mala calidad y con pendientes elevadas (37, 42).

La razón práctica para el uso del sistema de labranza reducida consiste en que a través de ésta se facilita el cultivo de aquellas tierras de bajo potencial agrícola que en su mayoría son cultivadas por pequeños y medianos agricultores; además con este sistema se requiere del empleo de un equipo simple de tracción animal y energía humana; sin embargo la práctica tiene limitaciones en cuanto que reduce el área cultivadas por el agricultor o la que él o su familia puedan manejar, tanto en la preparación del terreno como en el combate de malezas posterior a la siembra (37, 24).

2.3.3.1. Ventajas de la labranza reducida

- Es un medio económico y efectivo de controlar la erosión
- Requiere menos combustible y puede reducir el gasto de energía en 30-70%.
- Ayuda a mantener la humedad del suelo, pues en muchos casos entre menos se labra el suelo, habrá menos escurrimiento y más absorción de agua.
- El contenido de materia orgánica es alto por lo tanto ayuda a retener más humedad, por eso la germinación de la semilla y la salida de la plántula mejoran mucho.
- La poca utilización de equipo pesado hace que el suelo resulte menos compactado y no sufra demasiado daño en su estructura (41, 19).

2.3.3.2. Desventajas de la labranza reducida

- Se disminuye el área de cultivo.
- Mayor uso de mano de obra

2.3.3.3. Efectos de la labranza reducida en las propiedades físicas del suelo y sus derivadas.

Con los progresos obtenidos en el equipo agrícola en los últimos años, los agricultores han observado que pueden sembrar y obtener mejores cosechas, reduciendo al mínimo de labranzas, y a la vez incorporando los residuos de cosechas anteriores ya que con este manejo se reduce la erosión, se conserva la humedad y se reduce la compactación al no tener que pasar la maquinaria varias veces (19).

Según estudios realizados por CENTA, referente a la labranza reportaron que el sistema de labranza reducida mantiene un 14% más humedad del suelo que el sistema convencional, se observó además que el espacio poroso capilar y la porosidad total del suelo incrementa al igual que el contenido de materia orgánica y nitrógeno a 20 cm de profundidad (37).

A medida que el paso de maquinaria se realiza en el suelo, ésta se va compactando disminuyendo su macroporosidad y aumentando la microporosidad por lo tanto el medio físico se va desmejorando, este efecto dentro de la labranza reducida se ve disminuida (27).

Según estudios recientes el laboreo reducido presentó una densidad aparente mayor que la labranza convencional y menor en comparación con la cero labranza a profundidades de 0-20 cm (38).

2.3.3.4. Efecto de la labranza reducida en las poblaciones de insectos y malezas.

Según estudios realizados por CENTA, han demostrado una mayor eficiencia en el control de maleza con el sistema de labranza reducida, que con el sistema convencional (37). Con la labranza reducida, se minimiza el propágulo de plantas indeseables aunque algunos autores opinan lo contrario (41).

La labranza reducida permite la rotación de cultivos, fertilización al voleo y el control de malezas con herbicidas específicos (7).

Con un sistema de labranza reducida, los problemas del ataque de insectos puede reducirse. Para ello se recomienda la rotación de cultivos y un uso controlado de insecticidas. Además se minimizarán las formas diapausicas de insectos o los instares de algunas larvas, se interrumpirán la producción de inóculos de patógeno (42, 41).

2.3.4. Labranza mínima

Es la siembra en una hendidura abierta con una punta o reja de cincel sin labrar cubierto de residuos vegetales (24).

En los últimos años se ha dado énfasis a la teoría de la no labranza la cual se basa en que "en el suelo hay dos zonas diferentes: una zona para el manejo de agua y la otra -

zona para el crecimiento de las plantas". En base a esta teoría debe labrarse solamente el suelo en el sitio donde se va a plantar la semilla y en la zona inmediata de actividad radicular dejándose zonas intermedias para el manejo del agua, es decir conservando la capilaridad para el suministro y almacenamiento del agua evitándose la degradación de la estructura por labores de cultivo, ya que éstas tienden a degradarlas. La preparación del suelo históricamente se ha basado en el control de malezas y en el aumento de porosidad (macroporosidad). No obstante, en la agricultura moderna el control de malezas se realiza efectivamente con agentes herbicidas y la efectividad del incremento en porosidad ha sido puesta en duda por varios investigadores (27).

La práctica de la cero labranza permite producir granos u otros cultivos sin destruir el suelo, para así extraer el máximo rendimiento de un suelo sin alterar su estructura. Con este método no se usa ni arado, ni rastras, todo depende de la cubierta vegetal viva que tenga el suelo.

El arado se reemplaza con la presencia de diversas plantas que dan una estructura al suelo, penetrándolo en distintas formas. Estas plantas y sus raíces, después de exterminadas con herbicidas pre y post emergentes, dejan en el suelo un laberinto de conductos que sirven de base a la cero labranza. Las plantas establecidas con este sistema aprovechan dichos conductos para su desarrollo radicular, logrando una perfecta penetración en el suelo. Este sistema es -

estrictamente biológico y natural, el hombre interviene en forma mínima, reemplazando varias plantas por las que desea establecer (24).

El colchón vegetal abundante tiene especial validez en el control de la erosión tanto hídrica como eólica; protege al suelo especialmente contra el impacto de las gotas de lluvia, es factor amortiguador de temperaturas extremas y mejora la infiltración de agua lluvia o riego.

Además de las características físicas del suelo, notablemente mejoradas por la cubierta vegetal abundante es importante la influencia de los nutrientes liberados por la descomposición de la materia orgánica verde. Los vegetales controlados durante su crecimiento o desarrollo, liberan una serie de nutrientes que serán absorbidos por los cultivos siguientes. Las raíces así descompuestas entregan nutrientes indispensables para el desarrollo del cultivo siguiente (24, 3).

Los sistemas de producción agrícolas están incorporando métodos de labranza, que tratan de minimizar el laboreo del suelo. La siembra directa conocida, también como labranza cero, barbecho químico o no labranza, aquí se pretende implantar un cultivo sobre el rastrojo anterior, removiendo una estrecha banda de suelo donde se deposita la semilla dejando el espacio entre líneas sin alterar. Normalmente implica el uso de herbicidas para el control de malezas y equi

pos especialmente adaptados para operar en suelos sin preparación previa. Este sistema reduce la erosión del suelo y conserva el combustible, conserva el agua edáfica y permite que la producción de cultivo de escarda sea practicada en terrenos con pendiente pronunciada (3).

2.3.4.1. Efectos de la labranza mínima en las propiedades físicas del suelo y sus derivadas.

Según estudios recientes la siembra directa o labranza mínima incrementa la densidad aparente en pocos años, luego de los cuales llega un equilibrio que no afecta por subsecuentes aplicaciones de dicha labranza. También se ha observado una disminución en la frecuencia de poros de tamaño relativamente mayor en los agregados de los suelos no labrados. Esto es importante dado que el agua se mueve libremente sólo a través de poros mayores de 30 - 60 micrones de diámetro, siendo retenidas por las fuerzas de capilaridad en los poros de diámetro menor. Además, la aireación del suelo depende fundamentalmente de los poros de mayor diámetro (3).

A pesar de su mayor densidad aparente, los suelos bajo labranza mínima, continuada presentan macrosporos que drenan fácilmente. Esta situación es atribuida a los canales de las lombrices, que son más abundantes que los suelos la-

brados, a los planos de debilidad que se desarrollan cuando el suelo se seca y a los canales formados por las raíces -- del cultivo previo que no son destruidos por las labranzas y que pueden conducir a una orientación preferentemente vertical y contínua de los poros más grande, compensando su número reducido.

Numerosos investigadores han evaluado la compactación a través de la resistencia del suelo. Usualmente los suelos con labranza mínima muestran valores mayores que los suelos preparados mecánicamente, dentro de la profundidad normal de labranza. Debajo de la profundidad normal de labranza, a pesar de no haberse observado diferencia en densidad aparente y humedad, la resistencia del suelo mostró incrementos significativos bajo el método sin labranza particular en -- condiciones húmedas.

Existe un incremento en las proporciones relativas de poros pequeños y medianos en la labranza mínima, tienen consecuencias en la capacidad de retención de agua, numerosos autores de Europa y Africa han encontrado mayores contenidos de humedad bajo este sistema de labranza que con la mecanizada (3).

En general los suelos sin labranza presentan mayor velocidad de infiltración que los suelos con labranza convencional. Este comportamiento ha sido atribuido a la mayor continuidad de los poros que no son destruidos por la labranza

y la disminución del "encostramiento superficial" por el efecto protector de la cobertura de rastrojos (3).

2.3.4.2. Uso del rastrojo y conservación del suelo

En la práctica no es favorable extraer o quemar el rastrojo, pues cuando es bien utilizado y bien manejada su relación C/N ofrece grandes ventajas al agricultor, como el aumento de materia orgánica y nutrientes del suelo con notorio aumentos de rendimiento futuro (24). La cobertura de residuos sobre el suelo reduce la temperatura de la superficie y reduce la evaporación del agua; también reducen el daño que causan las escorrentías, mejora la infiltración y la retención del agua en el suelo y su aireación y ofrece condiciones óptimas para los microorganismos del suelo que son beneficiosos para las plantas (7).

La mínima labranza es el método más simple, totalmente biológico, de conservar el suelo. Sustituye a todas las técnicas creadas para el control de la erosión hídrica y eólica y a sistemas como curvas a nivel, terrazas, cultivo en franjas, vías de agua, etc, que en alguna medida contrarrestan el efecto demoledor del arado y los implementos de labranza. El gran mérito de la erosión es justamente evitar 100% del daño que causa el arado (24).

En la evaluación de diferentes sistemas de labranza en el doble cultivo trigo/soja, en suelos franco limosos de -

Argentina, reporta después de 12 años de cultivo que los valores de resistencia a la penetración indican una compactación superficial de suelo en el sistema de siembra directa, mientras que el índice de agregación muestra una mayor estabilidad estructural para el mismo sistema, y conserva mejor los nutrientes y cationes mayores, considera el sistema de siembra directa como una técnica conservacionista efectiva.

La variación de rendimiento de los cultivos no es significativo desde el sistema de labranza convencional hasta el de siembra directa (29).

2.3.5. Análisis económico de los sistemas de labranza

En estudios realizados determinaron que la rentabilidad de la labranza convencional fue mayor (50,25%) que la obtenida por la labranza mínima (38%); con la no labranza la rentabilidad fue negativa (-17.76%), es decir arrojó pérdidas. Según los resultados económicos del ensayo es más rentable invertir en una preparación (labranza convencional) que en mayor cantidad de herbicidas (no labranza).

De acuerdo al indicador económico la labranza convencional presentó, la mayor tasa marginal de retorno, seguida por la mínima. La no labranza fue el único de los sistemas que presentó pérdidas (38).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Generalidades

3.1.1. Localización del ensayo

El presente estudio estuvo comprendido entre los meses de diciembre de 1991 a marzo de 1992, período que corresponde a la época seca o de secano; realizado en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, localizado en el Cantón Tecualuya, jurisdicción de San Luis Talpa, en el departamento de La Paz, a 36 kilómetros de San Salvador, siendo sus coordenadas geográficas $13^{\circ}28,3''$ latitud norte y $89^{\circ}05,8''$ longitud oeste; coordenadas planas 261,5 km latitud norte y -- 489,6 km longitud oeste y una elevación de 50 msnm.

3.1.2. Características del lugar

3.1.2.1. Clima

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida del Dr. L.H. Holdrige se encuentra la siguiente zona: bhS(c) bos que húmedo subtropical).

En la clasificación climática de Koppen, Sapper y Lauer, la Estación Experimental pertenece a las zonas climáticas - propias de las sabanas tropicales calientes o tierra caliente, cuya clasificación es Awaig.

3.1.2.2. Temperatura

La temperatura promedio anual es de 26,5 °C registrándose la máxima mensual en los meses de febrero a abril -- (34,2 °C) y la mínima media mensual en los meses de noviembre a febrero (21,4 °C).

3.1.2.3. Precipitación

La suma anual de precipitación promedio es de 1723 mm; acumulados en su mayor parte durante los meses de mayo a octubre, quedando el resto del año con precipitaciones menores de 52 mm mensuales que representa la época seca de esta área (época de secano).

3.1.2.4. Viento

La velocidad del viento es de 1,7 en la escala de Beaufort que corresponde de 6-11 km/hr. Las ráfagas máximas se registran en los meses de diciembre y enero y las mínimas en junio.

3.1.2.5. Humedad relativa

La humedad relativa promedio mensual es de 74%, registrándose la mínima en el mes de febrero (63%) y la máxima en septiembre (84%).

3.1.2.6. Evaporación

La evaporación anual media en tanque clase A, es de --

2312 mm, observándose las mayores pérdidas de agua evaporada entre los meses de diciembre a abril

3.1.2.7. Suelos

De acuerdo con el estudio semidetallado de suelos de la Estación Experimental "La Providencia" realizado por el Departamento de Suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en el año de 1975; se diferencian tres grandes grupos de suelos: a) Aluviales; b) Regosoles; y c) Litosoles. Dicho estudio está basado en la clasificación de suelos de Estados Unidos del año de 1949 y modificado por Thorp y Smith, y en la taxonomía americana (1975) son agrupados en el orden Entisol.

3.2. Localización y caracterización del sitio de ensayo

El área donde se desarrolló el ensayo está ubicada a 180 m al sur del casco de la Estación Experimental, presentando una pendiente predominante del 8% (A-97). Las características físicas se presentan en el Cuadro 5.

3.2.1. Suelo

Según Cañas Reyes, V.M. y Osorio Torres, M.J. (11), las características del perfil No. 5 a la cual pertenece el

área de ensayo son :

La textura es franca media a moderadamente fina friable, no presenta ningún tipo de restricción en cuanto a profundidad efectiva. Tanto la infiltración y la permeabilidad son buenas. Esta última se presenta de moderada a rápida.

Los requerimientos de agua son medios ya que presenta una capacidad de retención de agua aprovechable mayor de 15 cm a una profundidad de 1,20 m.

Cuadro 5. Características físicas y de fertilidad del perfil de suelo en el área de ensayo.*/
 * /

Profundidad (m)	Textura.	pH	Intercambio catiónico (meq/lt).	% Na cambiabile	Materia Orgánica (%)	Fósforo (Ppm)	Potasio (Ppm)
0.0-0.12	FL	7,2	18,00	2,11	0,83 B	49 A	+200 A
0.12-0.30	F	7,6	20,00	3,23	1,93 B	48 A	+200 A
0,30-0,44	F	7,4	20,50	4,94			
0,44-0,63	F	7,2	20,50	6,58			
0,63-1,00	FL	6,9	16,50	7,81			

A = Alto, B = Bajo
 Fuente : (11).

* / Tomado de los resultados reportados por Cañas Reyes, V.M. y Osorio Torres, M.J. (1991), correspondiente a la descripción del perfil No. 5. (11).

3.2.2. Topografía

La pendiente es bastante pronunciada pero no excede el 8%, con algunos pequeños declives. La superficie es bastante plana con ciertas ondulaciones por lo que necesita de moderadas nivelaciones. Todo lo anterior dificulta el manejo de aguas para riego. No existe una cobertura que limite las prácticas culturales.

3.2.3. Drenaje

Las condiciones de suelo y topografía son tales, que no es necesario prácticas especiales de drenaje ya que tanto el drenaje externo como interno es bueno. De acuerdo a la interpretación de los tres parámetros anteriores esta tierra es clasificada como clase 2 arable y se presenta como $\frac{1}{CC2BX}$ con restricciones en topografía (11).

3.3. Metodología estadística

3.3.1. Diseño estadístico

El diseño estadístico empleado es el de Bloques al Azar con tres tratamientos y seis repeticiones.

Los tratamientos se describen de la manera siguiente :

- T₁ : Sistema de Labranza Convencional (L.C.)
- T₂ : Sistema de Labranza Reducida (L.R.)
- T₃ : Sistema de Labranza Mínima (L.M.)

La distribución de los tratamientos en el campo se presentan en la Figura A-96.

3.3.2. Modelo estadístico

Para examinar los resultados del experimento se empleó el modelo estadístico siguiente :

$$Y_{ijk} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde : $i = 1, 2, \dots, a$

$j = 1, 2, \dots, b$

$k = 1, 2, \dots, n$

$abn =$ Total de observaciones del experimento

$Y_{ij} =$ Es la respuesta observada en cualquier unidad experimental o celda (i, j)

$U =$ Es la media del experimento

$T_i =$ Es el efecto de cualquier tratamiento i

$B_j =$ Es el efecto de cualquier Bloque j

$E_{ij} =$ Error experimental en la celda (i, j)

3.3.3. Distribución del área del experimento

Las unidades experimentales (parcelas), contaron con una superficie de 60 m^2 ($5 * 12 \text{ m}$), separadas entre sí a 1 m ; el área total de cada bloque comprende 204 m^2 ($17 * 12 \text{ m}$). Se formaron dos grupos de bloques, contando cada uno de tres bloques separados entre sí a 3 m y entre cada grupo a 4 m , en su totalidad el experimento contó con una superfi-

cie de 1596 m² (42 * 38 m).

3.3.4. Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas se utilizaron análisis de varianza, pruebas de significancia de Duncan, análisis de correlación y gráficos.

3.3.5. Toma de datos

3.3.5.1. Parámetros del cultivo

Para el presente estudio fue utilizado como cultivo indicador el de Vigna (Vigna sinensis) variedad Pink eyes.

3.3.5.1.1. Fisiológicos

Estos parámetros comprendieron la evaluación de la altura de plantas, diámetro en la base del tallo, longitud radicular, número de nódulos por planta, peso seco de nódulos por planta, peso seco de la parte aérea de la planta y de la raíz.

Los parámetros fueron evaluados al inicio de la floración del cultivo (40 días después de la siembra), la altura y diámetro se evaluó en forma azarizada en el área de las parcelas, mientras que los demás parámetros se evaluaron de las plantas de los surcos externos de cada parcela.

3.3.5.1.1.1. Altura de plantas

(cm)

La altura se determinó haciendo uso de una cinta métrica,

midiendo la altura de 15 plantas por parcela midiendo desde el nudo cotiledonal hasta el punto de crecimiento en el tallo principal, luego se obtuvo un promedio por planta.

3.3.5.1.1.2 Diámetro de plantas
(mm).

La medida se realizó con el uso de un pie de rey (Vernier) en 15 plantas por parcela midiendo en la base del tallo de la planta, luego se sacó un promedio por planta.

Los parámetros de longitud radicular, número de nódulos, peso seco de la parte aérea de la planta, raíz y nódulos requirió de la extracción de 10 plantas por parcela y evaluando los parámetros de la manera siguiente _

3.3.5.1.1.3 Longitud radicular (cm)

Se separó la raíz de las plantas extraídas y se realizó la medición correspondiente usando una regla graduada, luego se sacó un promedio por planta.

3.3.5.1.1.4 Número de nódulos

La extracción de las plantas se realizó con la remoción del suelo a su alrededor, teniendo cuidado de no forzar la extracción y luego se procedió a recolectar los nódulos que quedan en el suelo y depositándolos en bolsas debidamente identificadas, tanto con las raíces correspondientes, poste

riormente se procedió a separar los nódulos de las raíces y realizar el conteo de éstos y obtener un promedio por planta.

3.3.5.1.1.5 Peso seco de la parte aérea de la planta, raíz y nódulos (gr).

Cada una de las partes fue limpiada para remover las partículas de tierra, luego se colocaron separadas en bolsas de papel de manila debidamente identificadas. La parte aérea y las raíces se colocaron en estufa con aire circulante a 80 °C durante 48 horas, los nódulos se colocaron en estufa ventilada a 60°C durante 48 horas. Después de el tiempo de desecado las muestras se colocaron en desecador por una hora, para luego pesar cada una de las partes en balanza semianalítica obteniendo luego el peso promedio por planta.

3.3.5.1.2. Parámetros de rendimiento

Comprendió la evaluación de el número de vainas por planta, peso de vainas por parcela, peso de 100 vainas y longitud de vainas, estos parámetros se evaluaron durante la cosecha de ejote a los 55 días después de la siembra. Durante la cosecha de grano seco (75 días después de la siembra), se evaluó el número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de la producción por parcela y pe

so de 100 granos. La evaluación de los parámetros del rendimiento se realizaron en los cuatro surcos centrales de cada parcela y una longitud de 10 m, el área para la evaluación comprendió 28 m^2 de área útil de cada parcela (2,8 * 10 m).

3.3.5.1.2.1. Parámetros evaluados durante la cosecha de ejote.

3.3.5.1.2.1.1 Número de ejotes por planta.

Se realizó el conteo del número de vainas de 10 plantas por parcela tomadas al azar y luego se sacó el promedio por planta.

