

Caracterización Sistemática de los Suelos de San Nicolás, El Zamorano, Honduras

Rina Georgette Domínguez Masís

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2,001

Caracterización Sistemática de los Suelos de San Nicolás, El Zamorano, Honduras

Proyecto Especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Rina Georgette Domínguez Masís

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2,001

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Rina Domínguez

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2,001

Caracterización Sistemática de los suelos de San Nicolás, El Zamorano, Honduras

Presentado por

Rina Georgette Domínguez Masís

Aprobada:

Pablo Emilio Paz, Ph. D.
Asesor Principal

Pablo Emilio Paz, Ph. D.
Coordinador PIA

David Moreira. M.B.A
Asesor

Jorge Iván Restrepo, MBA.
Coordinador de la Carrera de
Ciencia y Producción
Agropecuaria

Reynerio Barahona, Ing. Agr.
Asesor

Antonio Flores, Ph. D.
Decano

Antonio Jaco, Ing. Agr.
Asesor

Keith Andrews, Ph.D.
Director general

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por guiarme en el largo camino de la vida.

A mis padres Rosario de la Paz de Domínguez y a Jaime Roberto Domínguez Montoya por ser mi apoyo, mi guía, mi inspiración, por su amor y cariño ya que juntos realizamos un sueño.

A mis hermanas: Silvia Gardenia, Nilisent Dianira, Noel Humberto y Silvia Alejandra por su apoyo constante y su cariño.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser la luz de mi camino, por ayudarme a ser paciente, perseverante y constante en la vida para lograr mis metas y por ser la luz de mi camino.

Al Dr, Raúl Espinal, por su ayuda durante estos dos años.

Al Dr. Paz por todo su apoyo, enseñanza y por sus valiosos consejos.

A Reynerio Barahona, por su paciencia, perseverancia y sobre todo por trasmitirme sus conocimientos.

A Antonio Jaco, por su valioso aporte para enriquecer mis conocimientos.

A David Moreira y a la Zamoempresa de Cultivos Extensivos por su colaboración en la realización del estudio.

A Jaime Nolasco por su amistad y por su apoyo logístico.

Al M.P.S Juan P. R, por toda su comprensión, sinceridad y cariño

A Hilda Flores, por enriquecer mis conocimientos y por su paciencia para que comprendiera mejor las cosas.

A Luwbia Aranda y Gaby Montoya, por ser mis confidentes y amigas, por su ayuda desinteresada y por darme tanto apoyo durante estos años, que Diosito las bendiga y les ilumine el camino.

A la familia Lazcano Flores por su apoyo y su sinceridad muchas gracias Candy y Victor y que Dios los bendiga.

A Wolfgang P. por su ayuda incondicional y su gran amistad en este año.

A mis amigos Rodolfo P, Zhasmin M, Juanpi, Alvaro C, Roberto A, Rolando Z, Jackie M, Pablo W, Andrea C y Juan Andrade, por compartir los buenos y malos momentos en mi vida. Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Agradezco al Proyecto ZAMORANO/USAID para la Revitalización Post-Mitch del sector Agrícola de Honduras-Componente de Frijol (USAID N° 522-A-00-00-00202-00), por el financiamiento otorgado para poder continuar mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

Agradezco a la Fundación Kellogg por el financiamiento brindado para realizar mis estudios en el Programa de Agrónomo.

RESUMEN

Domínguez, Rina. 2001. Caracterización sistemática de los suelos de San Nicolás, El Zamorano, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano. Honduras. 56 p.

Uno de los principales objetivos de los productores de granos básicos es aumentar la productividad, tomando en cuenta no sólo los factores climáticos, las plagas y el material de siembra utilizado, sino también el suelo que proporciona los nutrientes necesarios y el medio para el desarrollo del cultivo. El objetivo del estudio fue muestrear sistemáticamente las características química, física y nematológica en 35 ha de los suelos en la zona de San Nicolás, ésta es un área irrigada por un sistema de pivote central, dedicada a la producción de semilla de diversos cultivos. Previo a la siembra se trazó una cuadrícula de 50 × 50 m tomando una muestra compuesta en cada intersección, para los análisis químicos. Para determinar las características físicas se abrieron cinco calicatas de 1.0 × 1.0 × 1.0 m, distribuidas de acuerdo a la texturas presentes. Se tomaron 16 muestras para extraer los nematodos con el método de centrifugación-flotación, se identificaron y separaron en benéficos y fitófagos. Los resultados mostraron que el pH, en su mayoría, es fuertemente ácido (<5.5) lo que probablemente esté afectando la disponibilidad de nutrientes como P, Ca, Mg y K. Los niveles de N, P, K, Mg son bajos, sin embargo, se detectaron niveles adecuados de Ca. Se detectó el pie de arado a una profundidad promedio de 25 cm, mostrando en los perfiles diferentes grados de compactación. La profundidad efectiva varió de 35 a 50 cm. Los rendimientos del maíz variedad Guayape varió entre 1,201 y 6,181 kg/ha. Los análisis de correlación mostraron que sólo existió relación entre la población del cultivo y el rendimiento ($P < 0.0001$), pero no entre los nutrientes del suelo y el rendimiento y sus componentes. Los géneros de nematodos fitófagos encontrados en poblaciones cercanas al nivel crítico son: *Pratylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp. Es aparente que la combinación de los desbalances químicos y la masificación del suelo está afectando al cultivo de tal forma que no está expresando su potencial, reflejándose esto en un rendimiento promedio de 3,491 kg/ha.

