



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS



**DES CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V**

Efecto de prácticas de labranza sobre la compactación del suelo, el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz, en la Frailesca, Chiapas

TESIS

**presentada como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**

por

GIOVANNI RUIZ HERRERA

Director

DR. BERNARDO VILLAR SANCHEZ

**Villaflores, Chiapas, México
Febrero, 2017**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V
DIRECCIÓN



VILLAFLORES, CHIAPAS
24 DE ENERO DE 2017
OFICIO N° D/112/17

C. GIOVANNI RUIZ HERRERA
MAESTRANTE EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
P R E S E N T E.

En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado, designado para su evaluación profesional, de la tesis titulada: **“Efecto de prácticas de labranza sobre la compactación del suelo, el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz, en la Frailesca, Chiapas”**, por este conducto le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”

M. C. ROBERTO REIMUNDO COUTIÑO RUIZ
DIRECTOR



C. c. p. Archivo

DEDICATORIA

A **Dios**, porque creo en TÍ.

A mis hijos **Ian Axel, Itzen Jair, Mavis Benevá**; espero ser el escalón que los ayude a subir hasta donde deseen llegar, los amo inmensamente, son lo mejor que me ha pasado en la vida.

A mi esposa **Josefina Azucena Montesinos Cruz**, porque simplemente eres la mejor amiga, esposa y compañera de vida, soy feliz a tu lado. Te amo: "SIEMPRE JUNTITOS".

A mis padres **Lucina Herrera Rojas y Eduardo Ruiz Palacios** porque siempre dan todo por mí, agradezco a Dios que estén a mi lado para amarme y disfrutar de la vida con su compañía.

A mis hermanos, **Oscar** porque crees en mí y sé que cuento contigo incondicionalmente y para siempre y, **Karla** por estar ahí cuando te necesito. No hay mejores hermanos. Los amo.

A mis sobrinos **Perla, Izan, Yarel, Yerelin, Elian y el nuevo BB**, por ser parte importantísima de la alegría que la vida me ha dado, los amo como a mis hijos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) por darme la oportunidad para crecer académica y profesionalmente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por ser el apoyo para la culminación del posgrado.

Al Dr. Bernardo Villar Sánchez por su amistad, experiencia y constante apoyo a lo largo de mis estudios de maestría.

Al M. Sc. Walter López Báez por sus conocimientos y por las facilidades proporcionadas para la realización práctica de la presente investigación.

Al Dr. Robertony Camas Gómez por sus conocimientos, sugerencias y recomendaciones además de sus experiencias compartidas.

A los Señores Don Gabriel Nucamendi, Don Raquel Padilla y Don Tavín Gómez por toda su disposición, experiencia y compromiso para facilitar la realización de este trabajo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÓNOMICAS
CAMPUS V



Esta tesis titulada “EFECTO DE PRÁCTICAS DE LABRANZA SOBRE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO, EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ, EN LA FRAILESCA, CHIAPAS”, fue realizada por el ING. GIOVANNI RUIZ HERRERA, bajo la dirección y asesoría del Comité Tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTOR DE TESIS

DR. BERNARDO VILLAR SÁNCHEZ

ASESORES

M. Sc. WALTER LÓPEZ BAEZ

DR. ROBERTONY CAMAS GÓMEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÓNOMICAS
CAMPUS V



Esta tesis titulada “EFECTO DE PRÁCTICAS DE LABRANZA SOBRE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO, EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ, EN LA FRAILESCA, CHIAPAS”, realizada por el ING. GIOVANNI RUIZ HERRERA, ha sido aprobada por la Comisión Revisora indicada, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

COMISION REVISORA

DR. BERNARDO VILLAR SÁNCHEZ
FCA-UNACH – INIFAP

M. Sc. WALTER LÓPEZ BAEZ
INIFAP

DR. ROBERTONY CAMAS GÓMEZ
INIFAP

CONTENIDO

	Página
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 HIPÓTESIS	2
2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	3
2.1 ANTECEDENTES ACERCA DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.2 LA COMPACTACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS	8
2.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1 EL ÁREA DE ESTUDIO	10
3.2 SITIOS DE TRABAJO.....	10
3.3 FACTORES DE ESTUDIO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	11
3.4 VARIABLES DE ESTUDIO.....	15
3.4.1 Descripción de medición de las variables.....	16
3.4.2 Técnicas de Interpretación de los resultados.	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ EN LOS SITIOS DE ESTUDIO.	20
4.1.1. Para el sitio 1 Nuevo México	20
4.1.2 Para el sitio 2 ejido Francisco Villa	23
4.1.3 Para el sitio 3 Villa Corzo.....	24
4.2 ANÁLISIS DE HUMEDAD, INFILTRACIÓN Y ALTURA DE PLANTA PARA TRES CASOS DE ESTUDIO	26
4.2.1 Humedad del suelo.....	26
4.2.2 Velocidad de Infiltración.....	28
4.2.3 Altura de planta.	30
4.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO EVALUADAS ..	32

4.4 RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DEL MAÍZ Y LAS DEL SUELO ...	34
4.4.1 Para el sitio 1 y tratamiento 1	34
4.4.2 Para el sitio 1 y tratamiento 2	36
4.4.3 Para el sitio 1 y tratamiento 3	38
4.4.4 Para el sitio 2 y tratamiento 1.	40
4.4.5 Para el sitio 2 y tratamiento 2.	42
4.4.6 Para el sitio 3 y tratamiento 1.	44
4.4.7. Para el sitio 3 y tratamiento 2.	46
4.5 ANÁLISIS ECONÓMICO	48
4.5.1 Sitio 1 Nuevo México.	48
4.5.2 Sitio 2 Francisco Villa.	50
4.5.3 Sitio 3 Villacorzo.	51
5. CONCLUSIONES	52
6. BIBLIOGRAFÍA	53

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Módulos de agricultura de conservación en la Frailesca, Chiapas....	6
Cuadro 2. Análisis de rentabilidad de labranza mínima vs labranza cero.....	7
Cuadro 3. Profundidad a la que se encontró la capa compactada.....	7
Cuadro 4. Análisis de rentabilidad de dos genotipos de maíz y dos sistemas de labranza.....	7
Cuadro 5. Lista de variables a medir en el estudio.....	15
Cuadro 6. Propiedades fisicoquímicas del suelo para diferentes condiciones de manejo en el sitio 1 Nuevo México.....	20
Cuadro 7. Resultados del ANOVA del sitio 1 para tres características del suelo	22
Cuadro 8. Resultados del ANOVA del caso 1 para dos características de planta.....	23
Cuadro 9. Resultados del ANOVA del sitio 2 para tres características del suelo	23
Cuadro 10. Resultados del ANOVA del sitio 2 para dos variables agronómicas...	24
Cuadro 11. Resultados del ANOVA del sitio 3 para tres características del suelo	25
Cuadro 12. Resultados del ANOVA del sitio 3 para dos variables agronómicas...	25
Cuadro 13. Coeficiente de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas en el tratamiento 1 de labranza.....	34
Cuadro 14. Coeficiente de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas en el tratamiento 2 de labranza.....	36
Cuadro 15. Coeficiente de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas en el tratamiento 3 de labranza.....	38
Cuadro 16. Coeficiente de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas sitio 2 tratamiento 1.....	40
Cuadro 17. Coeficiente de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas sitio 2 tratamiento 2.....	42
Cuadro 18. Coeficiente de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas sitio 3 tratamiento 1.....	44
Cuadro 19. Coeficiente de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas sitio 3 tratamiento 2.....	46
Cuadro 20. Paquetes y costos de producción para tratamientos de labranza sitio 1.....	48
Cuadro 21. Análisis económico de tres tratamientos de labranza sitio 1.....	49
Cuadro 22 Análisis económico de tres tratamientos de labranza sitio 2.....	50
Cuadro 23 Análisis económico de tres tratamientos de labranza sitio 3.....	51

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de la Frailesca y ubicación general de parcelas de estudio.....	10
Figura 2. Ubicación de tratamientos en sitio 1.....	11
Figura 3. Ubicación de tratamientos en sitio 2.....	12
Figura 4. Ubicación de tratamientos en sitio 3.....	13
Figura 5. Esquema de muestreo de variables para sitio 1.....	16
Figura 6. Esquema de muestreo para sitio 1 en dos diferentes mallas.....	18
Figura 7. Contenido de humedad del suelo para tres tratamientos de labranza en sitio 1.....	27
Figura 8. Porcentaje de humedad en el suelo por tratamiento en sitio 2.....	27
Figura 9. Comparativo del porcentaje de humedad en sitio de estudio 3.....	28
Figura 10. Infiltración acumulada por tratamiento sitio 1.....	29
Figura 11. Infiltración acumulada por tratamiento sitio 2.....	29
Figura 12. Infiltración acumulada por tratamiento sitio 3.....	30
Figura 13. Altura de planta de maíz para los tres sitios de estudio y diferentes tratamientos	31
Figura 14. Distribución espacial de la densidad aparente del suelo (g/cm^3) y del rendimiento de maíz para sitio 1 y tratamiento 1.....	33
Figura 15. Relación entre el rendimiento de maíz (ton/ha) y dos variables del suelo para el sitio 1 y tratamiento 1.....	35
Figura 16. Relación entre el rendimiento de maíz (ton/ha) y la compactación (lecturas del penetrómetro) y la densidad aparente del suelo para el sitio 1 y tratamiento 2.....	37
Figura 17. Relación entre el rendimiento de maíz (ton/ha) y dos variables físicas del suelo para el sitio 1 y tratamiento 3.....	39
Figura 18. Relación entre el rendimiento de maíz (ton/ha) y dos variables físicas para el sitio 2 y tratamiento 1.....	41
Figura 19. Relación entre el rendimiento de maíz (ton/ha) y las lecturas del penetrómetro (PSI) para el sitio 2 y tratamiento 2.....	43
Figura 20. Relación entre el rendimiento y dos variables físicas del suelo para el sitio 3 y tratamiento 1.....	45
Figura 21. Relación entre el rendimiento y dos variables físicas del suelo a dos profundidades para el sitio 3 tratamiento 2.....	47

RESUMEN

Para atender el problema de compactación del suelo y contribuir en la generación de información sobre los efectos que tienen algunas prácticas de labranza sobre la compactación del suelo, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de maíz, se desarrolló este trabajo de investigación durante el año 2013 en tres sitios de la región Frailesca. El primer sitio se ubicó en la localidad de Nuevo México, municipio de Villaflores, Chiapas, donde se estudiaron los tratamientos: T1: cero labranza-sin subsoleo, T2: labranza mínima-sin subsoleo y T3: cero labranza-con subsoleo; el segundo sitio se ubicó en el ejido Francisco Villa, municipio de Villaflores, Chiapas donde se evaluaron dos tratamientos: T1: sin subsoleo-cero labranza y T2: sin subsoleo-labranza mínima; el tercer sitio se localizó en el rancho San Sebastián, del municipio de Villacorzo, Chiapas donde se estudiaron dos tratamientos T1: con subsoleo-2 rastreos y T2: sin subsoleo dos rastreos. Se utilizó un diseño experimental en parcelas apareadas para dos y tres tratamientos en los tres diferentes sitios evaluados. Los resultados obtenidos para los tres sitios de estudio mostraron que en general la práctica del subsoleo causó diferencias significativas sobre la compactación del suelo, y altura de planta en comparación con el tratamiento testigo, lo cual confirma la bondad de este sistema de manejo del suelo como punto de partida para implementar el sistema de labranza de conservación; asimismo la distribución espacial de la compactación expresada por la densidad aparente y la resistencia a la penetración muestra una amplia variabilidad, siendo necesario cartografiar su distribución geográfica para implementar un eficiente programa de subsoleo en la región.

Palabras clave: Sistema de labranza, compactación de suelo, subsoleo.

ABSTRAC

In order to address the problem of soil compaction and contribute to the generation of information on the effects of some tillage practices on soil compaction, yield and maize crop yield, this research work was carried out during the year 2013 In three sites of the Frailesca region. The first site was located in New Mexico, in the municipality of Villaflores, Chiapas, where treatments were studied: T1: zero tillage without subsoil, T2: minimum tillage without subsoil and T3: zero tillage with subsoil; The second site was located in the ejido Francisco Villa, municipality of Villaflores, Chiapas where two treatments were evaluated: T1: without subsoleo-zero tillage and T2: without subsoleo-tillage minimum; The third site was located in the San Sebastián ranch, in the municipality of Villacorzo, Chiapas where two T1 treatments were studied: with subsoleo-2 traces and T2: without subsoleo two traces. An experimental design was used in paired plots for two and three treatments at the three different sites evaluated. The results obtained for the three study sites showed that in general the practice of subsoil caused significant differences on soil compaction and plant height compared to the control treatment, which confirms the goodness of this soil management system as Starting point for implementing the conservation tillage system; also the spatial distribution of the compaction expressed by the apparent density and the resistance to the penetration shows a wide variability, being necessary to map its geographical distribution to implement an efficient program of subsoleo in the region.

Key words: Tillage system, soil compaction, subsoil.

1. INTRODUCCIÓN

Chiapas es considerado un estado eminentemente agrícola, siendo el maíz el principal cultivo con el cuál ocupa el quinto lugar a nivel nacional con una producción de 2, 208,042.18 toneladas para el ciclo 2015 en una superficie de 1, 362,989 hectáreas con un rendimiento promedio de 1.62 ton/ha el cual está por debajo de la media nacional que es de 3.19 ton/ha (SIAP, 2017).

A nivel estatal estos bajos rendimientos promedio son atribuidos a varios factores entre los que se mencionan: Siembras en áreas de bajo potencial, altos costos de producción, altos riesgos productivos por el exceso de humedad y las sequías y, en gran medida por una importante y creciente degradación física, química y biológica del suelo; por otro lado también es debido a la falta de recursos humanos calificados, a la predominante visión de corto plazo y a las políticas oficiales como el crédito para la realización de quemas agrícolas (López, 2011). Ante dicha problemática se han buscado alternativas bajo el esquema de la agricultura de conservación (AC), como las que el INIFAP y el CIMMYT han implementado con participación de los productores, las cuales permiten elevar la productividad, bajar los costos de producción y disminuir los niveles de degradación en los suelos.

Al respecto, desde la década de los 80's, ambas instituciones han intentado implementar medidas para el control de la erosión en los suelos de la región Frailesca, del estado de Chiapas; sin embargo, en años posteriores se le ha dado poca o nula atención, por un lado porque según los agricultores no forma parte de los llamados "paquetes tecnológicos" y, por otro porque se abandonó la asistencia técnica (Galdámez, 2013); asimismo, porque en estudios de caso sobre el uso de sistemas de labranza cero en cultivos de maíz, se han observado problemas de encharcamiento en los terrenos, los cuales son atribuidos a la presencia de una capa compactada de suelo la cual impide la infiltración del agua (López, 2013), lo cual obliga a los productores a seguir labrando el suelo convirtiéndose esto en causa de la falta de adopción del programa de agricultura de conservación dentro del cual uno de los objetivos principales es el de no remover el suelo.

Por lo anterior, el programa MasAgro implementado en Chiapas por el INIFAP en coordinación con el CIMMYT, ha considerado conveniente estudiar con mayor detalle, los efectos que pudiera tener la compactación del suelo sobre el rendimiento de maíz, y en consecuencia sobre la adopción de la cero labranza por parte de los productores. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo generar información sobre la respuesta del maíz a la compactación del suelo y el efecto de algunas prácticas de labranza en las áreas agrícolas de la Frailesca, como un insumo importante para orientar las actividades de investigación y transferencia de tecnología que se desarrollan dentro del componente de Agricultura de Conservación del programa MasAgro.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Generar información sobre los efectos que tienen algunas prácticas de labranza sobre la compactación del suelo y la rentabilidad del cultivo de maíz.

1.1.2 Objetivos específicos.

Los objetivos específicos de este trabajo de investigación son:

- Estudiar el efecto de diferentes prácticas de labranza sobre la compactación del suelo, rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz.
- Establecer la relación entre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento del cultivo de maíz.
- Generar recomendaciones sobre el laboreo de los suelos.

1.2 Hipótesis

- La presencia de una capa compactada en el subsuelo (10-20 cm) afecta la capacidad de infiltración del agua, el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de maíz.

2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

La agricultura, desde sus orígenes y hasta por un periodo de 5,000 años se realizó con un sistema de no-labranza, aunque cabe mencionar que en tiempos contemporáneos en América y algunas partes de África se cultiva maíz sin remover el suelo.

De manera general, la labranza se puede definir como la manipulación física del suelo para optimizar la germinación de la semilla y emergencia y establecimiento de la plántula; de esta se derivan dos conceptos importantes: labranza convencional y labranza de conservación; pudiéndose definir la primera como la adecuación o preparación del terreno agrícola con la ayuda de implementos mecánicos que faciliten el movimiento del suelo y la segunda como la preparación del suelo con el mínimo o nulo movimiento de éste, favoreciendo una cubierta superficial de residuos llamada mantillo que protege la superficie del suelo agrícola (Nieuwkoop, *et al* 1992).

El arado es sin duda alguna, una de las herramientas más antiguas aún en funcionamiento. Es fácil entender que el grado de deterioro que han sufrido los suelos en todo el mundo, es ocasionado por un inadecuado manejo y uso de herramientas agrícolas, las cuales deberían estar más involucradas en los procesos de conservación y mejoramiento de los suelos (Crowwetto, 1992).

Actualmente el sector agropecuario enfrenta el reto de producir más alimentos bajo el enfoque de preservar los recursos naturales, sobre todo el suelo, por lo que ha intentado adoptar el concepto de la agricultura de conservación (AC) definida como un sistema de producción agrícola que se basa en tres principios: a) Nulo laboreo del suelo (sin labranza); b) cobertura del suelo (mantillo) con los residuos del cultivo anterior, con plantas vivas o ambos; y c) rotación de cultivos para evitar plagas, enfermedades y diseminación de plantas arvenses.

La aplicación de este sistema de producción está bien justificado ya que la degradación del suelo ha ido en aumento, reflejándose una disminución en el contenido de materia orgánica y una importante pérdida de la fertilidad siendo ésta la capacidad de un suelo para permitir alcanzar una buena producción, dividiéndose en tres partes: fertilidad química, fertilidad biológica y muy importante la fertilidad física la cuál brinda al suelo la capacidad de flujo y almacenamiento de agua en su interior así como la circulación de aire para que las plantas puedan crecer y arraigarse firmemente al suelo (Govaerts *et al*, 2010). Además de lo anterior en el estado de Chiapas las superficies agrícolas dedicadas a la producción de maíz sufren una fuerte erosión hídrica de los suelos en forma laminar y en cárcavas causada por las condiciones mismas de la región como precipitaciones intensas, suelos someros y muchas veces arenosos, fuertes pendientes, poca cobertura del suelo y prácticas convencionales (no conservacionistas) de labranza (López, 2011).

El sistema de manejo tradicional que incluye la preparación convencional del suelo después del pastoreo de ganado en los residuos de la cosecha anterior se ha reflejado en una productividad cada vez menor a pesar de un aumento en el uso de agroquímicos. Por ello, considerando que la agricultura de conservación tiene el potencial de mitigar la erosión y degradación de los suelos, el Fideicomiso Instituido en Relación con la Agricultura (FIRA) en 1999 organizo a los agricultores de la región de Villaflores interesados en la agricultura de conservación (AC) y se formó el club de labranza de conservación con el convencimiento de que la labranza de conservación repercute de manera positiva e inmediata en los costos de producción, además de otras ventajas como la reducción en la erosión del suelo, la conservación de la humedad, la restauración de la fertilidad y la productividad del suelo (Pulleman *et al*, 2011).

En la Frailesca se cuenta con una superficie agrícola de 230,750 hectáreas, de las cuales 83,750 ha son de planicie y de estas se estima que una 33,000 ha están afectadas por la acidez causada por el tipo de material parental, la eliminación de los rastrojos para consumo animal o por la quema agrícola y uso de fertilizantes nitrogenados de efecto residual alto como el sulfato de amonio. La erosión hídrica es un problema importante que causa una pérdida de entre 50 a 200 ton/ha/año, y se refleja principalmente en una pérdida del rendimiento del maíz de 2.8 ton/ha y consecuentemente en una baja producción de alimentos. Las causas que contribuyen a la degradación del suelo son la erosión hídrica y el exceso en el uso de los fertilizantes químicos (Galdámez, 2013).

2.1 Antecedentes acerca de la investigación

Franzen *et al.* (1994), encontraron que en suelos de textura arenosa bajo labranza cero ocurre una severa compactación de la capa superficial por un incremento de la densidad aparente y una mayor resistencia a la penetración. Asimismo, Uresti y Cadena (1994), concluyeron que después de cuatro años de producir maíz la densidad aparente promedio de los 20 cm. superiores del suelo fue de 1,52 g/cm³ y 1,73 g/cm³ bajo los sistemas de labranza convencional y labranza cero respectivamente en un suelo migajón-arenoso de la zona central de Veracruz indicando que el menor rendimiento obtenido en cero labranza pudo deberse en parte a este incremento de la densidad aparente y compactación del suelo.

Por otro lado, Uresti y Campos (1995) reportan que en suelos Fluvisoles de textura fina y drenaje medio del estado de Veracruz la respuesta del cultivo de maíz, es de un buen rendimiento independientemente del sistema de labranza empleado para preparar el terreno; sin embargo en suelo Luvisoles de textura gruesa y muy drenados el cultivo presenta mayor rendimiento con prácticas de labranza reducida y labranza cero, y en suelos Vertisoles bajo cualquier sistema de labranza se presenta un rendimiento bajo en comparación con los demás suelos.

En un suelo franco arenoso de Chapingo, México; se evaluaron cuatro sistemas de labranza, dos de conservación, y dos tradicionales con diferente cobertura, encontrándose que el mejor rendimiento de maíz se obtuvo con la labranza de conservación con cobertura de veza (3.19 ton/ha), comparada con la labranza de conservación con cobertura de cebada (2,51 ton/ha); por otro lado el pH del suelo se abatió en labranza de conservación con cobertura de veza, situación que no se presentó en labranza tradicional con raíz de cebada la cuál mostró los más bajos incrementos en contenido de materia orgánica al contrario de la cobertura de veza, que mostro un incremento tanto en materia orgánica como en presencia de lombrices activas dentro del suelo (Galeana, et al., 1999).

La labranza de conservación en diferentes modalidades se ha sugerido como una alternativa viable para recuperar la fertilidad física, biológica y química de suelos; en este sentido Mora-Gutiérrez *et al*, 2001, realizaron una investigación en Guanajuato, en un suelo Vertisol arcilloso con un contenido de 6% de arena y 69% de arcilla; consistente en evaluar diferentes sistemas de labranza y sus efectos sobre algunas propiedades físicas del suelo, encontrándose valores elevados de densidad aparente y de resistencia a la penetración en el tratamiento de labranza cero comparado con la labranza convencional sobre todo en la capa superficial y en contraste la humedad retenida fue mayor bajo labranza cero.

Salazar-Sosa *et al*, (2003), mencionan que, en la producción de maíz forrajero en la comarca lagunera sometida a tres sistemas de laboreo del suelo, el sistema de labranza mínima y la convencional muestran más altos contenido de nitratos a una profundidad de entre 0-7 cm y que la mayor producción de forraje se obtuvo en las parcelas con labranza convencional.

Contreras-Hinojosa *et al*, 2005 realizaron un estudio en la Mixteca Oaxaqueña, México, encontrando que el 95% de los suelos presentan erosión en un grado moderado resultante del uso agrícola, el sobrepastoreo y la deforestación afectando directamente y de forma negativa el rendimiento de maíz a causa directa de los cambios en las propiedades físicas del suelo como la humedad, su profundidad y el contenido de materia orgánica, mostrándose como las características que presentan mayor efecto en dicho rendimiento.

En la comarca Lagunera entre Coahuila y Durango la evaluación del efecto de la labranza de conservación asociada al uso de estiércol sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia sobre el rendimiento en la producción de maíz forrajero comparado con la producción obtenida con labranza tradicional mostró que ésta última presenta los mejores rendimientos de forraje (López-Martínez *et al*, 2010).

Los antecedentes directos que se tienen para el estado de Chiapas, previos a la investigación que se presente realizar, se ubican en la región Frailesca en los Municipios de Villaflores y Villacorzo. En 2010 el INIFAP y CIMMyT suscribieron un acuerdo de colaboración para llevar a cabo el proyecto de Desarrollo de la Agricultura de Conservación dentro de las políticas integrales del manejo de cuencas

en Chiapas, la idea central es desarrollar un programa de transferencia de las tecnologías de la AC con el enfoque de manejo de cuencas inicialmente con la creación de módulos de extensión con productores interesados. Para 2012 ya existían 10 módulos como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Módulos de Agricultura de conservación en la Frailesca, Chiapas.

Localidad	Municipio	Años no Quema	Año de incursión	
	Terrenos planos		2010	2011
Nuevo México	Villaflores		X	X
Rancho Sn Sebastián	Villacorzo	10	X	X
Rancho El Recuerdo	Villacorzo	3	X	X
	Terreno de ladera			
Plan de la libertad	La Concordia	12	X	X
Plan de la libertad	La Concordia	10	X	X
Plan de la libertad	La Concordia	2	X	
Plan de la libertad	La Concordia	0		X
Plan de la libertad	La Concordia	0		X
Plan de la libertad	La Concordia	3		X
Dolores Jaltenango	A. A. Corso	0		X
Puerto Rico	Monte Cristo	8		X
	Total		6	10

Fuente: López, 2012.

En todos los módulos se incluyó la no quema de los residuos y la cantidad de rastrojo superficial estuvo en función de la práctica de pastoreo; en terrenos planos se dejó entre el 30 y 40% y en terrenos de ladera se dejó el 100% por la ausencia de pastoreo. Para restablecer la fertilidad del suelo el plan a seguir es la siembra de leguminosas en rotación como la Canavalia y Mucuna y en terrenos con buena fertilidad se evalúan genotipos de frijol (López, 2012).

En 2010 para responder dudas como ¿Cuáles eran las causas de los problemas cuando se practica la labranza cero? se planificó un ensayo para evaluar la respuesta técnica y económica del maíz a los diferentes tipos de laboreo del suelo, evaluando dos tratamientos: 1. Labranza Mínima (1 rastreo para incorporar rastrojo al suelo) y 2.- labranza cero dejando rastrojo sobre el suelo, obteniéndose la siguiente información (López, 2013), (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de rentabilidad de labranza mínima vs labranza cero

Concepto	Labranza mínima	Labranza cero	Diferencia
Rendimiento (kg/ha)	5,146	4,590	556
Costos (\$/ha)	8,045	7,989	56
Beneficio brutos (\$/ha)	16,467	14,688	1,779
Beneficios netos (\$/ha)	8,422	6,699	1,723

Fuente: López, 2013.

Durante el ciclo del cultivo se observó que el tratamiento con labranza mínima las plantas alcanzaron una altura de hasta 139 cm en comparación con los 112 de la labranza cero, también se observó que en ésta se reducía la erosión sin embargo presentaba encharcamientos en el terreno lo que pudo ser la causa del bajo crecimiento de los tallos, con ello entonces se identificó la presencia de una posible compactación del suelo, por ello se decidió hacer una prueba simple en el suelo para observar a que profundidad se encontraba esa capa compactada, encontrándose los siguientes resultados (López, 2013), (Cuadro 3).

Cuadro 3. Profundidad a la que se encontró la capa compactada

Muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio
Profundidad	14	11	22	19	15	17	13	10	15.5

Fuente: López, 2013

Con lo anterior, el agricultor estaba convencido de que se puede cultivar sin remover el suelo pero también tenía presente que su parcela no estaba lista aún para la AC; por lo tanto en 2011, con la identificación de una capa compactada de suelo se planificó un vez más, un ensayo para evaluar la respuesta técnica y económica del maíz con dos genotipos de maíz pero esta vez con tres tratamientos: 1.- Labranza mínima, 2.- Labranza cero y 3.- Subsoleo (que consistió en romper dicha capa dura a profundidad entre 35 y 45 cm), encontrándose nuevamente encharcamiento en la labranza cero contrario a la práctica del subsoleo (López, 2013). En el Cuadro 4 se presenta el análisis económico.

Cuadro 4. Análisis de rentabilidad de dos genotipos de maíz y dos sistemas de labranza.

Concepto	Genotipo H- 520		Genotipo DK-380	
	Labranza Mínima	Subsoleo	Labranza cero	Subsoleo
Costos (\$/ha)	9,375	10,746	9,791.20	11,833.90
Rendimiento (kg/ha)	5,400	5,700	6,100	6,900
Ingresos (\$/ha)	23,490	24,795	26,535	30,015
Beneficio netos	14,115	14,049	16,743.80	18,181.10

Fuente: López, 2013

Con los resultados obtenidos, a partir del 2011 y como parte de la iniciativa del programa MasAgro, la parcela con subsoleo se trabaja con labranza cero ya dando inicio formal al cultivo con Agricultura de Conservación.

Como parte de estos resultados se ha desarrollado una estrategia para fortalecer al Club de Labranza de Conservación de La Frailesca mediante apoyo para la realización de la práctica de subsoleo previa al establecimiento del sistema cultivo de maíz con agricultura de conservación AC. Por ello, es interés de la presente investigación, el dar el sustento científico que proporcione la evidencia y justifique la realización necesaria de las prácticas de subsoleo para poder establecer parcelas con Agricultura de Conservación.