3.3.5.1.2.1.2 Longitud de ejotes
(cm).

Se tomaron 20 vainas al azar de las muestras de cada parcela; tomando la longitud mediante una regla graduada - posteriormente se sacó el promedio por vaina.

3.3.5.1.2.1.3 Rendimiento de ejotes
(kg/ha).

El total de vainas cortadas se pesó en balanza de reloj, obteniendo el peso de la producción por parcela.

3.3.5.1.2.1.4. Peso de 100 ejotes (gr).

Del total de vainas por parcela se tomaron al azar 100 vainas, luego se pesaron en balanza semi analítica.

3.3.5.1.3. Parámetros evaluados durante la cosecha de grano seco.

3.3.5.1.3.1. Número de vainas por planta.

Antes de realizar el arranque de las plantas se procedió al conteo en 10 plantas tomadas al azar dentro del área útil de la parcela.

3.3.5.1.3.2. Número de granos por vaina

Del total de vainas cosechado por parcela se tomaron al azar 20 vainas y se contó el número de granos, luego se determinó el promedio de granos por vaina.

3.3.5.1.3.3. Peso de 100 semillas (gr).

De las semillas secadas (12% de humedad), se tomaron al azar 100 por parcela, pesándose éstas en una balanza semi analítica.

3.3.5.1.3.4. Rendimiento de grano seco. (kg/ha).

Después de secado, aporreado y limpiado el grano se pesó en balanza de reloj la producción total obtenida por parcela útil.

3.3.5.2. Parámetros de las propiedades físicas del suelo y sus derivados.

Las variables analizadas fueron : Resistencia tangencial del suelo (esfuerzo cortante), penetración, densidad real, densidad aparente, porosidad, infiltración básica, permeabilidad y consistencia.

La evaluación de estos parámetros se realizaron antes y después de llevar a cabo las labores de preparación del suelo exceptuando las pruebas de esfuerzo cortante y consistencia realizadas antes de las labores de preparación del suelo. Para realizar las pruebas después de la preparación fue necesario esperar la estabilización del suelo, de tal forma que se realizaron, treinta días después de ella.

Estos parámetros se evaluaron en forma azarizada en el área de cada parcela.

3.3.5.2.1. Densidad aparente (grs/cc) (ρ_a).

Para la realización de la prueba de densidad aparente se utilizó el método del cilindro de volumen conocido. Obteniéndose muestras a dos profundidades de el perfil del suelo por medio del cilindro muestreador Ulanhd; recolectando dos muestras por repetición, colocándolas en latas de aluminio y llevándolas a laboratorio para realizar el secado a estufa por 24 horas a 105 °C para el posterior pesaje y la determinación de la densidad aparente.

3.3.5.2.2. Densidad real (grs/cc). (ρ_r)

En la determinación de la densidad real se utilizó el método del picnómetro, utilizándose las muestras desecadas en la determinación de densidad aparente. Para determinar la densidad real se emplearon picnómetros de 100 ml de capacidad y kerosene. Calculando la densidad real como la relación del peso del suelo seco y el volumen de kerosene desplazado.

Densidad Real del Suelo (ρ_r)

$$\rho_r = \frac{\text{Peso de suelo seco}}{\text{Volumen de kerosene desplazado}}$$

3.3.5.2.3. Porosidad (%).

El procedimiento para la determinación del espacio poroso se realizó a través de la siguiente fórmula :

$$\% \text{ total de poros} = \left(1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \right) * 100$$

3.3.5.2.4. Velocidad de infiltración (cm/hora)

Para la realización de esta prueba se utilizaron cilindros infiltrómetros que son comúnmente utilizados para la evaluación de la capacidad de infiltración de la superficie del suelo. Instalándose un cilindro por cada bloque de parcelas en la evaluación del suelo previo a la preparación de éste, teniéndose en total 6 pruebas de infiltración para la primera etapa. Para la evaluación del suelo en su capacidad de infiltrar el agua posterior a las prácticas de labo-

reo se instalaron 18 pruebas, una en cada parcela.

3.3.5.2.5. Resistencia tangencial del suelo (esfuerzo cor
tante).

Para la determinación de la resistencia tangencial que opone el suelo se utilizó el equipo torsiómetro de aletas, llevándose a cabo una determinación por parcela, ya que el aparato cuenta con un mecanismo de reloj que determina la resistencia que opone el suelo a ser cortado. Procedimiento en Anexo 91.

3.3.5.2.6. Consistencia del suelo.

El método empleado fue el descrito en el Manual de Física de suelos de Forsythe (15). Procedimiento en Anexo 92.

3.3.5.2.7. Resistencia a la penetración

Las pruebas se realizaron en un punto seleccionado al azar dentro de cada parcela, tomando las lecturas a tres profundidades en el perfil del suelo (0,20 y 40 cm).

El aparato utilizado para la determinación de la resistencia a la penetración fue un penetrómetro de pistón con punta plana, en el cual los resultados se registran en kg/cm^2 . Procedimiento en Anexo 93.

3.3.5.2.8. Permeabilidad

La prueba consistió en tomar muestras sin disturbar --

introduciendo para ello pequeños cilindros galvanizados de volumen conocido, procurando coleccionar el volumen total de la muestra de suelo, el procedimiento para la determinación de la permeabilidad, se describe en el Anexo 94.

3.3.5.2.9. Estructura

La estructura se considera como el arreglo y distribución de las partículas de suelos y agregados. No obstante la definición puede expresarse también como el estado de la fase gaseosa, líquida y sólida en el sistema suelo.

Los agregados se consideran como aquellos en el cual dos o más partículas del suelo forman una unidad relativamente estable. La unidad estructural define la disposición de partículas del suelo, mantenidas juntas con fuerza suficiente por lo cual se diferencia de la masa de partículas individuales. Los agregados artificiales causados por una perturbación mecánica tal como la arada del suelo se denominan terrones. El análisis estructural se realizó de acuerdo con el sistema propuesto en el manual de levantamiento de suelos. En este sistema la estructura se define en términos de grado, clase y tipo de agregados (Cuadro A-95).

3.4. Metodología de campo

3.4.1. Métodos de preparación del suelo

La preparación del suelo para establecer un cultivo -

consiste en la remoción de la capa superior del suelo con el pretexto de establecer desde un comienzo condiciones de ventaja a las plántulas de una especie económica sobre la vegetación espontánea allí existente, dentro de dichos métodos de preparación del suelo se incluyen los diferentes sistemas de labranza.

3.4.1.1. Sistema de labranza convencional (L.C.)

El sistema comprende la remoción completa del suelo en lo que comprende la parte arable, haciendo uso de maquinaria y equipo con alto grado de tecnología, el cual comprende la preparación del suelo para la recepción de la semilla, manteniendo condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo hasta la cosecha del mismo.

La preparación del suelo con el sistema de labranza convencional en las áreas destinadas para dicho tratamiento se inició dos semanas antes de la fecha establecida para la siembra con el fin de favorecer la descomposición de las malezas y residuos del cultivo anterior. Se hizo uso de un tractor (Fiat 8066) para cada una de las labores requeridas para el corte de los residuos del cultivo anterior y malezas se utilizó una chapodadora de cuchillas (ancho de corte 1,4 m), procediendo luego a realizar un paso de arado de discos (Ransome), profundizando 0,45 m (ancho de trabajo 0,80 m), con el propósito de cortar e invertir el suelo, incorporando

además el material cortado. Llegado el momento para la siembra se realizó dos pasos de rastra de discos (ancho de trabajo, 2,0 m), el primero en el sentido de la pendiente y el segundo perpendicular a éste; durante el segundo paso se colocó una barra de acero en la parte posterior a la rastra con el propósito de deshacer los terrones formados y nivelar el terreno. La siembra se realizó con una sembradora-fertilizadora (Gaspardo) de cuatro cuerpos, calibrada a un distanciamiento entre surcos de 0,7 m y entre postura a 0,1 m, distribuyendo la cantidad de semilla total requerida para el área del tratamiento (12 lbs) en partes iguales en las cuatro tolvas (3 lbs/tolva), de la misma forma la cantidad de fertilizante e insecticida granulado requeridos fueron mezclados y distribuidos en las tolvas para fertilizante, reguladas para una descarga de 3 qq/mz.

La incidencia de malezas no fue significativa durante el desarrollo del cultivo por lo que no se realizó dicho control en este tratamiento.

3.4.1.2. Sistema de labranza reducida (S.L.R.)

El sistema comprende la remoción del suelo en un grado menor al que se somete la labranza convencional, prescindiendo del uso de maquinaria, realizando esta labor a través del arado de palo tirado por bueyes.

La preparación del terreno para la siembra se inició dos semanas antes de la fecha de siembra, cortando las malezas

y residuos de la cosecha anterior en forma manual hasta una altura de 3 cms sobre la superficie del suelo, el día de siembra se procedió a realizar dos pasos de arado, utilizando para ello un arado de palo con punta angosta de acero y una yunta de bueyes, estableciéndose el primer paso en el sentido de la pendiente y el otro en forma transversal al primero definiéndose de esta forma los surcos para la siembra con un distanciamiento de 0,7 m entre ellos y 0,30 m de profundidad, ya establecidos los surcos se colocó un trozo de madera en la parte posterior a los bueyes con el fin de deshacer^h los terrones formados y nivelar el terreno. Durante la siembra se realizó la fertilización y aplicación de insecticidas granulado, la aplicación se efectuó de acuerdo con las dosis recomendadas para el cultivo distribuyéndose proporciones iguales para cada una de las parcelas que constituyen el tratamiento, aplicándose ambos productos al fondo del surco y posteriormente cubriéndose con una delgada capa de tierra, procediéndose a la siembra distribuyendo la semilla a chorro seguido en el surco de siembra y cubriéndolo con una delgada capa de tierra; posterior a la siembra (15 días) se procedió a realizar una limpieza manual y durante la misma se realizó un raleo procurando que el distanciamiento entre planta quedara a 10 cm.

3.4.1.3. Sistema de labranza mínima (S.L.M.)

El sistema comprende la mínima remoción de suelo posible,

procurando afectar únicamente la parte donde se arraigará la planta de interés económico, este sistema se presenta - como una combinación del equipo de labranza más antiguo empleado tradicionalmente y la tecnología avanzada en el campo de los agroquímicos como lo son los herbicidas.

Dos semanas antes de la fecha de siembra se inició con las labores de preparación del terreno, cortando las malezas existentes y residuos de la cosecha anterior a una altura de 3 cm de la superficie del suelo, procediendo después al carrileo de la cubierta vegetal cortada para realizar la quema de ella dentro de las parcelas destinadas para el tratamiento, en la fecha establecida se procedió a la siembra utilizando un chuzo para roturar la parte del suelo donde se depositó la semilla, estableciendo los surcos a un distanciamiento de 0,7 m; y entre plantas de 0,10 m profundizando 0,10 m; en la parte roturada se depositó inicialmente la mezcla de fertilizante e insecticida granulado, distribuyendo proporciones iguales en ella, en las parcelas destinadas para dicho tratamiento de acuerdo a la recomendación técnica de dichos productos, luego se cubrió con una capa de tierra, dos días después de la siembra se observó incidencia de malezas y para su control se aplicó el herbicida de contacto Gramoxone (Paraquat en dosis de 1,5 lts/mz), 30 días después de la siembra la incidencia de malezas era alta por lo que se hizo necesaria una limpia manual, además se realizó en ese mismo momento un raleo de tal forma que quedara -

una planta por postura.

3.4.2. Manejo agronómico

El manejo agronómico del cultivo de Vigna (Vigna sinensis) se realizó en forma similar para los tratamientos y se describen a continuación :

3.4.2.1. Siembra

La siembra se realizó utilizando la semilla de Vigna (Vigna sinensis) de la variedad Pink Eyes, con un distanciamiento de siembra de 0,70 m entre surcos y 0,10 m entre -- plantas.

La cantidad de semilla por manzana fué de 65 lbs.; y la cantidad de semilla por parcela por tratamiento, 0,56 lbs.

3.4.2.2. Fertilización

Se realizó al momento de la siembra con sulfato de amonio (21% N), ya que según los resultados reportados por Cañas Reyes, V.M. y Osorio Torres, M.J. (11), el contenido de fósforo y potasio del área de ensayo son altos.

-Cantidad de fertilizante por manzana : 3 qq.

-Cantidad de fertilizante por parcela por tratamiento: 0.03 qq.

3.4.2.3. Control de plagas

3.4.2.3.1. Control de plagas del suelo

El control de plagas del suelo se realizó con insectici

da Agromil 2.5 G, aplicado al momento de la siembra.

-Cantidad de insecticida por manzana : 50 lbs.

-Cantidad de insecticida por parcela por tratamiento : 0.43 lbs.

3.4.2.3.2. Control de plagas del follaje

Este control se efectuó ocho días después de la siembra y a los 22 días después de la primera aplicación, utilizando Tamarón 600 C.E.

Dosis de aplicación : 12 cc/galón de agua- 1 lt/mz.

3.4.2.4. Control de enfermedades

Durante el desarrollo del cultivo no se presentó ninguna enfermedad por lo que su control no fue necesario.

3.4.2.5. Riego.

El sistema de riego empleado fue el riego por aspersión, utilizando un distanciamiento entre laterales de 12 m y entre aspersores de 12 m.

El calendario de riego para el cultivo quedó establecido de acuerdo con la recomendación realizada por Juárez Dubón, K.L., Landaverde Valle, M.J. y Sánchez Delgado, B.A. (25), para el grupo de soya, frijol y vigna; para el cual recomiendan regar con láminas constantes de 40 mm y un intervalo de riego de 10 días, para todo el ciclo vegetativo, con un tiempo de aplicación de riego de 4,14 horas.

Al día siguiente de la siembra se realizó un riego post-siembra con un tiempo de aplicación de 2,30 horas, con el objeto de favorecer la germinación de la semilla, 7 días posteriores al riego post-siembra se dió inicio al calendario de riego recomendado (27 diciembre) y finalizando con el último riego el día 17 de febrero de 1992.

3.4.2.6. Cosecha

Una cosecha inicial de ejote se realizó a los 55 días después de la siembra, luego a los 20 días después de ésta se realizó la cosecha para obtener grano seco, arrancando las plantas para luego de 2 días proceder al trillado (aproveo), posteriormente se procedió a limpiar la semilla (soplado), que luego se colocó al sol durante otros dos días para obtener una humedad del grano entre 12 y 14% y de esta manera proceder a su almacenamiento y/o comercialización.

3.5. Análisis económico

El análisis económico se realizó en base a los cuadros de costos de producción (Cuadros 10, 11, 12), tomando en cuenta el rendimiento (kg/ha) promedio de las repeticiones de cada tratamiento, costos de los insumos y labores culturales necesarias para el desarrollo de cada uno de los sistemas de labranza.

4. RESULTADOS

4.1. Parámetros del cultivo

En relación a los parámetros del cultivo: altura de plantas (cm), diámetro de plantas (mm), longitud de raíces (cm), nódulos por planta, peso seco de plantas (grs), peso seco de raíces (grs), peso seco de nódulos (grs), ejotes por planta, longitud de ejotes (cm), peso de 100 ejotes (grs), número de vainas secas por planta, peso de 100 semillas (grs) y rendimiento de grano seco (kg/ha); el análisis de varianza mostró que no existe diferencia significativa entre tratamientos y repeticiones para un nivel de significancia del 5% de probabilidad, como se muestra en el Cuadro 6. Al realizar el desgloce del análisis de varianza general para el número de granos por vaina se encontró diferencia significativa al 5% de probabilidad entre tratamientos, no así para repeticiones que determinó que no existen diferencias entre ellas (Cuadro A-26). La prueba de Duncan determinó que los mejores tratamientos, fueron T_1 (labranza convencional) y T_2 (labranza reducida), siendo el número de granos promedio observados por vaina de 14,333 y 14,000 respectivamente y el coeficiente de variación fue de 5.11% (Cuadro 6).

El análisis de varianza para el rendimiento en ejote (kg/ha), demuestra que no existe diferencia significativa entre

tratamientos a un nivel de significancia del 5%, mientras que para repeticiones muestra una significancia entre ellos al 5% de probabilidad (Cuadro A-19). En este análisis se presentaron datos extraños por lo que fue necesario eliminarlos, los datos estimados se presentan entre paréntesis (Cuadro A-18). El coeficiente de variación fue de 23.62% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cuadro general de medidas estadísticas para los parámetros del cultivo.

PARAMETRO	\bar{T}_1	\bar{T}_2	\bar{T}_3	\bar{x}	σ	C.V. (%)	Significancia
- Altura de plantas (cm)	32,383 a	31,583 a	29,383 a	31,117	1.434	11.29	ns
- Diámetro de plantas (mm)	9.402 a	9,932 a	9.048 a	9,461	0.301	7.70	ns
- Longitud de raíces (cm)	15.575 a	14.833 a	14.870 a	15.093	0.827	13.44	ns
- Nódulos por planta	12,333 a	15.667 a	12.167 a	13.389	2.284	41.80	ns
- Peso seco de planta (gr)	20.408 a	23.817 a	20.833 a	21.686	2.082	23.52	ns
- Peso seco de raíces (gr)	0.888 a	0.930 a	0.890 a	0.903	0.088	23.95	ns
- Peso seco de nódulos (gr)	0.323 a	0.333 a	0.423 a	0.360	0.095	64.72	ns
- Ejotes por planta	14.000 a	12.833 a	11.667 a	12.833	1.024	19.56	ns
- Longitud de ejotes (cm)	18.565 a	18.173	18.075 a	18.271	0.244	3.28	ns
- Rendimiento de ejote (kg).	2462.000 a	1827.667 a	2135.167 a	2141.611	206.535	23.62	ns
- Peso de 100 ejotes (gr)	699.703 a	699.413 a	681.815 a	693.644	13.014	4.60	ns
- Vainas secas por planta	12.833 a	13.167 a	13.000 a	13.000	1.280	24.12	ns
- Granos por vaina	14.333 a	14.000 ab	13.167 b	13.833	0.288	5.11	*
- Peso de 100 semillas (grs).	19.210 a	17.850 a	18.623 a	18.561	0.760	10.04	ns
- Rendimiento de grano seco (kg/ha).	1710.833 a	1824.000 a	1722.167 a	1752.333	150.957	21.10	ns

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

* : Significativo ($P \leq 0.05$).

a : Indican similitud estadística entre los tratamientos

ab : Indican similitud estadística entre los tratamientos con símbolos iguales.

b : Indica diferencia estadística entre los tratamientos

4.2. Parámetros de las propiedades físicas del suelo y sus derivadas.

El análisis de varianza general mostró que no existe diferencia significativa entre tratamientos y repeticiones a -- una probabilidad del 5%; para las propiedades físicas del suelo siguientes: densidad aparente (grs/cm^3), antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm, densidad aparente (grs/cm^3) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm, densidad aparente (grs/cm^3), posterior a las albores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm, densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm, diferencias entre la densidad aparente (grs/cm^3), posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas a una profundidad de 0-20 cm, diferencias entre la densi-dad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas a una profundidad de 20-40 cm, densidad real (grs/cm^3) de 0-20 cm de profundidad, densidad real (grs/cm^3) de 20-40 cm de profundidad, porosidad (%) a una profundidad de 0-20 cm antes de las labores de preparación del suelo, porosidad (%) a una profundidad de 20-40 cm antes de - las labores de preparación del suelo, porosidad (%) a una profundidad de 0-20 cm posterior a las labores de preparación - del suelo, porosidad (%) a una profundidad de 20-40 cm posterior a las labores de preparación del suelo, velocidad de in-

filtración (cm/hora), antes de las labores de preparación - del suelo, velocidad de infiltración (cm/hora), posterior a las labores de preparación del suelo, penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm, penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm, penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación suelo a una profundidad de 40-60 cm, penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm, porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 0-20 cm, porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm, porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm, porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm, porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm, porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm, permeabilidad (cm/hora) antes de la preparación del suelo, permeabilidad (cm/hora) posterior a la prepa

ración del suelo y diferencias entre la permeabilidad (cm/hora) antes de las labores de preparación del suelo y posterior a ellas (Cuadro 7).

El ANVA mostró diferencias significativas para la penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm, para tratamientos no así para repeticiones, a un nivel de significancia del 5% (Cuadro A-69). El coeficiente de variación fue del 14.25%. Al aplicar la prueba de Duncan se obtuvo que los mejores tratamientos fueron T_2 y T_3 , comportándose de similar manera, siendo diferente T_3 de T_4 pero iguales T_2 y T_3 a un nivel de significancia del 5% (Cuadro 7).

La permeabilidad (kg/cm^2), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm, se encontró a través del análisis de varianza diferencia significativa para tratamientos; entre repeticiones fue estadísticamente igual a un nivel de significancia del 5% para ambas (Cuadro A-71).

El coeficiente de variación fue de 9.93%. Al evaluar las medias a través de la prueba de Duncan este demostró que estadísticamente los tratamientos T_2 y T_3 son superiores a T_1 (Cuadro 7).