Palabras claves: Calicatas, centrifugación-flotación, pH, nutrientes, pie de arado, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*.

Nota de prensa

¿Beneficia una caracterización sistemática de suelos?

Con el fin de aumentar la producción por área, los productores deben conocer sobre los factores que influyen en el manejo de los cultivos, tales como: la temperatura, el agua, la variedad, topografía, la vocación de los suelos, las plagas y enfermedades pero sobre todo, las características químicas, físicas y nematológicas presentes.

Entre las características químicas más importantes están las cantidades disponibles de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, ya que se consideran elementos esenciales para el desarrollo de las plantas. También dentro de estas características esta el pH y el contenido de materia orgánica. El primero influye en la absorción de nutrientes dependiendo de la acidez del suelo, mientras que el segundo proporciona los nutrientes necesarios para los microorganismos.

Un estudio sistemático de las tres últimas características nos dan idea del estado actual y potencial de los suelos a través de mapeos de una zona específica. Por ejemplo, en un área determinada hacer mapas de nutrientes que sean esenciales para la mayoría de cultivos permite conocer el área donde puede presentarse un exceso o deficiencia de nutrientes, que puede impedir que el cultivo no se desarrolle adecuadamente.

Lo mismo ocurre con las características físicas, ya que en promedio se puede conocer la profundidad del pie de arado y el grado de compactación de los suelos, lo que ayudará a elaborar un plan de preparación de terrenos para rehabilitar los más afectados en un lugar específico.

El último factor que hay que tomar muy en cuenta es la población de nematodos, ya que dentro de estos, se encuentran tanto los que causan daño al sistema radicular como los que tienen un efecto benéfico en los procesos microbiológicos del suelo. Haciendo un mapa de nematodos podemos saber el área donde están distribuidos los géneros que son dañinos para el cultivo y que se deben controlar.

Lo anterior puede ser utilizado en agricultura de precisión, estableciendo los puntos o áreas que necesita un tratamiento especial sea un exceso o deficiencia de nutrientes por ejemplo, y no hacer aplicaciones innecesarias que sólo representan una pérdida de trabajo y capital.

Licda. Sobeyda Alvarez

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Páginas de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Indice de Cuadros.....	xi
	Indice de Figuras.....	xii
	Indice de Fotografías.....	xiii
	Indice de Anexos.....	xiv
1	INTRODUCCION.....	1
	Objetivos.....	2
	Objetivo general.....	2
	Objetivo específico.....	2
2	REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1	EL SUELO.....	3
2.2	CARACTERISTICAS QUIMICAS.....	4
2.2.1	pH y el efecto sobre los nutrientes.....	4
2.2.1.1	Nitrógeno.....	4
2.2.1.2	Fósforo.....	4
2.2.1.3	Potasio.....	4
2.2.1.4	Calcio.....	4
2.2.1.5	Magnesio.....	4
2.2.2	Nutrientes.....	5
2.2.2.1	Nitrógeno.....	5
2.2.2.2	Fósforo.....	5
2.2.2.3	Potasio.....	5
2.2.2.4	Calcio.....	7
2.2.2.5	Magnesio.....	7
2.2.3	Materia orgánica.....	7
2.3	CARACTERISTICAS FISICAS.....	8
2.4	CULTIVO DE MAIZ.....	8
2.5	NEMATODOS.....	8