2.2 La compactación de suelos agrícolas

Es bien sabido que los cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existente entre la densidad aparente y la porosidad total. La densidad aparente afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, dichos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la especie de que se trate; para suelos arenosos una densidad aparente de 1.759 Kg/m^3 limita el crecimiento de las raíces de girasol, mientras que, en suelos arcillosos, ese valor crítico es de entre 1.460 a 1.630 Kg/ m^3 , para la misma especie (Jones, 1983).

Los cambios estructurales por compactación alteran las propiedades volumétricas del suelo, lo que repercute en el desarrollo y crecimiento de las plantas porque decrece la conductividad hidráulica y la capacidad de retención de agua y se altera la difusión de gases en su interior. Estos cambios provocan una deficiente aireación y un suministro inadecuado de oxígeno para el desarrollo de las plantas. Así mismo, la degradación de la estructura del suelo por compactación provoca una ralentización o paralización del desarrollo de las raíces, al aumentar la resistencia mecánica. Los valores críticos de impedancia mecánica del suelo dependen del tipo de planta y de las características y propiedades el suelo (Bengough, 1991 y Atwell, 1993). Los valores de impedancia mecánica superiores a 2 MPa (mega pascales) reducen significativamente el crecimiento de las raíces (Graecen, 1986).

La densidad aparente puede ser incluida dentro del grupo mínimo de parámetros a medir para evaluar la calidad de un suelo, como indicador de la estructura, la resistencia mecánica y la cohesión del mismo (Doran, *et al.*, 1994). La compactación en el suelo se puede definir entonces como la disminución del espacio poroso (en esencia de los macro poros) que en consecuencia presenta una menor aireación a nivel de raíces, menor capacidad para retener el agua y nutrimentos y una mayor impedancia para el desarrollo de las raíces (Jorajuria *et al.*, 1997).

La caracterización de la condición física del suelo se vuelve importante entonces, porque permite conocer el entorno biofísico en el que se desarrollan las raíces de las plantas y este conocimiento es la base de la sustentabilidad de los sistemas productivos (Batey, 2009).

El nivel de compactación inducida en los campos de cultivo se ve fuertemente influenciada por el pastoreo de animales, por el tránsito de los tractores y las máquinas agrícolas aumentando la compactación del suelo en la mayoría de los casos y la resistencia mecánica del suelo impide la infiltración del agua y el crecimiento de raíces; además genera alteración de la densidad aparente y disminución del espacio poroso (Gutiérrez-Rodríguez *et al*, 2012).

En ésta investigación considera a la densidad aparente como un indicador del nivel de compactación de los suelos, y ésta idea nace del interés de buscar métodos prácticos de campo que permitan obtener información sobre las condiciones físicas de los suelos agrícolas y con ello dar soporte a las decisiones de transferencia e implementación de tecnología dentro del componente de Agricultura de Conservación en la Frailesca, Chiapas. Para ello, el uso de un penetrómetro dentro del presente trabajo se vuelve una herramienta importante que facilitará la tarea planeada, ya que de su aplicación dentro de la metodología se obtendrán los valores de resistencia a la penetración que propiciarán el cumplimiento de los objetivos planteados.

2.3 Distribución espacial de las características físicas del suelo

La evaluación de la variabilidad espacial de atributos del suelo en sitios experimentales es de gran importancia ya que ella puede enmascarar el efecto de los tratamientos. Diversos autores (Cassel *et al.*, 1982; Lozano *et al.* 2004; Bravo, 1995) han demostrado que aun a nivel de pequeñas parcelas experimentales, la variabilidad puede ser significativa.

Tradicionalmente el diseño experimental en el campo de la agronomía se basa en el diseño de bloques con tratamientos distribuidos al azar con el propósito de reducir el error experimental (Cochran y Cox, 1992), permitiendo el uso de métodos tradicionales de análisis estadísticos como el análisis de varianza, regresión, entre otros. Esta consideración implica que la variabilidad espacial es aleatoria dentro de los bloques, aspecto que no siempre se cumple (Johnson *et al.*, 2002). Como método alternativo para cuantificar la heterogeneidad se propone la aplicación de la geoestadística, la cual es usada para analizar la estructura de la variabilidad espacial de variables regionalizadas y para optimizar su interpolación (Fagroud y Van Meirvenne, 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 El área de estudio

El trabajo se realizó durante el ciclo Agrícola PV 2013 en la región conocida como la Frailesca, Chiapas, localizada entre los $15^{\circ} 45'$ y $16^{\circ} 30'$ de latitud norte y los $92^{\circ} 30'$ y $93^{\circ} 45'$ de longitud oeste. Cuenta con una superficie de $8,300 \text{ km}^2$ y comprende los municipios de Villaflores, Villacorzo, La Concordia, el Parral, Ángel Albino Corzo, y Montecristo de Guerrero (Figura 1).

3.2 Sitios de trabajo

Para el desarrollo de la presente investigación y en base a su representatividad en la región se seleccionaron tres sitios donde se cultiva maíz, ubicados dentro de la región de estudio (Figura 1); estos son:

Sitio 1. Se localiza geográficamente a los: $16^{\circ} 27' 15.85''$ de LN y a los $93^{\circ} 26' 12.55''$ de LW, en la localidad de Nuevo México, del municipio de Villaflores, Chiapas, y cuyo propietario es el Sr. Gabriel Nucamendi.

Sitio 2. Se localiza geográficamente a los: $16^{\circ} 13' 15.86''$ de LN y a los $93^{\circ} 21' 44.64''$ de LW, en el ejido Francisco Villa al suroeste del municipio de Villaflores, Chiapas, y cuyo propietario es el Sr. Raquel Padilla.

Sitio 3. Se localiza geográficamente a los: $16^{\circ} 09' 28.26''$ de LN y a los $93^{\circ} 17' 31.73''$ de LW, sobre la carretera que va al ejido Monterrey, específicamente en el rancho San Sebastián, al suroeste del municipio de Villacorzo, Chiapas, y cuyo propietario es el Sr. Tavín Gómez Hernández.

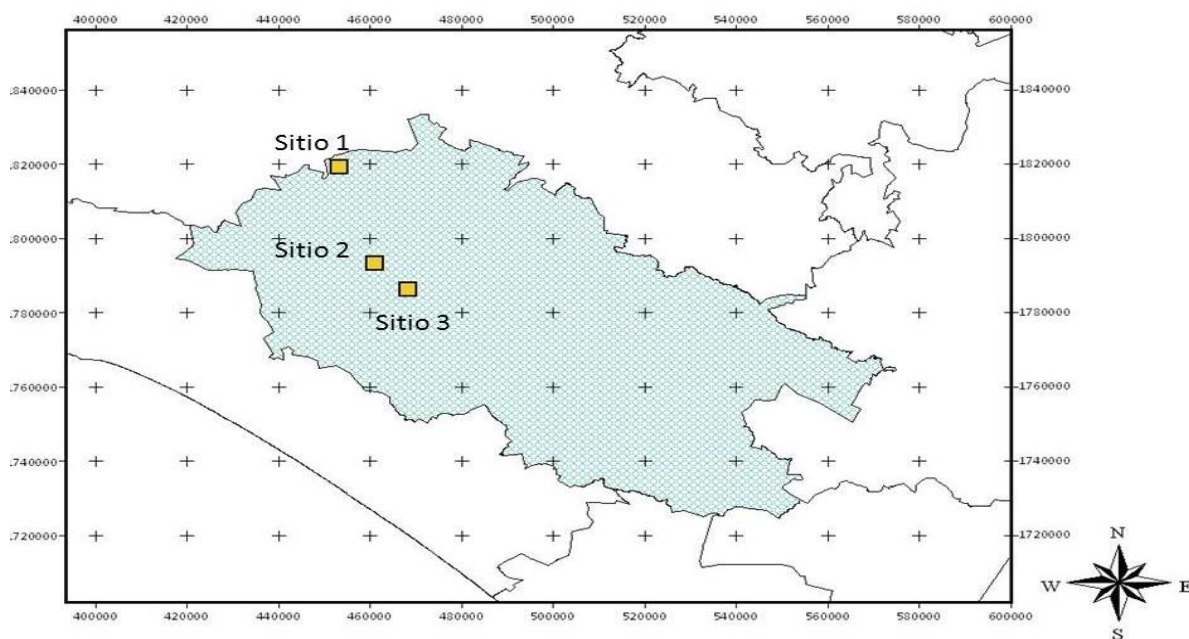


Figura 1. Mapa de la Frailesca y ubicación general de parcelas de estudio

3.3 Factores de estudio y diseño experimental.

Dados tanto la disponibilidad del productor como el manejo que ellos mismos dan a su parcela, la investigación comprendió tres estudios de caso, uno por cada sitio de estudio (3 agricultores). Se estudiaron los siguientes tratamientos:

Sitio 1.- Gabriel Nucamendi- Nuevo México (parcela 1)

Tratamiento 1 (T1): Sin subsoleo- Cero labranza

Tratamiento 2 (T2): Sin subsoleo- Labranza mínima

Tratamiento 3 (T3): con subsoleo- Cero labranza

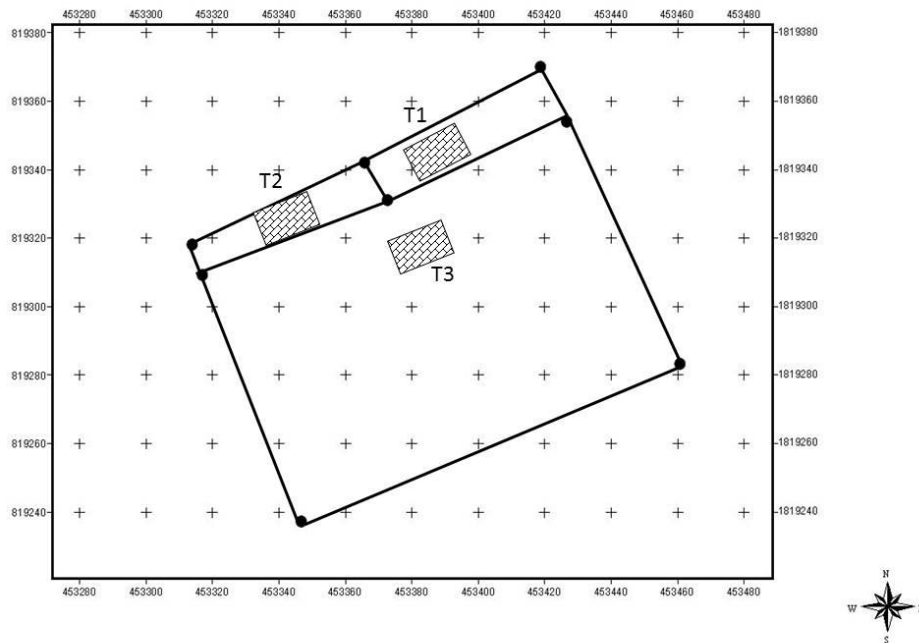


Figura 2. Ubicación de tratamientos en sitio 1

Sitio 2.- Raquel Padilla – Francisco Villa (parcela 2)

Tratamiento 1 (T1): Sin subsoleo - Cero Labranza (genotipos)

Tratamiento 2 (T2): Sin subsoleo- Labranza mínima (con cal de Guatemala)

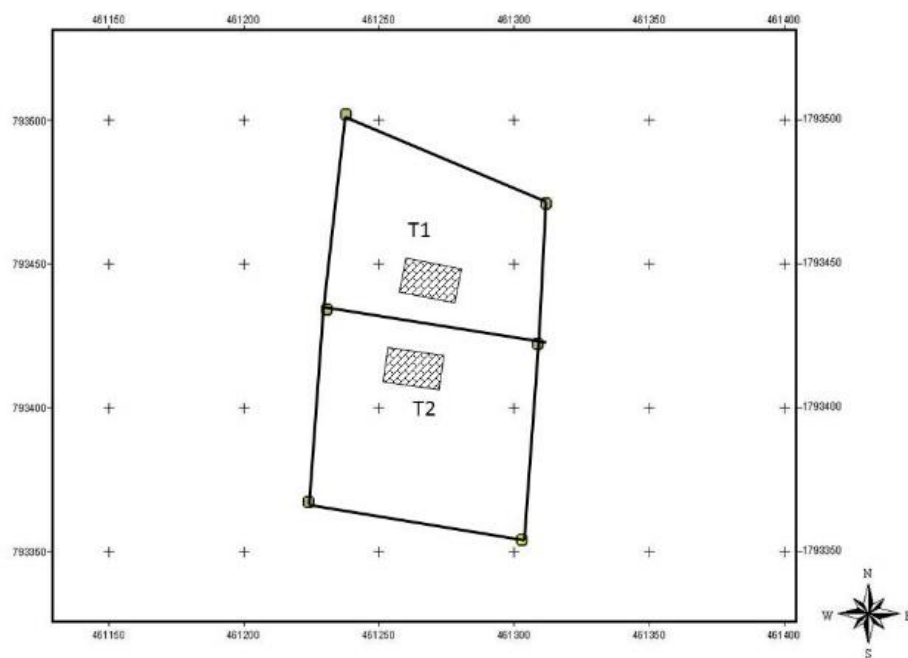


Figura 3. Ubicación de tratamientos en sitio 2

Sitio 3.- Tavín Gómez- Villacorzo (parcela 3)

Tratamiento 1 (T1): Con subsoleo – 2 rastreos

Tratamiento 2 (T2): Sin subsoleo– 2 rastreos

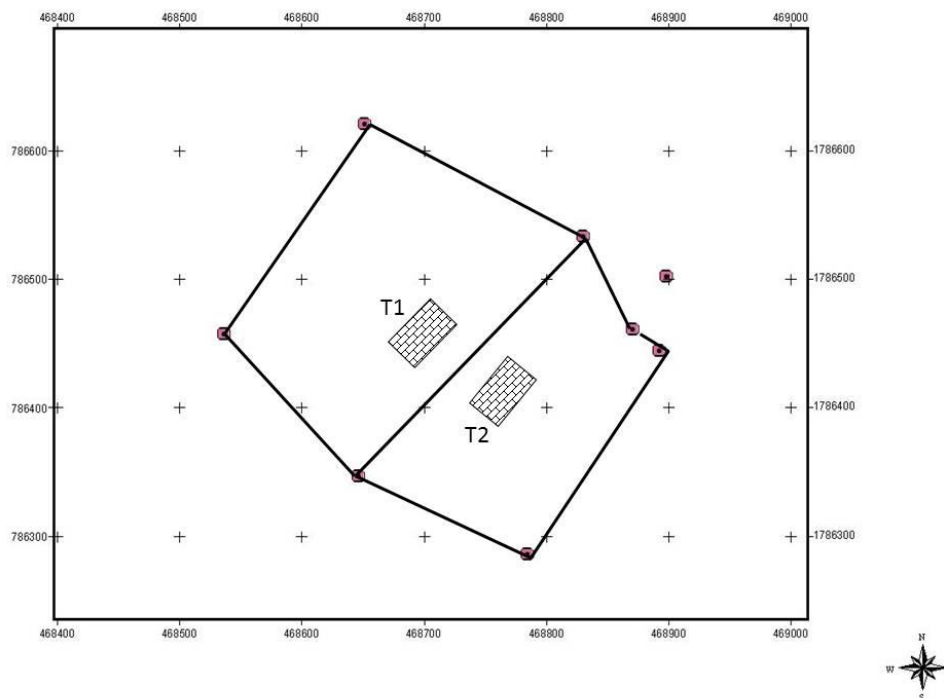


Figura 4. Ubicación de tratamientos en sitio 3

El tamaño de la unidad experimental por cada sitio fue de 200 m². Se utilizó un diseño experimental de parcelas apareadas. El proceso estadístico para este caso es:

Prueba de t para datos apareados (Principios de estadística. Alfredo Navarro. CAPÍTULO VII.)

Este tipo de prueba se aplicó considerando que se puede aplicar en el caso de que se deseen comparar dos tratamientos (uno de los cuales puede ser un testigo) y que las unidades experimentales se puedan agrupar por parejas homogéneas, de tal modo que se disponga de un número n de parejas.

En cada pareja, uno de los miembros, escogidos al azar, se sometió al primer tratamiento, y el otro miembro al segundo tratamiento, y para probar si los dos tratamientos tienen o no efectos distintos, se siguieron los siguientes pasos:

1. Planteamiento de las hipótesis:

$H_0: \delta = 0;$

$H_1: \delta \neq 0$

en donde "delta" se consideró como el valor paramétrico o poblacional de la media de las diferencias entre los miembros de las parejas después de ser sometidas a los tratamientos, si los tratamientos no difieren, y dado que al inicio las diferencias eran nulas por ser parejas de miembros homogéneos, al final del período experimental esta nulidad tenderá a mantenerse.

2. Se fijó el nivel $\alpha = 0.05$ deseado.

3. Se calcularon las diferencias (D_i) de las parejas, siguiendo siempre el mismo orden, y manteniendo el signo resultante.

4. Se calcularon la media y la varianza de las diferencias, mediante las siguientes fórmulas:

$$\hat{d} = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{n}$$

donde D_i es la diferencia de la i -ava pareja.

$$S_{\hat{d}}^2 = \left[\sum_{i=1}^n D_i^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n D_i^2}{n} \right) \right] / (n - 1)$$

5. Se definió el modelo apropiado y sus supuestos mínimos, de la siguiente manera:

$$D_i = \delta + e_i$$

En donde los términos son independientes y aditivos, y las $e_i \sim N(0, \sigma^2)$, esto es, los errores deberán distribuirse normal, con media cero y varianza desconocida, no negativa.

6. Se calculó la t_c :

$$t_c \frac{\hat{d}}{S_{\hat{d}}}$$

7. Se buscó el valor t_t con $n-1$ grados de libertad y con el α ya fijada, en tablas.

8. Se siguió el siguiente criterio de decisión:

Si $t_c < t_t$, aceptar la H_0 . De otro modo: rechace la H_0 y acepte la H_1 .

3.4 Variables de estudio

Dada la naturaleza de la investigación caracterizada por la variabilidad espacial de las características del suelo, se tomaron datos de las variables de suelo, agronómicas y económicas. Los detalles de las variables medidas se detallan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Lista de variables a medir en el estudio.

Tipo de variables	Sitio de medición de variables	Variables a medir	Materiales y/o Equipo	Método
Agronómicas	Suelo	Textura	Muestra de suelo	Método del Tacto
		Densidad Aparente	Barrena para muestras inalteradas	Método del volumen conocido
		Humedad	Field Scout TDR 300 Soil Moisture Meter	Dato directo obtenido del equipo (en % de humedad). Método gravimétrico
		Resistencia Mecánica a la penetración	Penetrómetro: - Field Scout SC-900 Soil Compaction Meter	Datos obtenidos del equipo y ajustados de acuerdo a calibración
	Infiltración	Círculos concéntricos, agua, regla.	Método del doble cilindro	
	Planta	Altura máxima	Cinta métrica	Muestreo en campo
		Rendimiento	- Bascula -Tabla de registro de pesos de mazorcas.	Método de "estimación de rendimiento de maíz en milpas campesinas" Triomphe, (1996).

3.4.1 Descripción de medición de las variables

Esquema de muestreo. Para la toma de datos, principalmente de las variables del suelo y planta se siguió un muestreo sistemático definido por una malla de 4 x 4 m orientada de norte a sur, en la que en cada intersección de la malla se tomaron datos de las variables mencionadas (7 puntos de observación o repeticiones). En la Figura 5 se presenta (como ejemplo), el muestreo realizado en el sitio 1.

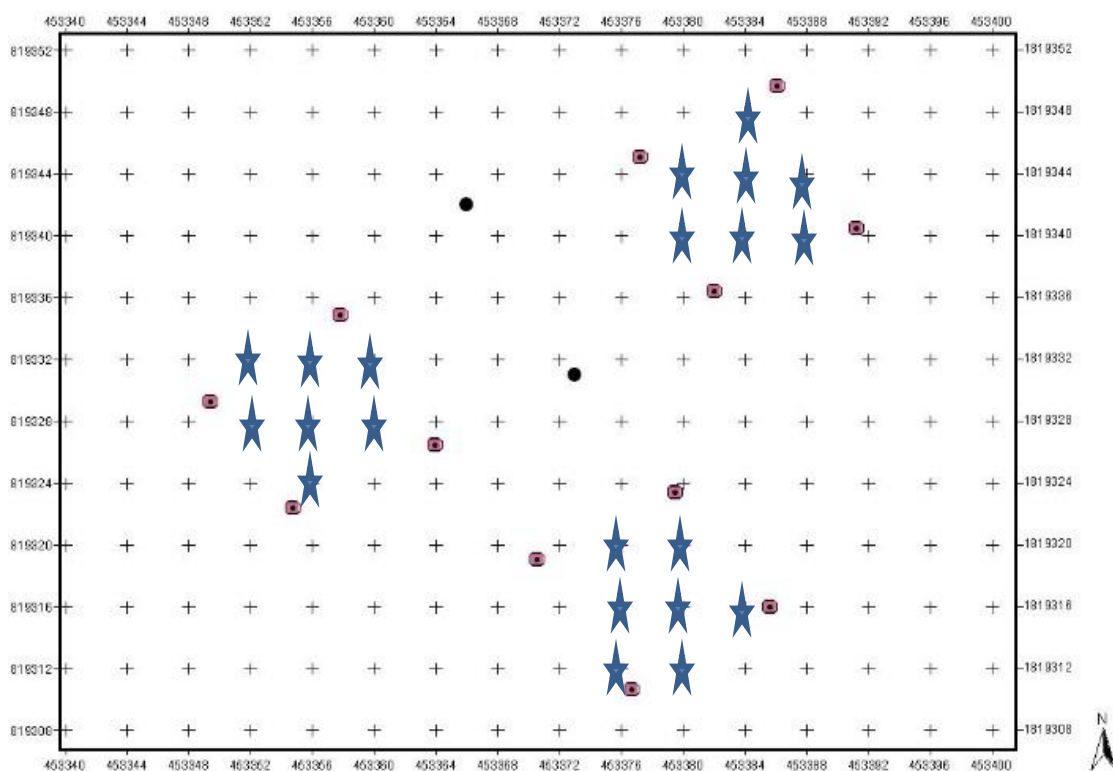


Figura 5. Esquema de muestreo de variables para el sitio 1

Densidad aparente. Para la determinación de la Dap se siguió el método del volumen conocido, utilizando una barrena para toma de muestras inalteradas de volumen conocido. Cada muestra fue pesada y enviada al laboratorio para determinar el contenido de humedad.

Resistencia a la penetración. Para determinar esta variable se utilizó el penetrómetro ya descrito en el cuadro 5 y previamente calibrado. El dispositivo digital fue programado para obtener medidas en unidades PSI (libras por pulgada cuadrada) y el manual proporcionó información en unidades de lbf. Se tomaron datos para dos profundidades: superficial y a 15 cm.

Velocidad de infiltración. Para determinar la velocidad de infiltración se utilizó el método del doble cilindro que consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos o cilindros concéntricos para después medir la variación del nivel de agua en el cilindro interior. En este trabajo, en cada sitio se realizó solo una observación por tratamiento de manera aleatoria consistente en la toma de la cantidad de agua infiltrada en determinado tiempo.

Variables de planta. En cada punto de la malla 4 x 4 se trazó un marco de 1.0 m² que se ubicó en la superficie del terreno, el cual sirvió para tomar datos sobre el número de plantas al interior de dicho marco para medir la altura de planta (AP) y así obtener un promedio de dichas variables en centímetros por metro cuadrado de maíz extraído. Asimismo se tomaron datos del rendimiento de maíz

3.4.2 Técnicas de Interpretación de los resultados.

Para el análisis de los resultados se consideraron dos etapas:

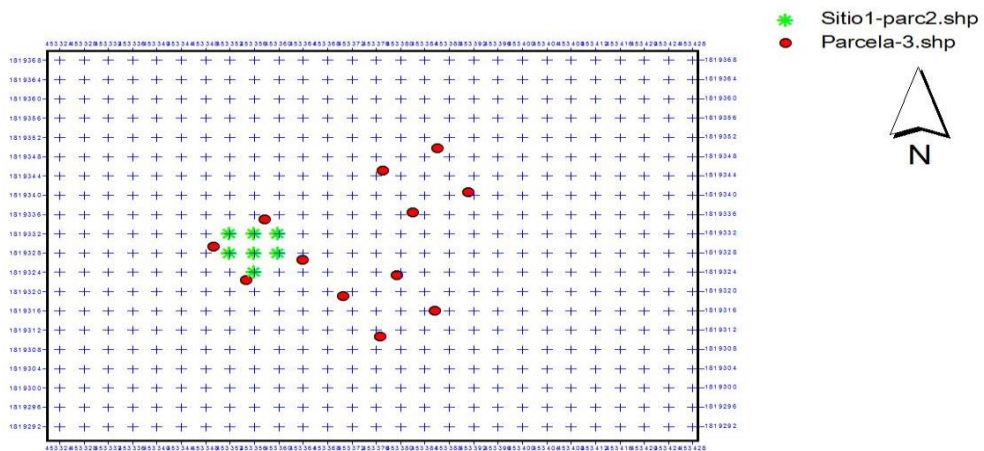
a. Análisis estadísticos de los datos de campo.

Para cada sitio, con los datos obtenidos en campo mediante un muestreo sistemático en malla 4 x 4 m sobre algunas características del suelo y de planta de maíz se realizó un análisis de varianza estadístico considerando un diseño experimental de parcelas apareadas para dos profundidades del suelo y dos y tres tratamientos.

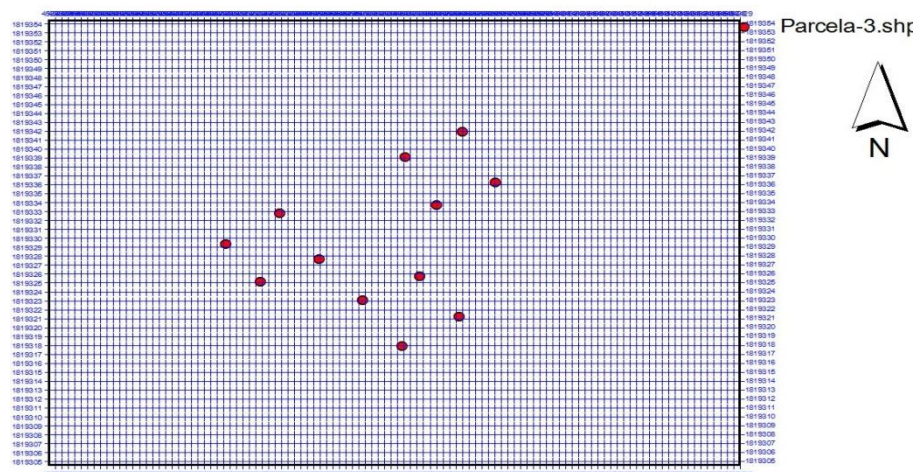
b. Distribución espacial de las características físicas del suelo consideradas en este estudio.

Para determinar la relación que pudiera existir entre las variables de planta y las características del suelo por efecto de los tratamientos aplicados, se utilizó la técnica de la geoestadística como medio para analizar la variabilidad espacial y optimizar su interpolación. Para ello se partió de los datos generados de la cuadrícula de muestreo 4 x 4 m de cada tratamiento con la utilización del SIG Arc View 3.2 para generar los mapas de la distribución espacial de cada variable de suelo y planta.

Una vez obtenidos los mapas de cada variable se sobrepuso una malla más fina de 0.5 x 0.5 m para así obtener (por interpolación) una base de datos más amplia que permitiera correr las correlaciones y regresiones simples y múltiples. En la Figura 6 se presenta a manera de ejemplo para el sitio 1 el procedimiento descrito.



a). Esquema de muestreo de las características del suelo y planta para el sitio 1 en una malla 4m x 4m (7 puntos de observación o repeticiones).



b). Esquema de muestreo de las características del suelo y planta para el sitio 1 en una malla 0.5m x 0.5m (110 puntos de observación o repeticiones a partir de los mapas de interpolación).

Figura 6. Esquema de muestreo para el sitio 1 en dos diferentes mallas

c. Relación existente entre las características del suelo (compactación) y las de planta.

Después de obtener una base más amplia de datos de cada variable por interpolación (alrededor de 110 observaciones) con la metodología antes descrita, se realizaron primeramente correlaciones entre las variables del suelo y las de planta para definir cuáles de ellas están correlacionadas

Posteriormente se corrieron regresiones simples y múltiples entre las variables del suelo y las de planta para determinar que variables del suelo se relacionan con la planta de maíz en cada tratamiento.

d. Análisis económico.

Finalmente, con los datos de campo sobre costos de producción y rendimiento de maíz ajustado al 14% de humedad se realizó el análisis económico de los tratamientos en estudio utilizando como indicador económico de rentabilidad a la relación beneficio-costo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características físicas del suelo y rendimiento del maíz en los sitios de estudio.

4.1.1. Para el sitio 1 Nuevo México

Del Sr. Gabriel Nucamendi. En el Cuadro 6 se presentan algunas propiedades físico-químicas del suelo para diferentes condiciones de manejo en el sitio 1 Nuevo México. En primer lugar, se observan diferencias marcadas de algunas características del suelo entre manejo del suelo, siendo estas más favorables para el manejo de área natural, donde características macro como los valores del contenido de materia orgánica, el pH y la CIC son más altos y el contenido de Aluminio intercambiable más bajo.