Los valores de esfuerzo contante (kg/cm^2) y los porcentajes de humedad obtenidos de las pruebas realizadas en cada una de las repeticiones se presentan en el Cuadro A-59. El prome

Cuadro 7. Cuadro general de medidas estadísticas para las propiedades físicas del suelo. y sus derivadas.

PARAMETRO	\bar{T}_1	\bar{T}_2	\bar{T}_3	Media General	Desvío Típico	C.V. (%)	Significancia
Densidad Aparente I-0-20	1.185 a	1.180 a	1.178 a	1.181	0.028	5.92	ns
Densidad Aparente I-20-40	1.207 a	1.187 a	1.177 a	1.19	0.019	4.08	ns
Densidad Aparente II-0-20	1.165 a	1.120 a	1.215 a	1.167	0.046	9.77	ns
Densidad Aparente II-20-40	1.138 a	1.138 a	1.152 a	1.143	0.035	7.59	ns
Diferencia Densidad Aparente 0-20	-0.019 a	-0.057a	0.037 a	-0.012	0.039	96.58	ns
Diferencia Densidad Aparente 20-40	-0.096 a	-0.046a	-0.022 a	-0.055	0.022	93.96	ns
Densidad Real 0-20	2.253 a	2.245 a	2.517 a	2.338	0.095	10.03	ns
Densidad Real 20-40	2.427 a	2.348 a	2.332 a	2.369	0.086	8.98	ns
% Porosidad I 0-20	47.282 a	47.360 a	54.445 a	49.696	2.313	11.40	ns
% Porosidad I 20-40	51.052 a	49.242 a	49.543 a	49.946	1.923	9.44	ns
% Porosidad II 0-20	48.312 a	53.022 a	50.802 a	50.712	3.174	15.33	ns
% Porosidad II 20-40	52.327 a	52.603 a	50.933 a	51.954	2.975	14.03	ns
Velocidad infiltración I	0.953 a	0.087 a	0.520 a	0.520	0.446	210.44	ns
Velocidad infiltración II	2.370 a	2.138 a	0.627 a	1.172	0.658	94.25	ns
Penetrabilidad I 0-20	0.875 a	0.758 a	0.900 a	0.844	0.119	34.52	ns
Penetrabilidad I 20-40	1.867 a	1.817 a	1.883 a	1.856	0.398	52.64	ns
Penetrabilidad I 40-60	2.150 a	2.117 a	2.050 a	2.108	0.147	17.12	ns
Penetrabilidad II 0-20	1.925 a	2.333 a	2.217 a	2.158	0.220	24.99	ns

Continuación Cuadro 7.

PARAMETRO	\bar{T}_1	\bar{T}_2	\bar{T}_3	Media General	Desvío Típico	C.V. (%)	Significancia
Penetrabilidad II 20-40	2.400 b	2.600 ab	3.008 a	2.669	0.155	14.25	*
Penetrabilidad II 40-60	2.625 b	3.000 a	3.208 a	2.944	0.119	9.93	*
% Humedad Penetrabilidad I 0-20.	39.835 a	38.617 a	37.898 a	38.783	1.387	8.77	ns
% Humedad Penetrabilidad I-20-40.	35.927 a	37.207 a	35.607 a	36.247	1.080	7.30	ns
% Humedad Penetrabilidad I 40-60	36.210 a	37.898 a	35.812 a	36.640	0.633	4.23	ns
% Humedad Penetrabilidad II 0-20	31.042 a	29.030 a	28.425 a	29.499	0.908	7.54	ns
% Humedad Penetrabilidad II 20-40	35.463 a	32.567 a	33.038 a	33.689	1.433	10.42	ns.
% Humedad Penetrabilidad II 40-60	26.523 a	26.663 a	25.343 a	26.177	1.621	15.17	ns
Permeabilidad I	0.74 a	0.57 a	0.65 a	0.653	0.081	30.53	ns
Permeabilidad II	8.795 a	5.865 a	1.482 a	5.381	2.160	98.37	ns
Diferencia permeabilidad	8.055 a	5.292 a	0.825 a	4.724	2.124	110.15	ns

ns : No significativo ($P \leq 0.05$)

I : Antes de las labores de preparación del suelo

II : Posterior a las labores de preparación del suelo

0-20 : Profundidad de 0-20 centímetros.

a : Indican similitud estadística entre los tratamientos

b : Indica diferencia estadística entre los tratamientos

20-40 : Profundidad de 20-40 centímetros

40-60 : Profundidad de 40-60 centímetros

* : Significativo ($P \leq 0.05$).

ab : Indican similitud estadística entre los tratamientos con símbolos iguales.

dio de porcentaje de humedad de 21.62%. La ecuación ^{que} de re-
presenta este fenómeno es del tipo :

$$Y = A + B \text{ Ln} X$$

$$Y = 4.49 + (-0.54) \text{ Ln} X$$

De las pruebas de consistencia del suelo realizadas en hú-
medo para cada una de las repeticiones, se obtuvo el porcenta-
je de humedad al cual se presenta la consistencia friable -
(Cuadro A-60), el promedio de humedad para el área del experi-
mento es de 7.04%.

Con respecto a la estructura del suelo se presentó de la
siguiente manera, antes de realizar las labores de prepara-
ción del suelo, la clasificación estructural, presentó un gra-
do de estructura: sin estructura(o) y del tipo de bloques angu-
lares.

Después de las labores de clasificación estructural en el
sistema de labranza convencional presentó un grado de estruc-
tura moderada (2) del tipo en bloques sub-angulares predomi-
nando en un mayor porcentaje la clase gruesa (2-5 cm) en menor
proporción la clase muy gruesa (5-10 cm). En el sistema de
labranza reducida se presentó el mismo grado y tipo de estruc-
tura que en el sistema de labranza convencional, con clase -
muy gruesa (5-25 cm). En el sistema de labranza mínima se --
conservaron el grado y tipo de estructura al igual que antes
de realizar las labores de preparación del suelo.

4.3. Análisis económico

4.3.1. Costos de producción del cultivo de Vigna (Vigna sinensis) para el sistema de labranza convencional).

El análisis económico para este sistema de labranza indica que existe una relación beneficio costo de 1,23, con un beneficio por hectárea de ¢ 3,534.35, siendo el beneficio por unidad de ¢ 1.74 y el costo por unidad de ¢ 1.41.

El costo total de producción por hectárea es de ¢ 2,418.55 (Cuadro 10).

4.3.2. Costo de producción del cultivo de Vigna (Vigna sinensis) para el sistema de labranza reducida).

El análisis económico mostró para este sistema de labranza que la relación beneficio costo de 1.32, como un beneficio por hectárea de ¢ 3,276.04, el beneficio por unidad de ¢ 1.79 y el costo por unidad de ¢ 1.36. El costo total de producción por hectárea es de ¢ 2,472.56 (Cuadro 11).

4.3.3. Costos de producción del cultivo de Vigna (Vigna sinensis) para el sistema de labranza mínima.

El estudio económico para este sistema de labranza demuestra que la relación beneficio costo de 1.22, con un beneficio por hectárea de ¢ 3,292.08, el beneficio por unidad de ¢ 1.73 y el costo por unidad de ¢ 1.42. El costo total de producción por hectárea es de ¢ 2,441.97 (Cuadro 12).

5. DISCUSION DE RESULTADOS

En el presente capítulo se analizan los resultados obtenidos durante la investigación realizada, con el propósito de determinar los efectos producidos por los sistemas de labranza en estudio sobre las propiedades físicas del suelo y rendimiento bioeconómico del cultivo de vigna (Vigna sinensis).

5.1 Parámetros fisiológicos del cultivo

El comportamiento de los parámetros fisiológicos del cultivo evaluados (Cuadro 6), no presentan diferencias entre los tres sistemas de labranza empleados (Cuadro A-1—A-13). lo que indica que fisiológicamente la planta se comportó de forma similar ante los tres tratamientos, posiblemente debido a la alta capacidad fisiológica de la planta para adaptarse con facilidad a toda clase de suelos bajo condiciones adversas (31).

Sin embargo algunos autores concuerdan que las labores de preparación del suelo tienen como meta principal que el suelo adquiera características favorables que permitan el buen desarrollo de los cultivos; en tal sentido el sistema de labranza convencional mejora la penetración y arraigamiento radicular (7, 27), es decir que las plantas encontrarán menos obstáculos para penetrar, consumirán menos energía y -

tendrán mayores posibilidades de encontrar agua y aire disponibles y por consiguiente un mayor desarrollo de la planta (38), dicho propósito se cumple en algunos cultivos como el de soja, que según Barboza y Díaz, citados por Angulo las prácticas de aradura y subsoleado incrementan la altura de la planta y el desarrollo radicular (4). Otros autores proponen que el comportamiento de los cultivos se ve afectado por las condiciones del suelo así como también por la genética misma de la planta (39), en tanto que Ibáñez Cifuentes propone que para cultivos poco arraigados les resulta indiferente la aradura profunda o superficial en la medida que no existan capas compactas en el subsuelo que originen problemas de drenaje o limiten el desarrollo radicular (23), dicho comportamiento se presenta en el cultivo de Vigna el cual por su misma capacidad genética de adaptarse a diferentes condiciones y ser un cultivo poco arraigador, presentando longitudes de raíces entre 14,833 y 15,575 cm, lo que permite que fisiológicamente se comporte de igual manera ante los tres sistemas de labranza evaluados.

El análisis de los resultados del número y peso seco de los nódulos demuestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, concordando dichos resultados con los obtenidos por Alvarez Solís en el estudio de nodulación del frijol común donde reporta que no existe diferencia en el número de nódulos aunque sí en su peso seco el cual fue mayor en el sistema de labranza convencional, en el mismo estudio se reporta que el efecto de la ino

culación no presenta diferencias significativas en el número y peso seco de los nódulos evaluados en los dos sistemas de labranza sin aplicación de fertilizante nitrogenado, resultados similares reportan Voss y Sideras en la evaluación de la nodulación de soja bajo el sistema de labranza convencional y cero labranza.

La similitud del número y peso seco de nódulos presentada bajo los tres sistemas de labranza evaluados determina que estos tratamientos no tienen un efecto directo sobre el comportamiento de dichos parámetros como la humedad que es un factor estrechamente relacionado con la nodulación de leguminosas presenta un comportamiento similar en los tres sistemas de labranza (1).

5.2 Parámetros del rendimiento del cultivo

La evaluación de los componentes del rendimiento muestran que no existe una diferencia entre dichos parámetros para los tres sistemas de labranza evaluados (Cuadro A-15 - A-29). Exceptuando el número de granos por vaina, el cual al evaluarse por medio de prueba de Duncan demuestra que el mayor valor se presenta en el S.L.C. seguido del S.L.R. y S.L.M, respectivamente (Cuadro 6). La similitud presentada entre los parámetros de rendimiento del cultivo puede explicarse a partir de la correlación que existe entre dichos parámetros y los de fisiología del mismo, por tanto la similitud

tud en la fisiología del cultivo para los tres tratamientos explica que en el rendimiento se presenta el mismo comportamiento, como producto de la correlación existente entre dichos parámetros, que según Fogg, G.E., existe una estrecha relación entre el crecimiento vegetativo y el reproductor. Además establece que la relación existente entre el crecimiento y desarrollo de las partes de una planta, puede explicarse en parte en términos de suministro y demanda por la forma en que las sustancias del crecimiento son trasladadas; es decir que en una planta a través de la traslocación de nutrientes permite que determinados órganos o partes de la misma consuman en mayor cantidad algunos recursos o priven de éstos a otras partes vegetativas (16).

El análisis del comportamiento de los parámetros de rendimiento del cultivo se realiza como un análisis simple de comparación entre las medias por tratamiento dado que estadísticamente existe una similitud de estos parámetros en los tratamientos en estudio (Cuadro 6).

Las diferencias relativas entre los parámetros del rendimiento del cultivo se establecen como una relación entre éstos y los fisiológicos de la planta (Cuadro 6) en tal sentido el S.L.C. presenta valores mayores en cuanto a la altura y longitud de raíces que los valores presentados en el S.L.R. y S.L.M. respectivamente; sin embargo, la cantidad de biomasa por planta (peso seco de planta y raíz) en el --

S.L.R. supera al del S.L.M. y S.L.C., que por efecto de la compensación de nutrientes permite que el rendimiento de ejote (kg/ha) se establezca en forma inversa al comportamiento de la producción de biomasa, en tal sentido el S.L.C. presenta el mayor valor de rendimiento de ejote, seguido del S.L.M. y S.L.R. respectivamente.

El comportamiento de los parámetros de rendimiento de grano seco (kg/ha), guarda relación con el rendimiento de ejote (kg/ha) (Cuadro 6), de tal forma que el S.L.C. con el mayor valor de rendimiento de ejote que por efecto de la compensación de nutrientes presenta el menor número de vainas secas por planta, y por el mismo efecto permite que incrementen los valores de grano por vaina y peso de los mismos, sin embargo su valor de rendimiento de grano seco (kg/ha) es menor al del S.L.M. y S.L.R., respectivamente, donde en este último con el menor valor de rendimiento de ejote al relacionarse con los parámetros de rendimiento de grano seco presenta valores superiores de vainas secas por planta y número de granos por vaina, que permite que el rendimiento de grano seco sea superior al del S.L.M. (Figurá A- 4).

Los resultados reportados por varios autores muestran que el S.L.C. presenta los mayores valores de rendimiento de los cultivos comparados con cualquier otro sistema de la branza (19, 27, 35), lo cual concuerda con los rendimientos de ejote, donde se presenta el mayor rendimiento para -

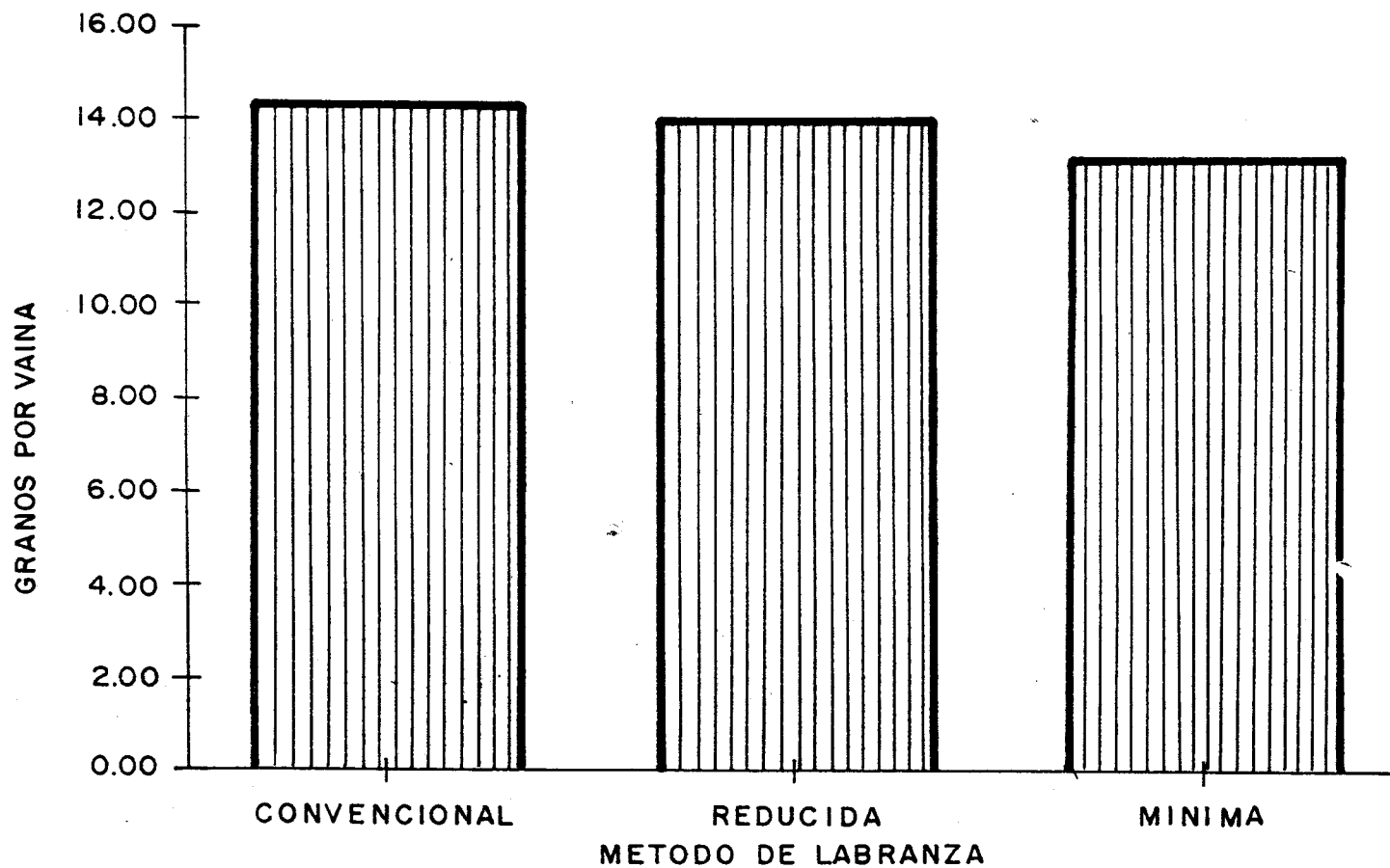


Figura 4. Número de granos por vaina para los diferentes sistemas de la labranza empleada. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992

fisiológicos y de rendimiento del cultivo determinan que la variación de estos últimos no se explica o relaciona con el comportamiento de porcentaje de poros, es decir que el incremento o decremento de este factor no es el único que determina el comportamiento del cultivo, sino que factores - genéticos, fisiológicos del cultivo y los demás factores de las propiedades físicas del suelo, determinan en su conjunto el comportamiento del cultivo, además la semejanza presentada para los parámetros de rendimiento y fisiología del cultivo, así como también en las propiedades físicas del suelo entre los -- tratamientos (Cuadro 6 y 7), permite explicar en alguna medida que la relación entre las variaciones del porcentaje de porosidad y los parámetros del cultivo sean no significativas, aunque algunos autores proponen una relación íntima entre el aumento de la porosidad con el mejor desarrollo radicular, crecimiento de la planta y por ende del rendimiento (35), lo cual explica la correlación existente entre el porcentaje de poros de 0-20 cm y el rendimiento de grano por hectárea -- ($r = -0.511$), indicando que el aumento de porosidad aumenta el rendimiento, con un grado de certeza del 97% (Cuadro 8, Figura 5). La - comparación de dichos factores realizada (Cuadro 6 y 7), permite observar que el S.L.R. se tiene el mayor porcentaje de poros y es el tratamiento que presenta el mayor rendimiento de grano por hectárea, luego sigue el S.L.M. y el S.L.C., que presenta el menor valor de porcentaje de poros y rendimiento de grano por hectárea. La correlación existente entre el por

el S.L.C. (Cuadro 6), además otros autores reportan rendimientos superiores en el S.L.M. comparados con el S.L.R. (1), lo cual concuerda con los rendimientos de ejote donde el rendimiento en el S.L.M. es superior al del S.L.R., sin embargo otro autor reporta que la diferencia del rendimiento en el cultivo de asocio trigo/soja evaluado a través de doce años de experimentación no son significativos desde el S.L.C. hasta el S.L.M. (29), lo cual concuerda con el comportamiento general del rendimiento del cultivo en los tres sistemas de labranza evaluados (Cuadro 6).