3	MATERIALES Y METODOS	11
3.1	DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	11
3.1.1	Topografía.....	11
3.1.2	Clima.....	11
3.2	MUESTREO Y ANALISIS DE SUELO PARA EL ANALISIS QUIMICO.....	11
3.3	MUESTREO Y ANALISIS DE SUELO PARA EL ANALISIS FISICO.....	12
3.3.1	Calicatas.....	12
3.3.2	Densidad aparente.....	12
3.4	MUESTREO DE SUELO Y DIAGNOSTICO DE NEMATODOS.....	12
3.5	ESTIMACIONES DE RENDIMIENTO.....	13
4	RESULTADOS Y DISCUSION	15
4.1	CARACTERISTICAS QUIMICAS.....	15
4.1.1	Valores de pH.....	15
4.1.2	Nutrientes.....	15
4.1.3	Nitrógeno.....	16
4.1.4	Fósforo.....	16
4.1.5	Potasio.....	17
4.1.6	Calcio.....	17
4.1.7	Magnesio.....	18
4.1.8	Balance de cationes.....	18
4.2	MATERIA ORGANICA.....	19
4.3	CARACTERISTICAS FISICAS.....	19
4.3.1	Descripción de perfiles.....	20
4.3.1.1	Calicata 1.....	21
4.3.1.2	Calicata 2.....	22
4.3.1.3	Calicata 3.....	23
4.3.1.4	Calicata 4.....	24
4.3.1.5	Calicata 5.....	25
4.3.2	Densidad aparente.....	26
4.4	ESPECIES DE NEMATODOS.....	27
4.4.1	Poblaciones totales de nematodos en los cuadrantes.....	29
4.5	EVALUACION DEL RENDIMIENTO.....	32
5	CONCLUSIONES	34
6	RECOMENDACIONES	35
7	BIBLIOGRAFÍA	36
8	ANEXOS	37

INDICE DE CUADROS

Cuadro		
1.	Niveles de nitrógeno y distribución de muestras de acuerdo a rangos establecidos.....	16
2.	Niveles de fósforo y distribución de muestras de acuerdo a rangos establecidos.....	16
3.	Niveles de Potasio y distribución de muestras de acuerdo a rangos establecidos.....	17
4.	Niveles de Calcio y distribución de muestras de acuerdo a rangos Establecidos.....	18
5.	Niveles de Magnesio y distribución de muestras de acuerdo a rangos establecidos.....	18
6.	Valores de la resistencia a la penetración en los diferentes horizontes de las calicatas.....	26
7.	Densidad aparente de los Horizontes en las calicatas de San Nicolás.....	27
8.	Población de nematodos por muestra (100cc de suelo) para el cuadrante Sur-este.....	28
9.	Población de nematodos por muestra (100cc de suelo) para el cuadrante Sur-oeste.....	28
10.	Población de nematodos por muestra (100cc de suelo) para el cuadrante Nor-oeste.....	29
11.	Rendimiento categorizados de acuerdo a población de maíz y sus componentes, San Nicolás.....	33

INDICE DE DE FIGURAS

Figura

1. Comparación de poblaciones de *Meloidogyne* sp y *Pratylenchus* sp. en los cuadrantes Sur-este, Sur-oeste y Nor-oeste..... 30
2. Poblaciones de nematodos benéficos y fitófagos para los cuadrantes Sur-este, Sur-oeste y Nor-oeste..... 31

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía

1.	Calicata 1 cuadrante Sur-este, centro en el pivote, San Nicolás, Honduras.....	21
2.	Calicata 2 cuadrante Sur-este, extremo oeste en el pivote, San Nicolás, Honduras.....	22
3.	Calicata 3 cuadrante Sur-oeste, centro en el pivote, San Nicolás, Honduras.....	23
4.	Calicata 4 cuadrante Nor-oeste, extremo oeste en el pivote, San Nicolás, Honduras.....	24
5.	Calicata 5 cuadrante Nor-oeste, extremo este en el pivote, San Nicolás, Honduras.....	25

INDICE DE ANEXOS

Anexo

1.	Mapa de San Nicolás, El Pivote Central, El Zamorano.....	37
2.	Mapa de los puntos georreferenciados en de San Nicolás, El Pivote Central, El Zamorano.....	38
3.	Resultado de Análisis químicos de los suelos de San Nicolás.....	39
4.	Mapa del contenido y distribución del pH en San Nicolás.....	44
5.	Mapa del contenido y distribución de la Materia orgánica en San Nicolás....	45
6.	Mapa del contenido y distribución del Nitrógeno en San Nicolás.....	46
7.	Mapa del contenido y distribución de la Fósforo en San Nicolás.....	47
8.	Mapa del contenido y distribución del Potasio en San Nicolás.....	48
9.	Mapa del contenido y distribución del Calcio en San Nicolás.....	49
10.	Mapa del contenido y distribución del Magnesio en San Nicolás.....	50
11.	Rangos de interpretación de los análisis de suelo para Materia Orgánica y Nitrógeno total.....	51
12.	Rangos de interpretación de los análisis de suelo para Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). (McLean, 1982).....	51
13.	Calculo de las cantidades disponibles de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, CaO y MgO en kg/ha de suelo.....	51
14.	Cantidades disponibles de Nitrógeno, P ₂ O ₅ , K ₂ O, CaO y MgO en kilogramos por hectárea disponibles en los suelos de San Nicolás.....	54
15.	Valores de Balance de cationes para calcio, magnesio y potasio.....	55
16.	Resistencia a la penetración.....	58

17.	Componentes de rendimiento.....	58
18.	Resultados del análisis estadístico de correlación para las variables de rendimiento de maíz por ha y población de plantas/ha.....	59
19.	Ubicación de las calicatas en los cuadrantes.....	60

1. INTRODUCCION

La meta de los productores agrícolas es aumentar la producción debido al incremento de la población mundial, que cada cuarenta años se duplica (Plaster, 2000). Para tener éxito los productores deben conocer sobre los factores que intervienen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Entre estos factores se encuentran: el clima, las plagas, las enfermedades, la topografía, la vocación de la tierra y el material de siembra utilizado pero, sobre todo el suelo.