Asimismo, se observa que en general existen pocas diferencias de las características del suelo entre tratamientos, además de que estas no presentan un patrón bien definido a favor de algún tratamiento de manejo

Cuadro 6. Propiedades físico-químicas del suelo para diferentes condiciones de manejo en el sitio 1 Nuevo México

Identificación	Tratamientos			Potrero	Área natural
	T1	T2	T3		
pH 1:2 agua	5.8	5.0	4.9	4.7	6.1
MO (%)	1.7	1.2	1.1	1.3	7.6
P Brav (ppm)	17	8	18	61	6.0
Al Interc KCl 1N	0.09	0.23	0.39	0.34	0.18
CIC (meq/100 g)	39.5	28.6	5.1	11.3	39.7
K (meq/100 g)	0.4	0.6	0.3	0.4	0.6
Ca (meq/100 g)	4.8	3.1	2.3	2.4	12.1
Mg (meq/100 g)	0.8	0.6	0.3	0.8	5.3
Na (meq/100 g)	0.1	0.3	T	t	T
Arena (%)	76	74	76	80	52
Limo (%)	10	10	10	6	25
Arcilla (%)	14	16	14	14	23
Clasificación textural	Fa	Fa	Fa	Af	Faa

T1. Sin subsoleo y labranza cero; T2. Sin subsoleo y labranza mínima; T3. Con subsoleo y labranza cero; Fa = Franco arenoso; Af = Arena francosa; Faa = Franco arcillo arenoso

Por lo anterior se puede decir que la actividad agrícola con siembra de maíz ha causado un deterioro de algunas características físico-químicas del suelo que afectan su nivel de fertilidad natural.

Dado que el cultivo de maíz que fue considerado como de referencia en el presente estudio, a continuación, se describen sus necesidades clima-suelo. La mayor parte de esta información se extrajo de la fuente requerimientos Agroecológicos de Cultivos (Ruiz *et al.*, 1999).

Textura de suelo:

- Prefiere suelos franco-limosos, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos (Benacchio, 1982).
- Prospera en suelos de textura ligera a media (FAO, 1994).
- pH: El pH óptimo está entre 5.5 y 7.5 (Moreno, 1992).
- Puede producirse con éxito en suelos con pH de 5.5 a 8.5. (González, 1994).
- Óptimo entre 5.0 y 7.0 (Doorenbos y Kassam, 1979)
- 5.5 a 7.0 (Benacchio, 1982).
- El ámbito óptimo de pH va de 5.0 a 8.0, aunque es muy sensible a la acidez, especialmente con la presencia de iones de aluminio (Montaldo, 1982).
- 5.0 a 8.0 siendo el óptimo de 6.0 a 7.0 (Purseglove, 1985).

Con base en lo anterior, se puede resaltar que en este sitio 1 de Nuevo México, los suelos aunque aparentemente son de fertilidad media a baja son más bien otras características del mismo las que pudieran estar limitando el rendimiento, tal es el caso de la densidad aparente que pudiera ser indicativo de una compactación del suelo.

Los resultados obtenidos de las determinaciones de suelo y planta se dan a continuación:

Humedad gravimétrica. En el Cuadro 7 se presentan los resultados del ANOVA para humedad gravimétrica. Se puede observar que esta variable presenta valores más altos en la capa superficial y ligeramente más bajos en el subsuelo, lo cual se puede atribuir a que al momento del muestreo hubo una lluvia ligera después de estar seco el terreno. Por lo tanto, estos valores se deben tomar con ciertas reservas, lo ideal es monitorear esta variable con cierta frecuencia durante el ciclo de cultivo para tener una información técnica más confiable.

Cuadro 7. Resultados del ANOVA del sitio 1 para tres características del suelo.

Tratamientos	Humedad grav. (%)		Penetrómetro (PSI)		Densidad Aparente (g/cm ³)	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
1. SS y Cero labranza	7.53a	5.72a	39.59a	58.49a	1.39a	1.51a
2. SS y Labranza mínima	7.78a	5.79a	39.08ab	56.94a	1.29ab	1.48a
3. CS y Cero labranza	8.75a	7.04a	27.95b	27.69b	1.11b	1.43a
Promedio	8.02	6.18	35.54	47.71	1.26	1.47

SS= sin subsoleo; CS= con subsoleo

Densidad aparente. En el Cuadro 7 se presentan los resultados del ANOVA para densidad aparente. Primeramente se puede observar que esta variable presenta valores más bajos en la capa superficial y aumenta notablemente en el subsuelo, lo cual confirma la hipótesis de la existencia de una capa endurecida (compactada) en el subsuelo; por su parte al comparar el efecto de los tratamientos, se observa que el tipo de labranza no afecta los valores de densidad, pero si el subsoleo, lo cual también confirma que este podría convertirse en la mejor alternativa para el inicio de la labranza de conservación.

Resistencia a la penetración. En el Cuadro 7 se presentan los resultados del ANOVA para resistencia a la penetración. Se puede observar que esta variable presenta valores más bajos en la capa superficial y aumenta notablemente en el subsuelo, lo cual parece lógico ya que esta variable y la anterior están muy correlacionadas; asimismo, al comparar los diferentes tratamientos se observa que el tipo de labranza no afecta los valores de resistencia, pero si el subsoleo, lo cual también confirma que este podría convertirse en la mejor alternativa para el inicio de la labranza de conservación.

Altura de planta. En el Cuadro 8 se presentan los resultados del ANOVA para altura de planta. Se puede observar que estadísticamente esta variable no presenta diferencias entre tipos de labranza, pero si cuando se realiza subsoleo ya que la altura es estadísticamente mayor, lo cual confirma el beneficio de esta práctica de labranza por un mejoramiento en las condiciones del suelo al romperse la capa compactada.

Rendimiento de grano. En el mismo Cuadro 8 se presentan los resultados del ANOVA para rendimiento de grano de maíz. Se puede observar que estadísticamente esta variable no presenta diferencias significativas entre tratamientos, aunque si se observa una tendencia similar a la presentada por altura de planta con subsoleo, lo cual también confirma el beneficio de esta práctica de labranza por un mejoramiento en las condiciones del suelo al romperse la capa compactada.

Cuadro 8. Resultados del ANOVA del caso 1 para dos características de planta

Tratamientos	Altura de planta (m)		Rendimiento de grano (ton/ha)	
1. SS y Cero labranza	1.54b		6.46a	
2. SS y Labranza mínima	1.58ab		6.86a	
3. CS y Cero labranza	1.78a		7.08a	
Promedio	1.63		6.8	

SS= sin subsoleo; CS= con subsoleo

4.1.2 Para el sitio 2 ejido Francisco Villa

Del señor Raquel Padilla

Humedad gravimétrica. En el Cuadro 9 se presentan los resultados del ANOVA para humedad gravimétrica. Se puede observar que, se tuvieron valores ligeramente más altos, pero no significativos en la capa superficial, lo cual se puede atribuir a que al momento del muestreo hubo una lluvia ligera después de estar seco el terreno.

Asimismo, el efecto del sistema de labranza sobre esta variable no resulto significativa en la capa superficial, aunque si lo hubo en la profundidad de 10 a 20 cm., donde la labranza mínima presento valores estadísticamente más altos. Sin embargo, estos valores se deben tomar con ciertas reservas, lo ideal es monitorear esta variable con cierta frecuencia durante el ciclo de cultivo para tener una información técnica más confiable.

Cuadro 9. Resultados del ANOVA del sitio 2 para tres características del suelo.

Tratamientos	Humedad grav. (%)		Penetrómetro (PSI)		Densidad Aparente (g/cm ³)	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
	1. SS y Cero labranza	11.4a	10.9b	10.4a	31.1a	1.4a
2. SS y Labranza mínima	13.1a	12.9a	14.8a	32.9a	1.3a	1.3a
Promedio	12.25	11.9	12.6	32.0	1.35	1.30

SS= sin subsoleo; CS= con subsoleo

Densidad aparente. En el Cuadro 9 se presentan los resultados del ANOVA para densidad aparente. Primeramente, se puede observar que esta variable presenta valores estadísticamente iguales en ambas capas de suelo muestreadas; por su parte al comparar el efecto de los tratamientos, se observa que el tipo de labranza no afecta los valores de densidad, lo cual se puede atribuir que no existe compactación manifiesta en este sitio de prueba.

Resistencia a la penetración. En el mismo Cuadro 9 se presentan los resultados del ANOVA para resistencia a la penetración. Se puede observar que esta variable presenta valores más bajos en la capa superficial y aumenta notablemente en el subsuelo; asimismo, al comparar los diferentes tratamientos se observa que el tipo de labranza no afecta los valores de resistencia.

Estos resultados parecen indicar que, aunque la densidad aparente no varía con los tratamientos, si existe la posibilidad de tener compactación por los valores más altos de la resistencia a la penetración en la capa muestreada de 10 a 20 cm de profundidad.

Altura de planta. En el Cuadro 10 a se presentan los resultados del ANOVA para altura de planta. Se puede observar que estadísticamente esta variable presenta diferencias entre tipos de labranza siendo más altos los valores con el tratamiento de labranza mínima.

Rendimiento de grano. En el mismo Cuadro 10 se presentan los resultados del ANOVA para rendimiento de grano de maíz. Se puede observar que estadísticamente esta variable no presenta diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 10. Resultados del ANOVA del sitio 2 para dos variables agronómicas

Tratamientos	Altura de planta (m)	Rendimiento de grano (ton/ha)
1. SS y Cero labranza	1.73b	5.3a
2. SS y Labranza mínima	2.04a	5.8a
Promedio	1.89	5.55

SS= sin subsoleo; CS= con subsoleo

4.1.3 Para el sitio 3 Villa Corzo

Del señor Tavín Gómez.

Humedad gravimétrica. En el Cuadro 11 se presentan los resultados del ANOVA para humedad gravimétrica. Se puede observar que esta variable presenta valores más altos en la capa superficial y ligeramente más bajos en el subsuelo, lo cual se puede atribuir a que al momento del muestreo hubo una lluvia ligera después de estar seco el terreno.

Asimismo, se observa que no varía significativamente entre tratamientos a ninguna de las profundidades muestreadas. Por lo tanto, estos valores se deben tomar con ciertas reservas, lo ideal es monitorear esta variable con cierta frecuencia durante el ciclo de cultivo para tener una información técnica más confiable.

Cuadro 11. Resultados del ANOVA del sitio 3 para tres características del suelo.

Tratamientos	Humedad grav. (%)		Penetrómetro (PSI)		Densidad Aparente (g/cm ³)	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
1. CS y 2 rastreos	14.12a	14.1a	39.8b	39.1b	1.3a	1.1a
2. SS y 2 rastreos	14.10a	13.6a	45.1a	49.9a	1.3a	1.2a
Promedio	14.15	13.85	42.45	44.50	1.30	1.15

SS= sin subsoleo; CS= con subsoleo

Densidad aparente. En el Cuadro 11 se presentan los resultados del ANOVA para densidad aparente. Primeramente, se puede observar que esta variable presenta valores estadísticamente iguales en ambas capas de suelo muestreadas; por su parte al comparar el efecto de los tratamientos, se observa que el tipo de labranza no afecta los valores de densidad, lo cual se puede atribuir a que no existe compactación manifestada en este sitio de prueba.

Resistencia a la penetración. En el mismo Cuadro 11 se presentan los resultados del ANOVA para resistencia a la penetración. Se puede observar que esta variable presenta valores más bajos en la capa superficial y aumenta ligeramente en el subsuelo; asimismo, al comparar los diferentes tratamientos se observa que el tipo de labranza afecta significativamente los valores de resistencia, siendo mayores en la labranza cuando no hay subsoleo. Estos resultados confirman que el subsoleo podría convertirse en la mejor alternativa para el inicio de la labranza de conservación.

Altura de planta. En el Cuadro 12 a se presentan los resultados del ANOVA para altura de planta. Se puede observar que estadísticamente esta variable no presenta diferencias entre tratamientos, aunque existe la tendencia de ser mayor con subsoleo.

Rendimiento de grano. En el mismo Cuadro 12 a se presentan los resultados del ANOVA para rendimiento de grano de maíz. Se puede observar que estadísticamente esta variable no presenta diferencias significativas entre tratamientos, aunque si se observa una tendencia similar a la presentada por altura de planta, lo cual también confirma el beneficio de esta práctica de labranza por un mejoramiento en las condiciones del suelo al romperse la capa compactada.

Cuadro 12. Resultados del ANOVA del sitio 3 para dos variables agronómicas

Tratamientos	Altura de planta (m)	Rendimiento de grano (ton/ha)
1. CS y 2 rastreos	2.31a	10.2a
2. SS y 2 rastreos	2.29a	9.70a
Promedio	2.30	9.95

SS= sin subsoleo; CS= con subsoleo

4.2 Análisis de humedad, infiltración y altura de planta para tres casos de estudio

Dado a que estas tres variables fueron tomadas de manera un tanto especial (la humedad gravimétrica del suelo se tomó solo en una ocasión, la velocidad de infiltración se tomó de manera aleatoria solo en un punto del terreno y la altura de planta se tomó solo como una referencia como componente del rendimiento), estas fueron analizadas por separado de manera conjunta para los tres sitios de estudio. Los resultados se describen a continuación:

4.2.1 Humedad del suelo.

El contenido de agua disponible para las plantas en condiciones de campo para los tres estudios de caso se presenta en las Figuras 4 al 6. En general se encontró que la distribución de humedad con la profundidad y los diferentes sistemas de labranza, fue generalmente más adecuada para los tratamientos que se trabajaron con labranza cero comparados con las siembras convencionales de los tratamientos dentro de cada sitio.

Tal situación se debe fundamentalmente a la capacidad de infiltración de los suelos y en menor parte al 35% a 45% de cobertura con el que contaron las parcelas durante el ciclo productivo, lo cual hizo que se perdiera menos agua por evaporación y se almacenara mayor humedad, tal como ha sido descrito por (Derpsh, Rath, Sdiras, & Kopte, 1991). Por otro lado, se registró un mayor contenido de humedad en los primeros 10 cm, independientemente del sistema de labranza, excepto en las últimas fechas en las cuales el proceso de secado comienza por la capa superficial.

En el estudio de caso 1 (Figura 7) hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos siendo el tratamiento de cero labranza con subsoleo el mayor contenido de humedad, al momento del muestreo. Este resultado pone de manifiesto que el subsoleo es una actividad que contribuye de manera positiva ya que puede contribuir a disminuir los riesgos de déficit hídrico en los períodos de sequía (canícula) que comúnmente se presentan en la estación lluviosa y contribuir significativamente a estabilizar la producción del cultivo.

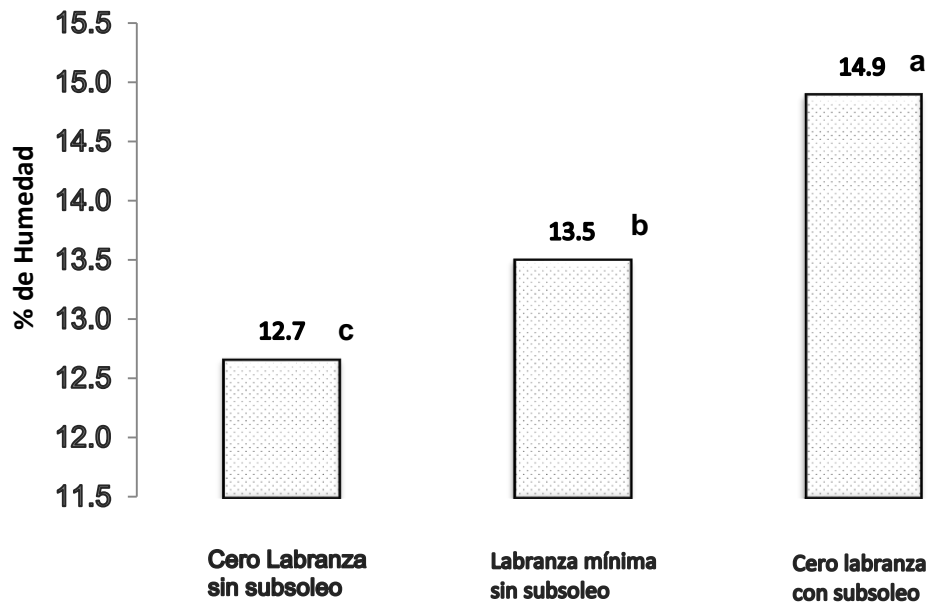


Figura 7. Contenido de humedad del suelo para tres tratamientos de labranza en sitio 1.

En la Figura 8 se presentan los resultados para el caso 2, observándose que las mejores condiciones de humedad se obtuvieron en el sistema de labranza mínima sin subsoleo, esto debido a que el paso de la rastra que rompe de manera significativa la costra superficial del terreno. Estos resultados se atribuyen a la función desempeñada por el residuo de maíz dejado sobre la superficie y coinciden con otros reportes (Bolaños, 1989).

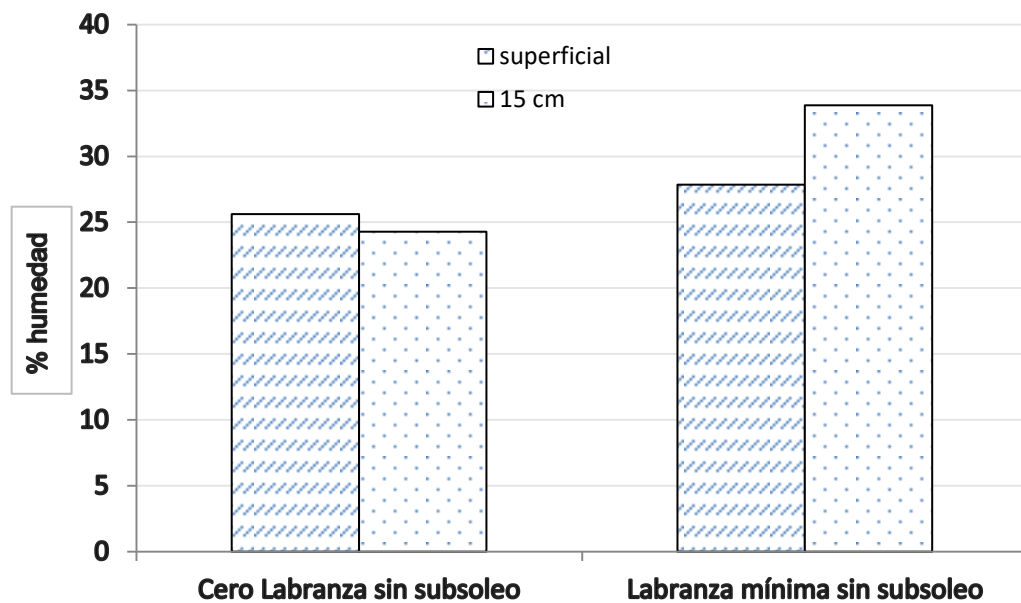


Figura 8. Porcentaje de humedad en el suelo por tratamiento en sitio 2

En la Figura 9 se presentan los resultados obtenidos para el caso 3. En la profundidad 0 a 10 cm hubo diferencia significativa entre promedios de tratamientos, siendo el tratamiento con mayor contenido de humedad al momento del muestreo el de dos rastreos con subsoleo, atribuyéndose esto al efecto del subsoleo; sin embargo, a la profundidad 10-20cm contra lo que pudiera esperarse, el valor promedio del contenido de humedad al momento del muestreo no fue afectado por los tratamientos, presentándose valores prácticamente iguales a pesar de que se esperaba una diferencia significativa debido a la práctica de subsoleo. Esto principalmente puede atribuirse al nivel de penetración de las rastras al momento de preparar el suelo antes de la siembra.



Figura 9. Comparativo del porcentaje de humedad en sitio de estudio 3.

4.2.2 Velocidad de Infiltración.

Los resultados de la velocidad de infiltración expresada como infiltración acumulada se presentan en las Figuras 10, 11 y 12, y en las que se compara la infiltración acumulada por tratamiento dentro de cada sitio de estudio.

Estudio de caso 1. Los resultados de la velocidad de infiltración expresada como infiltración acumulada se presentan en la Figura 10. En primer lugar, se observa que el efecto del subsoleo sobre este parámetro es evidentemente positivo ya que favorece en gran medida la infiltración del agua en el suelo, evitando con ello que exista encharcamiento en la superficie del suelo por compactación. En comparación, con los otros dos tratamientos donde la cantidad de agua infiltrada es mucho menor y no existiendo diferencia entre ellos.

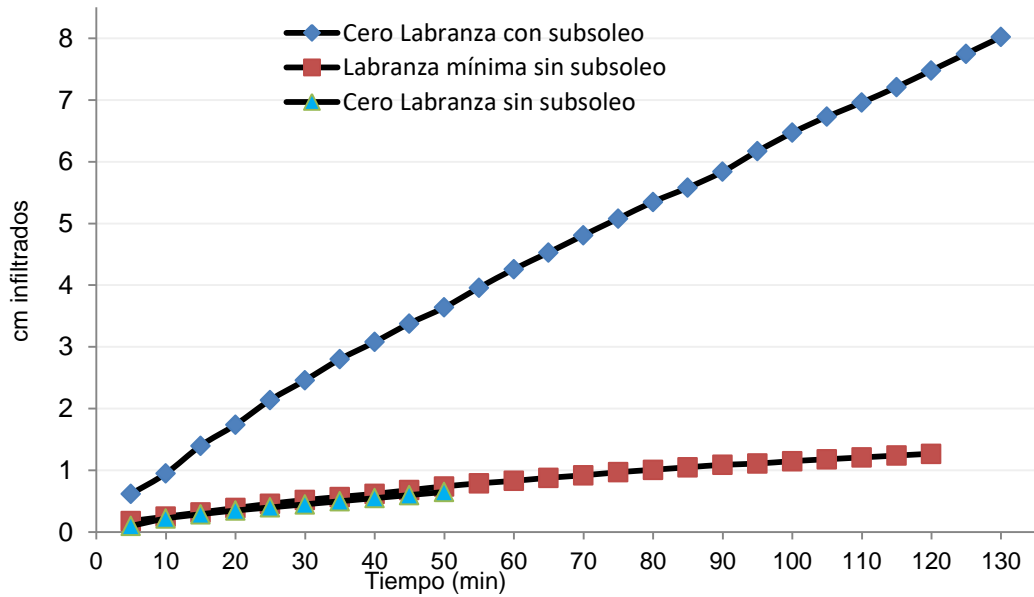


Figura 10. Infiltración acumulada por tratamiento sitio 1

El estudio de caso 2. En la Figura 11 se presentan los resultados de la velocidad de infiltración expresada como infiltración acumulada.

Como se puede observar, la diferencia de la infiltración acumulada entre tratamientos no es significativa, esto se puede atribuir a que en ambos tratamientos existen problemas de compactación que es necesario eliminar antes de poder iniciar el sistema de labranza de conservación.

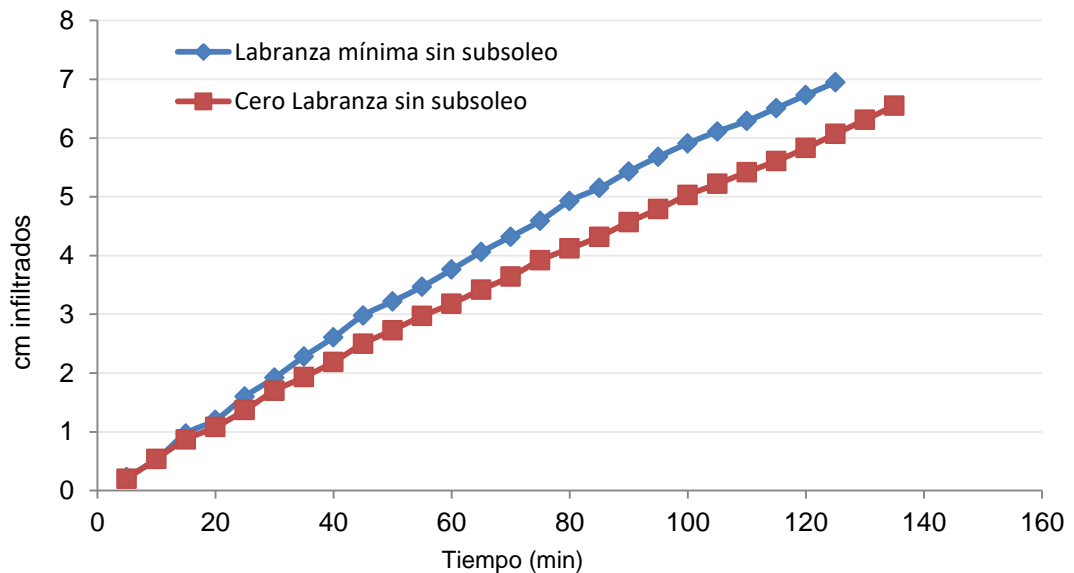


Figura 11. Infiltración acumulada por tratamiento sitio 2

Para el estudio de caso 3. En la Figura 12 se presentan los resultados de la velocidad de infiltración expresada como infiltración acumulada

Como puede observarse, aunque la infiltración acumulada presentó variaciones existe una notable diferencia de los valores de este parámetro a favor del tratamiento con subsoleo.

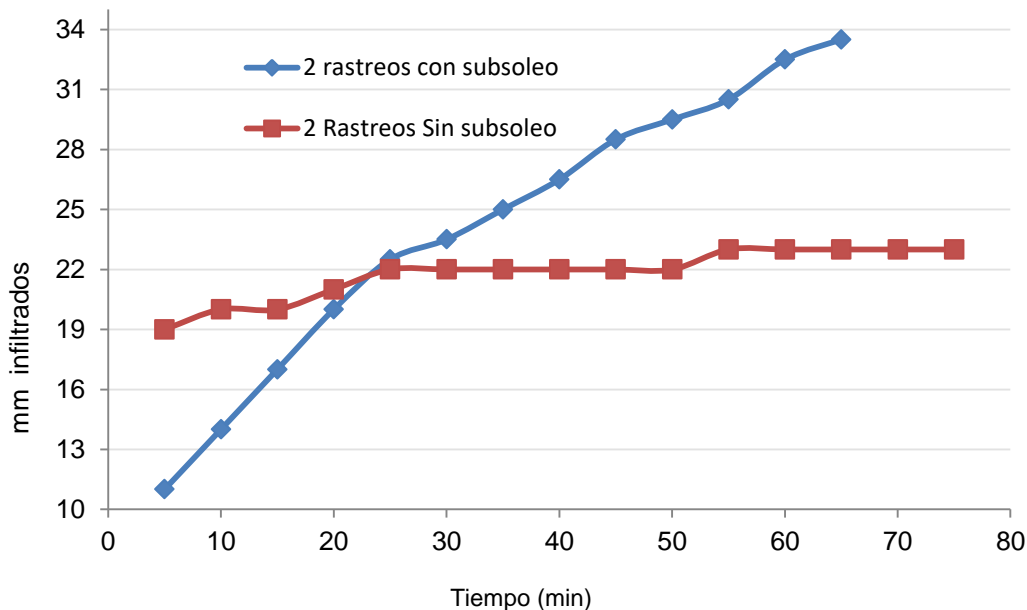


Figura 12. Infiltración acumulada por tratamiento sitio 3

A modo de análisis general de las curvas de infiltración acumulada de los tratamientos de los tres estudios de caso se puede decir que las variaciones en la capacidad de infiltración se debieron principalmente a las condiciones de compactación del suelo a las dos profundidades evaluadas y en ese mismo sentido se corrobora por los datos de densidad aparente encontrados en la investigación.

4.2.3 Altura de planta.

En la figura 13 se presentan los datos obtenidos para altura de planta en los tres sitios.

Debido a las características de los sitios de estudio de poco contenido de materia orgánica y baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) los resultados de la altura de planta se vieron afectados y con diferencia significativa en los tres estudios de caso de Nuevo México, Francisco Villa y Villacorzo viéndose beneficiados los tratamientos con subsoleo como el T3 del sitio 1, el T2 del sitio 2 y el tratamiento 1 del sitio 3, en los cuales se removió el suelo de forma importante.