5.3 Análisis de la correlación entre parámetros fisiológicos del cultivo, propiedades físicas del suelo y sus derivadas.

Las correlaciones establecidas entre parámetros de la estructura física del suelo y de rendimiento del cultivo se han realizado en base al porcentaje de porosidad del suelo de 0-20 cm de profundidad debido a que la longitud de raíces con promedio de 14.833 cm a 15.575 cm no superó la profundidad de los 20 cm en el suelo (Cuadro 6), además este parámetro es representativo de los demás que componen las propiedades físicas del suelo y dada la íntima relación que éste guarda dentro de la estructura física del suelo (35). De manera general las correlaciones establecidas entre este parámetro de las propiedades físicas del suelo y los componentes

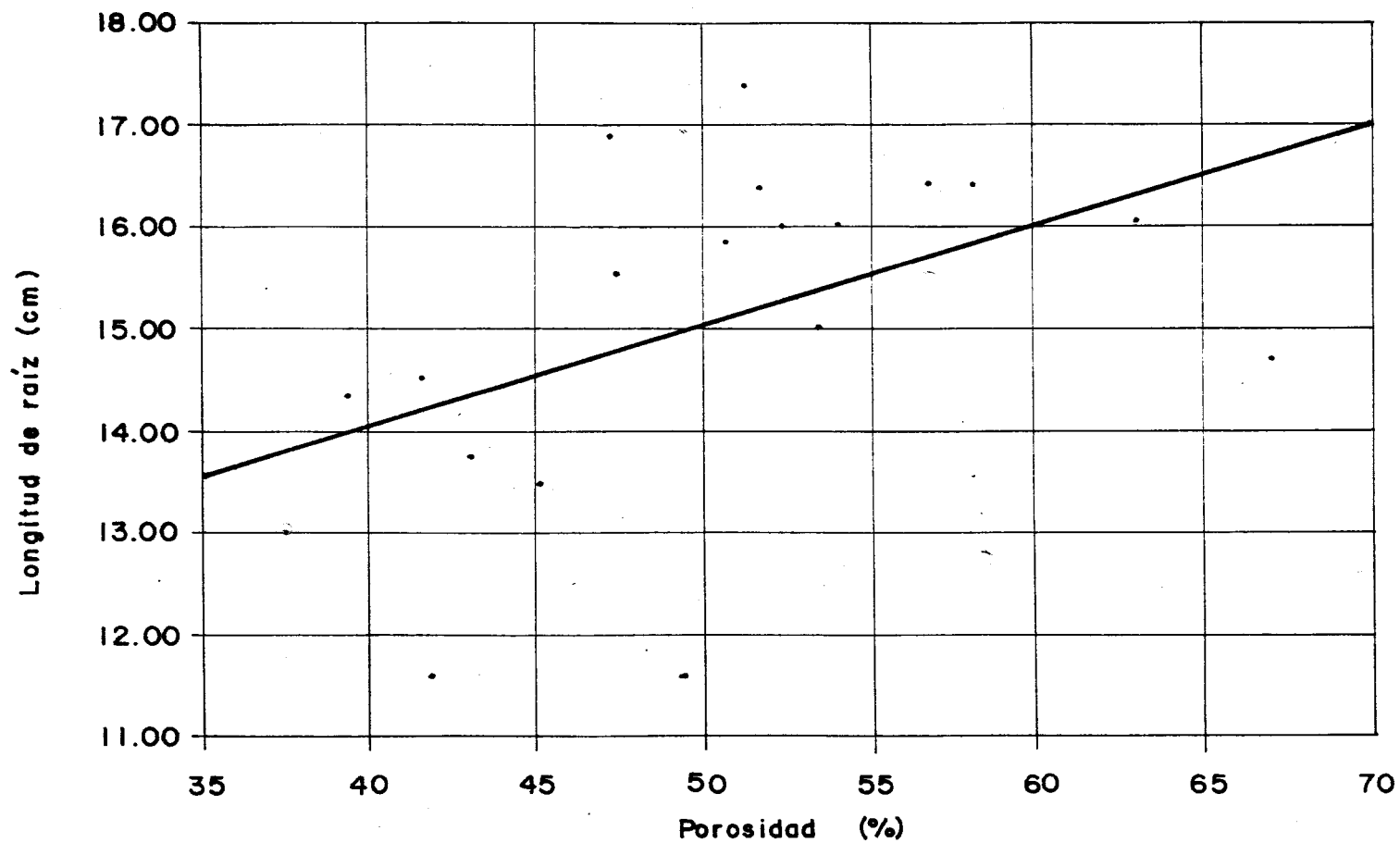


Figura 35.23. Relación entre la porosidad (%) de 0-20 cm de profundidad y la longitud de raíz de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, - La Paz. 1992.

centaje de poros de 0-20 cm y el peso de 100 semillas ($r = -0.514$) (Cuadro 8) explica que el aumento de la porosidad disminuye el peso de los granos, con un grado de certeza del 97.1%, lo cual se establece al comparar los Cuadros 6 y 7, donde se observa que el S.L.R. presenta el mayor valor de porcentaje de poros y el menor peso de granos, siguiendo el S.L.M. y el S.L.C. que presenta el menor porcentaje de poros pero el mayor valor de peso de granos. Dicha correlación guarda una relación intrínseca con los parámetros fisiológicos analizados anteriormente, de tal manera que la menor porosidad presentada en el S.L.C., presentó la menor producción de biomasa y aumentó la producción de ejote, disminuyendo la producción de vainas por planta que compensa el incremento del número de granos por vaina y el peso de los mismos (Cuadro 6 y 7)

5.4 Propiedades físicas del suelo y sus derivadas

El análisis de los resultados para los parámetros de las propiedades físicas del suelo antes de efectuar las labores de preparación, muestran que la densidad aparente (grs/cm^3), densidad real (grs/cm^3), porosidad (%), velocidad de infiltración (cm/hora), penetrabilidad (kg/cm^2) y permeabilidad (cm/hora) son similares para los diferentes tratamientos dentro del área del experimento (Cuadro 7). Generalmente las variaciones de las propiedades físicas del suelo ocurren cuando existen diferentes clases texturales en un --

aparente (grs/cm^3) a una profundidad de 20-40 cm, los resultados no presentan diferencias entre tratamientos siendo similares teniendo valores comprendidos entre 1.138 y 1.152 grs/cm^3 (Cuadro 7). Como los efectos de labor de arada y rastrillada no se alcanza a sentir en la capa de suelo entre 20-40 cm a dicha profundidad la densidad aparente es uniforme (38). Aumentando en una proporción pequeña que la densidad aparente para una profundidad de 0-20 cm (Cuadro 7). El aumento de la densidad aparente (grs/cm^3) es debido a la textura presente en la profundidad inferior que es de franco limoso en la capa superior a franco en ésta (Cuadro 5).

Para observar el comportamiento de la densidad aparente (grs/cm^3) con respecto a el estado inicial (antes de las labores de preparación del suelo) y el estado final (posterior a las labores de preparación del suelo) se evaluó a través de las diferencias entre éstas (Cuadro A-40, A-42) presentando para una profundidad de 0-20 cm promedios semejantes para los tres tratamientos, sin embargo se observa que el sistema de labranza mínima (T_3) presenta un promedio positivo que nos indica la existencia de un aumento en la densidad aparente (grs/cm^3) (0.040) (Cuadro A-39). Mientras que para los sistemas de labranza reducida (T_2) y convencional (T_1) el promedio es negativo (-0.057 y -0.019 grs/cm^3 , respectivamente), lo cual indica que existió una disminución de este parámetro con relación a el estado inicial y posterior



área determinada. El comportamiento de las propiedades físicas varía de acuerdo a las características texturales presentes en el horizonte del suelo (17). Tomando como profundidad máxima de muestreo de 1 metro se determinó que las texturas predominantes en ese sitio son de franca media a moderadamente fina, no presentando ningún tipo de restricción en cuanto a profundidad efectiva (11). Presenta un porcentaje de materia orgánica baja (Cuadro 5).

5.4.1. Densidad aparente

Para los parámetros de las propiedades físicas del suelo posterior a las labores de preparación, los resultados indican que para la densidad aparente (grs/cm^3) a una profundidad de 0-20 cm, los sistemas de labranza son iguales (Cuadro A-26). Presentando promedios de 1.165 (T_1), 1.120 (T_2) y 1.215 (T_3) grs/cm^3 , lo cual coincide con los valores de densidad aparente para texturas finas que están comprendidas entre 1,0 y 1,6 grs/cm^3 (40). La disminución con relación a la densidad aparente para la labranza convencional es debido según varios autores a la compactación por el paso de maquinaria. Según estudios realizados, la labranza convencional presenta los menores valores de densidad aparente en la primera capa (38). Arando se reduce la compactación del surco, consecuentemente se reduce temporalmente la densidad aparente (35, 8, 17). En cuanto a la densidad

a las labores de preparación del suelo. Según estudios realizados la labranza convencional presenta los menores valores de densidad aparente en la primera capa (38). Según estudios recientes la siembra directa o labranza mínima incrementa la densidad aparente en pocos años, luego de los cuales llega a un equilibrio que no es afectada por subsecuentes aplicaciones de dicha labranza (3). El laboreo reducido presentó una densidad aparente mayor que la labranza convencional y menor en comparación con la cero labranza a profundidades de 0-20 cm (38). Con respecto a el comportamiento de las diferencias de la densidad aparente (grs/cm^3) a una profundidad de 20-40 cm es similar para los tres sistemas de labranza empleados (Cuadro A-42). Debajo de la profundidad normal de labranza no se ha observado diferencia en densidad aparente (3).

5.4.2 Densidad real

La densidad real (grs/cm^3) es semejante en todos los tratamientos tanto para una profundidad de 0-20 cm como de 20-40 cm. Indicándonos la homogenidad del suelo en el área experimental para esta variable. Los valores de densidad real variaron en un promedio de 2.245 y 2.517 grs/cm^3 para la profundidad de 0-20 cm y de 2.332 y 2.427 grs/cm^3 de 20-40 cm. La densidad de las partículas de los suelos minerales es bastante constante y varía entre 2.00 y 2.75 grs/cm^3 (40). Como la densidad real no es afectada por ningún

tipo de fuerza exterior razón por la cual no fue necesario analizarla posterior a las labores de preparación del suelo. El tamaño de las partículas sólidas no influencia la densidad de las partículas (35, 8, 17). El tamaño y arreglo de las partículas del suelo no afectan la densidad de las partículas (40).

5.4.3. Porosidad

Los valores de porcentaje de porosidad posterior a las labores de preparación del suelo son iguales para los tres sistemas de labranza empleados presentando promedios que oscilan entre 48.312 y 53.022 (%) para una profundidad de 0-20 cm (Cuadro A-51) y entre 50.933 y 52.603% para una profundidad de 20-40 cm (Cuadro A-53). Los suelos arenosos superficiales presentan entre 35 y 50 por ciento de espacio poroso total, mientras que los suelos de texturas finas varían entre 40 y 60 por ciento (40). Sin embargo la diferencia relativa que existe entre tratamientos para una profundidad de 0-20 cm indica que el mayor porcentaje de porosidad se encuentra en la labranza reducida (T_2) (53.022%), siguiendo el de labranza mínima (T_3) (50.80 %) (Cuadro A-58). Diversos autores indican que el paso de maquinaria disminuye la porosidad, por el efecto de compactación del suelo, contrario a el hecho de que a mayor laboreo existirá un aumento en el espacio poroso. A medida que el paso de

maquinaria se realiza en el suelo se va compactando, disminuyendo su macroporosidad y aumentando la microporosidad por lo tanto el medio físico se va desmejorando, este efecto dentro de la labranza reducida se ve disminuida (27).

En relación a el pequeño aumento de espacio poroso en la labranza mínima se podría deber a la no destrucción de los poros formados anteriormente. Existe un incremento en las proporciones relativas de poros pequeños y medianos en la labranza mínima (3). El comportamiento de la porosidad antes de efectuar las labores de preparación del suelo y posterior a ellas a una profundidad de 20-40 cm se visualiza en la Figura 6, en el que se observa que la porosidad aumenta posterior a la labranza del suelo, existiendo la tendencia de que a mayor porosidad inicial mayor porosidad final, incrementándose a medida que exista una porosidad anterior alta (Fig. 6). El grado de correlación (r) (Cuadro 9) existente entre los valores de porosidad antes de las labores de preparación del suelo y después de éstas a una profundidad de 20-40 cm. ($r = 0.744$) demuestra que los valores de porosidad posterior de las labores se incrementaron con respecto a los de porosidad inicial, el aumento de este parámetro es influido por el porcentaje de porosidad antes de las labores, pero no en forma completa sino parcial, ya que otros factores la afectan de manera que el incremento no sólo es debido a el estado inicial de porosidad. En la Figura A-7 se observa la va-

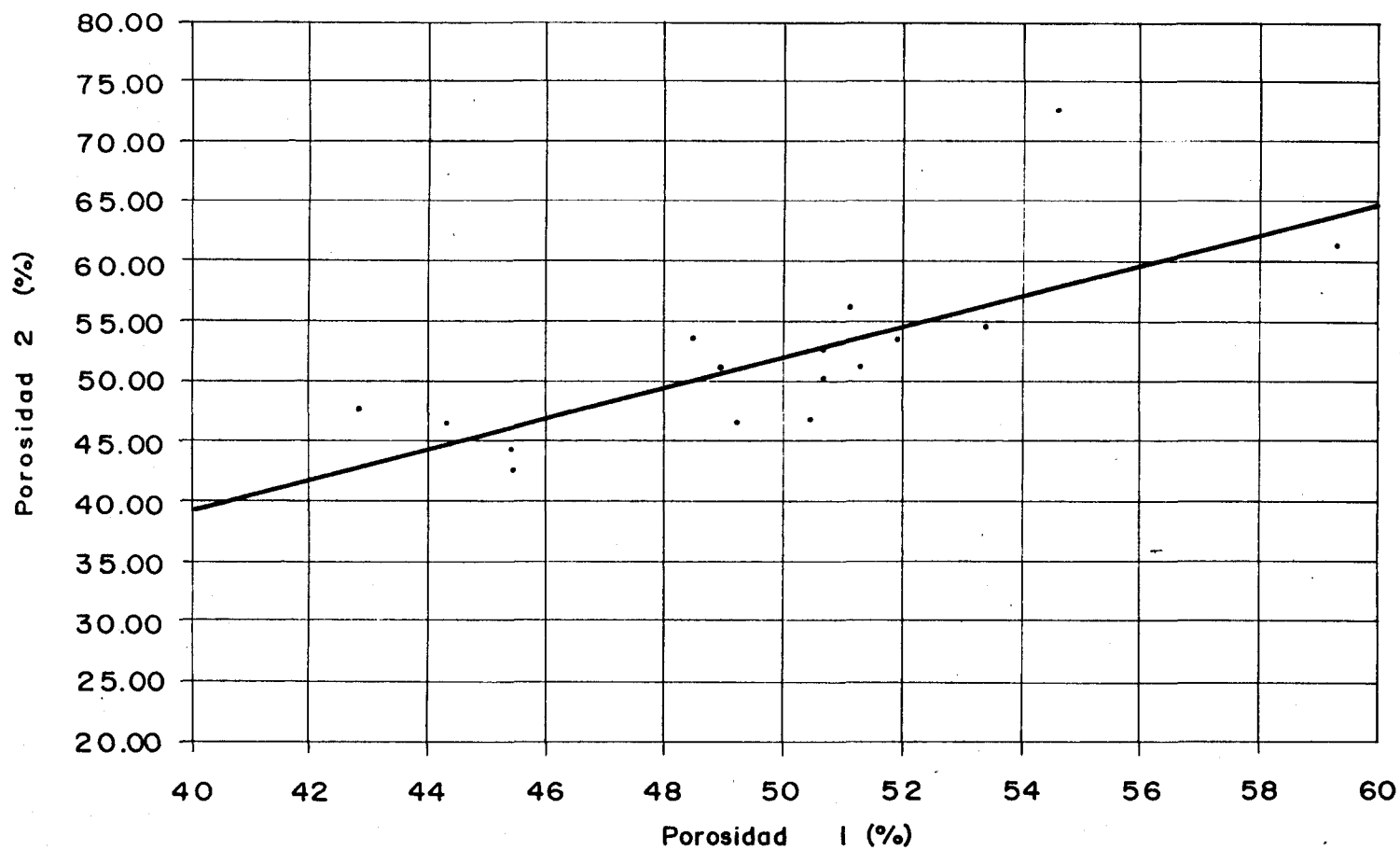


Figura 6.- Relación entre la porosidad (%) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

riación de la porosidad en los tratamientos entre las profundidades de 0-20 cm y de 20-40 cm, posterior a las labores de preparación del suelo, observándose que para el tratamiento de labranza convencional (T_1) la porosidad aumenta en la capa de 20-40 cm respecto a la capa superficial, dicho comportamiento se establece en tanto que la superficie del suelo se encuentra más pulverizada y consecuentemente más susceptible a la compactación por el paso de la maquinaria (6, 19). En el sistema de labranza reducida (T_2), se observa un mayor porcentaje de poros en la capa superficial debido a que la poca utilización del equipo pesado hace que el suelo resulte menos compactado (41, 19), al comparar la porosidad entre el sistema de labranza convencional y reducida se observa que en el reducido existe un incremento respecto al convencional para ambas profundidades evaluadas, lo cual concuerda con los resultados reportados en el estudio de sistemas de labranza realizado en CENTA donde la porosidad total incrementa en el sistema de labranza reducida comparada con el convencional (37). En el sistema de labranza mínima la porosidad para ambas profundidades es muy similar como producto de la no alteración de la estructura física del suelo (27), sin embargo se observa una leve disminución de la porosidad en la capa superficial; según estudios recientes en la mínima labranza existe un pequeño incremento en la densidad aparente que luego de pocos años se estabiliza y no se ve afectado por la subsecuente aplicación de este sistema (3), dicho incremento es el producto -

de la compactación superficial del suelo en el sistema de siembra directa (29), que consecuentemente disminuye la porosidad total en la superficie. (Fig. 7).

En la Figura 8, se observa el comportamiento de la densidad aparente con respecto a la porosidad a una profundidad de 0-20 cm en el que se visualiza el incremento de la densidad aparente a medida que la porosidad (%) decrece. El porcentaje de porosidad fue significativamente correlacionado con la densidad aparente (grs/cm^3) ($r = -0.660$), aunque no solamente esta relación es la que afecta la densidad ya que otros factores también influyen a este parámetro como la compactación por el paso de maquinaria. Las aradas y otras operaciones de preparación del suelo aumentan el espacio poroso y disminuyen la densidad aparente (40). La compactación causa una entrada del material sólido en los poros del suelo. Esto reduce el espacio poroso total y aumenta la densidad aparente (4) (Figura 8).

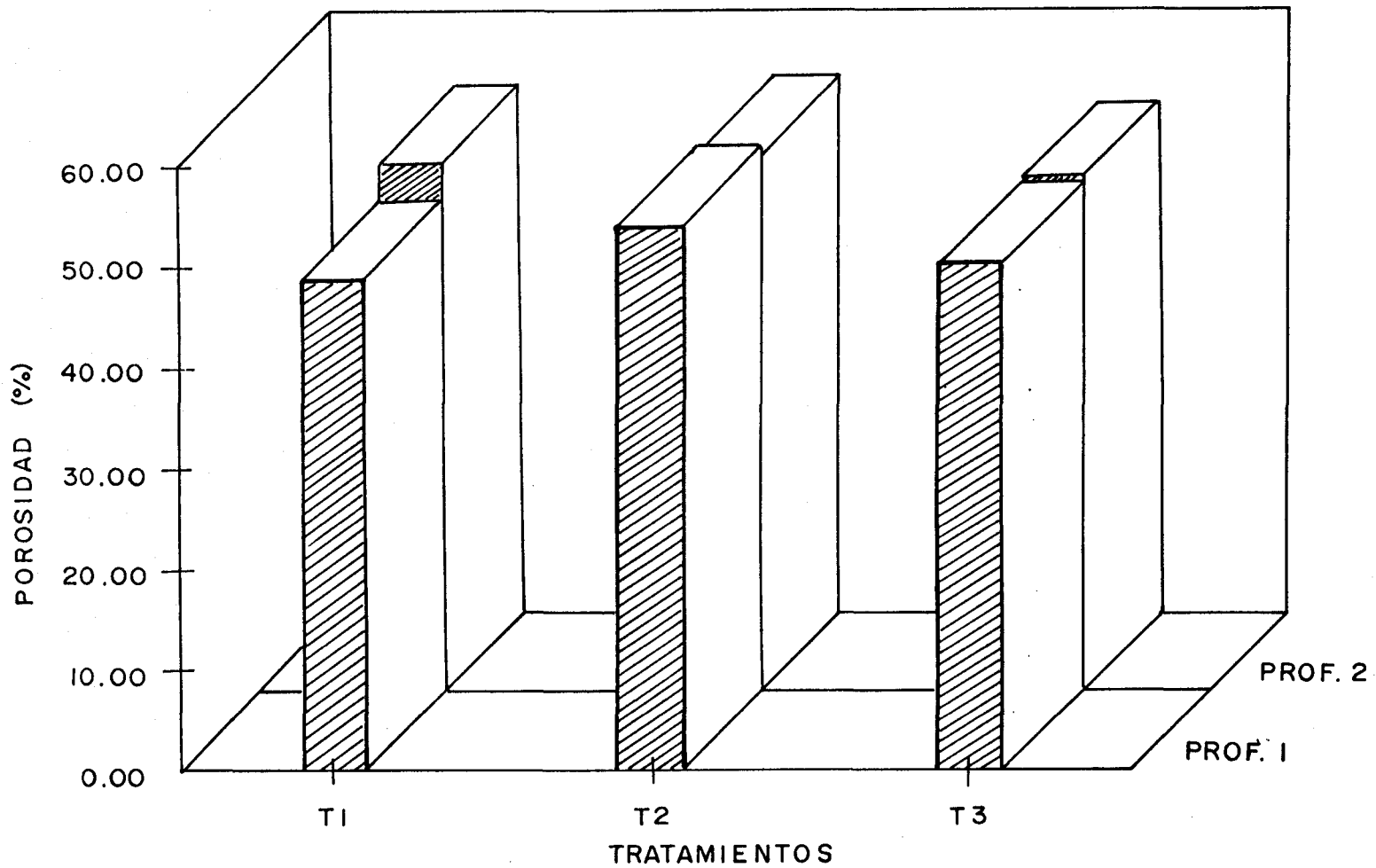


Figura 7.- Porosidad (%) para tres sistemas de labranza a dos profundidades, posterior a las labores de preparación del suelo CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