Fuentes (1994) establece que el suelo es la parte más superficial de la corteza terrestre, con un espesor que varía de unos pocos centímetros a dos o tres metros, en donde los reinos vegetal y animal establecen una relación íntima con el reino mineral. Entonces podemos concluir que el suelo está compuesto por características químicas, físicas y biológicas que están relacionadas entre sí.

Dentro de las características químicas más importantes del suelo se encuentran: la cantidad disponible de elementos esenciales para las plantas, la acidez del suelo (pH) y el contenido de materia orgánica. La primera influye directamente con la parte nutricional de las plantas. El segundo interviene tanto en la deficiencia como en la toxicidad de los nutrientes. El último tiene un efecto en la estructura del suelo y además proporciona los nutrientes necesarios para el metabolismo de los microorganismos.

Las características físicas, permite conocer que está limitando el crecimiento del sistema radicular de las plantas. Estas limitaciones pueden ser causadas por la formación del pie de arado y/o por el grado de compactación de los suelos.

La última característica que hay que tomar muy en cuenta es la biológica, en especial los organismos que pueden afectar al cultivo. Dentro de éstos organismos se encuentran los nematodos fitófagos que son los responsables de causar daños al sistema radicular.

Un estudio sistemático de las características antes mencionadas nos dan una idea del estado actual y potencial de los suelos a través de mapeos de una zona específica. Por ejemplo, un mapa de las características químicas y nematológicas del suelo nos permitirá conocer con exactitud un punto específico donde haya exceso o deficiencia de un nutriente o donde las poblaciones de nematodos puedan ser un problema grave para el cultivo.

Lo anterior puede ser utilizado en agricultura de precisión o en fincas que cuentan con una estación telemétrica. Esto permitirá establecer puntos o áreas donde se necesite hacer un tratamiento especial, como corregir un exceso y/o deficiencia de un elemento, evitando de esta forma hacer aplicaciones innecesarias que se traducirán en pérdidas de trabajo y capital.

1.2 Objetivos

Los objetivos del presente estudio fueron.

1.2.1 General

Caracterizar sistemáticamente los suelos de San Nicolás para definir la variabilidad física, química y nematológica de los mismos y su efecto sobre el cultivo de turno.

1.2.2 Específicos

- Definir las características químicas más importantes tales como contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio
- Definir las características físicas más importantes tales como, textura, estructura, color, consistencia
- Determinar los géneros de nematodos fitófagos asociados con el cultivo
- Evaluar la variabilidad del rendimiento del cultivo de maíz estableciendo correlaciones con las características químicas, físicas y nematológicas del suelo

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 EL SUELO

La razón fundamental del por qué estudiar las características y relaciones del suelo con el medio que lo rodea, es que a partir de él obtenemos los alimentos necesarios para llevar a cabo las funciones biológicas para la existencia tanto de animales como de plantas.

Los seres vivos, incluso las plantas, necesitan temperatura adecuada, oxígeno, agua, carbono (elemento básico de todos los cuerpos con vida) y otros nutrientes. Estos factores se intercambian en el suelo, normalmente en ciclos que permiten a los elementos reciclarse más que perderse (Plaster, 2000).

Según Plaster (2000) las funciones más importantes del suelo son:

1. Sirve como anclaje: Las raíces pueden sujetarse o anclarse para poder sostener la planta ante cualquier factor adverso.
2. El suelo suministra Casi toda el agua que necesita la planta para sus procesos metabólicos; por cada kilogramo de materia seca producida en el crecimiento, las plantas obtiene entre 200 y 1,000 kilogramos de agua por fotosíntesis, flujo de savia y otros usos.
3. Intercambio gaseoso: Las plantas liberan oxígeno, durante la fotosíntesis pero lo consumen en la respiración; bajo tierra, las raíces y organismos que viven en el suelo usan el oxígeno y desprenden dióxido de carbono), como resultado el aire del suelo tiene menos oxígeno y más dióxido de carbono.
4. Proporciona nutrientes: La mayoría de las plantas necesitan básicamente dieciséis nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, B, Cl, Zn, Fe, Mo, Mn, Cu, S, H, O y C) trece de los cuales los obtienen del suelo y el resto del aire. Las raíces son las encargadas de absorber dichos nutrientes de la solución del suelo por medio de un proceso activo que lleva los nutrientes hacia las células radicales.

2.2 CARACTERISTICAS QUIMICAS

Las características químicas del suelo comprenden los aspectos nutricionales de las plantas y los factores que afectan la nutrición de esta; nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio elementos esenciales para llevar a cabo las funciones metabólicas de las plantas (Fuentes, 1994).