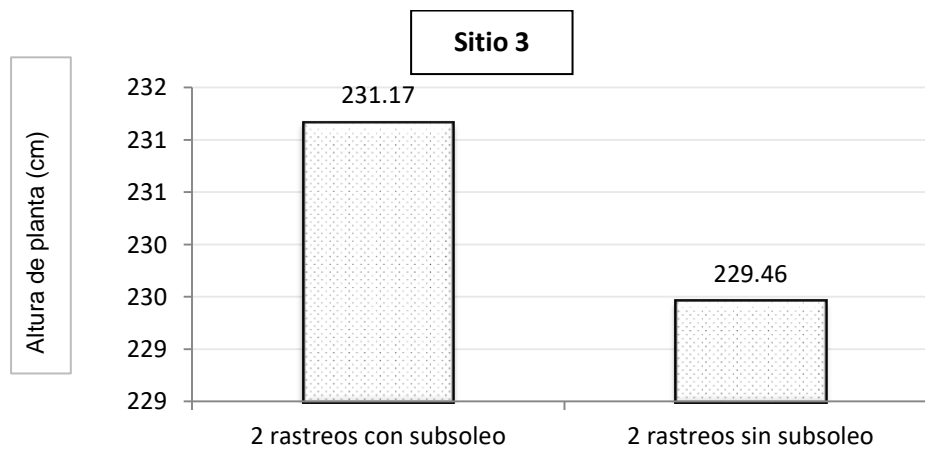
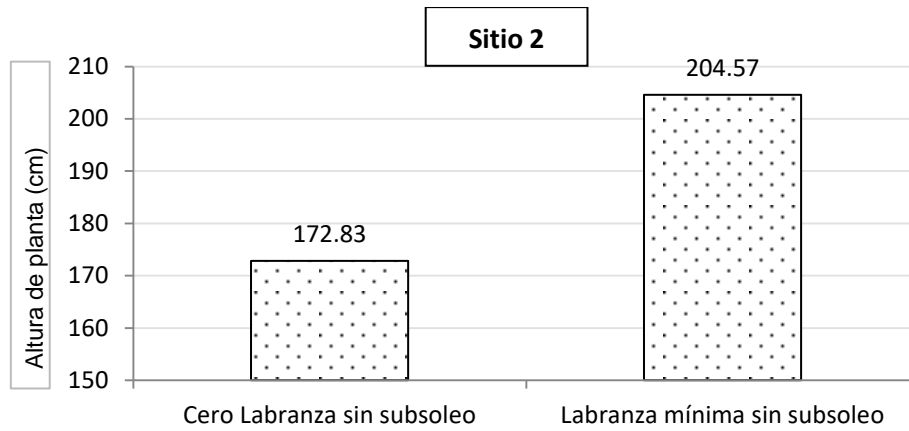
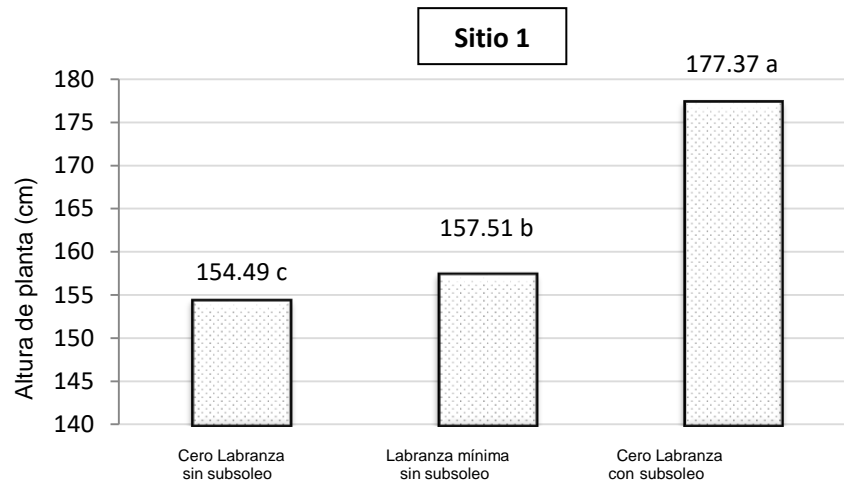


Figura 13. Altura de planta de maíz para los tres sitios de estudio y diferentes tratamientos.

Lo anterior explica que cuando el suelo es removido, lo que además de permitir mayor profundidad de preparación, promueve la infiltración del agua de lluvia, la aireación del suelo y un desarrollo profuso de las raíces (Marcano, Ohep, & Francisco, 1994). Esto favorece un uso más eficiente del nitrógeno cuando éste se aplica en forma fraccionada, ya que estos suelos por tener baja CIC y contenido de materia orgánica, las pérdidas del nitrógeno tienden a incrementarse al aplicarse todo de una sola vez y superficialmente (Aldrich, Scottand, & Leng, 1975), (Keller & B, 1986) (McInnes, Ferguson, Kiessel, & Kanemasu, 1986) y (Clay, Malzer, & Anderson, 1990). Claro lo anterior aunado a la pérdida física y biológica del suelo.

De los resultados anteriores, para esta primera parte del análisis se puede concluir que:

- Existe mayor densidad aparente (g/cm^3) y resistencia a la penetración (PSI) en la capa inferior (10-20 cm).
- La densidad aparente (g/cm^3) y resistencia a la penetración (PSI) disminuyen significativamente cuando se realiza el subsoleo.
- Al comparar los tres sitios de estudio se observan niveles de compactación altos medios y bajos.

4.3 Distribución espacial de las características físicas del suelo evaluadas

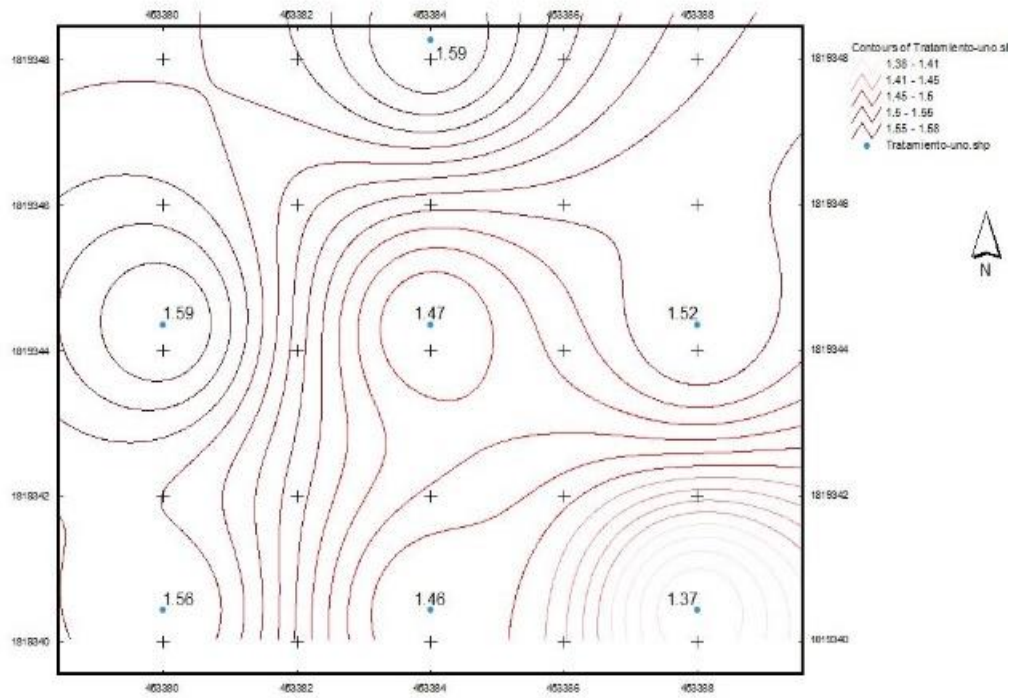
Los mapas obtenidos de cada variable de suelo y planta permitieron confirmar que en todos los sitios de estudio existe una amplia variabilidad espacial de las mismas, por lo que fue necesario considerar ésta antes de llegar a una conclusión definitiva sobre el manejo del suelo.

Asimismo, de acuerdo a los resultados de campo señalados anteriormente en la primera parte solo se consideró la relación para densidad aparente y la lectura del penetrómetro con el rendimiento de maíz

En la Figura 14 se presenta a manera de ejemplo lo encontrado en el Sitio 1 y tratamiento 1 para densidad aparente y rendimiento de maíz. Se observa que el rendimiento de maíz puede estar afectado por la compactación del suelo definida principalmente por la densidad aparente del suelo y su resistencia a la penetración, pero que éstas características varían espacialmente en poca distancia.

Esa variabilidad no permite mediante experimentación convencional encontrar información concluyente de la relación suelo-planta por lo que para este trabajo se consideró necesario el uso de la geoestadística.

Distribucion espacial de la Densidad aparente del suelo (profundidad 0-10 cm) en el Sitio 1 y tratamiento 1



Distribucion espacial del rendimiento de maiz (ton/ha) en el sitio 1 y tratamiento 1

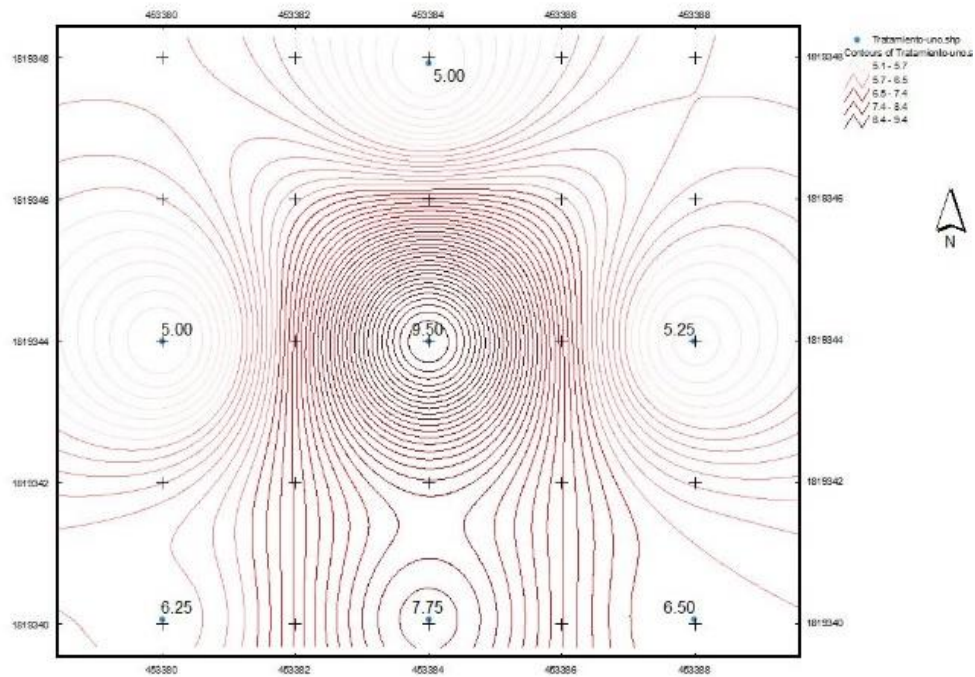


Figura 14. Distribución espacial de la densidad aparente del suelo (g/cm^3) y del rendimiento del maíz para el Sitio 1 y tratamiento 1.

Con los resultados obtenidos de estos mapas, se sobrepuso sobre ellos una malla más fina (1 X 1 m), lo que permitió generar información más detallada de las variables en estudio. De esta manera se obtuvo información más detallada y confiable a la hora de establecer las relaciones de la planta con el suelo.

4.4 Relación entre las características de la planta del maíz y las del suelo

En los Cuadros 1 al 7 del apéndice II, se presentan los datos de suelo y planta obtenidos para cada sitio y cada tratamiento por el método de interpolación.

4.4.1 Para el sitio 1 y tratamiento 1

En el cuadro 13 se presenta el análisis de correlación para el sitio 1 y tratamiento 1, donde se observa que el rendimiento de maíz tiene la mejor relación con las variables lectura del penetrómetro (PSI) a la profundidad 0-10 cm y con la densidad aparente (g/cm^3) a la profundidad 0-10 cm; mientras que, con el resto de variables, se observa muy baja relación, por lo que estas variables no fueron consideradas en el análisis de regresión.

Cuadro 13. Coeficientes de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas en el tratamiento 1 de labranza.

Característica del suelo	Valor
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 0-10 cm	-0.61
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 10-20 cm	-0.06
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 0-10 cm	-0.56
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 10-20 cm	-0.11

En la Figura 15 se presenta la relación entre el rendimiento de maíz (ton/ha) y las dos variables del suelo con el mejor coeficiente de correlación obtenido para el sitio 1 y tratamiento 1, donde se puede apreciar una tendencia negativa del rendimiento de maíz al aumentar el valor de estas variables del suelo relacionadas con la compactación y cuya tendencia para ambos casos se ajustó a una distribución logarítmica, aunque en este caso son valores para la capa superficial del suelo.

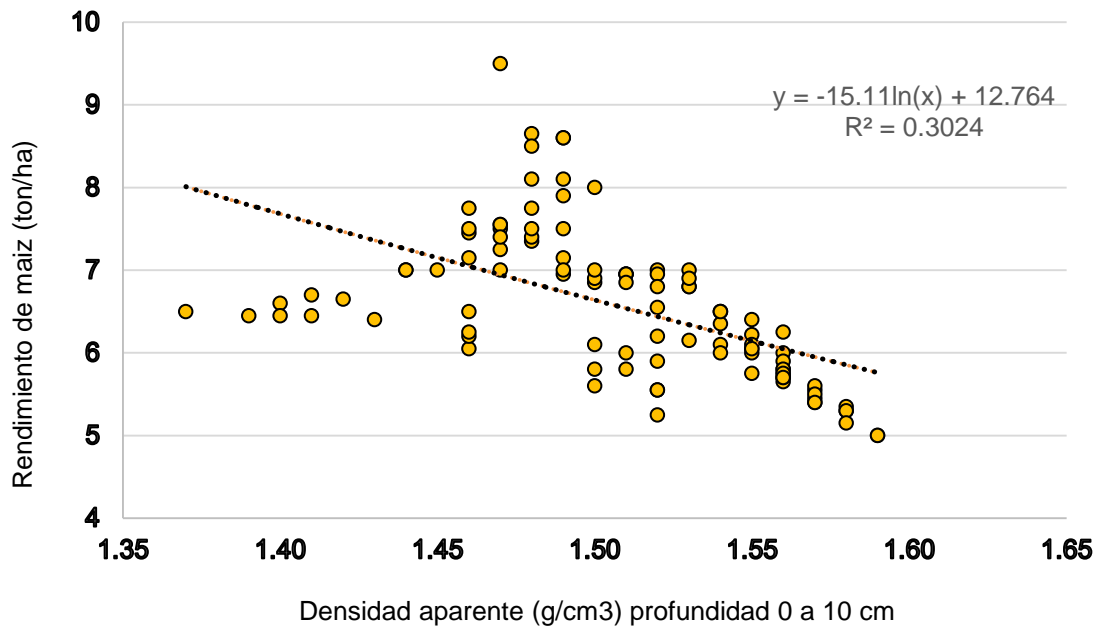
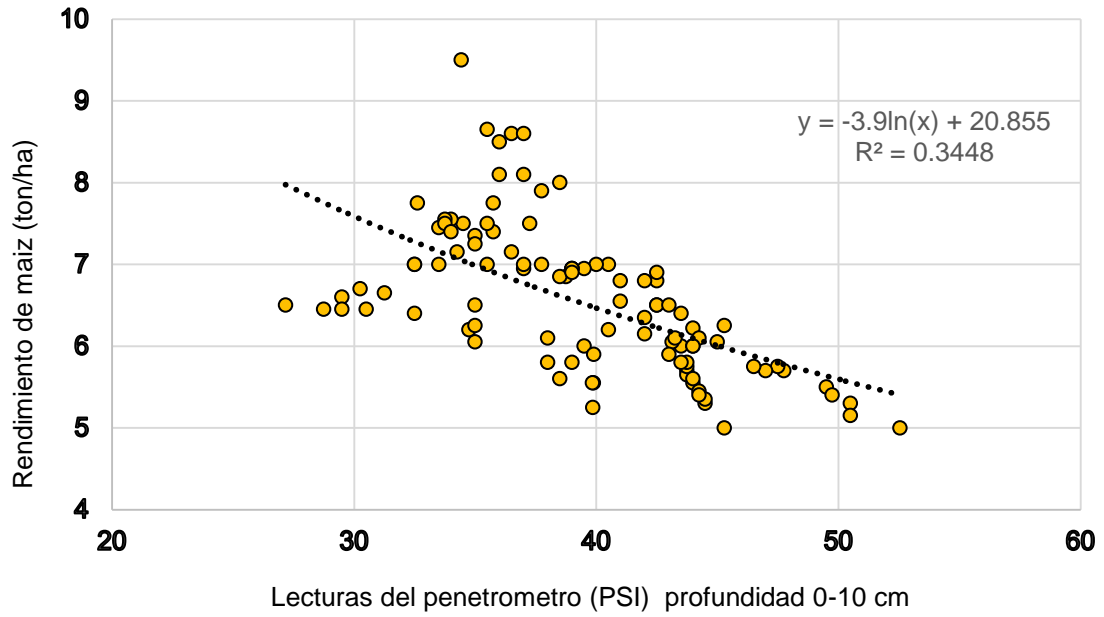


Figura 15. Relación entre el rendimiento de maíz (ton/ha) y dos variables del suelo para el sitio 1 y tratamiento 1.

4.4.2 Para el sitio 1 y tratamiento 2

En el cuadro 14 se presenta el análisis de correlación entre el rendimiento de maíz y dos variables de compactación y la variable de humedad a dos profundidades del suelo para el sitio 1 y tratamiento 2, donde se observa que el rendimiento de maíz tiene la mejor relación con las variables lectura del Penetrómetro (PSI) a la profundidad 0-10 cm y con la densidad aparente (g/cm^3) a la profundidad 0-10 cm; mientras que, ambas variables muestran menor relación con el rendimiento a la profundidad de 10-20 cm.

Cuadro 14. Coeficientes de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas en el tratamiento 2 de labranza.

Característica del suelo	Valor
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 0-10 cm	-0.34
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 10-20 cm	0.15
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 0-10 cm	0.72
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 10-20 cm	-0.25

En la Figura 16 se presenta el análisis de correlación entre el rendimiento de maíz y la lectura del Penetrómetro (PSI) a la profundidad 0-10 cm y la densidad aparente (g/cm^3) a la profundidad 10-20 cm donde se puede observar la tendencia de menor rendimiento a mayor lectura del Penetrómetro, así como un incremento en la variable del grano en t/ha con respecto a una menor densidad aparente después de los primeros 10 cm de profundidad.

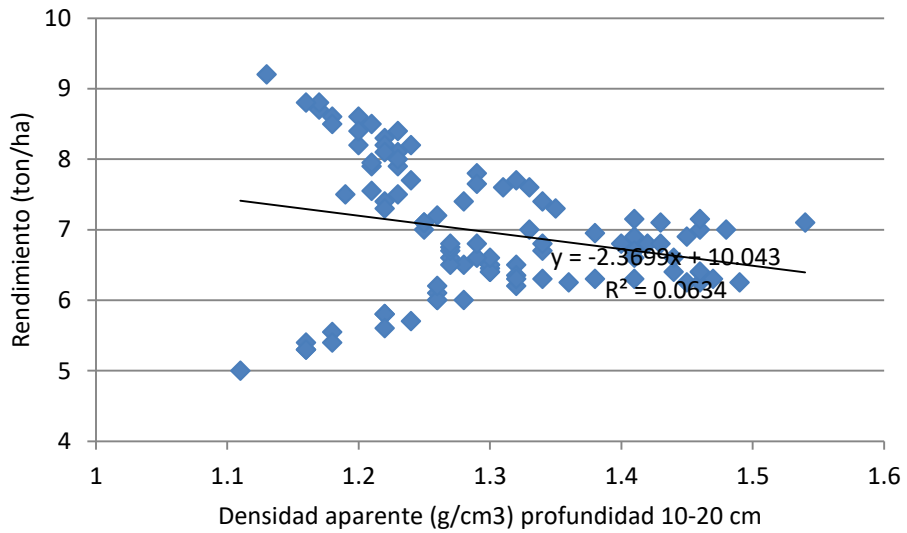
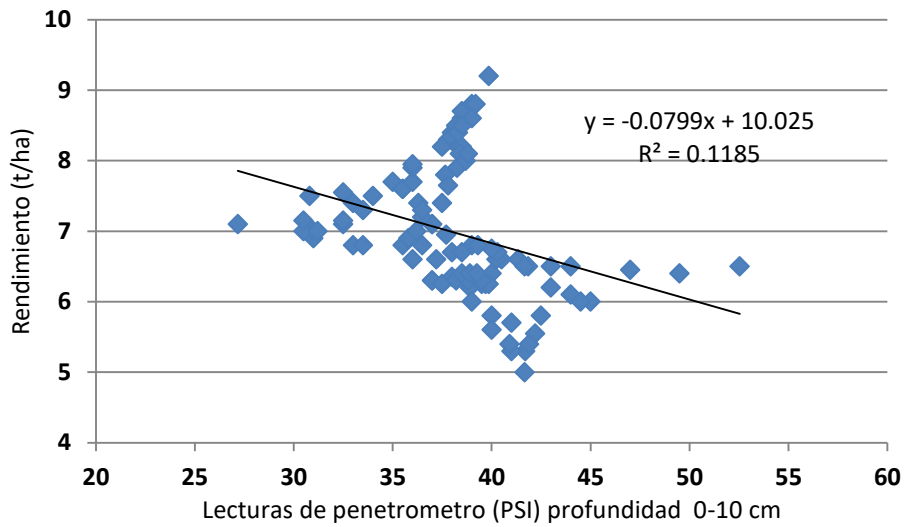


Figura 16. Relación entre el rendimiento de maíz (ton/ha) y la compactación (lectura del Penetrómetro) y la densidad aparente del suelo para el sitio 1 y tratamiento 2.

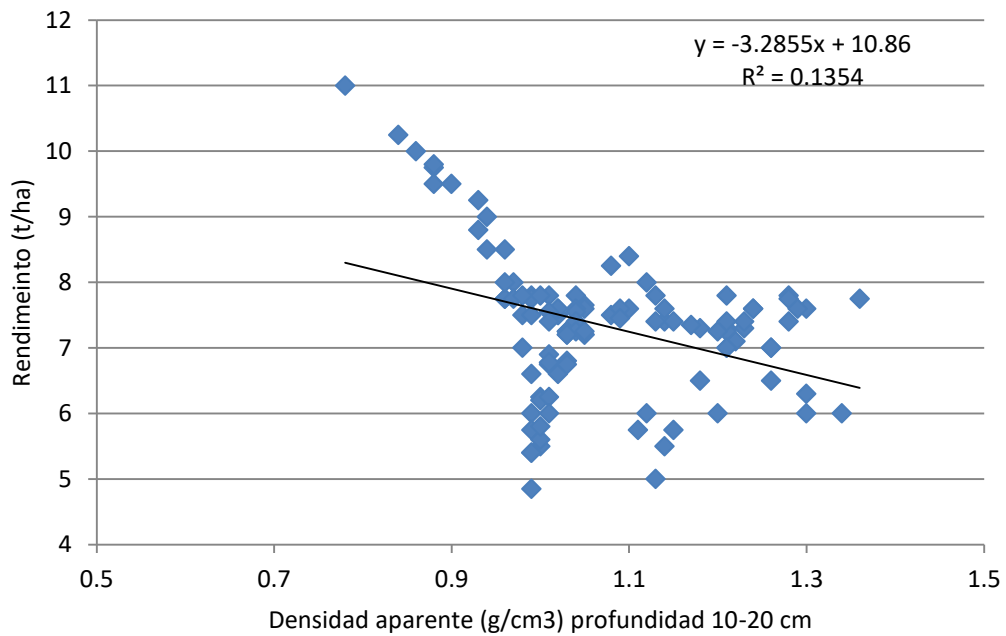
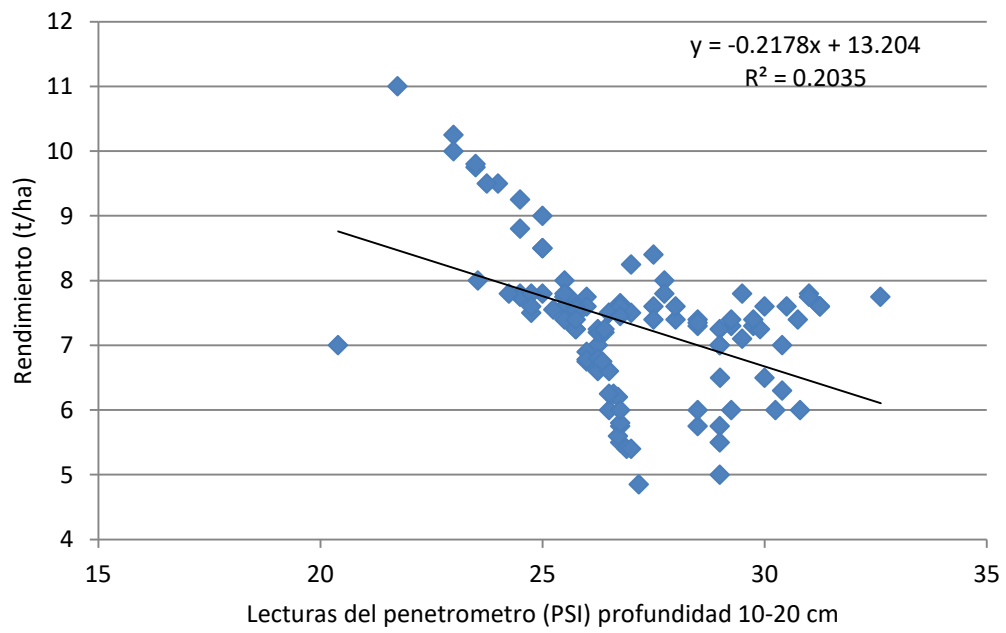
4.4.3 Para el sitio 1 y tratamiento 3

Los resultados presentados en el Cuadro 15 del análisis de regresión indicaron que el rendimiento de maíz tiene la mejor relación con las variables densidad aparente (g/cm^3) a la profundidad 0-10 cm y la lectura del penetrómetro (PSI) a la profundidad 0-10 cm; mientras que, ambas variables presentaron un efecto negativo sobre el rendimiento de maíz a la profundidad 10-20, relacionado esto con la compactación.

Cuadro 15. Coeficientes de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas en el tratamiento 3 de labranza.

Característica del suelo	Valor
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 0-10 cm	0.57
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 10-20 cm	-0.45
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 0-10 cm	0.60
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 10-20 cm	-0.37

La Figura 17 presenta el efecto que tuvo la lectura del Penetrómetro (PSI) a la profundidad 10-20 cm y la densidad aparente del suelo (profundidad 10-20 cm) sobre el rendimiento de maíz (ton/ha) apreciándose en este caso que hay un mayor rendimiento al disminuir valor de ambas variables. Esto se atribuye al efecto del subsoleo



4.4.4 Para el sitio 2 y tratamiento 1.

En el Cuadro 16 se presenta el análisis de correlación para el sitio 2 y tratamiento 1, donde se observó que el rendimiento de maíz tiene la mejor relación con las variables lectura del penetrómetro (PSI) a la profundidad 0-10 cm y con la densidad aparente (g/cm^3) a la profundidad 10-20 cm.

Cuadro 16. Coeficientes de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas sitio 2 tratamiento 1

Característica del suelo	Valor
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 0-10 cm	-0.23
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 10-20 cm	-0.11
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 0-10 cm	-0.18
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 10-20 cm	-0.24

La relación presentada en la Figura 18, entre rendimiento de maíz (ton/ha) y la lectura del Penetrómetro (PSI) para este sitio muestra que la variable agronómica disminuye con el incremento de la lectura del Penetrómetro.