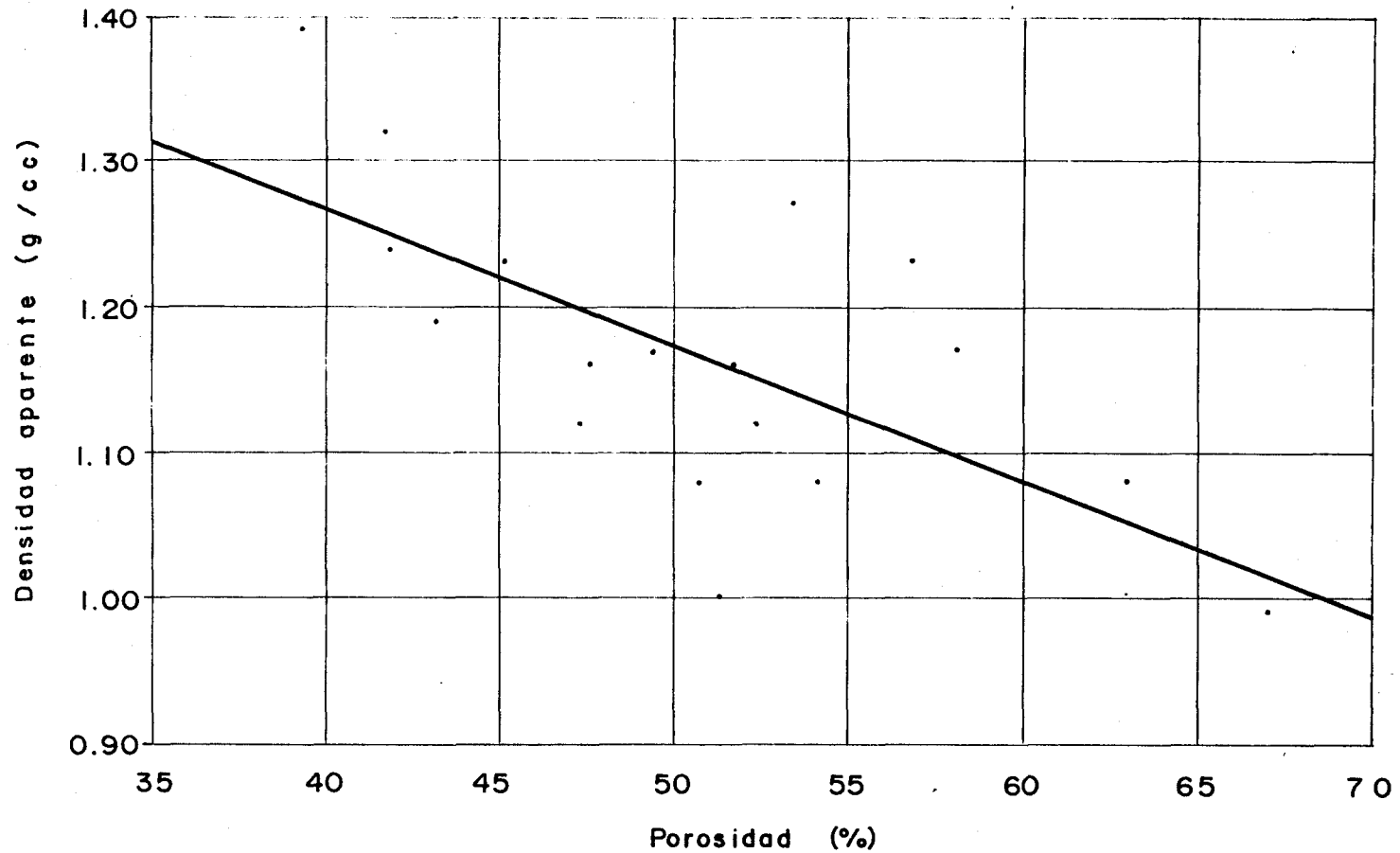


Figura 8.- Relación entre la porosidad y la densidad aparente a una profundidad de 20-40 cm, posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

5.4.4. Velocidad de infiltración

Al analizar los valores de velocidad de infiltración para los diferentes sistemas de labranza empleados se reporta que se comportan de una manera análoga para éstos (Cuadro A-58). Presentando una diferencia perceptible casi indiferente para ellos, teniendo una máxima de 2.370 cm/hora (T_1) y una mínima de 0.627 cm/hora (T_3) (Cuadro A-57), existe cierto antagonismo con respecto a este tema con relación a que si la labranza del suelo favorece la infiltración del agua o la disminuye ya que se menciona que al mejorar las condiciones físicas del suelo a través de la arada se proporciona al suelo un nuevo arreglo en su estructura, aumentando la capacidad de infiltración; por otro lado se observa que al efectuar labores de preparación del suelo se compacta la capa arable, destruyendo la estructura existente y aumentando la compactación del suelo por lo que se reduce la velocidad de infiltración. Según estudios realizados la labranza convencional presenta los menores valores de densidad aparente en la primera capa. Esto se debe a que el uso adecuado del arado y rastrillo promueve un nuevo arreglo de las partículas del suelo, aumentando así el volumen del mismo, lo que

permite mayor aireación, infiltración y almacenamiento de agua (38). En general los suelos sin labranza presentan mayor velocidad de infiltración que los suelos con labranza convencional. Este comportamiento ha sido atribuido a la mayor continuidad de los poros que no son destruidos por la labranza (3). Varios autores encontraron que el cultivo de la superficie del suelo reduce grandemente la infiltración de agua; además reportaron que la compactación del suelo derivada del uso de implementos de labranza produjo una gran reducción en la infiltración de agua (35).

5.4.5. Consistencia del suelo y esfuerzo cortante

Al evaluar la consistencia del suelo en húmedo (A-59) y el esfuerzo cortante (kg/cm^2) (A-60), se determinaron las condiciones físicas de consistencia friable. Para el tipo de suelo en estudio, el punto de consistencia friable se encuentra una humedad promedio de 7.04% y el valor de esfuerzo cortante (2.84 kg/cm^2) a una humedad promedio de 21.62%; dichos valores representan aquellas condiciones en las que se produce la menor perturbación desfavorable en la estructura física del suelo y se requiere el menor esfuerzo para realizar las labores de preparación de la cama de siembra. El punto de consistencia óptimo que permite la realización de las labores de preparación del suelo sin perturbar desfavorablemente la estructura física del suelo es el de consistencia

friable el cual se representa mediante un porcentaje de humedad (Figura 2), que según Malagón Castro (27), permite la manipulación mecánica del suelo mejorando la estructura física, permitiendo una buena agregación estructural y reducción del esfuerzo cortante requerido para los aperos -- agrícolas (Figura 1). La relación del esfuerzo cortante (kg/cm^2) y el contenido de humedad (%) es inversamente proporcional (Figura 3), si se trabaja en el límite inferior incrementa el esfuerzo cortante y se forman terrones grandes con poco beneficio para las propiedades físicas si las labores de preparación se realizan a contenidos de humedad demasiado altos se producirá un amasamiento del suelo en el punto de contenidos de humedad que determinan la friabili-dad se obtendrá los mejores resultados en relación con las prácticas de preparación de la cama de siembra (27).

5.4.6. Estructura

El análisis estructural referido a la disposición de agregados y partículas muestran que el tamaño de agregados presentes en la superficie del suelo posterior a las labores de preparación del suelo, cuenta con una mayor cantidad de agregados, pero de menor tamaño en el sistema de labranza convencional comparado con el sistema de labranza reducida, manteniéndose en ambos casos el cambio del tipo estructural de bloques angulosos o bloques subangulares, mientras

que en el sistema de labranza mínima la no remoción del suelo permite mantener las mismas características estructurales que antes de realizar las labores de preparación del --suelo. La mayor dispersión de agregados en el sistema de labranza convencional que en el sistema de labranza reducida es debido a que a pesar que con las labores de aradura se disminuye el tamaño de agregados y se aumenta un poco el número de éstos en el suelo, son las labores posteriores a la aradura (rastreado) las que determinan definitivamente el comportamiento estructural (4, 15, 24); dichas labores no son realizadas en el sistema de labranza reducida.

La estructura de un suelo es un parámetro que relaciona el estado general del suelo, dada la relación establecida entre éste y otros factores físicos como el grado de erodabilidad, capacidad de retención de humedad, porcentaje de porosidad y velocidad de infiltración (4, 26). La remoción del suelo mediante cualquier práctica de labranza pretende mejorar la estructura inicial del suelo con el fin de crear condiciones adecuadas para la germinación y facilitar el posterior desarrollo de la planta, pero este objetivo se consigue si las labores son realizadas con el equipo adecuado para el tipo de suelo, así como en las condiciones de humedad y consistencia óptimas, que determinan en gran parte que las labores de preparación del suelo tengan efectos benéficos y no que provoque daños irreparables en la estructura (4, 6, 14, 15, 33, 34). En suelos con estructura adecuada para el desa

rollo de un cultivo determinado no se justifican las prácticas de preparación del suelo, ya que de antemano el suelo cuenta con las condiciones adecuadas para el movimiento de las raíces, gases y agua, lo cual explica el éxito de la labranza mínima con el rendimiento y desarrollo de algunos cultivos, dicho sistema también hace pensar que sólo debe labrarse el suelo en la medida que el cultivo lo requiera (23).

5.4.7. Resistencia a la penetración

El análisis de la medida de la resistencia que opone el suelo a la penetración para los diferentes sistemas de labranza empleados indica que esta variable a una profundidad de 0-20 cm posterior a las labores de preparación del suelo no ha sido afectada por ninguno de los tratamientos, siendo semejante el comportamiento de este parámetro para los tratamientos con promedios que oscilan desde 2.333 kg/cm² para la labranza reducida (T₂) hasta 1.925 kg/cm² para la labranza convencional (T₁), obteniéndose para la labranza mínima (T₃) un valor de 2.217 kg/cm²) (Cuadro A-67). - Contrario a lo dicho por varios autores que reportan que la labranza convencional presenta los más altos valores de penetrabilidad debido a el efecto de compactación por el paso de maquinaria agrícola al efectuar las labores de preparación del suelo. Usualmente los suelos con labranza mí

nima muestran valores mayores que los suelos preparados mecánicamente dentro de la profundidad normal de labranza - (3).

Una de las propiedades físicas que se ve constantemente afectada, tanto por los implementos como por la maquinaria, es la compactación de suelo (19, 17). En la evaluación de diferentes sistemas de labranza se reporta que después de 12 años de cultivo que los valores de resistencia a la penetración indican una compactación superficial de suelo en el sistema de siembra directa (29). La zona de máxima compactación se va localizando más cerca a la superficie a medida que el número de operaciones de preparación aumenta (27).

En lo referente a el comportamiento de los valores de penetrabilidad a una profundidad de 20-40 cm y de 40-60 cm, muestran variaciones que indican que para éstas el mayor grado de penetración existe en el sistema de labranza mínima (T_3) presentando valores de 3.008 y 3.208 kg/cm^2 , respectivamente, siendo semejantes a el comportamiento de la labranza reducida (T_2) que presenta valores de 2.600 y 3.000 kg/cm^2 , en relación a la labranza convencional (T_1) hay un menor grado de resistencia a la penetración (Cuadro 7). Esto implica que hay un mayor esfuerzo que opone el suelo a ser penetrado en la labranza mínima (T_3), mientras que en los otros dos sistemas existe una menor compactación en las capas inferiores a la superficial, en los que posiblemente

se podría explicar que existió una remoción de suelo a esta profundidad, sin presentar compactación, según Andriulio, A.E., la labranza mínima presentó abajo de la profundidad normal de labranza el mayor valor de penetración. De bajo de la profundidad normal de labranza a pesar de no haberse observado diferencia en densidad aparente y humedad, la resistencia del suelo mostró incrementos significativos bajo el método de sin labranza (3).

Los valores de porcentaje de humedad para las diferentes pruebas de penetrabilidad a las profundidades correspondientes (Cuadros A-71 - A-78), son semejantes entre sí lo que proporciona validez para decir que la humedad no influyó en el valor de la resistencia que opone el suelo, además la humedad (%) osciló en valores menores del 40% en el que investigaciones se reportó como el límite de humedad que influye en la penetración. Se midió la resistencia del suelo a la penetración, mediante un penetrómetro estático de pistón de cinco milímetros de diámetro en dos sitios por parcela y a dos profundidades (0 y 10 cm), simultáneamente a esta medición, se tomaron muestras de suelo del mismo sitio y profundidad, para determinar la humedad y corregir la resistencia del suelo a un 40% de humedad (12).

5.4.8. Permeabilidad

Los valores de permeabilidad (cm/hora), posterior a -

efectuar las labores de preparación del suelo para cada uno de los sistemas de labranza empleados el análisis estadístico nos indica que ellos son similares entre sí (Cuadro A-88). A través de clasificación de valores se observa que para la labranza convencional (T_1) el promedio de ésta es de 8.795 cm/hora (Cuadro A-87) la clase de permeabilidad es moderadamente rápida, (Cuadro 3) para la labranza reducida (T_2) es de 5.865 cm/hora, clasificándose como moderada (Cuadro 3) y para la labranza mínima (T_3) de 1.482 cm/hora (Cuadro A-87), la clase es moderadamente lenta (Cuadro 3). Visualizándose que la clasificación en general para la permeabilidad de los tres sistemas de labranza es de moderada (Cuadro 3). Sin embargo, al realizar un análisis sencillo de observación de promedios de permeabilidad para cada uno de los tratamientos empleados se encuentran diferencias entre ellos, siendo el que presenta un mayor grado de permeabilidad el sistema de labranza convencional (T_1) (8.795 cm/hora) seguidamente el sistema de labranza reducida (T_2) (5.865 cm/hora) y por último el sistema de labranza mínima (T_3) (1.482 cm/hora) (Cuadro A-87). El Cuadro A-89 nos indica los valores de diferencias entre la permeabilidad (cm/hora), posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas en el que nos proporciona los promedios de las diferencias para cada uno de los tratamientos lo que nos da una idea del comportamiento de esta variable en referencia a el estado inicial con relación a el estado

final, observándose que existió un mayor aumento para la labranza convencional (T_1), aumentando también en las dos labranzas siguientes (T_2 y T_3) pero en una proporción menor. Estimándose que este factor no fue afectado por el nivel de compactación en los sistemas de labranza con aradura (T_1 y T_2) existiendo la tendencia a incremento posterior a éstas, debido a la porosidad existente en éstas, ya que este factor no es influido directamente por la cantidad de porosidad total sino por el tamaño y continuidad de los poros. Con respecto al poco aumento de la permeabilidad en el sistema de siembra mínima (T_3) se puede señalar que es debido a que ningún factor ha influido en su modificación. Al realizar el análisis estadístico se llega a la conclusión de que estos valores son iguales entre sí. Las labores superficiales aumentan la conductividad hidráulica y las pérdidas por erosión (19). La materia orgánica y las labores pueden también directamente alterar la permeabilidad (39). Los valores calculados indicaron, a pesar de las limitaciones del método, que la misma resultó alta en ambos sistemas de labranza, aunque en el suelo bajo labranza convencional fue mayor que bajo siembra directa, siendo las diferencias más marcadas a 0-5 cm (3). Este movimiento es principalmente a través de los poros grandes y depende del tamaño relativo y continuidad de los poros. Esta propiedad no parece estar relacionada muy de cerca con la porosidad total (35,39). - Varios autores llegaron a la conclusión que las grietas --

abiertas dentro del suelo no son importantes para el movimiento del agua y que inclusive puede retardarlo (39).

5.5. Análisis bioeconómico del cultivo de vigna para los sistemas de labranza empleados

Al analizar económicamente los sistemas de labranza evaluados (Cuadro A-91 -- A-93), se observa que los costos de producción por hectárea son inferiores para el S.L.C. -- que para el S.L.M. y S.L.R. respectivamente. Este comportamiento se establece a pesar que el S.L.C. presenta el mayor valor en los costos de preparación de la cama de siembra, sin embargo los costos de las labores culturales y el ahorro de algunas actividades mecanizadas como el subsoleado, cultivador de campo y utilización de la asperjadora -- (boom), además la utilización de equipo especializado que permite realizar varias actividades en una misma labor, como el de la sembradora mecánica (siembra, fertilización y aplicación de insecticida al suelo), disminuye la utilización de mano de obra; por todo lo anterior los costos de producción por hectárea del S.L.C. son menores que en los otros sistemas evaluados.

La evaluación del beneficio por hectárea no muestra diferencias muy marcadas entre los sistemas de labranza evaluados, pero el comportamiento de los resultados muestra --

que el S.L.C. supera al S.L.M. y S.L.R., respectivamente, concordando este comportamiento con los resultados reportados en otras investigaciones donde reportan la alta rentabilidad del S.L.C. comparada con el S.L.R. y S.L.M. (38).

El comportamiento de la relación beneficio costo muestra que el S.L.M., presenta un menor valor que el S.L.C. y S.L.R., estableciéndose dicho comportamiento como una relación inversa entre el beneficio por unidad y el costo por unidad, de tal forma que para el S.L.M. con el menor valor de beneficio por unidad, presenta el mayor valor de costo por unidad y por tanto el menor valor en la relación beneficio/costo. (Figura 9).

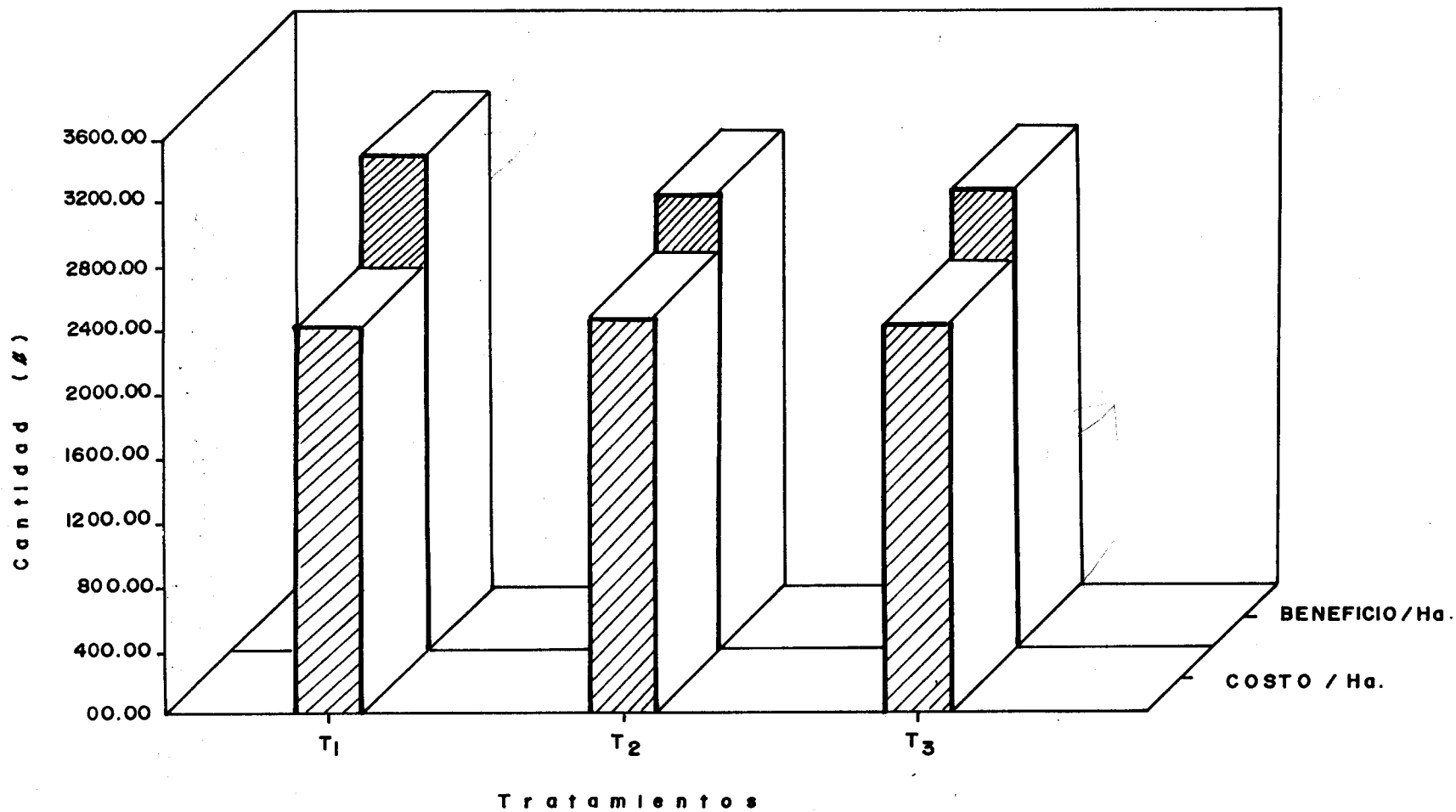


Figura 9 - Costos de producción y beneficio por hectarea en colones para el cultivo de vinya (*Vigna sinensis*) en los diferentes sistemas de labranza empleados, CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992 .