El pH es un factor que puede limitar la disponibilidad de los nutrientes, ya que en suelos con pH menores a 5.5, restringe la disponibilidad de nutrientes como el calcio y magnesio, lo que puede limitar el crecimiento de las plantas ocasionado por una deficiencia de estos elementos o causar toxicidad debido a un exceso de los elementos (Plaster, 2000).

2.2.1 pH y el efecto sobre los nutrientes

Según Fuentes (1994) el grado de acidez tiene una gran influencia sobre la nutrición de las plantas, ya que facilita o dificulta la asimilación de los nutrientes creando a veces antagonismos iónicos. El comportamiento de los distintos elementos nutritivos con relación al pH es el siguiente:

2.2.1.1 Nitrógeno: las sales amoniacales y nítricas son solubles en todo el intervalo de pH que pueda presentar el suelo. La nitrificación tiene lugar con gran intensidad en intervalos comprendidos entre 6.5 y 8.

2.2.1.2 Fósforo: Cuando el pH es menor de 6.5, el hierro y aluminio están muy solubilizados provocando que se formen fosfatos insolubles. Rangos entre 6.5 y 7 favorecen la utilización de fósforo, si el pH es superior a 7.5 el calcio formará compuestos insolubles que harán que el fósforo no sea disponible. En suelos con pH de 8.5 este elemento se combina con el sodio y lo hace algo más disponible.

2.2.1.3 Potasio: hay antagonismo iónico entre el calcio y el potasio cuando el pH es superior a 8, debido a que el exceso de calcio impide la absorción del potasio.

2.2.1.4 Calcio y Magnesio: cuando el pH es alto estos elementos son muy asimilables, pero cuando el pH excede 8.5 el sodio reemplaza al calcio y al magnesio precipitándolos como carbonatos insolubles

Calificación del pH

En el laboratorio de Suelos de Zamorano los rangos de pH que se utilizan son los siguientes .

- 5.0 a 5.5:** Fuertemente ácido. Es necesario encalar para la mayoría de los cultivos, posible toxicidad de Al y/o Mn. Se presenta deficiencias de P, Ca, Mg, Mo y N.
- 5.6 a 5.9:** Moderadamente ácido. Hay baja solubilidad del P y regular disponibilidad del Ca y Mg. Las leguminosas requieren encalamiento, debido a sus requerimientos altos de estos elementos.
- 6.0 a 6.5:** Levemente ácido. Es la condición adecuada para la mayoría de los cultivos.
- 6.6 a 6.9:** Muy levemente ácido. Hay buena disponibilidad de Ca y Mg. Moderada disponibilidad de micronutrientes a excepción del Mo. Al acercarse el pH a neutro elementos como el Fe y el Mn están menos disponibles y pueden causar deficiencia.
- 7.0 a 7.5:** Muy levemente alcalino. Posible exceso de Ca, Mg y carbonatos. Baja solubilidad de P y micronutrientes a excepción del Mo se inhibe el crecimiento de varios cultivos.
- 7.6 a 7.9:** Levemente alcalino, con este pH hay deficiencia de elementos como el B, Cu, Zn, Fe y Mn sin embargo, el P, K, Ca, Mg, Mo y S pueden estar disponibles para la planta.
- 8.0 a 8.5:** Moderadamente alcalino. Posible exceso de Na intercambiable. Se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos
- 8.6 a 9.0:** Fuertemente alcalino. Se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Probable exceso de Na⁺

2.2.2 Nutrientes

Según Fuentes (1994) las plantas para completar su ciclo vegetativo necesitan 16 nutrientes esenciales que son carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro, boro, manganeso, cobre zinc, molibdeno y cloro, los tres primeros son obtenidos del aire y el agua, el resto son suministrados por el suelo.

2.2.2.1 Nitrógeno

El nitrógeno que se encuentra en el suelo es derivado de los materiales como fertilizantes, residuos de cosechas, abonos verdes y amonio y nitrato tridos por las lluvias. Adicionalmente ciertos microorganismos pueden combinar el nitrógeno atmosférico dentro de un compuesto usado por las plantas.

Brady (1990) argumenta que la reducción drástica del nitrógeno es el resultado del drenaje, la erosión y las pérdidas en forma gaseosas, esto también se debe a las cantidades extraídas por las plantas, aplicaciones de cantidades insuficientes de fertilizantes nitrogenados y a la poca materia orgánica.

Según Fuentes (1994) la absorción del nitrógeno por la planta es en las formas de iones de nitrato y amonio. La primera se mueve libremente en la solución del suelo mientras que el segundo es absorbido ampliamente por los coloides del suelo. El ión amonio no absorbido pasa rápidamente a ión nitrato. Las deficiencias de nitrógeno ocasionan plantas raquílicas, las hojas son pequeñas y de color verde amarillento y si la deficiencia es grave los bordes de las hojas son de color anaranjado o violáceo. Una deficiencia da lugar a una maduración acelerada, con frutos pequeños reduciendo de esta forma el rendimiento. Sin embargo el exceso produce un gran crecimiento aéreo, las hojas toman un color verdoso oscuro y retrasa la maduración.