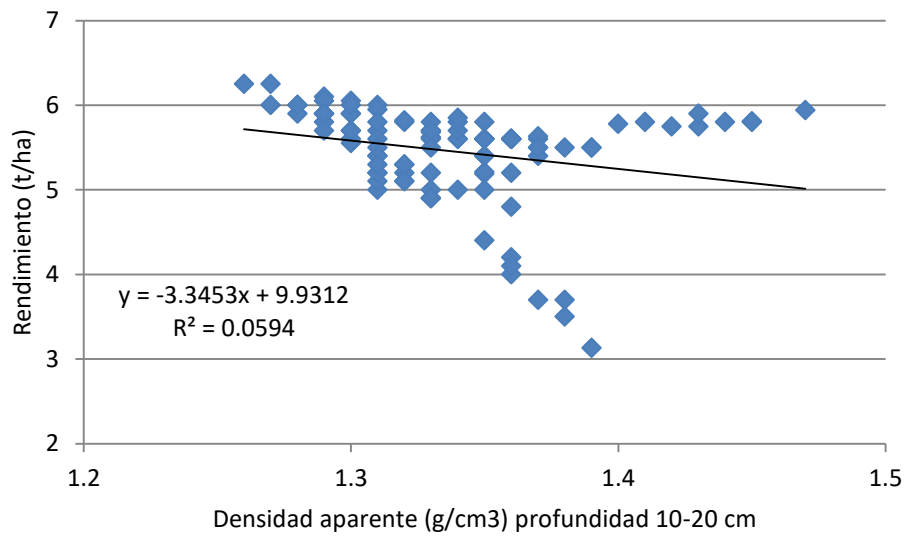
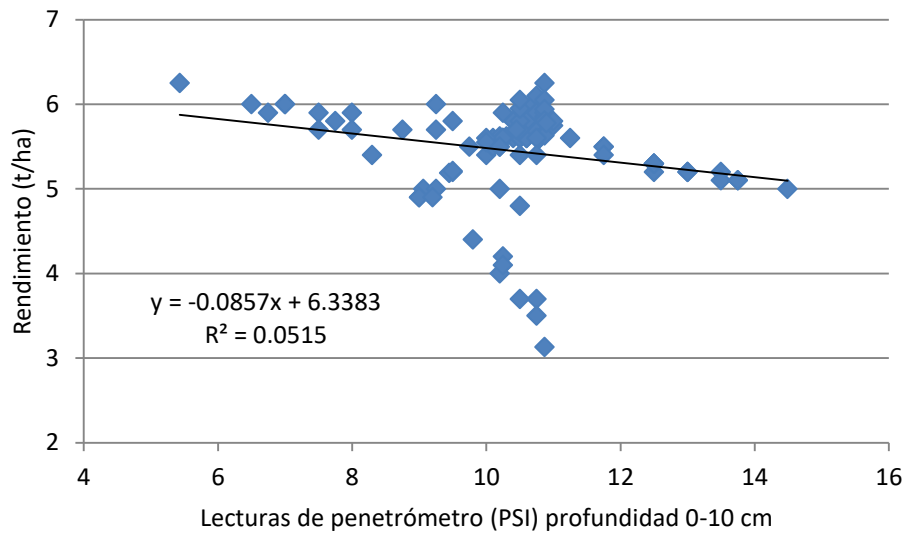


Figura 18. Relación entre el rendimiento de maíz (ton/ha) y dos variables físicas para el sitio 2 y tratamiento 1

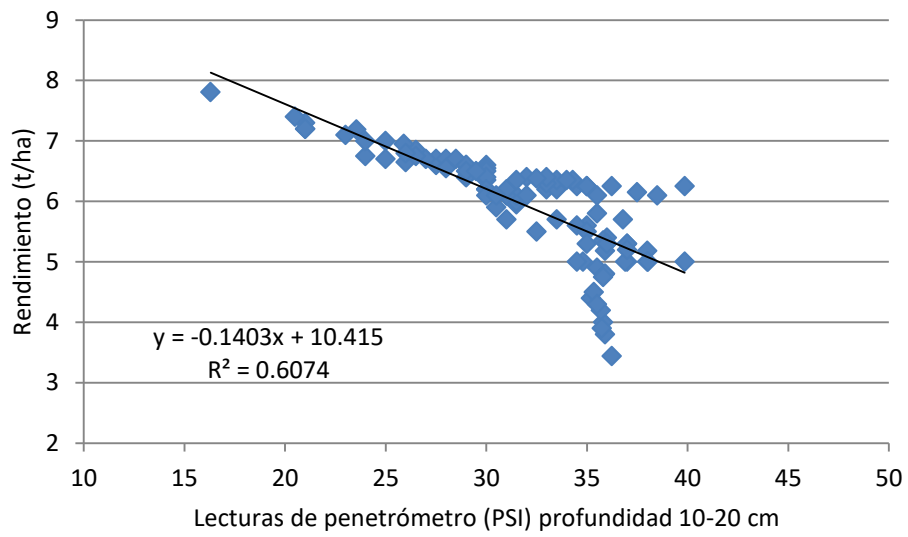
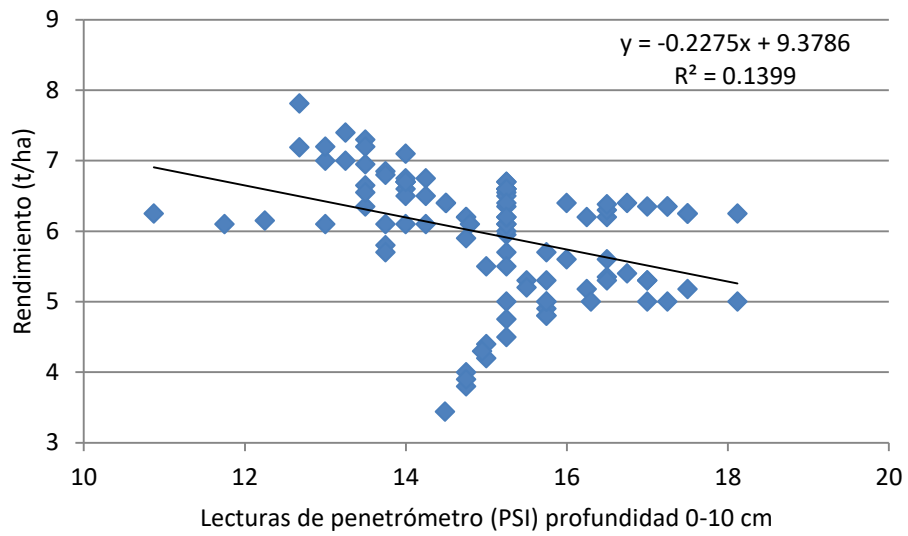
4.4.5 Para el sitio 2 y tratamiento 2.

En el Cuadro 17 se presenta el análisis de correlación para el sitio 2 y tratamiento 2, donde se observó que el rendimiento de maíz tiene la mejor relación con las variables lectura del penetrómetro (PSI) a la profundidad 10-20 cm y con la densidad aparente (g/cm^3) a la profundidad 10-20 cm.

Cuadro 17. Coeficientes de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas sitio 2 tratamiento 2

Característica del suelo	Valor
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 0-10 cm	-0.37
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 10-20 cm	-0.78
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 0-10 cm	-0.21
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 10-20 cm	0.54

La Figura 19 presenta el efecto que tuvo la lectura del Penetrómetro (PSI) a las dos profundidades estudiadas sobre el rendimiento de maíz (ton/ha) apreciándose en este caso que hay un mayor rendimiento al disminuir el valor de la variable física.



4.4.6 Para el sitio 3 y tratamiento 1.

En el Cuadro 18 se presenta el análisis de correlación para el sitio 3 y tratamiento 1, donde se observó que el rendimiento de maíz tiene la mejor relación con las variables lectura del penetrómetro (PSI) a la profundidad 0-10 cm y con la densidad aparente (g/cm^3) a la profundidad 0-10 cm.

Cuadro 18. Coeficientes de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo medidas sitio 3 tratamiento 1

Característica del suelo	Valor
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 0-10 cm	-0.34
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 10-20 cm	0.06
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 0-10 cm	-0.12
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 10-20 cm	-0.03

La Figura 20 presenta el efecto que tuvo la lectura del Penetrómetro (PSI) y la densidad aparente del suelo (profundidad 0-10 cm) sobre el rendimiento de maíz (ton/ha) apreciándose en este caso que hay un mayor rendimiento al aumentar el valor de ambas variables.

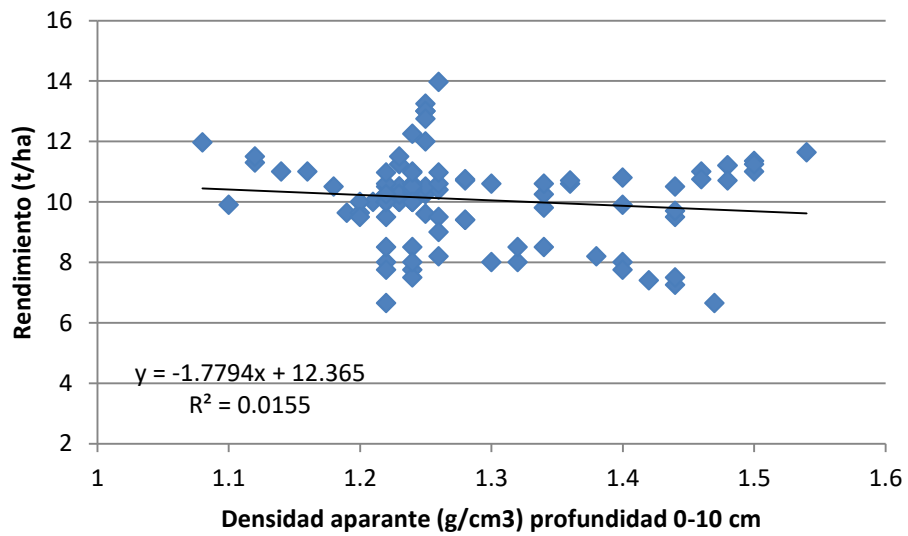
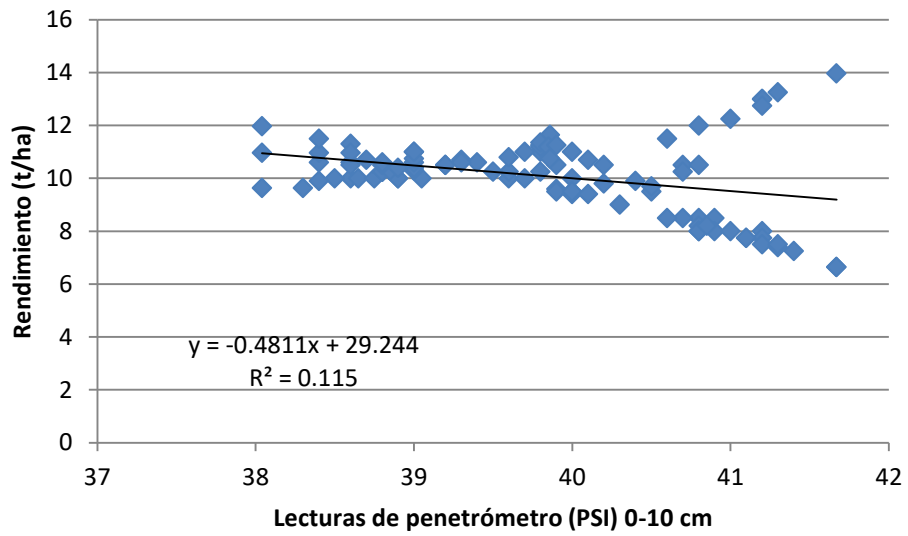


Figura 20. Relación entre el rendimiento y dos variables físicas del suelo para el sitio 3 tratamiento 1.

4.4.7. Para el sitio 3 y tratamiento 2.

Por último, En el Cuadro 19 se presenta el análisis de correlación para el sitio 3 y tratamiento 1, donde se observó que el rendimiento de maíz tiene la mejor relación con las variables lectura del penetrómetro (PSI) a la profundidad 0-10 cm y con la densidad aparente (g/cm^3) a la profundidad 0-10 cm.

Cuadro 19. Coeficientes de correlación de Pearson entre el rendimiento de maíz y las variables de suelo sitio 3 tratamiento 2

Característica del suelo	Valor
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 0-10 cm	-0.34
Lectura del Penetrómetro (PSI) profundidad 10-20 cm	0.06
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 0-10 cm	-0.12
Densidad aparente (g/cm^3) profundidad 10-20 cm	-0.03

La Figura 21 presenta el efecto que tuvo la lectura del Penetrómetro (PSI) a la profundidad 0-10 cm y la densidad aparente del suelo (profundidad 10-20 cm) sobre el rendimiento de maíz (ton/ha) apreciándose en este caso que hay una disminución de rendimiento al aumentar el valor de ambas variables.

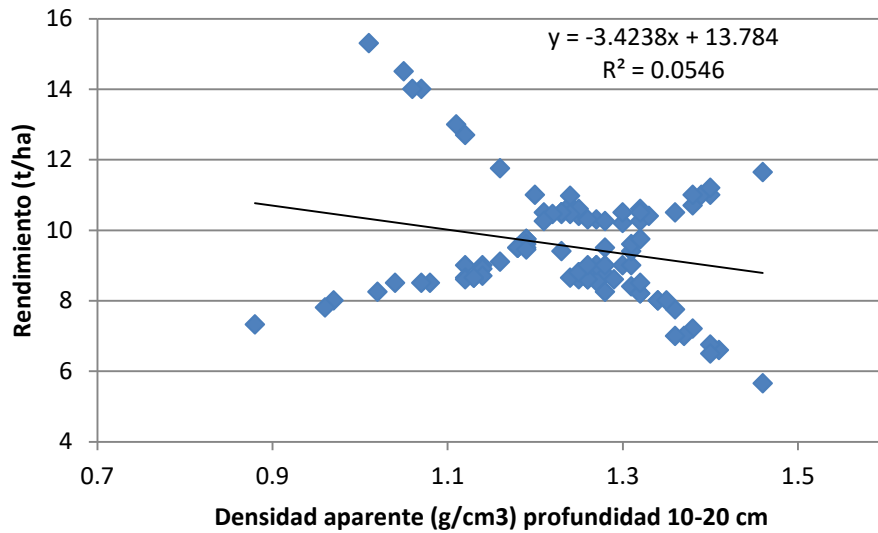
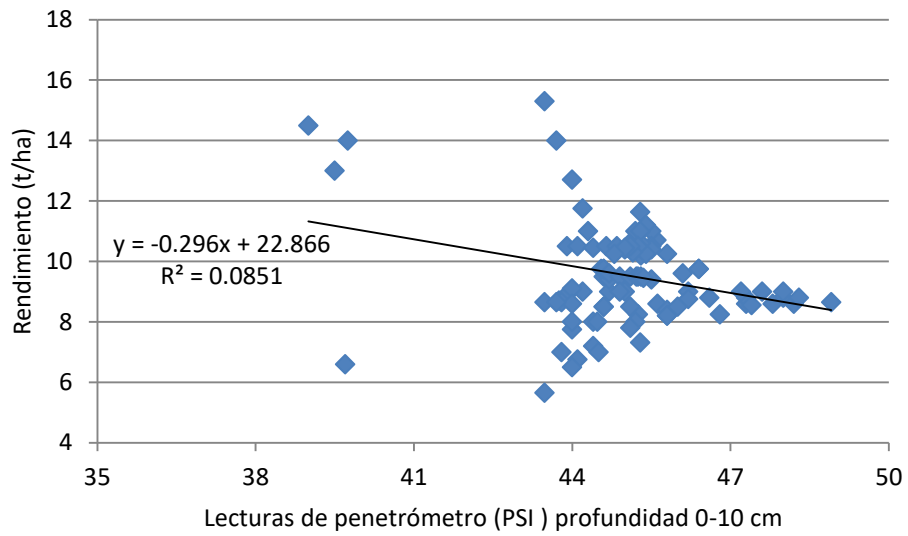


Figura 21. Relación entre el rendimiento y dos variables físicas del suelo a dos profundidades para el sitio 3 tratamiento 2.

4.5 Análisis económico

4.5.1 Sitio 1 Nuevo México.

En el Cuadro 20 se presentan los costos de producción de maíz para los diferentes tratamientos incluidos en el estudio y dado a que existe mucha similitud en el área en cuanto a prácticas y costos, esto es válido para los tres sitios de estudio. Se puede observar que el tratamiento de labranza mínima es el más económico, mientras que el tratamiento Cero labranza con subsoleo el de mayor costo.

Cuadro 20. Paquetes y costos de producción para tratamientos de labranza sitio 1.

Actividad	Unidad	Labranza Tradicional	Cero labranza	Cero labranza con subsoleo	Labranza mínima	Labranza mínima con subsoleo
1. Preparación del terreno	--	1400	1150	2150	600	1600
- barbecho	evento	800	--	--	--	--
-rastreo	evento	600	--	--	600	600
- Subsoleo	evento	--	--	1000	--	1000
- manual	jornales	--	800	800	--	--
-Aplicación de herbicida	jornales	--	350	350	--	--
2. Siembra		2400	2600	2600	2600	2600
-mecanizada	evento	600				
-espeque	jornales		800	800	800	800
- semilla	pza	1800	1800	1800	1800	1800
3. Fertilización		4270	4270	4270	4270	4270
-Dosis 180-80	pzas.	4000	4000	4000	4000	4000
- aplicación	jornales	270	270	270	270	270
4. Control de plagas		250	250	250	250	250
-Insecticida	pza.	150	150	150	150	150
-Aplicación	jornales	100	100	100	100	100
5. Control de malezas		907	907	907	907	907
-Herbicida	pzas.	307	307	307	307	307
-Aplicación	evento	100	100	100	100	100
-Manual	jornales	500	500	500	500	500
6. Cosecha	jornales	2400	2400	2400	2400	2400
Total		11377	11327	12327	10777	11777

En el Cuadro 21 se presentan los resultados del análisis económico para este sitio, incluyendo los tres tratamientos de labranza. El rendimiento de grano de maíz fue ligeramente mayor en el tratamiento 3 que incluye subsoleo; sin embargo, el indicador económico utilizado para evaluar la rentabilidad es menor que el del tratamiento 2 de labranza mínima. Dado a que el subsoleo es una práctica no común en la región, se presenta el problema de la falta de maquinaria especial para el subsoleo y por ello el costo actual es alto; para superar esta problemática es necesario disponer de la mencionada maquinaria. No obstante el tratamiento a recomendar es el 3 que incluye el subsoleo.

Cuadro 21. Análisis económico de tres tratamientos de labranza sitio 1

Tratamiento de labranza	Rendimiento (ton/ha)	Beneficios brutos (\$)	costos de produccion (\$)	Beneficios netos (\$)	Relación B/C
1. Sin subsoleo - Cero labranza	6.46	23,902	11,327	12,575	2.1
2. Sin subsoleo - Labranza mínima	6.86	25,382	10,777	14,605	2.3
3. Con subsoleo - Cero labranza	7.08	26,196	12,327	13,869	2.1

4.5.2 Sitio 2 Francisco Villa.

En el Cuadro 22 se presentan los resultados del análisis económico para este sitio, incluyendo los dos tratamientos de labranza. El rendimiento de grano de maíz fue ligeramente mayor en el tratamiento 2 labranza mínima; sin embargo, el indicador económico utilizado para evaluar la rentabilidad es mayor que el del tratamiento 1 de labranza cero. En este sitio y dadas las circunstancias del productor, no se aplicó el subsoleo por ser una práctica poco común en la región, y por ello se presenta el problema de la falta de maquinaria especial para esta práctica. No obstante, el tratamiento a recomendar es el tratamiento 1 de cero labranza complementado con subsoleo.

Cuadro 22. Análisis económico de dos tratamientos de labranza sitio 2

Tratamiento de labranza	Rendimiento (ton/ha)	Beneficios brutos (\$)	costos de produccion (\$)	Beneficios netos (\$)	Relación B/C
1. Sin subsoleo - Cero labranza	5.3	19610	11327	8,283	1.7
2. Sin subsoleo - Labranza mínima	5.8	21460	10777	10,683	1.9

4.5.3 Sitio 3 Villacorzo.

En el Cuadro 21 se presentan los resultados del análisis económico para este sitio, incluyendo los tres tratamientos de labranza. El rendimiento de grano de maíz fue mayor en el tratamiento 1 que incluye subsoleo; sin embargo, el indicador económico utilizado para evaluar la rentabilidad es prácticamente igual que el del tratamiento 2 de labranza mínima sin subsoleo. Dado a que el subsoleo es una práctica no común en la región, se presenta el problema de la falta de maquinaria especial para el subsoleo y por ello el costo actual es alto; para superar esta problemática es necesario disponer de la mencionada maquinaria. No obstante, el tratamiento a recomendar es el 3 que incluye el subsoleo.

Cuadro 23. Análisis económico de dos tratamientos de labranza sitio 3

Tratamiento de labranza	Rendimiento (ton/ha)	Beneficios brutos (\$)	costos de produccion (\$)	Beneficios netos (\$)	Relación B/C
1. Con subsoleo y cero labranza	10.2	37,740	11,777	25,963	3.2
2. Sin subsoleo y labranza mínima	9.7	35,890	10,777	25,113	3.3

5. CONCLUSIONES

- La práctica del subsoleo tiene un efecto positivo sobre la densidad aparente y resistencia a la penetración del suelo, ya que causa una disminución de los valores de ambas variables del suelo y con ellos de una posible compactación
- La densidad aparente del suelo y la resistencia a la penetración se relacionan de manera inversa al rendimiento de maíz, indicando con ello a que a mayores valores de estas variables el rendimiento disminuye, lo cual indica que la compactación del suelo afecta el rendimiento de maíz
- La rentabilidad económica del subsoleo habrá de mejorarse al contar con la maquinaria requerida.
- Se recomienda que antes de iniciar con el sistema de labranza de conservación se realice la práctica del subsoleo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aase, J. K., & Pikul, J. L. (1995). Crop and soil response to long-term tillage practices in the North Great Plains. *Agronomy*, 652-656.
- Adeoye, K. (1982). Effect of tillage depth on physical properties of a tropical soil on yield of maize, sorghum and cotton. *Soil Tillage and Research*, 225-231.
- Aldrich, S. R., Scottand, W. O., & Leng, E. R. (1975). *Modern Corn Production*. A & L Second edition.
- Aragón, A., García, M. G., R, F. R., & Pachepsky, Y. A. (2000). Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test: the relationship with organic carbon and water content. *Soil Tillage Resarch*, 197-204.
- Atwell, B. J. (1993). Response of roots to mechanical impedance. *Environ. Exp. Bot.*, 27-40.
- Batey, T. (2009). Soil compaction and soil management - a review. *Soil use and management*, 335-345.
- Bengough, A. G. (1991). *The penetrometer in relation to mechanical resistance to root growth*. New York: Smith, K. A., and CH. Mullins.
- Bolaños, J. (1989). Suelos en relación con labranza de.
- Bravo, C., & Andreu, E. (1995). Propiedades físicas y producción maiz (*Zea mays* L.) en un alfisol del estado Guaúrico, Venezuela, bajo dos sistemas de labranza. *Sociedad Venezolana de la ciencia del suelo y del Instituto de Edafología*, 10-15.
- Cassel, D. K. (1982). Tillage effects on soil bulk density and.
- Clay, D. E., Malzer, G. L., & Anderson, J. L. (1990). Ammonia volatilización from urea as influenced by soil temperature, soil water content, and nitrification and hydrolysis inhibitors. *Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo*, 263-266.
- Contreras-Hinojosa, J., Volke-Haller, V., Oropeza-Mota, J., Rodríguez-Franco, C., Martínez-Saldaña, T., & Martínez-Garza, A. (2005). Reducción del rendimiento de maíz por la erosión del suelo en Yanhuitlán, Oaxaca, México. *TERRA Latinoamericana*, 399-408.
- Crowwetto, C. (1992). *Rastrojos sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza*. Concepcion, Chile.

- Derpsh, R., Rath, C., Sidiras, N., & Kopte, U. (1991). *Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistema de cobertura do solo, plantío direto e preparo conservacionista do solo*. . Paraná, Brasil.: Fundação Instituto Agrônômico de Paraná.
- Doran, J. W., & Parkin, T. B. (1994). *Defining and Assessing Soil Quality*. Madison, Wis.: Sociedad Americana de la Ciencia del suelo.
- Franzen, H., Lal, R., & Ehlers, W. (1994). Tillage and mulching effect on physical properties of a tropical alfisol. *Soil and Tillage Research*, 329-346.
- Galdámez, G. J. (2013). El suelo y la producción de maíz en la Frailesca, Chiapas. *EnlACe*, 41-44.
- Galeana, C. M., Trinidad-Santos, A., García-Calderón, N. E., & Flores-Román, D. (1999). Labranza de conservación y fertilización en el rendimiento de maíz y su efecto en el suelo. *TERRA Latinoamericana*, 325-335.
- Govaerts, B., Delgado, F., & Chocobar, A. (2010). Folleto técnico Agricultura de Conservación . CIMMYT-SAGARPA.
- Graecen, E. L. (1986). Root response to soil mechanical properties. . *Soc. Soil. Sci.*, 20-47.
- Gutiérrez-Rodríguez, F., Gonzales-Huerta, A., Pérez-López, D. d., Franco-Mora, O., Morales-Rosales, E. J., Saldívar-Iglesias, P., & Martínez-Rueda, C. G. (2012). Compactación inducida por el rodaje de tractores agrícolas en un vertisol. *TERRA Latinoamerica*, 1-7.
- Ide, G., H, O., & Varuymbeke, M. (1985). Subsoilingtime dependency of it's beneficial effects. . *Soil Tillage and Resarch*, 213-223.
- Jones, C. A. (1983). Effect of Soil Texture on Critical Bulk Density for Root Growth . *Soil Scientiae*, 208 – 211.
- Jorajuria, D., Draghi, L., & Aragon, A. (1997). The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of a Lolium/Trifolium grassland. *Soil Tillage*, 1-12.
- Keller, G. D., & B, M. D. (1986). Ammonia volatization from nitrogen fertilizer surface applied to no-till corn. *Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo*, 1060-1063.
- López, B. W. (2012). Avances de la Agricultura de Conservación en Chiapas. *EnlACe*, 43-46.
- López, B. W. (2011). El rostro humano de la AC en Chiapas. *EnlACe*, 38-41.

- López, B. W. (2011). Potencial de la agricultura de conservación en el estado de Chiapas. *EnIACe*, 36-38.
- Lopez, B. W. (2013). La AC rescata al sistema convencional maiz frijol de relevo en Chiapas Caso de don Gabriel Nucamendi. *EnIACe*, 43-47.
- López-Martínez, J. D., Vázquez-Vázquez, C., Salazar-Sosa, E., Zuñiga-Tarango, R., & Trejo-Escareño, H. I. (2010). Sistemas de labranza y fertilización en la producción de maíz forrajero. *Internacional de Botanica Experimental*, 47-54.
- Marcano, F., Ohep, C., & Francisco, D. (1994). Efecto de la labranza y del nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macroporosidad del suelo, densidad radical y producción del maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Tropical*, 5-22.
- Maurya, P. (1986). Effect of tillage and residue management on maize and wheat yield and physical properties of an irrigated sandy loam soil. Northern Nigeria. *Soil Tillage and Research*, 161-170.
- McInnes, K. L., Ferguson, R. B., Kiessel, D. E., & Kanemasu, E. T. (1986). Ammonia loss from applications of urea-ammonium nitrate solution to straw residue. *Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo*, 969-974.
- Mora-Gutierrez, M., Ordaz, C. V., Castellanos, Z. J., Aguilar, S. A., & Volke, H. V. (2001). Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un Vertisol, después de cuatro años de manejo. *Terra Latinoamericana*, 67-74.
- Nieuwkoop, M. V., López, B. W., Zamarripa, M. A., Cadena, I. P., Villar, S. B., & de la Piedra, C. R. (1992). *Uso y conservación de los recursos naturales en la Frailesca, Chiapas: Un diagnóstico*. México, DF: CIMMYT.
- Onofiok, O. (1988). Spatial and temporal variability of some soil physical properties following tillage of Nigerian Paleustult. *Soil Tillage and Research*, 285-298.
- Pulleman, M., Hellin, J., & López, B. W. (2011). Calidad del suelo y rentabilidad de la finca: una situación en la que todos ganan. *EnIACe*, 39-44.
- Salazar-Sosa, E., Beltrán-Morales, A., Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Cueto-Wong, J. A., Vázquez-Vázquez, C., & Peña-Cabriales, J. J. (2003). Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. *TERRA Latinoamericana*, 569-575.
- Secco, D., Ros, C. O., Fiorin, J. E., & Pautzy, L. P. (1997). Effect of soil management on soil physical properties of an oxisol. *Ciencia Rural*, 57-60.
- Sharrat, B. S. (1996). Tillage and Straw management for modifying physical properties of a subarctic soil. *Soil Tillage Research*, 239-250.

- SIAP. (17 de Julio de 2013). *Sistema de Información Agrícola y Pecuaria*. Obtenido de Sistema de Información Agrícola y Pecuaria.
- Soane, B. D. (1990). The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. *Soil Tillage Resarch*, 179-201.
- Thomas, G. W., Haszle, G. R., & Blevins, R. L. (1996). The effects of organic matter and tillage on maximum compactibility of soils using the Proctor test. . *Soil Sciency*, 502-508.
- Uresti, G. J., & Cadena, Z. M. (1994). Eficiencia de tres prácticas para conservar el suelo y su productividad en la zona tropical del centro de Veracruz. *Agricultura tecnica*.
- Uresti, G. J., & Campos, S. (1995). Respuesta del cultivo de maíz a la labranza de Conservación en cuatro diferentes suelos tropicales. *Agronomía mesoamericana*, 80-87.

APENDICE 1

A-1. MAPAS DEL SITIO 1 Y TRATAMIENTOS 1, 2 Y 3.