Cuadro 8. Matriz de correlaciones para los parámetros de cultivo y variables de las propiedades físicas del suelo y sus derivados.

VARIABLE INDEPENDIENTE \ VARIABLE DE PENDIENTE	Longitud de raíz (cm)	Diámetro de planta (mm)	Peso seco de planta (grs)	Peso seco de raíz (grs)	Peso seco de nódulos (grs)	Altura de plantas (cm)	Vainas secas por planta	Longitud de ejote (cm)	Rendimiento ejote (kg/ha)	Peso de 100 ejotes (grs)	Número de granos por vaina	Peso de 100 semillas (grs)	Rendimiento en grano (kg/ha)
Porosidad (%) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad DE 0-20 cm.	0.439	0.359	0.340	0.261	0.165	-0.018	-0.003	0.151	-0.303	0.024	0.133	-0.514*	0.511*

* : Significativo al 5% ($P \leq 0.05$).

Cuadro 9. Matriz de correlaciones para las variables de las propiedades físicas -- del suelo y sus derivadas.

VARIABLE DEPENDIENTE	Permeabilidad II	Penetrabilidad II-1	Penetrabilidad II-2	Penetrabilidad II-3	Porosidad II-1	Porosidad II-2	Densidad Aparente II-1	Densidad Aparente II-2	Penetrabilidad I-1	Penetrabilidad I-2	Penetrabilidad I-3
Permeabilidad I	0.269										
Penetrabilidad I-1		-0.082									
Penetrabilidad I-2			-0.068								
Penetrabilidad I-3				-0.348							
Porosidad I-1					0.261						
Porosidad I-2						0.744**					
Densidad aparente I-1							-0.055				
Densidad aparente I-2								0.418			
Porcentaje humedad I-1									0.078		
Porcentaje humedad I-2										0.481*	
Porcentaje humedad I-3											0.041
Porcentaje humedad II-1		-0.104									
Porcentaje humedad II-2			-0.253								
Porcentaje humedad II-3				-0.113							
Porosidad II-1							-0.660**				

* Significativo al 5% ($P \leq 0.05$)

** Significativo al 1% ($P \leq 0.01$)

I - Antes de las labores de preparación del suelo

II - Posterior a las labores de preparación del suelo

1 - Profundidad de 0-20 cm

2 - Profundidad de 20-40 cm

3 - Profundidad de 40-60 cm

Cuadro 12. - Costos de producción del cultivo de Vigna (Vigna sinensis). Sistema de labranza mínima (L.M.) 1992.

- Rendimiento / ejote / Ha :	2135 Kg (46.97qq)	Costo / Ha :	2441.97
- Precio de venta / unidad :	0.75	Costo / unidad :	1.42
- Valor de la producción :	1601.25	Beneficio / Ha: Ejote:	1601.25
- Rendimiento grano / Ha :	1722 Kg (37.88 qq)	Grano seco :	1690.83
- Precio de venta / unidad :	2.4	TOTAL :	3292.08
- Valor de la producción :	4132.8	Beneficio / unidad :	
		Ejote :	0.75
		Grano seco :	0.98
		TOTAL :	1.73
		Relación beneficio / costo :	1.22

Descripción	Total ₡	Mano de obra			Materiales			
		# Jor- nales	Costo jornal ₡	Costo total ₡	C l a s e	Cantidad utilizada	Precio unidad ₡	Costo total ₡
Insumos :	620.22							
Semilla					Mejorada	29.50 Kg	3.30	97.35
Fertilizante					Sulfato de amonio	136.36 Kg	0.98	133.63
Pesticidas					Agromil 2.5 g	22.73 Kg	7.92	180.02
					Tamaron 600 C.E.	1.42 Lts	75.00	106.50
					Paragat	2.14 Lts	48.00	102.72
Preparación del suelo :	240.00							
Chapoda y quema		12*	20.00	240.00				
Labores culturales :	640.00							
Siembra		8	20.00	160.00				
Fertilización y aplicación de insecticida al suelo		3	20.00	60.00				
Aplicación herbicida		3	20.00	60.00				
Raleo y limpia manual		10	20.00	200.00				
Aplicación insect.follaje		8	20.00	160.00				
Cosecha :	460.00							
Corte (ejote, vaina seca)		12*	20.00	240.00				
Secado y volteo		3	20.00	60.00				
Aporreo, soplado, ensacado		8	20.00	160.00				
Transporte interno (₡0.50/qq)	42.40							
SUB-TOTAL	2002.62							
Administración 3%	60.08							
SUB-TOTAL	2062.70							
Imprevistos 5%	103.13							
SUB-TOTAL	2165.83							
Interes 17% (9 meses)	276.14							
T O T A L	2441.97							

6. CONCLUSIONES

1. De manera general los resultados del presente trabajo - muestran que la alteración del medio edáfico, a través de los sistemas de labranza empleados no influyen marcadamente en el comportamiento de los componentes del rendimiento del cultivo, exceptuando el rendimiento de grano seco (kg/ha), que presenta una correlación significativa entre ésta y la porosidad (%) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm.
2. Las propiedades físicas del suelo no sufrieron cambios importantes como consecuencia de haber sido sometidos a labranzas diferentes, exceptuando el comportamiento del esfuerzo a la penetración posterior a las labores de preparación de la cama de siembra a las profundidades de 20-40 cm y 20-40 cm, presentando promedios superiores en el sistema de labranza mínima (3,008 y 3,208 kg/cm²) y los menores en el convencional (2,400 y 2,625 kg/cm²)
3. El comportamiento de la fisiología y rendimiento del cultivo de vigna no son influenciados por los sistemas de labranza empleados, exceptuando el número de granos por vaina, que presenta el mayor valor para el sistema de labranza convencional (14,333) y el menor en el sistema de labranza mínima (13,167). Sin embargo, la similitud presentada para los demás parámetros es el efecto de la mis-

ma capacidad genética de la planta.

4. Las diferencias de rentabilidad entre los sistemas de labranza empleados son el efecto de la relación entre los - costos de producción de cada sistema, como también de la compensación entre el comportamiento del rendimiento en ejote y grano seco del cultivo, presentando la mayor rentabilidad el sistema de labranza reducida, convencional y mínima respectivamente.

5. La semejanza del comportamiento en las propiedades físicas del suelo entre los sistemas de labranza empleados es causa de la alteración, inicial de la estructura física del suelo en la que se encontraba el área de evaluación del presente ensayo.

7. RECOMENDACIONES

1. Continuar la evaluación de los parámetros físicos del suelo y de rendimiento del cultivo bajo los tres sistemas de labranza, seleccionar la misma área de evaluación, así como también diferentes tipos de suelo e iniciar dicha evaluación de terrenos con período de barbecho de aproximadamente tres años y con una continuidad en la evaluación como mínimo de ocho años que permita la verificación de los resultados obtenidos en cada período de experimentación.
2. Dada la similitud presentada en el rendimiento y rentabilidad del cultivo de vigna (Vigna sinensis), puede establecerse bajo cualquiera de los sistemas de labranza evaluados, los cuales se caracterizan de acuerdo o la forma de tenencia de la tierra y los recursos económicos con que cuentan los agricultores, además que se cuenta con las condiciones edáficas y climáticas similares a las del lugar en la presente evaluación.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ALVAREZ SOLIS, J.D.; CARDENAS, M.; TASISTRO, A.; VESGA CALA A.B. 1990. Nodulación y rendimiento del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris), tratado con diferentes herbicidas en dos sistemas de labranza. - Turrialba (C.R.) 40(2): 250-256.
2. ALEXANDER, M. 1967. Introduction to soil microbiology 4 ed. Editorial New York. P. 326-350.
3. ANDRIULIO, A.E.; ROSELL, R.A. 1988. Propiedades físicas y edáficas en dos sistemas de labranza. Turrialba (C.R.) 38(4): 365-375.
4. ANGULO, R. 1988. Manejo del suelo en las zonas de producción de soja de Bolivia. In Reunión sobre manejo y conservación de suelos. (XXIV., 1987, Santiago, Chile). Diálogo. Ed. Juan P. Puinau. Montevideo, Uru., IICA. 11 P 11-19.
5. AUBERT, C. 1987. El huerto biológico. Barcelona, España. AGPO. 17 P.
6. BALDERRAMA, J. 1988. Trabajos realizados en la subregión del Chaco húmedo, Bolivia. In Reunión sobre manejo y conservación de suelos. (XXIV., 1987, Santiago, Chile). Diálogo. Ed. Juan P. Puinau. Montevideo, URU. IICA. 11 P. 55-57.

7. BARQUERO, H.T.; CAMACHO HENRIQUEZ, A. 1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en la labranza cero. Managua, Nic., MINDIRA. P. 87-90.
8. BAVER, L.D. 1973. Física de suelos. México, D.F., UTEHA. 529 P.
9. BRAVO PEREZ, E. 1965. Pruebas de henificación en rabiza (Vigna sinensis), bajo condiciones naturales. Tesis Ing. Agr., Universidad de Costa Rica. P. 4-5.
10. BRITO LARA, M. 1972. Preparación y mantenimiento de los suelos algodoneros de El Salvador. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. Santa Tecla. P. 9.
11. CAÑAS REYES, V.M.; OSORIO TORRES, M.J. 1991. Clasificación de tierras con fines de riego de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador. P. 76, 93-94.
12. CARBALLO, M.; SAUNDERS, J.L. 1990. Labranza del suelo e insecticidas : Efecto sobre la incidencia de Cyrtomenus bergi. Froeschner en maíz. Turrialba (C.R.) 40(2) : 250-256.
13. CASTELLANOS, W. 1988. Efecto del estiércol sobre el suelo. Turrialba (C.R.). 38(4): 288-294.

14. DIRECCION GENERAL DE EDUCACION TECNOLOGICA AGROPECUARIA (MEX.). 1982. Riego y drenaje. Trad. por - Marta F. Orozco Luna. México, D.F. Trillas (Manuales para educación agropecuaria No. 34). P. 23-24.
15. FORSYTHE, W. s.f. Física de suelos. Manual de laboratorio. San José, C.R. IICA. 212 P.
16. FOGG, G.E. 1973. El crecimiento de las plantas. Trad. por Jorge Wright. 12 ed. Buenos Aires, Arg., Eudeva. P. 219.
17. FOTH, H.D.; TURK, L.M. 1981. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. por Juan Nava Díaz. 5 ed. - México, D.F. Continental. P. 62-75.
18. GAUCHER, G. 1971. El suelo y sus características agronómicas. Trad. por J. Pérez Malla. Barcelona, España, Omega. P. 210-216.
19. GAVANDE, S.A. 1976. Física de suelos. Principios y aplicaciones. México, D.F., Limusa. 351 P.
20. GONZALEZ OLMEDO, R. s.f. Métodos y técnicas del riego. San Salvador, El Salv., D.G.R. N. P. 4-22.
21. GRAHAM, R.H.; HUBBELL, D. 1974. Interacción del suelo, la planta y el Rhizobium en la agricultura tropical. In Seminario sobre manejo de suelos y el proceso de desarrollo en América Tropical. Cali, Col., CIAT. P. 12.

22. HALL, A.D. 1948. Estudio científico del suelo. Una introducción al estudio y crecimiento de las cosechas. Trad. José García Vicente. Madrid, España, Aguilar. P. 106-110.
23. IBÁÑEZ CIFUENTES, M. 1988. Oportunidad de la labranza y sus efectos. In Reunión sobre manejo y conservación de suelo. (XXIV., 1987, Santiago, Chile). Diálogo. Ed. Juan P. Puinau. Montevideo, Uru., IICA 11 P. 59-64.
24. INSTITUTO TECNOLÓGICO CENTROAMERICANO. s.f. Principios sobre labranza mínima. La Libertad, El Salvador. Departamento de Ingeniería Agrícola. Mecanización Agrícola. 12 P.
25. JUAREZ DUBON, K.L.; LANDAVERDE VALLE, M.J.; SANCHEZ DELGADO, B.A. 1991. Diseño de un programa de riego para la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador. 113 P.
26. LOW, A.J. 1972. The effect of cultivation on the structure and other physical characteristics of grassland and arable soils. The Journal of Soil Science. (London). 23(4): 363-380.
27. MALAGON CASTRO, D. 1974. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá, Col., Instituto Geográfico "Agustín Godazzi", Ministerio de Hacienda y Crédito Público. X V., 311 P.

28. MANEJO DE agua a nivel de finca. 1990. Santa Tecla, El Salv., CENTA. P. I.
29. MARELLI, H.J. 1987. Siembra directa de soja sobre trigo en Argentina. In Reunión sobre manejo y conservación de suelos. (XXIV., Santiago, Chile). Diálogo. Ed. Juan P. Puinau, Montevideo, Uru, IICA ll. P. 47-54.
30. MARTINEZ MORALES, O.A. 1984. Desempeño bioeconómico del sistema de cultivo frijol de costa (Vigna unguiculata) maíz (Zea mays) sometidos a cambios de variedades y fertilización, en El Divisadero, Departamento de Morazán. Tesis Ing. Agr. El Salv. Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". P. 11-13.
31. MATEO BOX, J.M. 1969. Leguminosas de grano. Habana, Cuba. Edición Revolucionaria. P. 300-313.
32. MONTENEGRO MONTALVO, T.; DE VILLEGAS, M.E.; ESCOBAR RUIZ, C.E. 1989. Manual de costos de producción de granos básicos 1988-1989. Unidad de Validación, Sección Socioeconómica. CENTA, La Libertad (El Salv.). 18 P.
33. MORLEY, F.H. 1961. Subterranean clover. Advan. Agron. (EE. UU.). No. 13: 57-123.
34. ORTIZ CAÑAVATE, J. 1989. Técnica de la mecanización agraria. 3 ed. Madrid, España. Mundi Prensa. 643 P.

35. PERDOMO, R.; HAMPTON, H.E. 1970. Ciencia y tecnología del suelo. Gua. Centro de Producción de Materiales de la Universidad de San Carlos. 366 P.
36. SANCHEZ MARROQUIN, A. 1964. Microbiología agrícola. Chapingo, Méx. Serie de Apuntes No. 3.
37. SOSA, M.; MENDOZA, V.M. 1985. Experimentos explotarios de componentes agronómicos en el sistema maíz frijol, bajo labranza mínima y convencional, en el área de Opico-Quezaltepeque, Departamento de La Libertad. El Salv. PCCMCA. V.l. P. M 33/1; M 33/11.
38. TERREROS, O.; GONZALEZ, V.M.; ROJAS, P.H. 1987. Producción de soya bajo tres sistemas de labranza. Acta agronómica (Colomb.) 37(2): 47-58.
39. THORME, D.W.; PETERSON, M.B. 1985. Técnicas de riego, fertilidad y explotación de los suelos. Trad. por José Luis Lepe., Méx. D.F. Continental. 486 P.
40. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. 1978. Porosidad, densidad aparente y real. Departamento de Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas. 15 P.
41. VARGAS, A.J. 1983. Labranza mínima y cero. San Salvador, El Salv., Instituto Técnico Centroamericano. P. 1-12.
42. VIDES, B.J.E.; ARIAS, M.R.; CABRERA, B.A. 1978. Comparación de la cama de siembra para maíz. PCCMCA. Vol. 2. P. M 7/1, M 7/8.

9. A N E X O S

Cuadro A-1. Altura promedio de plantas (cm), de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (T_2)	Labranza mínima (T_3)
I	32,20	31,60	26,10
II	34,10	28,80	28,60
III	28,20	33,20	32,80
IV	30,10	30,90	34,80
V	31,90	30,10	27,90
VI	37,80	34,90	26,10
TOTAL	194,300	189,500	176,300
MEDIA	32,383	31,583	29,383

Cuadro A-2. Análisis de Varianza para la altura promedio de plantas (cm), de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	21,22	4,244	0,34 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	28,96	14,480	1,17 ^{n.s.}	3,71
Error	10	123,47	12,347		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$).

Cuadro A-3. Diámetro (mm) promedio de plantas, de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (T_2)	Labranza mínima (T_3)
I	8,52	8,64	9,53
II	8,88	11,12	9,61
III	9,45	9,70	7,82
IV	9,69	10,61	9,05
V	9,54	9,16	9,57
VI	10,33	10,36	8,71
TOTAL	56,410	59,590	54,290
MEDIA	9,402	9,932	9,048

Cuadro A-4. Análisis de Varianza para el diámetro (mm) promedio de planta de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	2,78	0,55	0,92 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	2,37	1,18	1,96 ^{n.s.}	3,71
Error	10	6,05	0,60		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

* = Significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-5. Longitud promedio de raíces (cm), de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	16,00	16,40	15,00
II	16,00	11,56	15,84
III	16,36	17,36	11,58
IV	13,72	14,70	16,42
V	14,50	13,46	16,06
VI	16,87	15,52	14,32
TOTAL	93,450	89,000	89,220
MEDIA	15,575	14,833	14,870

Cuadro A-6. Análisis de Varianza para la longitud (cm) promedio de raíces de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	3,95	0,790	0,19 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	2,10	1,048	0,25 ^{n.s.}	3,71
Error	10	41,13	4,113		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-7. Número de nódulos promedio por planta de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencial (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	10	27	19
II	16	13	22
III	10	15	8
IV	11	19	16
V	7	7	2
VI	20	13	6
TOTAL	74,000	94,000	73,000
MEDIA	12,333	15,667	12,167

Cuadro A-8. Análisis de Varianza para el número de nódulos promedio por planta de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	346,28	69,256	2,21 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	46,78	23,389	0,75 ^{n.s.}	3,71
Error	10	313,22	31,322		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-9. Peso seco de plantas (grs) de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza m \bar{I} - nima (T_3)
I	11,03	19,19	24,55
II	20,73	30,25	20,85
III	23,47	22,95	13,38
IV	25,56	24,85	22,06
V	20,44	27,23	30,26
VI	21,22	18,43	13,90
TOTAL	122,450	142,900	125,000
MEDIA	20,408	23,817	20,833

Cuadro A-10. Análisis de Varianza para el peso (grs) seco por planta de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	177,47	35,494	1,36 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	41,40	20,698	0,80 ^{n.s.}	3,71
Error	10	260,24	26,024		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-11. Peso seco promedio de raíces (grs), de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí- nima (T_3)
I	0,73	0,89	0,75
II	0,80	1,29	0,98
III	1,00	0,97	0,56
IV	0,79	0,90	0,92
V	0,79	0,75	1,17
VI	1,22	0,78	0,96
TOTAL	5,330	5,580	5,340
MEDIA	0,888	0,930	0,890

Cuadro A-12. Análisis de Varianza para el peso (grs) seco de raíz de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0,12	0,023	0,50 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	0,01	0,003	0,07 ^{n.s.}	3,71
Error	10	0,47	0,047		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-13. Peso seco de nódulos (grs), de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencial (\bar{T}_1)	Labranza reducida (T_2)	Labranza mínima (T_3)
I	0,45	0,80	0,95
II	0,44	0,28	0,82
III	0,30	0,74	0,15
IV	0,36	1,04	0,43
V	0,14	0,05	0,04
VI	0,25	0,09	0,15
TOTAL	1,940	2,000	2,540
MEDIA	0,323	0,333	0,423

Cuadro A-14. Análisis de Varianza para el peso (grs) seco de nódulos de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0,87	0,174	3,21 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	0,04	0,018	0,34 ^{n.s.}	3,71
Error	10	0,54	0,054		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-15. Número promedio de ejotes por planta de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPRX, San Luis Talpa, La Paz. 1991

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí- nima (T_3)
I	18	14	14
II	16	10	13
III	13	11	10
IV	14	13	10
V	12	18	10
VI	11	11	11
TOTAL	84,000	77,000	70,000
MEDIA	14,000	12,833	11,667

Cuadro A-16. Análisis de varianza para el número de ejotes por planta de Vigna sinensis. CAPREX, San -- Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	39,17	7,833	1,24 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	16,33	8,167	1,30 ^{n.s.}	3,71
Error	10	63,00	6,300		

n.s. = No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-17. Longitud promedio de ejote (cm) de Vigna sinensis para los sistemas de labranza empleados, CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