2.2.2.2 Fósforo

Las plantas lo absorben en forma PO_4H_2 y en menor proporción, bajo la forma de PO_4H . En pequeñas cantidades también se puede absorber en forma de fosfatos orgánicos solubles. Este elemento interviene los procesos de crecimiento y síntesis de los componentes de las plantas, su deficiencia ocasiona un desarrollo débil tanto del sistema radicular como de la parte aérea. Las hojas son de menor tamaño que en circunstancias normales, con los nervios poco pronunciados y coloración anormal: tonalidad azul verdosa oscura con tintes bronceados o púrpura. La madurez del fruto se retrasa. Aquellas cosechas que se recolectan por su semilla reducen su rendimiento drásticamente (Fuentes, 1994).

2.2.2.3 Potasio

Brady (1990) menciona que el potasio juega muchos roles esenciales en las plantas: como activador de docenas de enzimas responsable de los procesos como la fotosíntesis, síntesis de almidones, reducción de nitratos y degradación del azúcar. Incrementa la resistencia de las plantas a enfermedades y ejerce sobre el balance sobre el nitrógeno y el fósforo.

El K tiene efectos favorables en la resistencia de las plantas al frío y las heladas, también incrementa la resistencia a la salinidad y a los parásitos, cuando las plantas presentan una deficiencia severa de este elemento las partes más afectadas son aquellas que acumulan sustancias de reserva como las semillas, frutos y tubérculos mientras que un exceso produce consumo de lujo sin que repercuta en el rendimiento pero si puede originar deficiencias de Mg, Ca, Fe y Zn (Fuentes, 1994).

2.2.2.4 Calcio

Según Fuentes (1994) este elemento interviene en el crecimiento de las raíces y por lo tanto en la absorción de los nutrientes, actúa en las actividades enzimáticas, en el transporte de carbohidratos y proteínas, neutraliza los ácidos producidos en el metabolismo vegetal y da mayor consistencia a los tejidos.

La deficiencia de calcio reduce el crecimiento de las raíces y origina clorosis. El suelo pierde el calcio debido a la absorción por las plantas y microorganismos lixiviación y erosión de las capas superficiales.

2.2.2.5 Magnesio

Forma parte de la clorofila, por lo tanto interviene en la formación de los hidratos de carbono, ejerce un efecto favorable en la formación de proteínas y vitaminas también incrementa la resistencia de la planta ante un medio adverso (frío, sequía, enfermedades, etc). La deficiencia ocasiona que las hojas más viejas se tornen de color amarillo seguido de la aparición de manchas pardas. En suelos con excesivas cantidades de K^+ y Ca_2^+ la absorción del Mg_2^+ se ve afectada (Fuentes, 1994).

2.2.3 Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo (MOS) es una acumulación de materia de plantas muertas, parcialmente descompuestas y residuos de animales y plantas resintetizadas parcialmente. La hojarasca y las raíces secas se descomponen rápidamente y sus residuos forma parte del humus. Algunas proporciones permanecen en los suelos durante mucho tiempo (Bohn, 1993).

La fracción orgánica del suelo tiene un papel importante: regula los procesos químicos que allí ocurren, influyen sobre las características físicas y es el centro de aproximadamente todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora, las de la fauna y hasta las del sistema de raíces de las plantas superiores. También es el suministro de elementos nutritivos por la mineralización, estabiliza la acidez del suelo. La Capacidad de Intercambio Catiónico es muy valiosa para suelos con textura arenosa, la Capacidad de Intercambio Aniónico donde se acumulan nitratos, fosfatos y sulfatos (Fassbender, Bornemesza, 1987).

2.3 CARACTERISTICAS FISICAS

Obtener rendimientos esperados en una zona, no solo depende de las condiciones climáticas, de la variedad y cantidad de nutrientes disponibles en la solución de suelo, sino que también de las características físicas de suelo, es decir la textura, estructura, los horizontes presentes, la profundidad del pie de arado y resistencia a la penetración. La estructura se refiere al ordenamiento de las partículas minerales del suelo, mientras que la textura es la proporción de arena, limo y arcilla que contiene el suelo. Los horizontes del suelo son capas horizontales que se crean cuando los suelos se están formando y cada horizonte difiere de otro por sus características físicas y químicas. (Plaster, 2000).

El pie de arado es una capa dura que indica la compactación del suelo y se forma por la utilización de maquinaria a la misma profundidad (rastra, arado) y/o por el laboreo del terreno cuando está húmedo el suelo. La densidad aparente y la resistencia a la penetración también sirven para determinar la compactación de un suelo, la primera se refiere a la relación entre los sólidos y el aire en el suelo mientras que el segundo es un valor numérico que indica que suelos con valores mayores a 1.75 kg/cm^3 son firmes es decir que están compactados (Anexo 7).