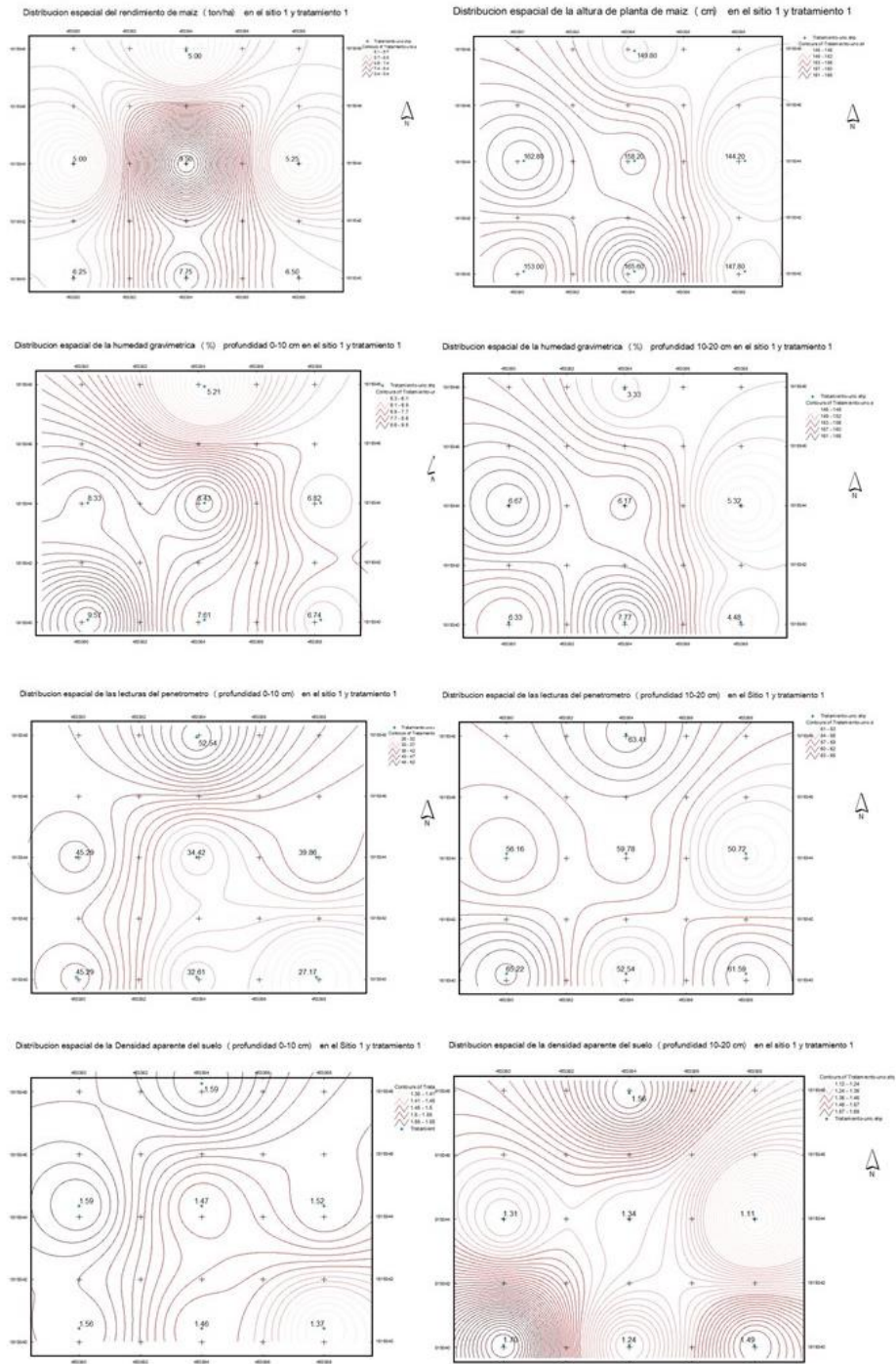


Figura 1. Distribución espacial del rendimiento de maiz, altura de planta y algunas características del suelo en el Sitio 1 y tratamiento 1

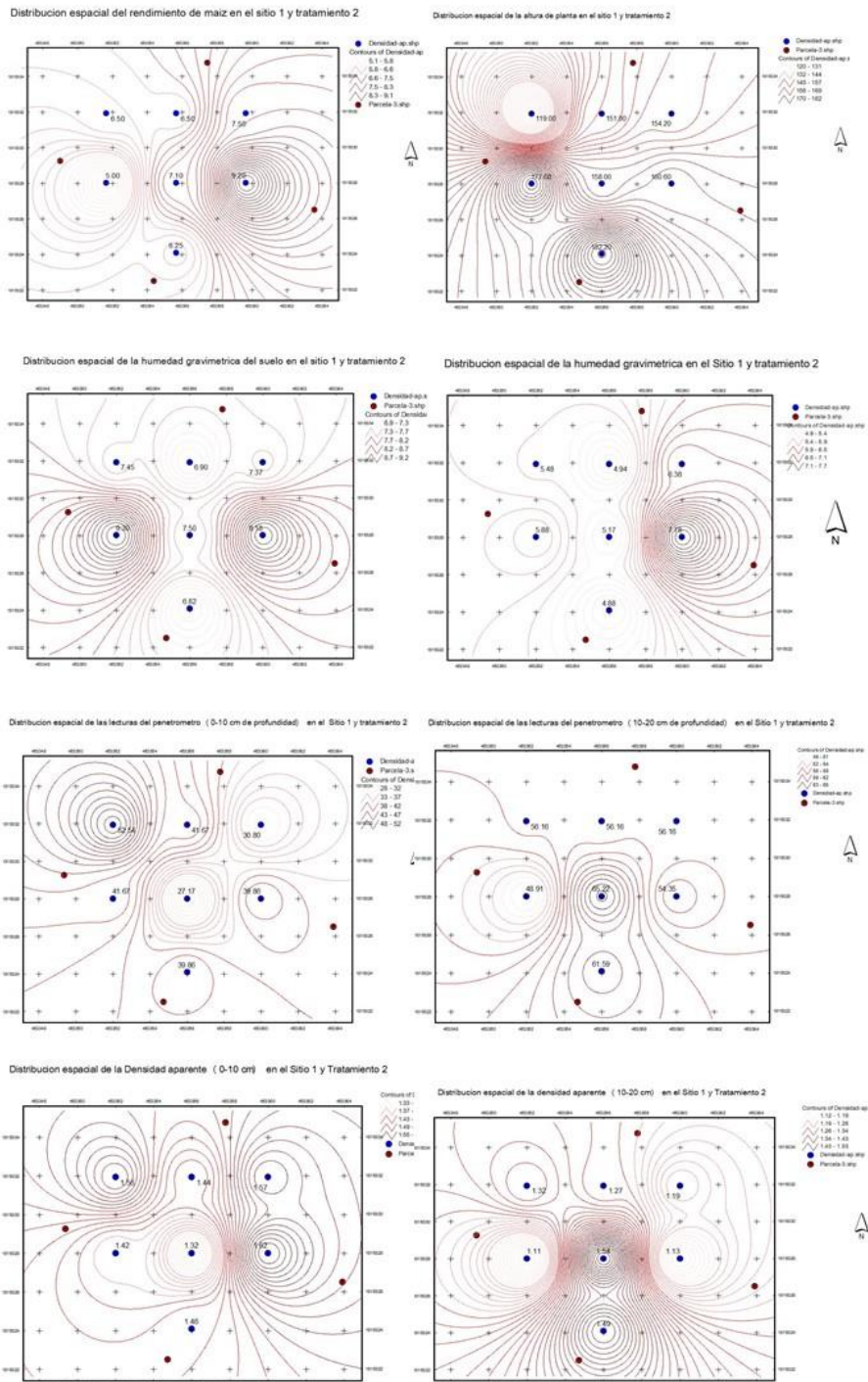


Figura 2. Distribución espacial del rendimiento de maíz, altura de planta y algunas características del suelo en el Sitio 1 y tratamiento 2

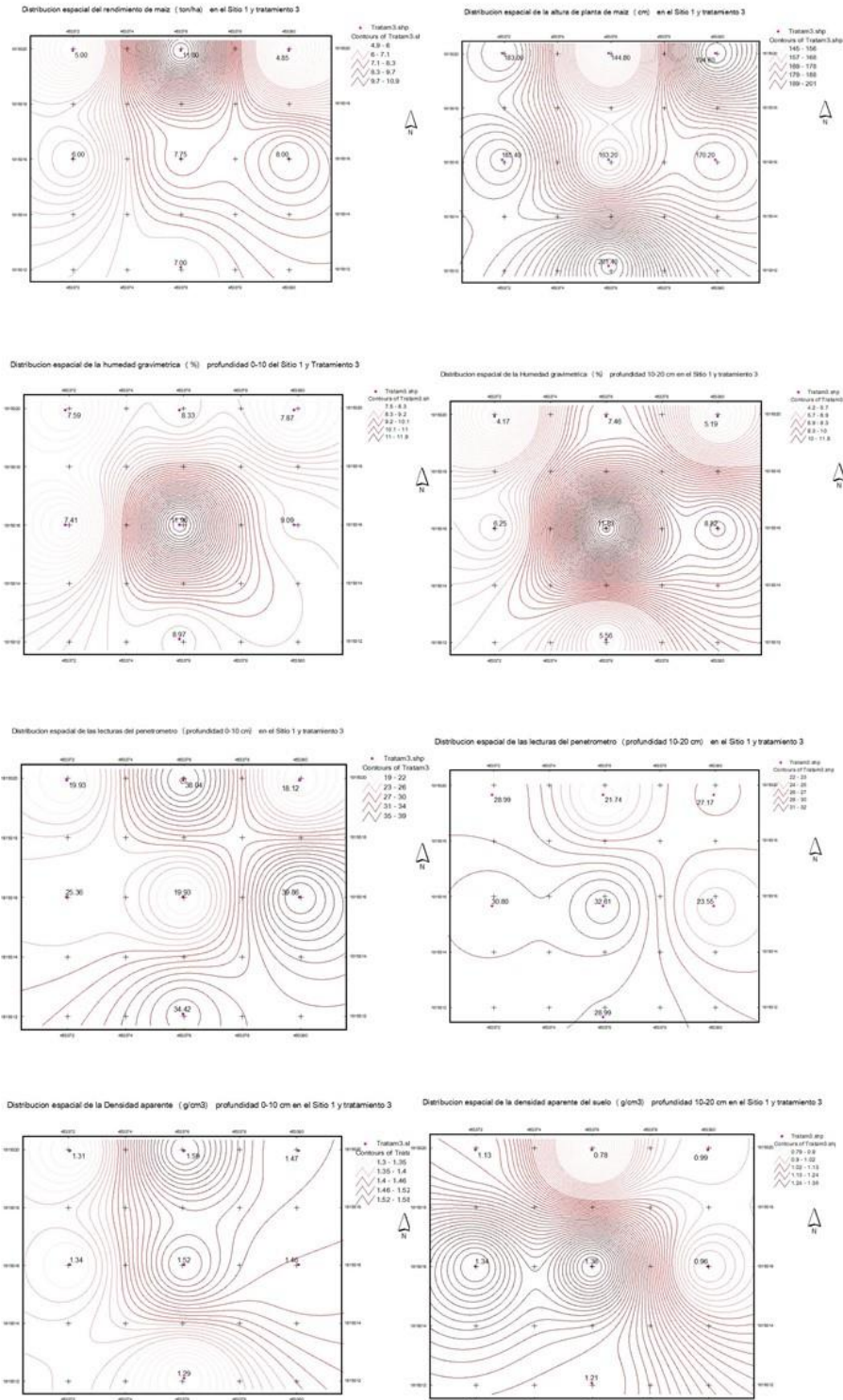


Figura 3. Distribución espacial del rendimiento de maíz, altura de planta y algunas características del suelo en el Sitio 1 y tratamiento 3

A-2. MAPAS DEL SITIO 2 Y TRATAMIENTOS 1 Y 2

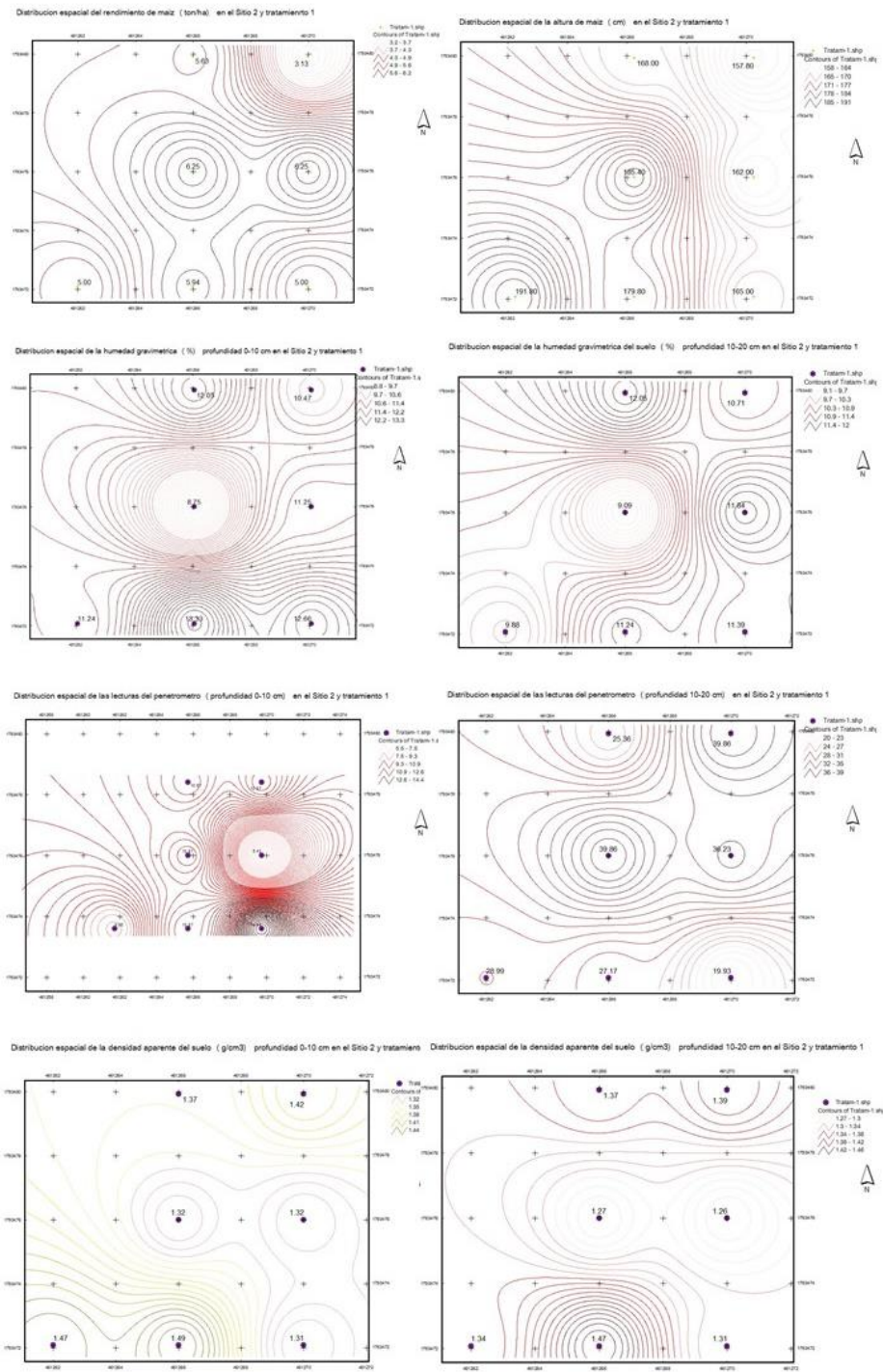


Figura 1. Distribución espacial del rendimiento de maíz, altura de planta y algunas características del suelo en el Sitio 2 y tratamiento 1

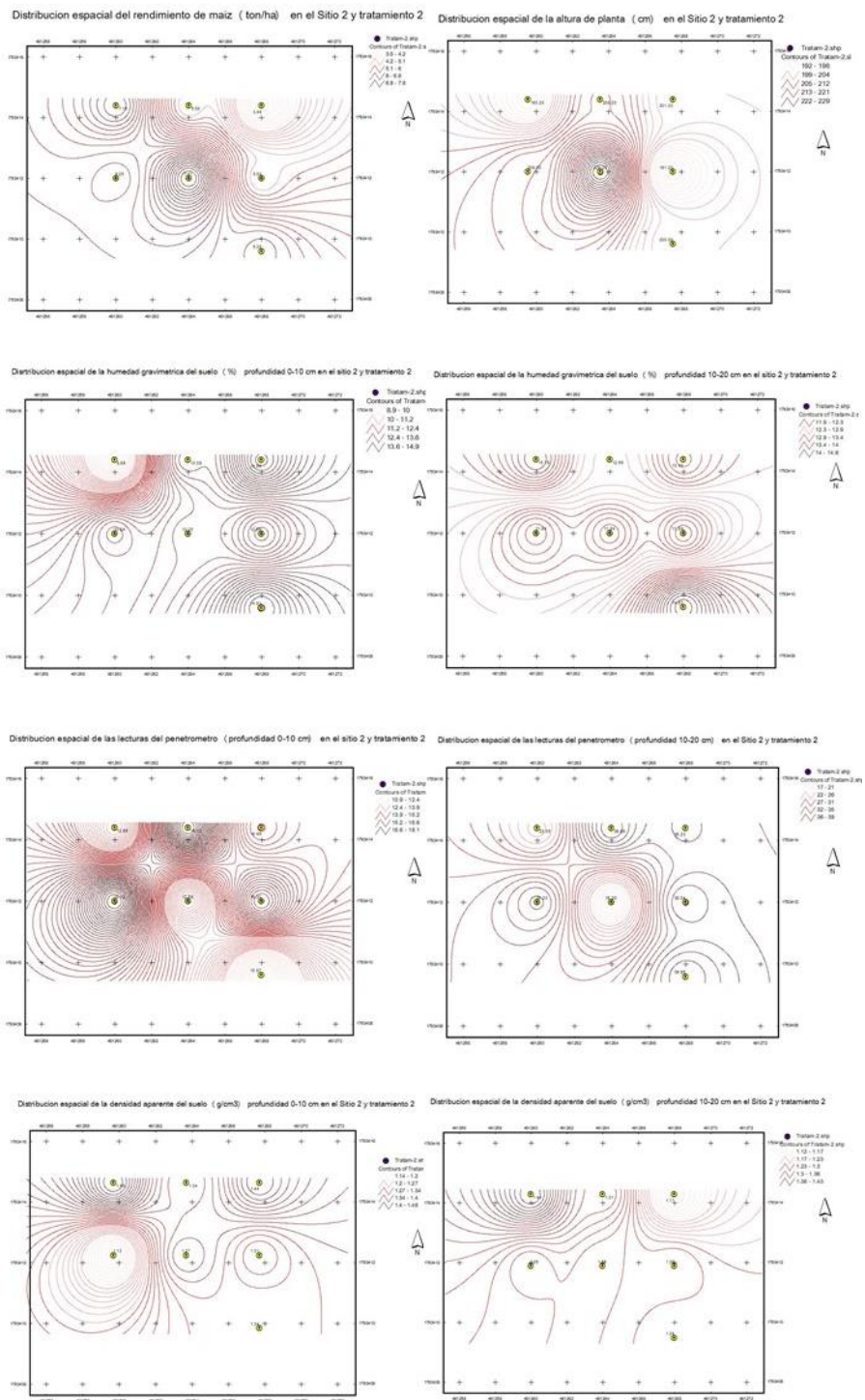


Figura 2. Distribución espacial del rendimiento de maíz, altura de planta y algunas características del suelo en el Sitio 2 y tratamiento 2

A-3. MAPAS DEL SITIO 3 Y TRATAMIENTOS 1 Y 2

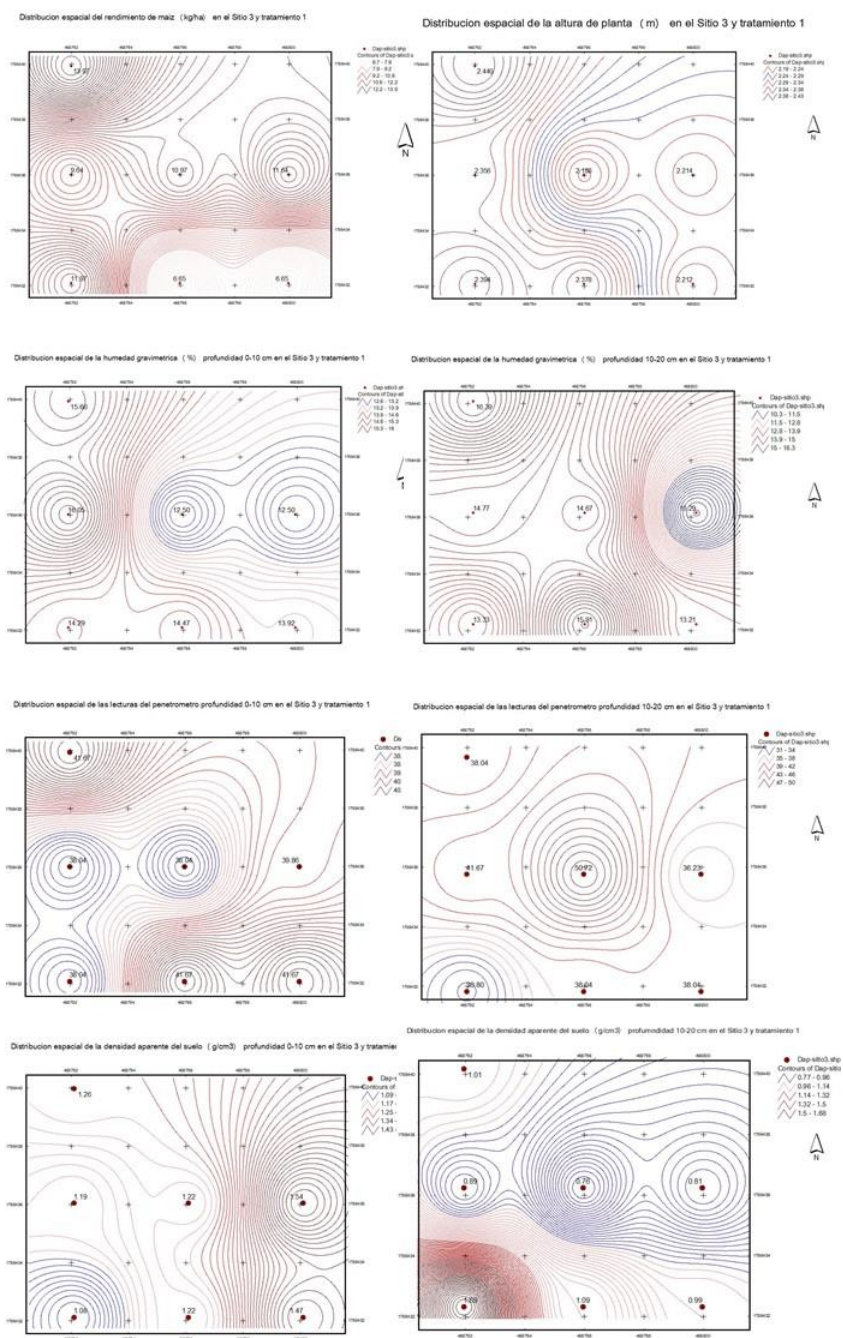


Figura 1. Distribución espacial del rendimiento de maiz, altura de planta y algunas características del suelo en el Sitio 3 y tratamiento 1

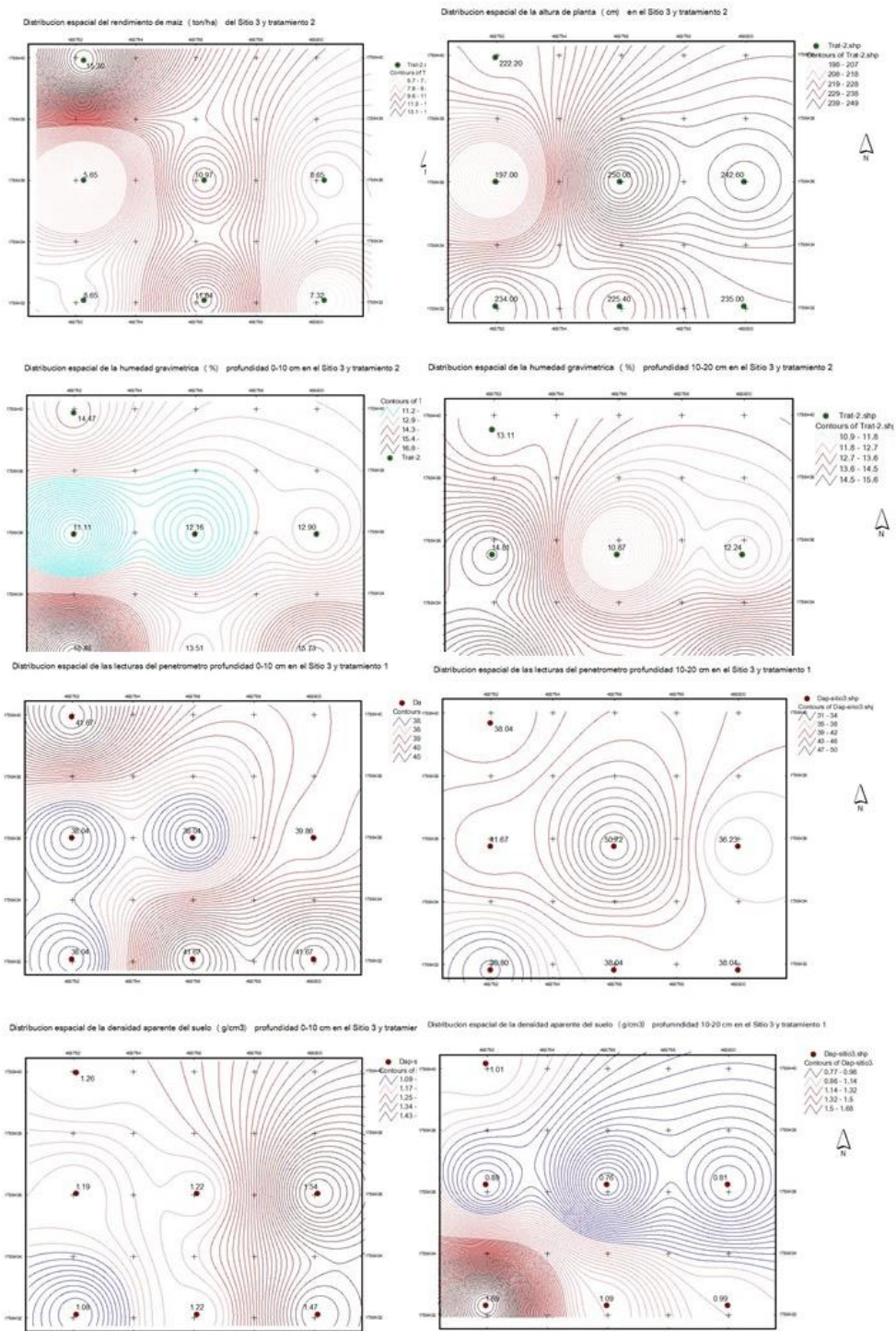


Figura 2. Distribución espacial del rendimiento de maiz, altura de planta y algunas características del suelo en el Sitio 3 y tratamiento 2

APENDICE 2

Cuadro 1. Datos generados por interpolación de variables de suelo y planta para el Sitio 1 y tratamiento 1.