T R A T A M I E N T O			
REPETICION	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (\bar{T}_2)	Labranza m \bar{i} - nima (\bar{T}_3)
I	18,61	18,80	17,52
II	18,54	18,17	18,31
III	18,63	17,17	17,61
IV	18,93	18,59	17,28
V	18,15	18,14	19,10
VI	18,53	18,17	18,63
TOTAL	111,390	109,040	108,450
MEDIA	18,565	18,173	18,075

Cuadro A-18. Análisis de varianza para la longitud promedio de ejote (cm) de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0,88	0,175	0,49 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	0,81	0,403	1,13 ^{n.s.}	3,71
Error	10	3,58	0,358		

n.s. = No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-19. Rendimiento en ejote (kg/ha) de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza m \bar{i} - nima (T_3)
I	2273	2282	(2267)
II	2425	2262	2758
III	1730	(958)	1128
IV	2745	2141	1597
V	2292	(1537)	1724
VI	3307	1786	3337
TOTAL	14772.000	10966.000	12811.000
MEDIA	2462.000	1827.667	2135.167

Cuadro A-20. Análisis de varianza para el rendimiento en ejote (kg/ha) de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	4262887.61	852577.522	3.33*	3.33
Tratamientos	2	1207510.11	603755.056	2.36 ^{n.s.}	3.71
Error	7	1791596.56	255942.365		

n.s. = No significativo ($P \leq 0.05$)

* = Significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-21. Peso (grs) promedio de 100 ejotes de Vigna sinensis para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa. La Paz.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (\bar{T}_2)	Labranza m \bar{I} - nima (\bar{T}_3)
I	695.50	713.30	712.48
II	658.40	731.30	707.58
III	695.38	639.48	665.54
IV	721.64	722.42	631.51
V	711.40	674.32	691.00
VI	715.90	715.36	682.78
TOTAL	4198.220	4196.480	4090.890
MEDIA	699.703	699.413	681.815

Cuadro A-22. Análisis de varianza para el peso promedio de 100 ejotes (grs) de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	3173.38	634.675	0.62 ^{n.s.}	3.33
Tratamientos	2	1259.56	629.778	0.62 ^{n.s.}	3.71
Error	10	10163.02	1016.302		

n.s. : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-23. Número de vainas secas promedio por planta de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí- nima (T_3)
I	11	14	18
II	8	17	12
III	12	8	10
IV	14	14	13
V	16	16	13
VI	16	10	12
TOTAL	77,000	79,000	78,000
MEDIA	12,833	13,167	13,000

Cuadro A-24. Análisis de Varianza para el número de vainas secas promedio por planta de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	47,33	9,467	0,96 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	0,33	0,167	0,02 ^{n.s.}	3,71
Error	10	98,33	9,833		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-25. Número de granos promedio por vaina de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí- nima (T_3)
I	15	14	15
II	14	15	14
III	14	13	11
IV	15	14	13
V	14	14	13
VI	14	14	13
TOTAL	86,000	84,000	79,000
MEDIA	14,333	14,000	13,167

Cuadro A-26. Análisis de Varianza para el número de granos promedio por vaina de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	7,17	1,433	2,87 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	4,33	2,167	4,33 [*]	3,71
Error	10	5,00	0,500		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

* = Significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-27. Peso promedio de 100 semillas (grs) de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados, CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza m \bar{i} - nima (T_3)
I	18,10	18,02	15,54
II	17,64	17,43	21,67
III	18,79	19,77	19,66
IV	19,59	15,52	17,61
V	22,74	17,22	17,77
VI	18,40	19,14	17,49
TOTAL	115,260	107,100	111,740
MEDIA	19,210	17,850	18,623

Cuadro A-28. Análisis de Varianza para el peso (grs) promedio de 100 semillas de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	8,35	1,669	0,48 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	5,58	2,792	0,80 ^{n.s.}	3,71
Error	10	34,74	3,472		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-29. Rendimiento de grano seco (Kg/Ha) de Vigna sinensis, para los sistemas de labranza empleados. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí- nima (T_3)
I	1816	2120	1562
II	1745	1927	1724
III	1633	1643	790
IV	1683	1654	1805
V	1623	1977	2800
VI	1765	1623	1652
TOTAL	10265,000	10944,000	10333,000
MEDIA	1710,833	1824,000	1722,167

Cuadro A-30. Análisis de Varianza para el rendimiento de grano seco (Kg/Ha) de Vigna sinensis. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	954215,33	190843,067	1,40 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	46610,33	23305,167	0,17 ^{n.s.}	3,71
Error	10	1367290,33	136729,033		

n.s. = No significativo (P ≤ 0,05)

Cuadro A-31. Valores de Densidad Aparente (grs/cm³), antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza convencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	1,23	1,10	1,21
II	1,27	1,18	1,18
III	1,13	1,14	1,14
IV	1,21	1,21	1,28
V	1,10	1,32	1,12
VI	1,17	1,13	1,14
TOTAL	7,110	7,080	7,070
MEDIA	1,185	1,180	1,178

Cuadro A-32. Análisis de Varianza para la Densidad Aparente (grs/cm³) antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0,02	0,004	0,83 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	0,001	0,0005	0,01 ^{n.s.}	3,71
Error	10	0,05	0,005		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-33. Valores de Densidad Aparente (grs/cm³) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí- nima (T_3)
I	1,19	1,18	1,20
II	1,16	1,19	1,16
III	1,15	1,13	1,15
IV	1,30	1,16	1,13
V	1,25	1,20	1,27
VI	1,19	1,26	1,15
TOTAL	7,240	7,120	7,060
MEDIA	1,207	1,187	1,177

Cuadro A-34. Análisis de Varianza para la Densidad Aparente (grs/cm³), antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0,02	0,003	1,33 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	0,00	0,001	0,59 ^{n.s.}	3,71
Error	10	0,02	0,002		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-35. Valores de Densidad Aparente (grs/cm³), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza convencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	1,08	1,17	1,27
II	1,12	1,17	1,08
III	1,16	1,00	1,24
IV	1,19	0,99	1,23
V	1,32	1,23	1,08
VI	1,12	1,16	1,39
TOTAL	6,990	6,720	7,290
MEDIA	1,165	1,120	1,215

Cuadro A-36. Análisis de Varianza para la Densidad Aparente (grs/cm³), posterior a las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 0-20cm CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0,03	0,005	0,42 ^{n.s.}	3,33
Tratamientos	2	0,03	0,014	1,04 ^{n.s.}	3,71
Error	10	0,13	0,013		

n.s. = No significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro A-37. Valores de densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con ventional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	1,21	1.20	1.20
II	1,04	1.26	1.13
III	1.10	1.08	1,15
IV	1.17	0.90	1.14
V	1.17	1.17	1.16
VI	1,14	1.22	1.13
TOTAL	6.830	6.830	6,910
MEDIA	1.138	1.138	1.152

Cuadro A-38. Análisis de varianza para la densidad aparente (grs/cm^3), posterior a las labores de -- preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0.03	0.007	0.88 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	0.00	0.000	0.05 ^{ns}	3.71
Error	10	0.08	0.008		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-39. Valores de diferencias entre la densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza convencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	-0.15	0.075	0.06
II	-0.15	-0.005	-0.095
III	0.035	-0.14	0.105
IV	-0.02	-0.22	-0.045
V	0.22	-0.09	-0.035
VI	-0.05	0.035	0.25
TOTAL	-0.115	-0.345	0.240
MEDIA	-0.019	-0.057	0.040

Cuadro A-40. Análisis de varianza para la diferencia entre la densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de efectuarlas, a una profundidad de 0-20 cm. - CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	-0.07	0.014	0.87 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	0.03	0.015	0.94 ^{ns}	3.71
Error	10	0.16	0.016		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-41. Valores de diferencias entre la densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

T R A T A M I E N T O			
REPETICION	Labranza convencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (T_2)	Labranza mínima (T_3)
I	0.02	0.025	0.005
II	-0.115	0.07	-0.025
III	-0.05	-0.045	0.00
IV	-0.125	-0.26	0.015
V	-0.08	-0.025	-0.11
VI	-0.045	-0.04	-0.02
TOTAL	-0.395	-0.275	-0.135
MEDIA	-0.096	-0.046	-0.022

Cuadro A-42. Análisis de varianza para la diferencia entre la densidad aparente (grs/cm^3) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0.03	0.007	1.24 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	0.01	0.003	0.51 ^{ns}	3.71
Error	10	0.06	0.006		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-43. Valores de densidad real (grs/cm³) a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza convencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	2.24	2.27	2.77
II	2.37	2.31	2.21
III	2.40	2.05	2.13
IV	2.09	2.39	2.84
V	2.26	2.24	2.91
VI	2.16	2.21	2.24
TOTAL	13.520	13.470	15.100
MEDIA	2.253	2.245	2.517

Cuadro A-44. Análisis de varianza para la densidad real (grs/cm³) a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0.23	0.046	0.83 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	0.29	0.143	2.60 ^{ns}	3.71
Error	10	0.55	0.055		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-45. Valores de densidad real (grs/cm³) a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (\bar{T}_2)	Labranza m \bar{i} - nima (\bar{T}_3)
I	2.18	2.16	2.46
II	2.37	2.34	2.35
III	2.82	2.21	2.17
IV	2.52	2.55	2.29
V	2.20	2.57	2.22
VI	2.47	2.26	2.50
TOTAL	14.560	14.090	13.990
MEDIA	2.427	2.348	2.332

Cuadro A-46. Análisis de varianza para la densidad real (grs/cm³) a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0.07	0.013	0.29 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	0.03	0.015	0.34 ^{ns}	3.71
Error	10	0.45	0.045		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-47. Valores de porosidad (%) a una profundidad de 0-20 cm antes de las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza convencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (T_2)	Labranza mínima (T_3)
I	45.10	51.54	56.32
II	46.41	48.92	46.61
III	52.92	44.39	46.48
IV	42.10	49.37	54.93
V	51.33	41.07	61.51
VI	45.83	48.87	60.82
TOTAL	283.690	284.160	326.670
MEDIA	47.282	47.360	54.445

Cuadro A-48. Análisis de varianza para la porosidad (%) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	55.33	11.067	0.34 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	203.03	101.517	3.16 ^{ns}	3.71
Error	10	321.07	32.107		

ns = No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-49. Valores de porosidad (%) antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. - 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí-nima (T_3)
I	45.41	45.37	51.22
II	51.05	49.14	50.64
III	59.22	48.87	47.96
IV	48.41	54.51	50.65
V	50.40	53.31	42.79
VI	51.82	44.25	54.00
TOTAL	306.310	295.450	297.260
MEDIA	51.052	49.242	49.543

Cuadro A-50. Análisis de varianza para la porosidad (%) antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	42.04	8.409	0.38 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	11.28	5.642	0.25 ^{ns}	3.71
Error	10	222.08	22.208		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-51. Valores de porosidad (%) a una profundidad de 0-20 cm, posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	54.02	58.02	53.59
II	52.32	49.35	50.68
III	51.66	51.22	41.78
IV	43.06	66.94	56.79
V	41.59	45.09	62.89
VI	47.22	47.51	39.28
TOTAL	289.870	318.130	304.810
MEDIA	48.312	53.022	50.802

Cuadro A-52. Análisis de varianza para porosidad (%), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	260.85	52.170	0.86 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	66.63	33.313	0.55 ^{ns}	3.71
Error	10	604.53	60.453		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-53. Valores de porosidad (%) a una profundidad de 20-40 cm, posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí- nima (T_3)
I	42.66	44.44	51.22
II	52.12	46.58	52.76
III	61.35	51.13	48.85
IV	53.57	72.54	50.22
V	46.82	54.47	47.75
VI	53.44	46.46	54.80
TOTAL	313.960	315.620	305.600
MEDIA	52.327	52.603	50.933

Cuadro A-54. Análisis de varianza para la porosidad (%), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	268.20	53.641	1.01 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	9.61	4.807	0.09 ^{ns}	3.71
Error	10	531.30	53.130		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-55. Valores de velocidad de infiltración (cm/hora), antes de las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mñ- nima (T_3)
I	2.69	0.04	0.01
II	2.69	0.01	0.04
III	0.01	0.04	2.69
IV	0.06	0.19	0.12
V	0.06	0.12	0.19
VI	0.19	0.12	0.06
TOTAL	5.720	0.520	3.120
MEDIA	0.953	0.087	0.520

Cuadro A-56. Análisis de varianza para la velocidad de infiltración (cm/hora) antes de las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	2.78	0.557	0.47 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	2.25	1.127	0.94 ^{ns}	3.71
Error	10	11.97	1.197		

ns = No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-57. Valores de velocidad de infiltración (cm/hora), posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (T_2)	Labranza mínima (T_3)
I	3.14	2.70	0.60
II	0.38	0.48	0.008
III	3.54	7.80	2.97
IV	0.32	2.44	0.06
V	0.58	2.95	0.07
VI	6.26	0.81	0.05
TOTAL	14.220	12.830	3.760
MEDIA	2.370	2.138	0.627

Cuadro A-58. Análisis de varianza para la velocidad de infiltración (cm/hora) posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	16.06	3.213	1.23 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	10.76	5.378	2.07 ^{ns}	3.71
Error	10	26.02	2.602		

ns = No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-59. Valores de esfuerzo cortante (kg/cm^2) y porcentaje de humedad. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O					
	Labranza convencional (T_1)		Labranza reducida (T_2)		Labranza mínima (T_3)	
	Esfuerzo cortante	% humedad	Esfuerzo cortante	% humedad	Esfuerzo cortante	% humedad
I	2.30	15.46	2.20	17.42	1.50	27.65
II	2.70	15.60	2.50	19.16	3.10	20.80
III	2.90	20.77	2.90	25.78	3.10	22.51
IV	2.20	26.98	2.50	21.62	2.60	25.47
V	4.40	18.67	3.70	20.44	3.10	22.48
VI	3.30	26.16	3.60	21.31	2.60	20.84
TOTAL	17.80	123.64	17.40	125.73	16.0	139.80
MEDIA	2.97	20.61	2.90	20.95	2.67	23.3
MEDIA GENERAL	% Humedad : 21.62		Esfuerzo cortante :		2.84	

Cuadro A-60. Valores de porcentaje de humedad correspondientes a la consistencia friable del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (T_1)	Labranza re- ducida (T_2)	Labranza mínima (T_3)
I	7.13	4.69	8.56
II	3.77	4.98	6.91
III	7.27	6.78	3.69
IV	6.45	7.19	7.42
V	4.21	6.11	7.07
VI	13.82	12.78	7.84
TOTAL	42.65	42.53	41.49
MEDIA	7.11	7.09	6.91
MEDIA GENERAL		7.04	

Cuadro A-61. Valores de penetrabilidad (kg/cm^2), antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí- nima (T_3)
I	1.40	0.70	0.80
II	0.80	0.80	0.60
III	0.70	0.75	0.80
IV	0.50	1.20	1.20
V	1.10	0.60	1.25
VI	0.75	0.50	0.75
TOTAL	5.250	4.550	5.400
MEDIA	0.875	0.758	0.900

Cuadro A-62. Análisis de varianza para la penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0.31	0.061	0.72 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	0.07	0.034	0.40 ^{ns}	3.71
Error	10	0.85	0.085		

ns = No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-63. Valores de penetrabilidad (kg/cm^2), antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mfi- nima (T_3)
I	1.80	2.00	1.75
II	1.90	1.80	0.75
III	2.25	1.60	3.80
IV	2.50	0.20	2.00
V	1.25	1.80	1.75
VI	1.50	3.50	1.25
TOTAL	11.200	10.900	11.300
MEDIA	1.867	1.817	1.883

Cuadro A-64. Análisis de varianza para la penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	2.46	0.493	0.52 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	0.01	0.007	0.01 ^{ns}	3.71
Error	10	9.54	0.954		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-65. Valores de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza convencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (T_2)	Labranza mínima (T_3)
I	2.50	1.60	2.25
II	2.00	2.25	1.80
III	2.60	2.10	1.75
IV	2.00	1.75	2.00
V	1.75	2.25	2.25
VI	2.10	2.75	2.25
TOTAL	12.950	12.700	12.300
MEDIA	2.150	2.117	2.050

Cuadro A-66. Análisis de varianza para la penetrabilidad -- (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz. 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0.34	0.069	0.53 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	0.04	0.018	0.14 ^{ns}	3.71
Error	10	1.30	0.130		

ns = No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-67. Valores de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí- nima (T_3)
I	2.00	3.00	2.75
II	1.75	2.25	2.75
III	2.00	1.75	2.75
IV	1.60	2.50	1.80
V	2.25	3.00	1.75
VI	2.20	1.50	1.50
TOTAL	11.550	14.000	13.300
MEDIA	1.925	2.333	2.217

Cuadro A-68. Analisis de varianza para la penetrabilidad (kg/cm^2), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	1.29	0.257	0.88 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	0.53	0.265	0.91 ^{ns}	3.71
Error	10	2.91	0.291		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-69. Valores de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza convencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	2.50	3.10	2.80
II	2.25	3.10	3.25
III	2.25	2.40	3.50
IV	2.25	2.75	2.50
V	2.40	2.00	2.75
VI	2.75	2.25	3.25
TOTAL	14.400	15.600	18.050
MEDIA	2.400	2.600	3.008

Cuadro A-70. Análisis de varianza para la penetrabilidad (kg/cm^2), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0.53	0.105	0.73 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	1.15	0.577	3.99*	3.71
Error	10	1.45	0.145		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$)

* : Significativo ($P \leq 0.01$)

Cuadro A-71. Valores de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis - Talpa, La Paz. 1992.

T R A T A M I E N T O			
REPETICION	Labranza con ventional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí-nima (T_3)
I	2.75	3.25	3.25
II	2.50	3.25	3.40
III	2.40	3.00	3.75
IV	2.60	3.00	2.60
V	2.50	2.75	3.00
VI	3.00	2.75	3.25
TOTAL	15.750	18.000	19.250
MEDIA	2.625	3.000	3.208

Cuadro A-72. Análisis de varianza para la prueba de penetra bilidad (kg/cm^2), posterior a las labores de - preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0.38	0.076	0.89 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	1.05	0.524	6.13*	3.71
Error	10	0.85	0.085		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$)

* : Significativo ($P \leq 0.05$)

Cuadro A-73. Valores de porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza convencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (T_3)
I	44.04	34.73	40.04
II	38.36	37.23	36.32
III	38.33	47.50	38.18
IV	42.06	36.12	38.35
V	38.67	36.41	37.34
VI	37.55	39.71	37.16
TOTAL	239.010	231.700	227.390
MEDIA	39.835	38.617	37.898

Cuadro A-74. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	34.55	6.910	0.60 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	11.50	5.751	0.50 ^{ns}	3.71
Error	10	115.56	11.556		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-75. Valores de porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2), antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, - 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencial (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí-nima (T_3)
I	35.88	37.34	37.87
II	35.23	37.58	35.45
III	37.23	37.12	28.38
IV	32.68	36.76	38.50
V	37.53	36.54	35.14
VI	36.91	37.90	38.30
TOTAL	215.560	223.240	213.640
MEDIA	35.927	37.207	35.607

Cuadro A-76. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	20.58	4.116	0.59 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	8.60	4.301	0.61 ^{ns}	3.71
Error	10	70.06	7.006		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-77. Valores de porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2), antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con ventional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	36.22	38.24	36.14
II	36.11	38.96	35.54
III	37.47	36.86	35.70
IV	34.24	40.05	33.92
V	34.95	36.68	35.16
VI	38.27	36.60	38.41
TOTAL	217.260	227.390	214.870
MEDIA	36.210	37.898	35.812

Cuadro A-78. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2), antes de las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	8.32	1.664	0.69 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	14.73	7.363	3.06 ^{ns}	3.71
Error	10	24.06	2.406		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-79. Valores de porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2), posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con ventional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (T_2)	Labranza mínima (T_3)
I	32.10	32.11	29.98
II	31.29	29.71	26.20
III	33.12	24.72	26.67
IV	31.78	28.60	30.60
V	27.60	29.38	30.41
VI	30.36	29.66	26.69
TOTAL	186.250	174.180	170.550
MEDIA	31.042	29.030	28.425

Cuadro A-80. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2), posterior a las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 0-20 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	20.19	4.038	0.82 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	22.52	11.260	2.27 ^{ns}	3.71
Error	10	49.52	4.952		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-81. Valores de porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm²) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, - 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza m \bar{I} - nima (T_3)
I	36.12	38.88	34.47
II	36.47	30.71	29.34
III	37.46	25.06	30.30
IV	33.83	33.93	39.69
V	33.26	31.67	33.26
VI	35.64	35.15	31.17
TOTAL	212.780	195.400	198.230
MEDIA	35.463	32.567	33.038

Cuadro A-82. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm²), posterior a las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 20-40 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	69.71	13.941	1.13 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	28.99	14.494	1.18 ^{ns}	3.71
Error	10	123.28	12.328		

ns : No significativo (P \leq 0.05).