2.4 CULTIVO DE MAIZ

En San Nicolás se sembró la variedad Guayape que es una variedad de polinización libre y fue desarrollada por la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria DICTA.

El cuadrante Sur-este y el sur-oeste se sembraron el 6 y 9 de abril del 2001, grano de color blanco, tipo dentado con un promedio de 3,120 granos/kg.

2.5 NEMATODOS

Son encontrados en casi todos los suelos, la mayoría son microscópicos y rara vez se les puede ver a simple vista, la mayor parte de los nematodos se alimentan de la materia orgánica o son depredadores de otros nematodos, bacterias, algas, protozoarios, pero algunos nematodos especialmente los del orden *Tylenchida* y *Dorylaimida*, pueden infestar las raíces de la mayoría de las especies de las plantas. Las infecciones severas ocasionan serias reducción en los rendimientos.

Entre los fitonematodos que ocasionan ataques severos a en el cultivo de maíz están: los endoparásitos y los ectoparásitos en la primera categoría se incluyen *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Ditylenchus*, y en la segunda *Helicotylenchus* y *Tylenchorhynchus*. Las características generales de estos géneros son:

Pratylenchus sp: esta muy adaptado a las regiones tanto frías como calientes pero en general se encuentran mas individuos de este género en regiones cálidas del trópico y subtropico. En la región de la boca lleva de dos a cuatro anillos (una a tres estrías) que comienzan a estrecharse por la cabeza. Se pueden encontrar en grandes cantidades en los tubérculos y en las cáscaras de maní (Mai y Lyon,1996).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Pratylenchus* sp. (Mai y Lyon,1996).

Orden:	Tylenchida
Sub-orden:	Tylenchina
Super-familia:	Tylenchoidea
Familia:	Pratylenchidae
Sub-familia:	Pratylenchinae

Meloidogyne sp: este género se reproduce por partenogénesis y el sexo esta definido por la cantidad de alimento disponible, cuando hay alimento abundante la mayoría de las larvas son hembras de lo contrario un gran porcentaje se vuelven machos.

Según Guharay. F. *et al.*(2000) el ciclo comienza con la formación del huevo, luego la primera etapa larvaria dentro del cual sufre la primera muda, después de ésta al entrar en la segunda etapa larvaria sale del huevo y queda libre en el suelo y listo para infectar la raíz.

Estos empiezan a ser infectivos en el segundo estadio larval inyectando con su estilete secreciones de sus glándulas esofágicas ocasionando el agrandamiento de las celulas en el cilindro vascular y aumentando la proporción de la división celular del periciclo (Taylor, Sasser, 1983),esto hace que se formen agallas en las raíces; los daños iniciales de este género son los cambios en toda la fisiología de la planta hospedera

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *Meloidogyne* sp. (Mai y Lyon,1996).

Orden:	Tylenchida
Sub-orden:	Tylenchina
Super-familia:	Tylenchoidea
Familia:	Heteroderidae
Sub-familia:	Heteroderinae

Ditylenchus sp: posee un único ovario, no tiene anillos en la región de la boca y las celulas de las gónadas están en una o dos líneas; tienen tejido blanco y esponjoso esta especie generalmente ataca los bulbos y tallos de las plantas también puede ser un grave problemas para los productores de hongos para el consumo humano (Mai y Lyon,1996).

La mayoría de los nematodos jóvenes y adultos de este género son largos, delgados y con estiletes cortos difíciles de observar en el microscopio.

Cuadro 3. Clasificación taxonómica de *Ditylenchus* sp. (Mai y Lyon,1996).

Orden:	Tylenchida
Sub-orden:	Tylenchina
Super-familia:	Tylenchoidea
Familia:	Anguinidae

Helicotylenchus sp: a pesar de ser un ectoparásito puede actuar como un endoparásito en algunos cultivos y bajo ciertas condiciones, las lesiones locales en la corteza resultan de la células muertas a causa de la alimentación de este nematodo. Cuando se encuentran en reposo con un poco de calor este asume una forma de espiral (Mai y Lyon,1996).

Cuadro 4. Clasificación taxonómica de *Helicotylenchus* sp. (Mai y Lyon,1996).

Orden:	Tylenchida
Sub-orden:	Tylenchina
Super-familia:	Tylenchoidea
Familia:	Hoplolaimidae
Sub-familia:	Hoplolaiminae

Tylenchorhynchus, son ectoparásitos, sin embargo bajo ciertas condiciones se comportan como endoparásitos; la parte lateral tiene de dos a cinco líneas algunas veces areoladas, tiene arrugas longitudinales en el cuerpo. Los miembros de esta especie esta relacionada con cultivos como tabaco, algodón, avena y maíz, una forma para identificarlos mejor es por la forma cónica de la cola y un estilete fuerte que sale de la parte medular, el daño se asocia cuando el sistema radicular se ve atrofiado produciendo amarillamiento del follaje y marchitez (Mai y Lyon,1996).