Numero de observación	Rendimiento de grano ton/h	altura de planta cm	Humedad gravimétrica (%)	Humedad gravimétrica (%)	Lecturas del penetrómetro (PSI)	Lecturas del penetrómetro (PSI)	densidad aparente del suelo (g/cm3)	densidad aparente del suelo (g/cm3)
			profundidad 0-10 cm	profundidad 10-20 cm	profundidad 0-10 cm	profundidad 10-20 cm	profundidad 0-10 cm	profundidad 10-20 cm
1	5.70	159.55	8.10	6.30	43.75	57.75	1.56	1.37
2	5.65	159.55	8.20	6.40	43.75	57.75	1.56	1.37
3	6.00	157.50	8.60	6.40	43.50	60.00	1.56	1.46
4	5.55	160.50	8.35	6.50	44.00	57.75	1.57	1.37
5	5.30	161.50	8.30	6.55	44.50	56.75	1.58	1.33
6	5.45	161.00	8.20	6.40	44.25	57.00	1.57	1.34
7	5.75	159.50	8.00	6.20	43.75	57.75	1.56	1.37
8	5.80	159.00	7.90	6.25	43.75	57.75	1.56	1.37
9	5.35	161.50	8.20	6.50	44.50	56.75	1.58	1.33
10	5.00	162.80	8.33	6.67	45.29	56.16	1.59	1.31
11	5.40	161.00	8.40	6.55	44.25	57.00	1.57	1.35
12	6.05	158.00	8.60	6.40	43.13	59.75	1.55	1.46
13	6.22	154.50	9.20	6.35	44.00	63.50	1.55	1.62
14	6.25	153.00	9.57	6.33	45.29	65.22	1.56	1.70
15	6.50	155.00	9.00	6.40	42.50	62.50	1.54	1.58
16	6.40	154.50	9.20	6.40	43.50	63.50	1.55	1.62
17	6.50	155.50	8.90	6.40	42.50	62.00	1.54	1.56
18	6.35	158.00	8.50	6.40	42.00	59.50	1.54	1.44
19	5.90	160.00	8.30	6.45	43.00	57.75	1.56	1.36
20	5.60	161.00	8.25	6.45	44.00	57.00	1.57	1.33
21	5.80	160.00	8.10	6.30	43.50	57.50	1.56	1.35
22	6.10	158.00	7.70	5.90	43.25	58.50	1.55	1.38
23	6.00	156.00	7.30	5.40	44.00	59.25	1.55	1.41
24	6.05	154.00	6.80	4.90	45.00	60.50	1.55	1.44
25	6.50	156.50	7.40	5.50	43.00	59.25	1.54	1.40
26	6.80	158.00	7.90	6.00	41.00	58.50	1.53	1.37
27	7.00	158.50	8.10	6.20	40.50	58.25	1.53	1.35
28	7.00	158.50	8.10	6.30	40.00	58.25	1.52	1.37
29	6.95	158.00	8.20	6.40	39.50	58.50	1.52	1.40
30	6.95	158.00	8.30	6.60	39.00	58.50	1.51	1.42
31	6.95	158.50	8.40	6.70	39.00	58.50	1.51	1.44
32	6.95	158.00	8.30	6.70	39.00	58.75	1.51	1.44
33	6.85	158.00	8.30	6.60	38.75	58.75	1.51	1.44
34	6.85	157.50	8.20	6.50	38.50	58.75	1.50	1.43
35	6.95	158.00	7.95	6.60	37.00	57.75	1.49	1.39
36	7.15	159.50	7.95	6.80	36.50	56.75	1.49	1.37
37	7.35	161.50	7.90	7.10	35.00	55.50	1.48	1.33
38	7.50	163.00	7.80	7.30	34.50	54.50	1.47	1.30
39	7.40	161.00	7.90	7.00	35.75	55.50	1.48	1.33
40	7.50	159.00	8.00	6.40	37.25	57.50	1.49	1.35
41	8.10	158.00	8.10	6.20	37.00	58.75	1.49	1.35
42	8.60	158.00	8.20	6.10	36.50	59.25	1.49	1.35
43	8.00	157.00	7.90	5.90	38.50	59.25	1.50	1.36
44	6.80	155.00	7.20	5.20	42.50	60.00	1.53	1.41
45	5.70	152.00	6.20	4.20	47.75	61.50	1.56	1.48
46	5.30	150.00	5.60	3.70	50.50	62.50	1.58	1.52
47	5.00	149.80	5.21	3.33	52.54	63.41	1.59	1.56
48	5.50	151.00	5.80	3.90	49.50	62.25	1.57	1.51
49	6.90	154.00	7.00	5.00	42.50	60.00	1.53	1.42

50	8.60	157.00	8.00	5.90	37.00	59.25	1.49	1.46
51	9.50	158.20	8.43	6.17	34.42	59.78	1.47	1.34
52	8.65	157.50	8.20	6.20	35.50	59.00	1.48	1.34
53	7.75	159.00	7.90	6.50	35.75	57.00	1.48	1.33
54	7.55	163.00	7.65	7.20	34.00	54.25	1.47	1.28
55	7.75	165.60	7.61	7.77	32.61	52.54	1.46	1.24
56	7.55	163.00	7.70	7.40	33.75	54.00	1.47	1.28
57	7.25	160.00	7.75	6.80	35.00	56.00	1.47	1.33
58	7.15	159.00	7.60	6.60	34.25	56.25	1.46	1.34
59	7.45	161.00	7.60	7.00	33.50	55.00	1.46	1.30
60	7.50	162.50	7.60	7.20	33.75	54.00	1.46	1.28
61	7.40	160.00	7.60	6.80	34.00	55.00	1.47	1.30
62	7.50	157.50	7.70	6.30	35.50	57.00	1.48	1.33
63	8.10	156.50	7.90	6.10	36.00	58.25	1.48	1.33
64	8.50	156.50	8.10	6.00	36.00	59.00	1.48	1.33
65	7.90	154.50	7.80	5.80	37.75	58.75	1.49	1.35
66	6.80	153.50	7.00	5.10	42.00	59.00	1.52	1.40
67	5.75	151.50	6.10	4.20	47.50	61.25	1.56	1.48
68	5.15	150.50	5.60	3.70	50.50	62.50	1.58	1.53
69	5.40	150.55	5.70	3.90	49.75	62.00	1.57	1.51
70	5.70	151.00	6.15	4.30	47.00	60.75	1.56	1.46
71	5.75	151.00	6.20	4.40	46.50	60.75	1.55	1.46
72	6.10	151.50	6.50	4.70	44.25	59.00	1.54	1.42
73	6.55	152.00	7.00	5.20	41.00	58.00	1.52	1.35
74	6.90	152.00	7.35	5.55	39.00	57.00	1.50	1.30
75	7.00	152.00	7.50	5.70	37.75	56.50	1.50	1.28
76	7.00	153.00	7.50	5.75	37.00	56.50	1.49	1.30
77	7.00	154.00	7.45	5.90	35.50	56.75	1.47	1.32
78	7.00	155.00	7.35	6.00	33.50	57.25	1.45	1.35
79	7.00	155.50	7.35	6.00	32.50	57.25	1.44	1.36
80	7.00	156.00	7.35	6.00	32.50	57.50	1.44	1.37
81	6.70	151.00	7.00	5.10	30.25	59.75	1.41	1.43
82	6.60	150.00	6.95	4.90	29.50	60.25	1.40	1.44
83	6.65	151.00	7.05	5.20	31.25	59.00	1.42	1.40
84	6.50	151.00	7.15	5.45	35.00	56.75	1.46	1.32
85	6.10	149.00	7.10	5.50	38.00	54.25	1.50	1.23
86	5.80	147.00	7.00	5.40	39.00	52.75	1.51	1.18
87	6.00	148.00	7.05	5.40	39.50	54.00	1.51	1.22
88	6.20	150.00	7.00	5.25	40.50	56.00	1.52	1.28
89	6.15	151.00	6.80	5.00	42.00	57.75	1.53	1.35
90	6.00	151.00	6.60	4.80	44.00	59.00	1.54	1.40
91	5.90	148.50	6.82	5.25	39.90	54.75	1.52	1.24
92	5.55	146.00	6.82	5.32	39.88	52.25	1.52	1.16
93	5.25	144.20	6.82	5.32	39.86	50.72	1.52	1.11
94	5.60	146.50	6.82	5.35	38.50	52.75	1.50	1.18
95	6.05	149.00	7.05	5.25	35.00	56.50	1.46	1.31
96	6.45	149.00	6.90	4.80	29.50	60.25	1.40	1.44
97	6.50	147.80	6.74	4.48	27.17	61.59	1.37	1.49
98	6.45	148.55	6.85	4.70	28.75	59.75	1.39	1.46
99	6.45	149.00	6.90	4.90	30.50	59.50	1.41	1.42
100	6.20	148.50	7.00	5.20	34.75	56.50	1.46	1.31
101	5.80	147.00	6.82	5.30	38.00	53.50	1.50	1.20
102	5.55	145.55	6.82	5.30	39.85	52.00	1.52	1.16
103	6.25	149.00	7.10	5.25	35.00	56.75	1.46	1.32
104	6.40	149.50	7.00	5.10	32.50	58.50	1.43	1.38

Cuadro 2. Datos generados por interpolación de variables de suelo y planta para el Sitio 1 y tratamiento 2.

Numero de observación	Rendimiento de grano ton/h	altura de planta cm	Humedad gravimétrica (%) profundidad 0-10 cm	Humedad gravimétrica (%) profundidad 10-20 cm	Lecturas del penetrómetro (PSI) profundidad 0-10 cm	Lecturas del penetrómetro (PSI) profundidad 10-20 cm	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad 0-10 cm	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad 10-20 cm
1	6.10	150.00	8.10	5.65	44.00	54.50	1.48	1.26
2	5.80	160.00	8.50	5.70	42.50	53.00	1.46	1.22
3	5.30	172.50	9.00	5.82	41.70	50.50	1.43	1.16
4	5.55	167.00	8.80	5.75	42.20	51.50	1.44	1.18
5	6.00	150.00	8.15	5.64	45.00	54.00	1.48	1.26
6	6.50	119.00	7.45	5.48	52.54	56.16	1.56	1.32
7	6.40	135.00	7.60	5.50	49.50	55.80	1.53	1.30
8	6.00	150.00	8.10	5.60	44.50	54.00	1.48	1.26
9	5.40	170.00	9.00	5.80	41.90	51.00	1.43	1.16
10	5.00	177.60	9.30	5.88	41.67	48.91	1.42	1.11
11	5.30	174.00	8.90	5.80	41.00	51.00	1.42	1.16
12	5.80	170.00	8.50	5.70	40.00	53.50	1.43	1.22
13	6.20	168.00	7.90	5.50	38.90	57.00	1.44	1.32
14	6.00	168.00	8.25	5.60	39.00	55.25	1.43	1.28
15	5.60	170.00	8.60	5.70	40.00	53.00	1.42	1.22
16	5.40	173.00	8.90	5.80	40.90	51.50	1.42	1.18
17	5.70	165.00	8.60	5.70	41.00	53.00	1.43	1.24
18	6.20	152.00	8.00	5.60	43.00	55.00	1.47	1.26
19	6.45	135.00	7.65	5.50	47.00	57.00	1.51	1.30
20	6.50	142.50	7.40	5.35	44.00	56.16	1.48	1.30
21	6.50	146.00	7.55	5.40	43.00	56.50	1.47	1.30
22	6.40	152.50	7.80	5.50	40.00	56.75	1.45	1.30
23	6.35	160.00	8.00	5.55	38.00	57.00	1.42	1.32
24	6.30	164.00	8.10	5.55	37.00	57.00	1.41	1.32
25	6.30	165.00	8.00	5.53	37.00	57.50	1.41	1.34
26	6.25	167.50	7.85	5.45	37.50	58.00	1.42	1.36
27	6.30	172.00	7.55	5.32	38.20	59.00	1.43	1.38
28	6.30	174.00	7.35	5.25	38.80	59.50	1.45	1.41
29	6.25	177.50	7.10	5.10	39.50	60.50	1.46	1.45
30	6.25	178.00	7.00	5.00	39.70	61.00	1.46	1.46
31	6.40	175.00	7.20	5.15	38.50	60.50	1.42	1.44
32	6.60	167.50	7.60	5.35	36.00	60.00	1.45	1.41
33	6.80	162.50	7.70	5.40	33.00	61.00	1.38	1.42
34	6.90	159.00	7.70	5.35	31.00	62.50	1.36	1.45
35	6.80	157.50	7.70	5.40	33.50	61.00	1.39	1.40
36	6.70	155.00	7.60	5.40	38.00	58.00	1.43	1.34
37	6.60	152.00	7.30	5.25	40.50	56.10	1.45	1.30
38	6.50	150.00	7.10	5.15	41.85	56.16	1.45	1.28
39	6.60	151.00	7.00	5.10	41.35	56.16	1.45	1.27

40	6.50	151.00	6.90	4.94	41.67	56.16	1.44	1.27
41	6.60	151.00	7.20	5.15	40.25	56.10	1.44	1.29
42	6.80	155.00	7.50	5.40	36.50	59.00	1.43	1.34
43	7.00	157.50	7.50	5.35	31.00	62.50	1.36	1.46
44	7.10	158.00	7.50	5.17	27.17	65.22	1.32	1.54
45	7.00	160.00	7.50	5.32	30.50	63.00	1.37	1.48
46	6.80	167.50	7.50	5.33	35.50	61.00	1.42	1.43
47	6.40	177.50	7.00	5.10	38.90	61.00	1.45	1.46
48	6.25	182.20	6.82	4.88	39.86	61.59	1.46	1.49
49	6.30	179.00	6.95	5.00	39.50	61.00	1.46	1.47
50	6.40	178.00	7.00	5.10	39.25	61.00	1.46	1.46
51	6.60	175.00	7.20	5.25	37.20	59.50	1.46	1.44
52	6.90	167.00	7.50	5.50	35.80	59.50	1.44	1.41
53	7.10	161.00	7.70	5.55	32.50	61.50	1.41	1.43
54	7.15	158.00	7.65	5.45	30.50	63.00	1.37	1.46
55	7.15	158.00	7.65	5.55	32.50	61.00	1.40	1.41
56	7.00	156.00	7.55	5.60	36.20	58.50	1.44	1.33
57	6.80	151.00	7.30	5.40	39.00	57.00	1.46	1.29
58	6.70	151.00	7.10	5.20	40.30	56.16	1.46	1.27
59	6.75	151.00	7.15	5.30	40.00	56.16	1.46	1.27
60	6.80	151.00	7.30	5.50	39.30	56.18	1.48	1.27
61	7.00	151.00	7.40	5.75	31.20	56.18	1.50	1.25
62	7.10	151.00	7.35	5.75	37.00	56.16	1.50	1.25
63	7.10	153.00	7.40	5.80	37.00	56.16	1.50	1.25
64	7.20	154.00	7.50	5.85	36.50	57.00	1.49	1.26
65	7.40	156.00	7.75	6.00	36.30	57.75	1.49	1.28
66	7.60	157.00	8.00	6.10	35.50	58.50	1.47	1.31
67	7.70	158.00	8.10	6.20	35.00	59.00	1.47	1.32
68	7.60	162.00	8.00	6.10	35.50	59.00	1.47	1.33
69	7.30	165.00	7.85	5.90	36.50	59.00	1.47	1.35
70	6.95	170.00	7.55	5.60	37.70	59.50	1.47	1.38
71	6.70	172.50	7.35	5.40	38.50	60.00	1.47	1.41
72	7.40	166.00	7.85	6.00	37.50	58.50	1.49	1.34
73	7.80	164.00	8.20	6.40	37.65	57.50	1.52	1.29
74	8.40	163.00	8.50	6.90	38.00	56.50	1.56	1.23
75	8.60	162.00	8.80	7.20	38.50	55.50	1.58	1.20
76	8.30	158.00	8.50	6.80	37.80	56.00	1.56	1.22
77	7.70	156.00	7.95	6.40	36.00	56.50	1.53	1.24
78	7.50	155.00	7.60	6.20	34.00	56.16	1.54	1.23
79	7.40	154.00	7.40	6.20	33.00	56.16	1.55	1.22
80	7.30	154.00	7.40	6.15	33.50	56.18	1.54	1.22
81	7.50	154.20	7.37	6.38	30.80	56.18	1.57	1.19
82	7.55	155.00	7.55	6.38	32.50	56.16	1.56	1.21
83	7.90	157.50	8.00	6.60	36.00	56.10	1.55	1.21

84	8.70	160.00	8.85	7.30	38.50	55.16	1.59	1.17
85	9.20	160.60	9.18	7.78	39.86	54.35	1.62	1.13
86	8.80	160.60	8.85	7.40	39.00	55.50	1.59	1.17
87	8.20	163.50	8.45	6.80	38.30	56.50	1.55	1.24
88	7.65	164.00	8.10	6.35	37.80	57.50	1.52	1.29
89	8.20	163.00	8.40	6.82	38.50	56.25	1.55	1.22
90	8.60	163.50	8.75	7.25	39.00	55.50	1.58	1.18
91	8.80	160.60	8.95	7.50	39.20	55.00	1.60	1.16
92	8.50	158.00	8.70	7.20	38.20	55.25	1.58	1.18
93	7.95	156.00	8.10	6.70	36.00	56.10	1.56	1.21
94	8.20	157.00	8.40	6.85	37.50	55.75	1.56	1.20
95	8.40	158.00	8.55	7.00	38.30	55.60	1.57	1.20
96	8.50	161.00	8.50	6.95	38.50	56.00	1.56	1.21
97	8.10	162.00	8.35	6.70	38.40	56.50	1.54	1.23
98	7.90	161.50	8.25	6.55	38.25	56.50	1.53	1.23
99	8.00	159.50	8.30	6.70	38.70	56.60	1.54	1.23
100	8.10	158.00	8.30	6.72	38.80	56.16	1.55	1.22

Cuadro 3. Datos generados por interpolación de variables de suelo y planta para el Sitio 1 y tratamiento 3.

Numero de observación	Rendimiento de grano ton/h	altura de planta cm	Humedad gravimétrica (%)		Lecturas del penetrometro (PSI) profundidad	Lecturas del penetrometro (PSI) profundidad	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad
			profundidad 0-10 cm	profundidad 10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	ad 10-20 cm
1	5.75	182.00	7.90	5.25	22.50	28.99	1.35	1.15
2	6.00	185.40	7.41	6.25	30.80	30.80	1.34	1.34
3	6.00	183.00	7.70	6.25	30.80	30.25	1.35	1.30
4	6.00	180.00	8.00	6.00	24.00	29.25	1.36	1.20
5	5.50	181.00	7.80	5.00	22.00	28.99	1.34	1.14
6	5.00	183.00	7.59	4.17	19.93	28.99	1.31	1.13
7	5.75	180.00	7.80	5.00	22.00	28.50	1.34	1.11
8	6.00	178.00	8.00	5.50	23.50	28.50	1.37	1.12
9	6.50	178.00	8.20	6.50	25.00	29.00	1.39	1.18
10	6.50	180.00	8.10	6.75	30.80	30.00	1.38	1.26
11	6.30	182.00	7.90	6.75	30.80	30.40	1.36	1.30
12	7.00	177.00	9.20	8.00	25.50	30.40	1.42	1.26
13	7.00	176.00	9.20	8.25	25.00	20.40	1.42	1.26
14	7.10	174.00	9.10	8.00	25.50	29.50	1.43	1.22
15	7.40	172.00	8.60	7.25	26.50	28.50	1.44	1.14
16	7.50	170.00	8.40	6.75	27.50	27.00	1.44	1.08
17	7.50	168.00	8.30	6.25	28.00	26.50	1.44	1.02
18	7.50	168.00	8.30	6.25	28.00	26.50	1.45	1.02
19	8.50	164.00	8.40	6.75	31.00	25.00	1.49	0.96
20	9.50	158.00	8.30	7.25	33.00	24.00	1.52	0.90
21	9.75	154.00	8.45	7.35	35.00	23.50	1.54	0.88
22	9.00	160.00	8.61	7.50	32.00	25.00	1.51	0.94
23	8.00	166.00	9.30	8.00	28.00	27.75	1.48	1.12
24	7.60	168.00	10.30	9.50	24.00	30.00	1.48	1.24
25	7.60	168.00	9.20	10.50	22.50	31.25	1.49	1.30
26	7.40	172.00	10.40	9.50	24.00	30.75	1.46	1.28
27	7.30	180.00	9.65	8.00	27.50	29.75	1.41	1.23
28	7.30	192.00	9.20	6.50	31.50	29.25	1.34	1.21
29	7.00	201.40	8.97	5.56	34.32	28.99	1.29	1.21
30	7.25	196.00	9.20	6.25	33.00	29.90	1.32	1.21
31	7.40	180.00	9.90	8.25	28.00	29.75	1.41	1.23
32	7.60	168.00	11.00	10.50	23.00	31.25	1.48	1.29
33	7.75	163.20	11.96	11.83	19.93	32.61	1.52	1.36
34	7.80	164.00	11.00	10.50	23.00	31.00	1.50	1.28
35	8.40	164.00	9.50	8.50	28.00	27.50	1.50	1.10
36	9.80	154.00	8.60	7.25	34.00	23.50	1.55	0.88
37	11.00	144.80	8.33	7.46	38.04	21.74	1.59	0.78
38	10.25	152.00	8.40	7.46	35.00	23.00	1.56	0.84

39	8.80	161.00	8.40	7.20	32.00	24.50	1.52	0.93
40	8.00	168.00	8.40	6.80	29.50	25.50	1.49	0.97
41	8.50	164.00	8.40	7.00	31.00	25.00	1.51	0.94
42	9.50	157.00	8.40	7.35	33.00	23.75	1.54	0.88
43	10.00	152.00	8.50	7.46	35.00	23.00	1.56	0.86
44	9.25	158.00	8.70	7.25	32.50	24.50	1.53	0.93
45	8.25	166.00	9.40	8.50	28.50	27.00	1.50	1.08
46	7.80	167.00	10.50	10.00	25.00	29.50	1.50	1.21
47	7.75	166.00	11.20	10.60	23.00	31.00	1.50	1.28
48	7.60	170.00	10.60	10.25	25.00	30.50	1.47	1.24
49	7.40	180.00	9.80	8.25	29.00	29.25	1.41	1.21
50	7.25	192.00	9.20	6.50	32.00	28.99	1.34	1.20
51	7.00	198.00	9.10	6.00	33.50	28.99	1.31	1.21
52	7.30	190.00	9.20	6.75	31.20	28.50	1.36	1.18
53	7.35	186.00	9.30	7.25	31.50	28.50	1.38	1.17
54	7.40	178.00	9.60	8.25	30.20	28.00	1.43	1.15
55	7.60	173.00	9.80	8.80	30.00	28.00	1.45	1.14
56	7.80	171.00	9.80	9.25	29.00	27.75	1.47	1.13
57	7.60	171.00	9.60	8.20	29.00	27.50	1.48	1.10
58	7.65	171.00	9.20	8.00	28.50	26.75	1.48	1.05
59	7.75	171.00	8.70	7.25	28.50	26.00	1.50	0.99
60	7.75	171.00	8.40	6.80	28.00	25.50	1.50	0.96
61	7.75	172.00	8.40	6.75	28.00	25.50	1.50	0.96
62	7.75	172.00	8.40	6.75	28.00	25.60	1.49	0.97
63	7.50	172.00	8.40	6.75	27.75	25.80	1.49	0.98
64	7.00	177.00	8.40	6.60	26.00	26.25	1.48	0.98
65	6.60	180.00	8.30	6.25	25.00	26.25	1.48	0.99
66	6.00	184.00	8.20	6.00	23.00	26.50	1.48	0.99
67	5.75	188.00	8.10	5.80	24.50	26.75	1.48	0.99
68	6.25	182.00	8.40	6.50	24.00	26.60	1.48	1.00
69	7.20	176.00	8.90	7.50	28.00	26.30	1.46	1.03
70	7.60	172.00	9.20	8.50	34.00	25.50	1.47	1.02
71	7.80	170.00	9.30	8.82	36.00	25.00	1.46	1.01
72	7.80	173.00	9.30	8.50	35.00	25.50	1.45	1.04
73	7.60	176.00	9.30	8.25	33.00	26.75	1.44	1.09
74	7.40	181.00	9.30	7.75	34.10	27.50	1.41	1.13
75	7.45	178.00	9.25	7.80	32.80	26.75	1.43	1.09
76	7.60	174.00	9.20	8.25	34.20	26.00	1.45	1.05
77	7.80	172.00	9.15	8.60	37.50	24.50	1.46	0.99
78	8.00	170.20	9.09	8.82	39.86	23.55	1.46	0.96
79	7.75	172.00	9.05	8.00	37.00	24.50	1.46	0.99
80	6.90	178.00	8.70	7.50	28.00	26.00	1.47	1.01
81	5.50	188.00	8.20	6.00	24.50	26.75	1.47	1.00
82	4.85	194.80	7.87	5.19	27.17	27.17	1.47	0.99

83	5.40	191.00	8.00	5.50	26.00	26.90	1.47	0.99
84	6.20	184.00	8.20	6.10	23.00	26.70	1.47	1.00
85	5.60	189.00	8.10	5.75	25.00	26.70	1.47	1.00
86	5.40	191.00	8.00	5.60	26.00	27.00	1.47	0.99
87	5.80	187.00	8.20	6.00	23.00	26.75	1.46	1.00
88	6.75	179.00	8.70	7.25	29.00	26.00	1.46	1.01
89	7.50	173.00	9.00	8.25	35.00	24.75	1.46	0.99
90	7.80	171.00	9.09	8.60	37.50	24.25	1.46	0.98
91	7.80	172.00	9.10	8.50	36.50	24.75	1.45	1.00
92	7.60	174.00	9.15	8.25	34.50	25.75	1.45	1.04
93	7.55	175.00	9.10	8.20	33.50	25.75	1.45	1.04
94	7.60	174.00	9.09	8.25	34.50	24.75	1.45	1.02
95	7.55	174.00	9.00	8.20	34.50	25.25	1.46	1.01
96	7.40	175.00	8.90	7.80	33.00	25.50	1.46	1.01
97	6.78	179.00	8.70	7.25	29.00	26.00	1.46	1.01
98	6.25	183.00	8.40	6.60	25.00	26.50	1.46	1.01
99	6.00	186.00	8.30	6.25	23.00	26.75	1.46	1.01
100	6.60	181.00	8.60	6.75	25.00	26.50	1.46	1.02
101	6.80	179.00	8.70	7.25	29.00	26.25	1.46	1.03
102	7.25	177.00	8.85	7.60	31.00	25.75	1.46	1.03
103	7.25	175.00	8.95	7.75	32.50	25.75	1.46	1.03
104	7.40	175.00	9.05	7.80	32.50	25.75	1.45	1.04
105	7.20	176.00	8.95	7.75	31.50	26.25	1.45	1.05
106	7.25	176.00	8.90	7.65	31.00	26.25	1.45	1.04
107	7.20	177.00	8.85	7.50	30.00	26.30	1.46	1.03
108	6.75	179.00	8.70	7.25	28.80	26.35	1.46	1.03
109	7.20	177.00	8.85	7.40	29.50	26.40	1.46	1.05
110	7.25	177.00	8.90	7.60	30.20	26.40	1.45	1.05

Cuadro 4. Datos generados por interpolación de variables de suelo y planta para el Sitio 2 y tratamiento 1.

Numero de observación	Rendimiento de grano ton/h	altura de planta cm	Humedad gravimétrica (%) profundidad 0-10 cm	Humedad gravimétrica (%) profundidad 10-20 cm	Lecturas del penetrometro (PSI) profundidad 0-10 cm	Lecturas del penetrometro (PSI) profundidad 10-20 cm	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad 0-10 cm	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad 10-20 cm
1	5.00	190.00	11.24	9.88	9.06	28.99	1.47	1.34
2	5.20	188.00	12.50	10.20	9.50	29.00	1.46	1.36
3	5.19	189.00	12.40	10.05	9.45	29.00	1.46	1.35
4	5.21	187.00	12.40	10.15	9.50	29.80	1.45	1.35
5	5.40	184.00	11.20	10.30	10.00	30.50	1.43	1.35
6	5.60	181.50	10.95	10.30	10.10	32.00	1.40	1.34
7	5.62	179.50	10.75	10.30	10.20	33.00	1.39	1.33
8	5.62	177.50	10.75	10.45	10.30	33.00	1.38	1.33
9	5.60	175.50	10.90	10.70	10.40	32.00	1.38	1.34
10	5.60	173.50	11.15	10.95	10.50	31.00	1.38	1.35
11	5.60	172.00	11.30	11.18	10.50	30.00	1.38	1.35
12	5.60	172.00	11.35	11.25	10.50	30.00	1.38	1.35
13	5.60	170.50	11.50	11.40	10.60	29.00	1.38	1.36
14	5.60	172.00	11.25	11.20	10.60	30.00	1.37	1.35
15	5.70	175.00	10.80	10.70	10.50	32.00	1.37	1.34
16	5.80	178.00	10.40	10.30	10.50	34.00	1.36	1.32
17	5.82	180.00	10.20	10.05	10.50	34.80	1.37	1.32
18	5.80	181.00	10.60	10.15	10.40	33.80	1.38	1.33
19	5.60	182.00	11.20	10.35	10.25	31.50	1.41	1.36
20	5.50	183.00	11.75	10.50	10.10	29.90	1.44	1.38
21	5.50	183.00	12.00	10.55	10.10	29.00	1.45	1.39
22	5.50	183.00	12.00	10.60	10.20	28.80	1.45	1.39
23	5.75	180.00	12.60	10.95	10.70	28.00	1.46	1.43
24	5.80	180.00	12.80	11.05	10.70	28.00	1.47	1.44
25	5.80	180.00	12.30	10.85	10.60	29.00	1.45	1.41
26	5.80	180.00	11.20	10.40	10.60	32.00	1.40	1.34
27	6.00	182.00	10.00	9.85	10.70	36.00	1.36	1.31
28	6.10	183.00	9.40	9.55	10.75	37.50	1.34	1.29
29	5.90	180.00	9.80	9.90	10.75	36.00	1.35	1.30
30	5.68	175.00	10.70	10.70	10.75	32.50	1.36	1.33
31	5.60	171.00	11.50	11.50	10.80	28.80	1.37	1.36
32	5.60	168.50	11.80	11.80	10.80	28.00	1.37	1.37
33	5.63	168.00	12.05	12.05	10.87	25.36	1.37	1.37
34	5.60	170.00	11.70	11.70	10.75	27.90	1.37	1.36
35	5.70	174.00	10.70	10.70	10.50	32.80	1.36	1.33
36	5.90	181.50	9.50	9.65	10.75	37.50	1.34	1.29
37	6.25	185.40	8.75	9.09	10.87	39.86	1.32	1.27
38	6.05	182.50	9.60	9.60	10.87	37.00	1.35	1.30
39	5.85	179.00	11.20	10.40	10.87	32.00	1.40	1.34

40	5.90	179.00	12.70	11.00	10.87	28.50	1.46	1.43
41	5.94	179.80	13.33	1.24	10.87	27.17	1.49	1.47
42	5.81	179.00	13.00	11.15	10.87	27.17	1.47	1.45
43	5.75	177.00	12.80	11.10	11.00	27.10	1.44	1.42
44	5.80	178.00	12.90	11.10	11.00	27.10	1.45	1.45
45	5.78	177.50	12.40	11.00	10.90	28.90	1.43	1.40
46	5.80	177.00	11.30	10.60	10.50	32.00	1.39	1.35
47	5.95	179.00	10.20	10.00	10.50	35.80	1.35	1.31
48	6.05	181.00	9.60	9.60	10.50	37.50	1.34	1.29
49	5.90	178.00	10.00	10.10	10.25	36.00	1.35	1.30
50	5.60	173.00	10.75	10.80	10.25	33.00	1.36	1.33
51	5.40	169.00	11.40	11.45	10.50	30.00	1.37	1.35
52	5.40	168.00	11.70	11.75	10.75	28.00	1.38	1.37
53	4.80	166.00	11.10	11.20	10.50	33.00	1.39	1.36
54	5.00	167.00	11.10	11.10	10.20	33.50	1.38	1.35
55	5.50	169.00	10.80	10.90	9.75	34.00	1.37	1.33
56	5.70	172.00	10.60	10.75	9.25	35.00	1.36	1.31
57	6.00	172.50	10.60	10.70	9.25	35.00	1.35	1.30
58	5.80	173.00	10.90	10.75	9.50	34.00	1.36	1.31
59	5.70	173.00	11.40	10.90	10.45	31.00	1.37	1.33
60	5.60	173.00	12.10	11.05	11.25	28.00	1.38	1.36
61	5.50	173.00	12.40	11.10	11.75	26.50	1.39	1.37
62	5.50	173.00	12.45	11.10	11.75	26.20	1.39	1.37
63	5.20	168.00	12.45	11.25	13.00	23.00	1.34	1.33
64	5.20	167.50	12.45	11.30	13.50	22.50	1.33	1.32
65	5.30	168.00	12.20	11.25	12.50	25.00	1.34	1.32
66	5.60	169.00	11.60	11.20	10.25	30.00	1.35	1.31
67	5.90	167.00	11.20	11.30	8.00	34.00	1.34	1.29
68	6.00	165.00	11.15	11.50	7.00	35.20	1.34	1.28
69	5.80	166.00	11.10	11.30	7.75	35.20	1.35	1.29
70	5.00	166.00	10.80	11.10	9.25	35.50	1.37	1.33
71	4.20	162.50	10.80	10.90	10.25	36.80	1.40	1.36
72	3.70	160.50	10.70	10.85	10.75	38.00	1.41	1.38
73	3.13	157.80	10.47	10.71	10.87	39.86	1.42	1.39
74	3.70	160.00	10.60	10.85	10.50	38.10	1.41	1.37
75	4.90	164.50	10.80	11.15	9.00	36.00	1.37	1.33
76	5.90	163.50	11.18	11.60	6.75	36.10	1.34	1.28
77	6.25	162.00	11.25	11.84	5.43	36.23	1.32	1.26
78	6.00	164.00	11.35	11.60	7.00	34.50	1.33	1.28
79	5.60	166.00	11.75	11.39	10.00	29.50	1.34	1.30
80	5.20	166.00	12.40	11.39	13.00	23.00	1.32	1.31
81	5.00	165.00	12.66	11.39	14.49	19.93	1.31	1.31
82	5.10	166.50	12.50	11.35	13.75	21.80	1.32	1.32
83	5.10	167.00	12.40	11.30	13.50	22.80	1.33	1.32

84	5.10	166.00	12.50	11.39	13.75	22.00	1.32	1.31
85	5.20	166.00	12.20	11.39	12.50	24.00	1.33	1.31
86	5.55	166.00	11.75	11.39	10.00	29.10	1.34	1.30
87	5.90	164.50	11.40	11.55	7.50	33.50	1.34	1.29
88	6.00	163.50	11.30	11.65	6.50	35.20	1.33	1.27
89	5.70	164.00	11.18	11.50	7.50	35.30	1.35	1.29
90	4.90	163.50	10.90	11.15	9.00	36.00	1.37	1.33
91	4.00	161.00	10.75	10.90	10.20	37.50	1.40	1.36
92	3.50	159.50	10.60	10.80	10.75	38.50	1.41	1.38
93	4.10	162.00	10.78	10.90	10.25	37.00	1.40	1.36
94	4.40	163.00	10.80	11.00	9.80	36.50	1.39	1.35
95	4.90	164.00	11.10	11.15	9.20	35.50	1.37	1.33
96	5.40	164.50	11.18	11.33	8.30	34.50	1.36	1.31
97	5.70	165.00	11.30	11.42	8.00	34.00	1.35	1.30
98	5.70	166.00	11.45	11.40	8.75	32.50	1.35	1.30
99	5.50	166.00	11.70	11.35	10.20	29.50	1.34	1.31
100	5.40	166.00	12.00	11.28	11.75	26.50	1.34	1.31
101	5.30	167.00	12.20	11.28	12.50	24.90	1.33	1.31
102	5.30	167.50	12.20	11.25	12.50	24.50	1.34	1.32

Cuadro 5. Datos generados por interpolación de variables de suelo y planta para el Sitio 2 y tratamiento 2.