Cuadro A-83. Valores de porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2) posterior a las labores de preparación del suelo a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, - 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (T_2)	Labranza mínima (T_3)
I	26.63	16.75	26.95
II	24.76	31.05	22.47
III	30.31	33.76	27.36
IV	25.89	28.20	24.17
V	25.92	22.49	28.24
VI	25.63	27.73	22.87
TOTAL	159.140	159.980	152.060
MEDIA	26.523	26.663	25.343

Cuadro A-84. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad para la prueba de penetrabilidad (kg/cm^2), posterior a las labores de preparación del suelo, a una profundidad de 40-60 cm. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	80.87	16.174	1.03 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	6.31	3.154	0.20 ^{ns}	3.71
Error	10	157.74	15.774		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-85. Valores de permeabilidad (cm/hora), antes de efectuar las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza re ducida (T_2)	Labranza mí- nima (T_3)
I	0.99	0.99	0.49
II	0.49	0.49	0.49
III	0.49	0.49	0.49
IV	0.99	0.49	0.99
V	0.99	0.49	0.99
VI	0.49	0.49	0.49
TOTAL	4.44	3.44	3.94
MEDIA	0.74	0.57	0.65

Cuadro A-86. Análisis de varianza para la prueba de permeabilidad (cm/hora), antes de las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, - La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	0.50	0.10	2.5 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	0.085	0.04	1.0 ^{ns}	3.71
Error	10	0.41	0.04		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

Cuadro A-87. Valores de permeabilidad (cm/hora), posterior a efectuar las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	16.36	14.13	0.49
II	3.10	5.70	0.49
III	19.21	2.35	1.11
IV	0.99	2.48	1.73
V	9.52	0.62	2.60
VI	3.59	9.91	2.48
TOTAL	52.770	35.190	8.890
MEDIA	8.795	5.865	1.482

Cuadro A-88. Análisis de varianza para la prueba de permeabilidad (cm/hora), posterior a las labores de preparación del suelo. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	146.98	29.395	1.05 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	162.57	81.283	2.90 ^{ns}	3.71
Error	10	280.14	28.014		

ns : No significativo. ($P \leq 0.05$)

Cuadro A-89. Valores de diferencias entre la permeabilidad (cm/hora) posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

REPETICION	T R A T A M I E N T O		
	Labranza con vencional (\bar{T}_1)	Labranza reducida (\bar{T}_2)	Labranza mínima (\bar{T}_3)
I	15.37	13.14	0.00
II	2.61	5.21	0.00
III	18.72	1.86	0.61
IV	0.00	1.99	0.74
V	8.53	0.13	1.61
VI	3.10	9.42	1.99
TOTAL	48.330	31.750	4.950
MEDIA	8.055	5.292	0.825

Cuadro A-90. Análisis de varianza para la diferencia entre la permeabilidad (cm/hora), posterior a las labores de preparación del suelo y antes de éstas. CAPREX, San Luis Talpa, La Paz, 1992.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F. Calc.	F. Tablas 5%
Repeticiones	5	147.15	29.429	1.09 ^{ns}	3.33
Tratamientos	2	159.72	79.860	2.95 ^{ns}	3.71
Error	10	270.77	27.077		

ns : No significativo ($P \leq 0.05$).

ANEXO 91. Procedimiento para la determinación de la resistencia tangencial del suelo. (Esfuerzo cortante).

- I. Fase de campo.
 1. Marque las latas con un código apropiado, para identificar las muestras tomadas a las profundidades que se desean; use lápiz de cera o tirro.
 2. Prepare el registro de datos.
 3. Escoja el sitio para realizar el ensayo, precaviendo - que se encuentre libre de raíces, basura, piedras, etc., que puedan interferir con los datos.
 4. Saque de cada unidad de muestreo una sub-muestra para la determinación de el porcentaje de humedad. Cada profundidad de muestreo debe tener una sub-muestra. Excavando un poco el suelo de la capa correspondiente a las perforaciones y póngalo en una lata tapada herméticamente y marcada previamente para ello.
 5. Quite el suelo suelto de la superficie y marque un círculo de aproximadamente 10 cm de diámetro en el suelo.
 6. Introduzca suavemente el cilindro de cuchillas en el -- suelo hasta que las cuchillas empiecen a desaparecer en el suelo.

Continuación A-91.

7. Sostenga el cilindro con los dedos desocupados y manténgalo verticalmente presionado con los dedos muy suavemente para que no se produzca una compresión en el suelo.
 8. Haga girar la rueda de torsión del aparato lentamente en el sentido de las manecillas del reloj, hasta que el cilindro de cuchillas produzca la falla en el suelo.
 9. Repita la medición en otro lugar dentro del círculo.
 10. Anote la lectura del reloj al momento de producirse la falla. El aparato tiene un reloj entre 0 y 1 kg/cm² y puede leerse al más cercano de 0.05 kg/cm².
 11. Si el suelo está seco moje la mitad de los lugares con 2 cm de agua aplíquela sobre un área de 10 cm de diámetro, unas horas antes de la prueba para obtener muestras de suelo húmedo y suelo seco.
- II. Fase de laboratorio.
1. Las latas tapadas herméticamente péseles al momento de llegar al laboratorio.
 2. Introduzcalas a estufa secándolas a 105 °C por 24 horas.
 3. A las 24 horas de haber introducido las muestras a estufa, sáquelas y déjelas enfriar las latas para nuevamen-

Continuación A-91.

III. Cálculo y registro de datos.

1. El cálculo y registro de datos se efectúa de acuerdo al Cuadro No. A-91.

Cuadro A-91. : Registro y cálculo de datos

Fecha : _____

Ubicación: _____

Tipo de suelo : _____

	Número de muestra
	Profundidad cm.
	Resistencia Tangencial Kg / cm ²
	1
	2
	Promedio de resistencia
	Resistencia bares
	Masa de la lata
	Masa lata + suelo húmedo
	Masa lata + suelo seco
	Masa suelo seco
	Humedad gravimétrica

Anexo 92. Procedimiento para la determinación de la consistencia. Límite plástico (límite plástico inferior o límite de fragmentación de varillas - rodantes).

I. Fase de campo

1. Escoja el lugar en el campo para hacer el muestreo.
2. El sitio debe estar libre de piedras, raíces, basura, etc.
3. La muestra obtenida se cubre con plástico y el suelo - que se va a usar para las operaciones se guarda dentro de una lata previamente identificada. El suelo se moja y se mezcla.
4. Moldee el suelo con la mano izquierda para dejar libre la mano derecha para hacer anotaciones.

II. Fase de laboratorio

1. Coloque una página de papel milimetrado sobre la mesa de trabajo y sobre él un plástico transparente para no manchar el papel.
2. Prepare una pasta dura de suelo usando apropiadamente 30 gramos de muestra.
3. Tome aproximadamente una mitad de la muestra, y con -- ella haga una masa de forma elipsoide.

Continuación A- 92.

9. Cuando el hilo se desmenuce introdúzcalo en una lata previamente pesada e identificada, pésela con el suelo y métala a estufa a 105 °C por 24 horas.
10. Cumplidas las 24 horas en la estufa, saque las muestras y déjelas enfriar para posteriormente pesarlas.
11. Anote en el Cuadro No. 92-A y determine la humedad gravimétrica.

Cuadro A-92 - Cálculo y registro de datos

Límite plástico					
Lata #	Masa Lata	Masa lata + suelo húmedo	Masa lata + suelo seco	Masa suelo seco	Humedad gravimétrica en el %mas cercano.

Anexo 93 . Procedimiento para la determinación de la penetrabilidad del suelo.

- I. Fase de campo.
 1. Marque las latas con un código apropiado para identificar las muestras tomadas a las profundidades que se de sean; use lápiz de cera o tirro.
 2. Prepare el registro de datos, según Cuadro No. A-93.
 3. Escoja el sitio para realizar el ensayo, precaviendo que se encuentre libre de raíces, basura, piedras, etc. que puedan interferir en los datos.
 4. Saque de cada unidad de muestreo una submuestra para la determinación de el porcentaje de humedad. Cada profun didad de muestreo debe tener una submuestra excavando un poco el suelo de la capa correspondiente a las perforaciones y póngalo en una lata tapada herméticamente y marcada previamente para ello.
 5. Ponga en cero el indicador de la fuerza máxima del pe netrómetro.
 6. Quite el suelo suelto de la superficie y marque un cír culo de aproximadamente 10 cm de diámetro en el suelo.
 7. Introduzca el pistón del penetrómetro hasta que alcance 5 mm de profundidad o hasta la línea circunscrita en

Continuación ... Anexo 93.

el pistón.

8. Lea y registre la fuerza máxima aplicada.
9. La medición se repite en otro lugar dentro del círculo.
10. Si el suelo está seco moje la mitad de los lugares con 2 cm de agua, aplíquela sobre un área de 10 cm de diámetro, unas horas antes de la prueba para obtener muestras de suelo húmedo y suelo seco.

II. Fase de laboratorio.

1. Las latas tapadas herméticamente péseles al momento de llegar al laboratorio.
2. Introdúzcalas a estufa secándolas a 105 °C por 24 horas.
3. A las 24 horas de haber introducido las muestras a estufa, sáquelas y deje enfriar las latas para nuevamente pesarlas.

III. Cálculo y registro de datos.

1. El cálculo y registro de datos se realiza de acuerdo al Cuadro No. 93-A.

Cuadro No. 93-A, Registro y cálculo de datos

Ubicación : _____

Fecha : _____

Area seccional del pistón (cm²) : _____

(Nota : el área seccional para un diámetro de 0.5 cm. es 0.196 cm²)

Tipo de suelo : _____

Diámetro del pistón (cm) : _____

(Diámetro recomendado 0.5cm.) :

Número de la muestra.	Profundidad cm.	Fuerza de penetración libras(0.454Kg)		Promedio de fuerza. lbs.	Esfuerzo de penetración Kg/cm ²	Esfuerzo de penetración bares (Kg/cm ² =0.98b.)	Masa de la lata.	Masa de la lata + suelo húmedo.	Masa lata + suelo seco	Masa de suelo seco.	Humedad gravimétrica

Anexo 94. Procedimiento para la determinación de la permeabilidad en pequeños cilindros sin disturbar.

I. Fase de campo.

1. Raspe la superficie del suelo y nivele suavemente antes de colocar el cilindro sobre el suelo.
2. Coloque el cilindro muestreador y golpee o fuerce ligeramente en el centro hasta que éste haga penetrado las dos terceras partes en el suelo.
3. Tome muestras a varias profundidades del suelo o en cada horizonte distinto.
4. Excave el suelo alrededor del cilindro y corte el suelo a nivel de la base del cilindro por medio de una espátula.
5. Inmediatamente para mantener el contenido de humedad, ponga pedazos de tela de nylon, en los lados de la muestra, fijando los bordes sobrantes contra la pared exterior del cilindro con cinta adhesiva para conexiones eléctricas. Los bordes de la tela no deben sobresalir más de 1 cm.
6. Transporte las muestras en los cilindros introduciendo éstos en bolsas plásticas previamente enviñetadas y posteriormente sellarlas.

II. Fase de laboratorio.

Continuación Anexo 94.

1. Deje las muestras durante 16-24 horas para que se saturen, colocándolas para dicho propósito en una bandeja que contenga una lámina de agua de 2,5 cm aproximadamente.
2. Pasado este tiempo, tome los cilindros y colóquelos sobre una toalla hasta que todo el exceso de agua haya drenado (15 minutos).
3. Coloque un cilindro vacío encima del cilindro con la muestra y selle la unión con dos o tres vueltas de la cinta eléctrica o en dado caso con plastilina, procurando que no queden espacios por donde el agua se pueda escapar.
4. Coloque los dos cilindros unidos sobre los embudo-filtros, como se indica en la Figura 94-A. (El aparato puede construirse de tal manera que se puedan colocar una o dos filas de muestras según la capacidad deseada).
5. Llene de agua el tanque de nivel constante; manténgalo con el ajuste adecuado de entrada y salida.
6. Instale el equipo como se indica en la Figura 94-A.
7. Mantenga una carga constante de agua sobre la muestra.
8. Cuando el agua salga hacia la probeta, mida el volumen que sale cada 15 minutos hasta que éste sea cons-

Continuación Anexo 94.

tante dentro de un 5% más o menos.

9. Mida AH como se indica en la Figura 94-A, la longitud del cilindro y su diámetro interno (para calcular el área A).

III. Cálculo y registro de datos.

1. Haga un registro de datos y cálculos como se indica en el Cuadro No. , con los siguientes parámetros: ubicación profundidad de la toma de muestra en cm; área de la muestra, cm^2 ; largo de la muestra, cm; intervalo de tiempo (t) horas; Q/At ; L/AH ; $K = (Q/At)(L/AH)$, cm/Hora; K, m/día.
2. Los cálculos de permeabilidad comprenden el uso de la ecuación de Darcy donde :

$$\frac{Q}{At} = - K \frac{AH}{L}$$

Donde : t : Tiempo

A : Area de la sección transversal del flujo

H : Carga hidráulica o energía/unidad de peso de agua.

L : Longitud de la columna de suelo

AH : Diferencia de la carga hidráulica

Q : Volumen del flujo

K : Conductividad hidráulica.

3. Determine K de acuerdo como lo indica el Cuadro No.94-A

Cuadro 94-A. : Registro y cálculo de datos

Nombre del suelo : _____

Ubicación : _____

Profundidad, cm. : _____

Diámetro interno del cilindro : _____

(diámetro de la muestra), cm. : _____

Area seccional, cm² : _____

Largo de la muestra L, cm. : _____

INTERVALO DE TIEMPO t (horas)	ΔH (cm)	VOLUMEN Q RECORRIDO DURANTE t	Q / At	$L / \Delta H$	$K=(Q/At)(L/\Delta H)$ (cm / hora)	K (m / día)

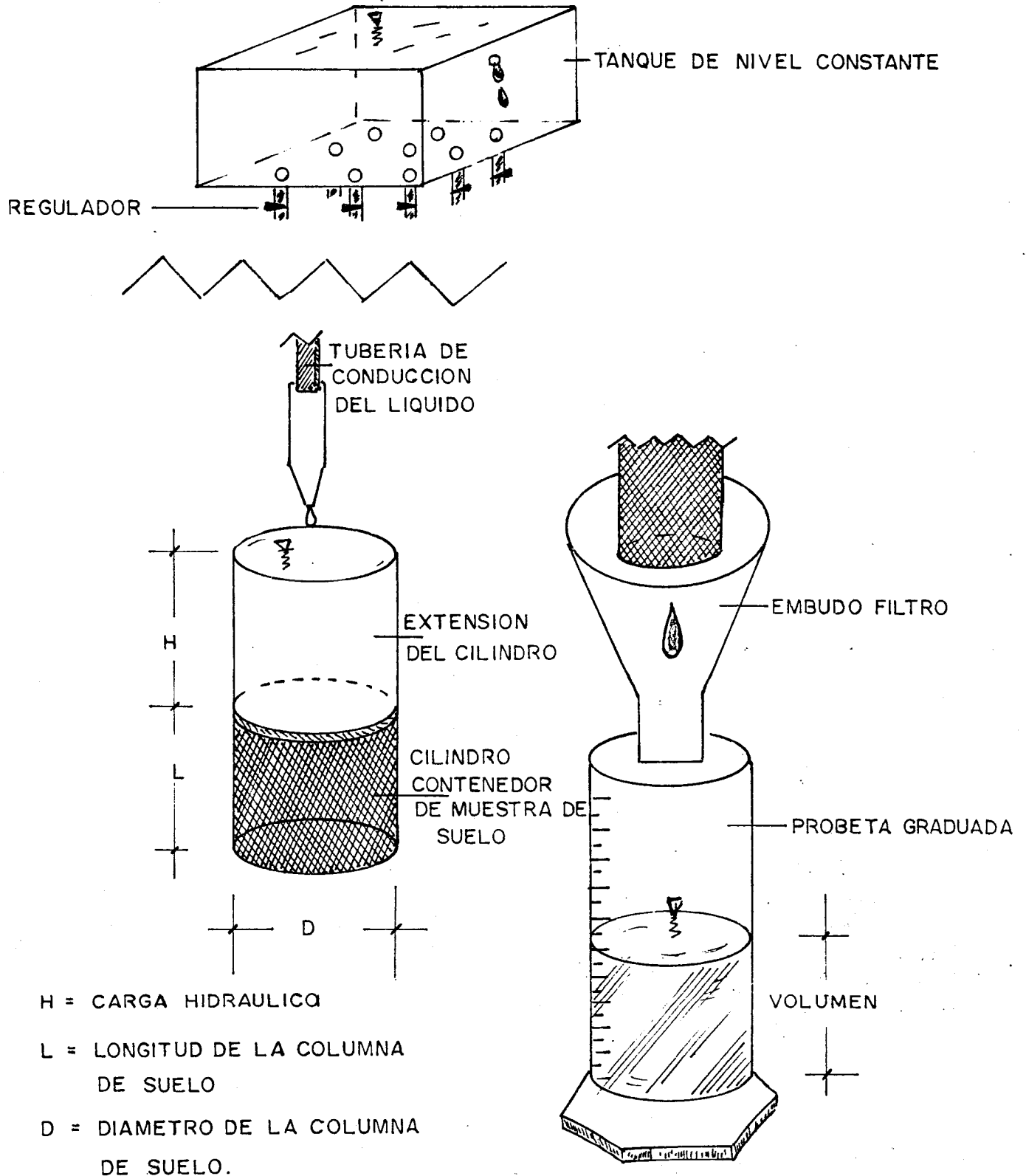
Promedio de los volúmenes constantes, Q : _____

Promedio de los AH correspondientes a los volúmenes constantes : _____

Continuación Anexo 94.

Figura 94-A.

ESQUEMA DEL EQUIPO UTILIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD



Cuadro : A - 95 -

TIPOS Y CLASES DE ESTRUCTURA DEL SUELO								
	Tipo (forma y disposición de los agregados)							
	Laminiforme, con una dimensión (la vertical) limitada y mucho menor que las otras dos orientaciones en un plano horizontal; las caras son en su mayoría horizontales.	Prismas con dos dimensiones (las horizontales) limitadas y considerablemente menores que la vertical; orientación alrededor de un eje vertical; caras verticales bien definidas; vértices angulares.		Semejando bloques; poliedrico o esferoidal, con tres dimensiones del mismo orden de magnitud; orientación alrededor de un punto.		Semejando bloques; bloques o poliedros que tienen superficies planas o curvadas moldeadas por las caras de los agregados que los circundan.		Esféridos o poliedros que tienen caras planas o curvadas, las cuales se ajustan ligeramente o nada a las superficies de los agregados que los circundan.
		Sin partes superiores redondeadas.	Con partes superiores redondeadas.	Caras aplanadas; la mayoría de los vértices fuertemente angulosos.	Caras aplanadas y redondeadas mezcladas; con muchos vértices redondeados.	Agregados relativamente no porosos.	Agregados porosos.	
Laminar	Prismática	Columnar	En bloques angulares.	En bloques subangulares.	Granular	Migajosa		
Fina o muy delgada.	Laminar muy fina; 1 mm.	Prismática muy fina; 10 mm.	Columnar muy fina; 10 mm.	En bloques angulares muy finos; 5 mm	En bloques subangulares muy finos; 5 mm.	Granular muy fina; 1 mm.	Migajosa muy fina; 1 mm	
Delgada	Laminar fina; 1 a 2 mm.	Prismática fina; 10 a 20 mm.	Columnar fina; 10 a 20 mm.	En bloques angulares finos; 5 a 10 mm.	En bloques subangulares finos; 5 a 10 mm.	Granular fina; 1 a 2 mm.	Migajosa fina; 1 a 2 mm.	
Mediana	Laminar mediana; 2 a 5 mm.	Prismática media. 20 a 50 mm	Columnar mediana; 20 a 50 mm	En bloques angulares medianos; 10 a 20 mm	En bloques subangulares medianos; 10 a 20 mm.	Granular mediana; 2 a 5 mm	Migajosa mediana; 2 a 5 mm	
Gruesa o espesa	Laminar gruesa; 5 a 10 mm	Prismática gruesa 50 a 100 mm	Columnar gruesa; 50 a 100 mm	En bloques angulares gruesos; 20 a 50 mm	En bloques subangulares gruesos; 20 a 50 mm.	Granular gruesa; 5 a 10 mm		
Muy gruesa o espesa.	Laminar muy gruesa; 10 mm	Prismática muy gruesa; > 100 mm	Columnar muy gruesa; > 100 mm.	En bloques angulares muy gruesos; > 50 mm	En bloques subangulares muy gruesos; > 50 mm	Granular muy gruesa; > 10 mm		



ANEXO 96. PLANO DE DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS - ESC.1:300