Numero de observación	Rendimiento de grano ton/h	altura de planta cm	Humedad gravimétrica (%) profundidad 0-10 cm	Humedad gravimétrica (%) profundidad 10-20 cm	Lecturas del penetrometro (PSI) profundidad 0-10 cm	Lecturas del penetrometro (PSI) profundidad 10-20 cm	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad 0-10 cm	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad 10-20 cm
1	6.20	208.00	12.75	12.30	16.25	33.00	1.24	1.27
2	6.20	208.50	13.00	12.20	16.50	33.50	1.22	1.26
3	6.25	208.50	13.00	12.05	17.50	34.50	1.18	1.26
4	6.25	208.00	13.00	12.00	17.50	35.00	1.16	1.27
5	6.35	207.00	12.50	12.20	17.00	33.50	1.21	1.28
6	6.60	200.35	11.50	12.80	15.25	30.00	1.32	1.33
7	6.85	198.00	10.25	13.30	13.75	26.50	1.42	1.39
8	6.20	202.00	11.60	13.10	14.75	30.00	1.39	1.33
9	6.40	200.05	11.20	13.18	14.50	29.00	1.41	1.35
10	6.60	198.50	10.50	13.35	14.00	27.50	1.43	1.38
11	7.00	195.50	9.50	13.60	13.25	25.00	1.46	1.42
12	7.19	193.20	8.89	13.79	12.68	23.55	1.49	1.44
13	6.95	196.00	10.00	13.50	13.50	25.90	1.44	1.40
14	6.55	204.00	11.50	12.75	15.25	30.00	1.32	1.35
15	6.35	208.00	12.75	12.10	17.25	34.30	1.18	1.28
16	6.25	209.00	13.24	11.84	18.12	36.23	1.13	1.26
17	6.25	209.00	13.24	12.00	17.50	35.00	1.16	1.26
18	6.30	209.50	13.24	12.20	16.50	33.00	1.22	1.26
19	6.40	210.50	13.24	12.20	16.00	32.00	1.24	1.26
20	6.40	210.00	13.24	12.10	16.75	33.00	1.20	1.26
21	6.35	209.80	13.24	12.00	17.25	34.00	1.18	1.26
22	6.38	208.50	12.75	12.20	16.50	32.50	1.23	1.28
23	6.50	205.00	12.00	12.70	15.25	30.00	1.32	1.32
24	6.70	200.00	10.50	13.25	14.00	27.50	1.41	1.37
25	6.65	197.00	10.00	13.50	13.50	26.00	1.45	1.40
26	6.70	198.00	10.25	13.40	14.00	27.00	1.44	1.39
27	6.40	200.00	11.00	13.20	14.50	29.00	1.41	1.36
28	6.20	201.80	11.50	13.10	14.75	30.00	1.39	1.34
29	6.10	202.50	11.75	13.05	14.80	31.00	1.39	1.33
30	5.95	203.00	12.00	13.00	15.25	31.50	1.39	1.32
31	6.00	203.00	11.75	13.05	15.25	31.50	1.39	1.33
32	6.10	203.00	11.75	13.05	15.25	31.50	1.39	1.34
33	6.10	203.00	11.75	13.00	15.25	31.00	1.39	1.34
34	6.20	205.00	12.00	12.90	15.25	31.00	1.37	1.33
35	6.35	208.00	12.50	12.60	15.25	30.00	1.34	1.30
36	6.60	212.00	12.75	12.30	15.25	29.00	1.30	1.28
37	6.70	214.00	13.00	12.11	15.25	28.00	1.28	1.26
38	6.70	214.00	13.25	12.11	15.25	28.50	1.28	1.26
39	6.60	213.00	13.25	12.30	15.25	29.00	1.29	1.26

40	6.50	212.00	13.35	12.50	14.25	29.00	1.32	1.26
41	6.75	215.00	13.30	12.30	14.25	26.50	1.33	1.26
42	7.10	220.00	13.25	12.10	14.00	23.00	1.34	1.26
43	7.30	223.00	13.25	12.00	13.50	21.00	1.35	1.26
44	6.75	218.00	13.10	12.20	14.00	24.00	1.35	1.26
45	6.40	212.00	12.90	12.50	15.25	30.00	1.34	1.29
46	5.60	208.00	13.00	12.70	16.50	35.00	1.34	1.30
47	5.30	207.00	13.10	12.70	17.00	37.00	1.34	1.31
48	5.40	206.50	13.00	12.80	16.75	36.00	1.36	1.31
49	5.60	205.00	12.75	12.85	16.00	34.50	1.37	1.31
50	5.70	204.50	12.75	12.90	15.75	33.50	1.37	1.30
51	5.35	206.00	13.25	12.80	16.50	35.80	1.36	1.29
52	5.18	207.00	13.25	12.70	17.50	38.00	1.34	1.30
53	5.00	208.20	13.58	12.66	18.12	39.86	1.34	1.31
54	5.30	209.00	13.45	12.66	17.00	37.00	1.34	1.30
55	6.20	213.00	13.30	12.45	15.25	30.00	1.35	1.28
56	7.20	222.00	13.25	12.10	13.50	21.00	1.36	1.27
57	7.81	229.26	13.25	11.84	12.68	16.30	1.37	1.26
58	7.40	224.00	13.30	12.00	13.25	20.50	1.36	1.26
59	6.80	216.00	13.40	12.30	13.75	26.00	1.34	1.26
60	6.50	211.00	13.45	12.60	14.00	29.50	1.33	1.26
61	6.35	208.00	13.50	12.90	13.50	31.50	1.33	1.26
62	6.55	212.00	13.45	12.50	13.50	28.00	1.35	1.26
63	7.00	218.00	13.35	12.20	13.00	24.00	1.35	1.26
64	7.20	222.00	13.25	12.05	13.00	21.00	1.36	1.26
65	6.70	218.00	13.25	12.20	14.00	25.00	1.36	1.26
66	5.70	211.00	13.33	12.50	15.25	31.00	1.35	1.27
67	5.30	208.00	13.45	12.65	16.50	36.00	1.35	1.28
68	5.00	207.50	13.58	12.70	17.25	38.00	1.35	1.29
69	5.00	206.50	13.50	12.75	17.00	37.00	1.36	1.28
70	5.18	206.00	13.45	12.81	16.25	35.90	1.37	1.27
71	4.90	205.00	13.75	12.93	15.75	35.50	1.38	1.25
72	4.80	205.00	13.75	12.92	15.75	35.90	1.38	1.25
73	4.80	205.00	13.75	12.90	15.75	35.90	1.38	1.25
74	5.00	205.50	13.75	12.80	15.75	34.80	1.37	1.25
75	5.50	206.50	13.50	12.60	15.25	32.50	1.36	1.26
76	5.90	208.00	13.25	12.35	14.75	30.50	1.35	1.26
77	6.10	208.00	13.25	12.30	14.00	30.00	1.35	1.26
78	6.10	208.00	13.25	12.40	14.25	30.50	1.34	1.25
79	6.10	206.00	13.50	12.80	13.75	32.00	1.34	1.25
80	6.10	206.50	13.75	13.30	13.00	35.50	1.33	1.25
81	6.15	201.50	14.25	13.90	12.25	37.50	1.33	1.25
82	5.80	201.00	13.50	13.00	13.75	35.50	1.33	1.25
83	5.50	199.00	13.00	12.25	15.00	35.00	1.32	1.25

84	5.30	196.00	13.00	12.10	15.75	36.00	1.32	1.26
85	5.30	199.00	13.00	12.25	15.50	35.00	1.33	1.26
86	5.00	202.00	13.50	12.65	15.25	34.50	1.36	1.40
87	4.40	203.00	14.25	13.00	15.00	35.20	1.40	1.18
88	4.00	202.50	14.50	13.20	14.75	35.80	1.42	1.15
89	4.20	203.00	13.75	13.20	15.00	35.70	1.41	1.16
90	4.50	203.50	13.50	13.10	15.25	35.35	1.40	1.20
91	4.30	203.00	13.75	13.15	14.95	35.50	1.41	1.17
92	3.80	201.80	14.75	13.30	14.75	35.90	1.43	1.14
93	3.44	201.20	14.94	13.43	14.49	36.23	1.44	1.11
94	3.90	201.00	14.50	13.20	14.75	35.75	1.42	1.14
95	4.75	200.00	13.50	12.70	15.25	35.80	1.37	1.21
96	5.00	195.00	13.00	13.20	15.75	36.90	1.33	1.26
97	5.00	191.20	12.66	11.84	16.30	38.04	1.31	1.26
98	5.20	195.00	13.00	13.20	15.50	37.00	1.32	1.26
99	5.70	199.00	13.50	13.10	13.75	36.80	1.33	1.25
100	6.10	200.00	14.00	14.20	11.75	38.50	1.33	1.24
101	6.25	200.00	14.81	14.67	10.87	39.86	1.34	1.24

Cuadro 6. Datos generados por interpolación de variables de suelo y planta para el Sitio 3 y tratamiento 1.

Numero de observación	Rendimiento de grano ton/h	altura de planta cm	Humedad gravimétrica (%) profundidad 0-10 cm	Humedad gravimétrica (%) profundidad 10-20 cm	Lecturas del penetrometro (PSI) profundidad 0-10 cm	Lecturas del penetrometro (PSI) profundidad 10-20 cm	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad 0-10 cm	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad 10-20 cm
1	13.00	241.50	15.40	16.00	41.20	38.00	1.25	1.05
2	13.25	242.00	15.40	16.00	41.30	38.00	1.25	1.05
3	13.97	244.00	15.66	16.39	41.67	38.04	1.26	1.01
4	13.00	241.50	15.45	16.50	41.20	38.80	1.25	1.00
5	11.25	237.00	15.40	15.30	39.80	40.00	1.23	0.95
6	10.00	235.80	15.70	14.80	38.60	41.30	1.21	0.90
7	9.64	235.60	16.05	14.77	38.04	41.67	1.19	0.89
8	9.64	234.80	15.75	14.70	38.30	41.67	1.20	0.90
9	10.00	233.20	15.20	14.65	38.65	41.75	1.22	0.91
10	10.00	232.00	14.70	14.60	38.90	41.85	1.23	0.92
11	10.00	231.50	14.65	14.50	39.05	41.80	1.24	0.93
12	10.00	230.90	14.60	14.50	38.90	42.40	1.24	0.91
13	10.00	231.90	14.90	14.60	38.75	42.50	1.23	0.90
14	10.00	233.00	15.30	14.70	38.50	42.20	1.22	0.89
15	9.90	234.00	15.60	14.80	38.40	42.00	1.10	0.90
16	10.25	234.00	15.30	14.90	38.80	41.50	1.22	0.93
17	11.00	236.00	15.10	15.25	39.80	40.50	1.24	0.96
18	12.00	239.50	15.20	15.70	40.80	39.00	1.25	1.01
19	12.75	241.50	15.40	16.00	41.20	38.70	1.25	1.01
20	12.25	240.50	15.20	15.50	41.00	38.10	1.24	1.05
21	11.50	238.80	14.90	15.30	40.60	37.50	1.23	1.12
22	10.50	237.50	14.65	14.90	40.20	37.00	1.22	1.18
23	10.50	237.90	14.75	15.35	40.70	38.00	1.23	1.10
24	10.50	237.50	14.80	15.45	40.80	38.50	1.24	1.05
25	10.25	236.00	14.70	15.40	40.70	39.50	1.25	1.03
26	10.25	233.00	14.50	15.00	39.80	41.00	1.24	0.96
27	10.50	230.50	14.40	14.80	39.20	43.00	1.23	0.92
28	10.25	229.00	14.30	14.65	38.80	44.00	1.23	0.88
29	10.25	229.00	14.30	14.60	38.80	44.00	1.23	0.87
30	10.30	229.00	14.30	14.50	38.85	43.80	1.24	0.85
31	10.30	229.00	14.20	14.45	39.00	43.00	1.25	0.90
32	10.40	227.00	13.80	14.30	39.00	43.70	1.26	0.87
33	10.50	226.00	13.60	14.40	38.80	45.00	1.25	0.86
34	10.60	223.80	13.30	14.50	38.60	47.00	1.24	0.83
35	10.60	222.50	13.10	14.67	38.40	48.00	1.22	0.81
36	10.40	225.50	13.40	14.75	38.90	46.00	1.24	0.85
37	9.60	231.00	14.00	14.90	39.90	42.00	1.25	0.95
38	8.50	236.00	14.40	15.40	40.80	39.50	1.24	1.05
39	8.00	237.00	14.47	15.51	41.20	38.50	1.22	1.09

40	8.50	237.00	14.50	15.30	40.90	37.90	1.22	1.12
41	10.00	237.00	14.43	14.57	40.00	36.00	1.20	1.25
42	11.00	237.90	14.38	14.00	39.00	33.50	1.14	1.46
43	11.97	239.40	14.29	13.33	38.04	30.80	1.08	1.69
44	11.30	238.00	14.35	13.70	38.60	32.50	1.12	1.55
45	9.50	237.00	14.37	14.50	40.00	36.00	1.20	1.27
46	7.75	237.60	14.42	15.50	41.20	37.80	1.22	1.12
47	6.65	237.80	14.47	15.91	41.67	38.04	1.22	1.09
48	7.75	235.00	14.30	15.50	41.10	39.00	1.24	1.05
49	9.50	229.00	13.80	14.90	39.90	42.00	1.26	0.95
50	10.50	222.50	13.00	14.80	38.60	47.50	1.24	0.83
51	10.97	218.80	12.50	14.67	38.04	50.72	1.22	0.76
52	10.97	221.00	12.56	14.50	38.40	48.50	1.24	0.80
53	10.60	224.00	13.30	14.25	38.80	45.50	1.26	0.85
54	10.60	224.00	13.20	13.80	39.00	44.20	1.30	0.85
55	10.70	222.00	12.58	14.10	38.70	46.50	1.28	0.82
56	10.97	221.00	12.55	14.25	38.60	47.90	1.26	0.81
57	10.75	223.50	13.18	14.20	39.00	45.00	1.28	0.85
58	9.40	228.50	13.70	14.45	40.00	41.80	1.28	0.95
59	8.20	233.00	14.18	15.00	40.80	39.20	1.26	1.04
60	7.50	235.00	14.30	15.30	41.20	38.00	1.24	1.09
61	8.00	235.00	14.30	15.00	40.90	37.80	1.24	1.12
62	9.50	235.00	14.25	14.45	40.00	36.00	1.22	0.25
63	11.00	237.00	14.25	13.80	39.00	33.50	1.16	1.46
64	11.50	238.20	14.25	13.50	38.40	32.00	1.12	1.60
65	10.50	235.80	14.22	13.50	39.20	34.00	1.18	1.41
66	10.00	234.20	14.21	13.80	39.60	35.10	1.22	1.32
67	9.00	232.00	14.18	14.70	40.30	36.90	1.26	1.18
68	8.00	230.50	14.17	14.75	40.80	37.80	1.30	1.10
69	8.00	229.50	14.15	14.75	40.80	38.00	1.32	1.05
70	8.50	228.50	13.90	14.50	40.70	39.00	1.32	1.00
71	9.80	226.80	13.60	13.75	40.20	40.20	1.34	0.95
72	10.25	224.50	13.22	13.25	39.60	41.50	1.34	0.88
73	10.60	223.00	13.00	13.00	39.40	42.00	1.36	0.86
74	10.70	223.00	13.00	13.00	39.30	42.00	1.36	0.85
75	10.60	224.00	13.20	13.10	39.30	42.00	1.34	0.86
76	10.80	224.20	13.10	12.25	39.60	39.80	1.40	0.86
77	11.00	222.80	12.56	11.50	39.70	38.50	1.46	0.84
78	11.20	222.50	12.54	11.25	39.80	38.00	1.48	0.84
79	10.50	223.50	13.00	12.00	39.90	38.50	1.44	0.87
80	9.90	225.00	13.50	13.00	40.40	39.00	1.40	0.94
81	8.00	224.50	13.80	13.40	41.00	38.80	1.40	0.98
82	7.40	224.00	13.92	13.45	41.30	38.00	1.42	1.01
83	7.75	225.50	13.98	13.51	41.10	38.00	1.40	1.04

84	8.50	228.90	14.10	13.55	40.60	37.30	1.34	1.10
85	9.40	231.50	14.15	13.55	40.10	36.50	1.28	1.20
86	10.00	233.00	14.18	13.50	39.70	35.75	1.24	1.27
87	10.25	234.00	14.20	13.50	39.50	35.30	1.22	1.30
88	8.20	226.50	13.98	13.51	40.85	37.50	1.38	1.06
89	7.25	223.00	13.95	13.40	41.40	38.00	1.44	1.02
90	6.65	221.20	13.92	13.21	41.67	38.04	1.47	0.99
91	7.50	222.80	13.80	13.15	41.30	38.00	1.44	0.99
92	9.50	223.50	13.40	12.50	40.50	38.00	1.44	0.93
93	11.00	222.50	12.55	11.00	40.00	37.00	1.50	0.85
94	11.64	221.40	12.50	11.29	39.86	36.23	1.54	0.81
95	11.35	222.20	12.53	10.58	39.80	37.00	1.50	0.83
96	11.20	222.80	12.55	11.20	39.85	37.30	1.48	0.85
97	11.25	222.20	12.53	10.57	39.90	37.00	1.50	0.84
98	10.70	222.90	12.58	11.45	40.10	37.30	1.48	0.86
99	9.70	223.50	13.40	12.50	40.50	38.00	1.44	0.93
100	10.75	223.50	13.00	11.70	39.86	37.90	1.46	0.87

Cuadro 7. Datos generados por interpolación de variables de suelo y planta para el Sitio 3 y tratamiento 2.

Numero de observación	Rendimiento de grano ton/h	altura de planta cm	Humedad gravimétrica (%) profundidad 0-10 cm	Humedad gravimétrica (%) profundidad 10-20 cm	Lecturas del penetrometro (PSI) profundidad 0-10 cm	Lecturas del penetrometro (PSI) profundidad 10-20 cm	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad 0-10 cm	densidad aparente del suelo (g/cm3) profundidad 10-20 cm
1	9.00	226.00	15.20	14.50	46.20	50.25	1.32	1.27
2	8.80	227.00	15.60	14.70	46.60	50.50	1.33	1.27
3	8.75	224.50	15.10	14.60	46.20	50.00	1.32	1.28
4	8.60	223.50	14.50	14.40	45.62	49.50	1.32	1.29
5	8.00	211.50	12.75	14.30	44.40	47.75	1.32	1.34
6	8.00	214.00	13.25	14.60	44.48	48.25	1.32	1.34
7	8.40	220.00	14.50	14.60	45.80	49.45	1.33	1.31
8	8.25	226.00	15.75	14.80	46.80	50.50	1.34	1.28
9	8.60	229.00	16.50	15.00	47.30	51.20	1.34	1.26
10	8.80	229.50	16.50	14.95	47.30	51.25	1.34	1.26
11	8.80	231.50	17.25	15.20	48.00	51.75	1.36	1.25
12	8.60	232.00	17.50	15.40	48.20	52.00	1.37	1.25
13	8.55	229.00	16.50	15.10	47.40	51.20	1.36	1.27
14	8.20	220.00	14.50	14.70	45.80	49.25	1.34	1.32
15	7.20	209.00	12.50	14.55	44.40	47.25	1.33	1.38
16	6.60	203.50	11.75	14.60	39.70	46.45	1.33	1.41
17	7.75	208.00	12.25	14.30	44.00	47.00	1.33	1.36
18	15.30	222.20	14.47	13.11	43.48	50.72	1.37	1.01
19	14.00	220.00	14.00	13.20	43.70	50.20	1.35	1.07
20	10.50	216.00	13.00	13.80	43.90	48.50	1.32	1.23
21	7.00	204.00	11.80	14.40	43.80	46.50	1.32	1.37
22	5.65	197.00	11.11	14.81	43.48	45.29	1.34	1.46
23	6.75	206.00	12.00	14.60	44.10	46.50	1.32	1.40
24	8.20	220.00	14.50	14.60	45.80	49.30	1.32	1.32
25	8.60	230.50	17.25	15.30	47.80	51.50	1.36	1.26
26	8.65	234.00	18.46	15.69	48.91	52.54	1.39	1.24
27	8.80	232.50	17.75	15.40	48.30	52.00	1.37	1.25
28	9.00	231.50	17.00	15.20	47.60	51.60	1.34	1.27
29	9.00	232.00	17.30	15.20	48.00	51.90	1.36	1.26
30	9.00	229.50	16.25	14.80	47.20	51.20	1.34	1.28
31	8.50	222.00	14.25	14.30	46.00	49.50	1.30	1.32
32	7.00	214.00	12.50	14.20	44.50	47.50	1.30	1.36
33	6.50	206.00	11.80	14.40	44.00	46.50	1.31	1.40
34	8.00	211.00	12.25	14.00	44.00	47.50	1.30	1.35
35	10.50	218.50	13.00	13.60	44.10	48.75	1.30	1.23
36	13.00	222.00	13.90	13.30	39.50	50.00	1.33	1.11
37	14.50	223.00	14.25	13.10	39.00	50.50	1.35	1.05
38	14.00	223.50	14.25	13.10	39.75	50.40	1.34	1.06
39	12.70	224.50	13.80	13.10	44.00	50.00	1.31	1.12

40	11.75	224.50	13.50	13.15	44.20	49.75	1.28	1.16
41	10.45	225.00	13.00	13.15	44.40	49.25	1.26	1.23
42	9.50	225.00	12.50	13.18	44.60	49.00	1.24	1.28
43	9.00	225.00	12.50	13.20	44.70	49.00	1.23	1.30
44	9.00	226.00	13.00	13.40	45.00	49.00	1.24	1.31
45	9.40	227.50	14.00	13.70	45.50	49.80	1.26	1.31
46	9.60	228.50	14.75	14.10	46.10	50.50	1.28	1.31
47	9.75	229.00	15.25	14.30	46.40	51.00	1.30	1.32
48	9.75	229.00	15.25	14.30	46.40	51.00	1.30	1.32
49	10.25	228.50	14.50	14.00	45.80	50.75	1.28	1.32
50	10.70	229.50	14.00	13.80	45.60	50.75	1.28	1.38
51	11.00	227.00	13.50	13.75	45.50	50.72	1.26	1.40
52	10.50	228.00	13.50	13.60	45.50	50.50	1.25	1.36
53	10.20	232.00	13.50	13.20	45.30	50.20	1.22	1.30
54	10.30	238.00	12.80	12.20	45.15	50.10	1.16	1.27
55	10.50	242.00	12.50	11.70	45.10	50.20	1.12	1.25
56	10.40	238.00	12.70	12.00	45.00	50.00	1.14	1.25
57	9.40	233.00	13.00	12.60	44.70	49.75	1.20	1.23
58	11.00	229.50	13.25	12.90	44.30	49.50	1.24	1.20
59	10.50	233.00	13.30	12.65	44.65	49.50	1.20	1.21
60	10.50	238.00	12.80	12.20	44.85	50.00	1.16	1.23
61	10.70	245.00	12.50	11.50	45.15	50.40	1.10	1.24
62	10.97	250.00	12.16	10.87	45.29	50.72	1.06	1.24
63	10.60	244.00	12.60	11.60	45.20	50.50	1.11	1.25
64	10.50	234.00	13.40	12.90	45.20	50.50	1.20	1.30
65	11.00	228.00	13.50	13.50	45.20	50.60	1.24	1.39
66	11.64	225.40	13.51	13.64	45.29	50.72	1.26	1.46
67	11.20	227.00	13.80	13.70	45.40	50.75	1.26	1.40
68	10.40	228.50	14.20	13.82	45.50	50.80	1.27	1.33
69	10.25	229.50	14.25	13.85	45.40	50.90	1.27	1.28
70	10.60	228.00	13.90	13.75	45.30	50.75	1.26	1.32
71	11.00	228.00	13.51	13.70	45.29	50.72	1.26	1.38
72	10.50	230.00	13.50	13.50	45.25	50.50	1.24	1.32
73	10.30	235.00	13.50	12.90	45.15	50.50	1.20	1.26
74	10.45	242.00	12.80	12.00	45.05	50.50	1.13	1.24
75	10.50	245.50	12.50	11.50	45.10	50.50	1.10	1.23
76	10.45	243.00	12.60	11.80	45.00	50.25	1.12	1.22
77	10.25	239.00	12.90	12.20	44.80	50.00	1.15	1.21
78	9.75	238.50	13.10	12.40	44.55	48.75	1.14	1.19
79	9.75	240.00	13.00	12.20	44.60	48.80	1.13	1.19
80	9.75	241.00	13.00	12.20	44.60	48.85	1.12	1.19
81	9.60	239.00	13.30	12.60	44.70	50.00	1.15	1.19
82	9.50	236.00	13.75	13.20	44.90	50.50	1.20	1.19
83	9.50	233.00	14.25	13.70	45.10	50.50	1.24	1.18

84	9.50	232.00	14.75	14.00	45.22	50.50	1.26	1.18
85	9.50	231.50	14.75	13.90	45.25	50.70	1.26	1.18
86	9.50	231.50	14.75	14.00	45.30	50.50	1.27	1.18
87	9.45	231.50	14.70	14.00	45.35	50.45	1.27	1.19
88	8.25	234.00	15.00	14.50	45.25	50.72	1.28	1.02
89	8.00	234.20	15.25	14.60	45.20	50.72	1.28	0.97
90	8.50	235.00	14.75	14.20	45.10	50.45	1.26	1.04
91	9.00	237.00	14.00	13.40	44.90	50.00	1.19	1.12
92	9.00	240.00	13.40	12.60	44.20	49.50	1.12	1.14
93	8.90	241.00	13.20	12.40	43.90	49.25	1.09	1.14
94	9.10	240.50	13.00	12.40	44.00	49.25	1.10	1.16
95	8.70	241.00	13.00	12.40	43.75	49.20	1.08	1.14
96	8.65	242.60	12.90	12.24	43.48	48.91	1.06	1.13
97	8.65	240.50	13.25	12.60	43.80	49.30	1.10	1.12
98	8.50	237.50	14.20	13.50	44.60	50.00	1.19	1.08
99	7.80	235.50	15.25	14.50	45.10	50.50	1.28	0.96
100	7.32	235.00	15.73	15.00	45.29	50.72	1.31	0.88
101	8.50	237.50	14.20	13.50	44.60	49.95	1.19	1.07
102	8.60	240.00	13.45	12.90	44.00	49.40	1.12	1.12
103	8.65	241.00	13.30	12.45	43.70	49.25	1.09	1.13