Cuadro 5. Clasificación taxonómica de *Tylenchorhynchus* sp. (Mai y Lyon,1996)

Orden:	Tylenchida
Sub-orden:	Tylenchina
Super-familia:	Tylenchoidea
Familia:	Belonolaimidae
Sub-familia:	Telotylenchinae

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en 35.11 ha del Pivote Central, San Nicolás, del área de producción la Zamoempresa de Cultivos Extensivos en El Zamorano. Esta área esta asignada para la producción de semilla de cultivos tales como maíz, frijol y sorgo (Anexo 1).

El cuadrante Sur-este fue sembrando el 6 abril mientras que el cuadrante Sur-oeste el 9 de abril del presente año

3.1.1 Topografía

El terreno tiene una pendiente general ligera del 2% y se encuentra a una elevación aproximada de 750 m.s.n.m.

3.1.2 Clima

Las estaciones del año para el área Centroamérica comprende la época húmeda y la época seca, la primera corresponde a los meses mayo a octubre y la segunda los meses de noviembre a abril. La precipitación promedio anual en El Zamorano es de 1110 mm y la temperatura promedio anual es de 24°C.

3.2 MUESTREO Y ANALISIS DE SUELO PARA EL ANALISIS QUIMICO

Previo a la siembra se realizó un muestreo sistemático por medio del establecimiento de una cuadrícula a 50 x 50 m cada uno. Cada intersección fue georreferenciada (Anexo 2) y se le consideró como punto de muestreo en el cual se hizo un círculo de 2 m de diámetro, donde se trazaron seis puntos los cuales formaron una muestra compuesta, cada sub-muestra fue tomada a una profundidad de 30 cm. Se obtuvieron 160 muestra compuestas en los tres cuadrantes.

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de suelo de Zamorano donde se determinaron: potencial de hidrógeno pH (H₂O), porcentaje de nitrógeno total, porcentaje de Materia Orgánica , Contenido de Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio en ppm

Los niveles considerados como bajos, medios y altos utilizados en el Laboratorio de suelos de Zamorano para nitrógeno y materia orgánica (Anexo 11) y de nutrientes en partes por millón (Anexo 3) fueron convertidos a kg/ha para que pudieran ser comparados con las cantidades requeridas por el cultivo.

3.3 MUESTREO Y ANALISIS DE SUELO PARA EL ANALISIS FISICO

3.3.1 Calicatas

Se abrieron calicatas de 1m x 1.5m x 1m por cada 5 ha con el propósito de determinar, color, estructura, consistencia de poros, profundidad efectiva, resistencia a la penetración, densidad aparente, profundidad del pie de arado y de la capa impermeable. Se tomaron fotografías de las calicatas, se utilizaron los siguientes equipos: barrenos, densímetro, penetrómetro de bolsillo, tablas Munsell y equipo de Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S)

3.3.2 Densidad aparente

Para calcular la densidad aparente primeramente se extrajo una muestra de suelo de cada horizonte con un cilindro de 92.29 cm³ en los principales horizontes, posteriormente se colocó en un horno a 105°C durante 48 horas hasta que alcanzó un peso constante.

Cuando la muestra había perdido el agua, se pesó el suelo seco y se dividió entre el peso inicial obteniendo los valores de densidad aparente.

3.4 MUESTREO DE SUELO Y DIAGNOSTICO DE NEMATODOS

Los materiales utilizados fueron:

Tamiz de 500 mesh
Colador
Recipiente de 2 L
Tubos de ensayo
Solución azucarada (454 gr de azúcar/L de agua)
Centrífuga
Beaker de 100 cc

Se tomaron 16 muestras en las 35.11 ha, en tres cuadrantes: sur-este con 5 muestras, sur-oeste con 5 muestras y nor-oeste con 6 muestras. Cada muestra estaba compuesta de 10 sub-muestras. La extracción se hizo con un tubo Hoffer, a 30 cm de profundidad y a 10 cm de distancia del cuello de la planta; se colocaron en bolsas plásticas previamente identificadas y se les protegió del sol para evitar la muerte de los nematodos, posteriormente se llevaron al Laboratorio Nematológico de Zamorano.

El método utilizado fue el de centrifugación-flotación, que consiste en preparar una solución azucarada en una proporción de 454 g de azúcar por litro de agua para obtener un medio de mayor densidad permitiendo que haya separación de los nematodos del resto de materiales como suelo e impurezas después de la centrifugación.

Los pasos que se siguieron para la extracción fueron los siguientes

1. Homogenizar la muestra de suelo para que sea representativo de la zona y se midieron 100 cc de suelo.
2. Sobre un recipiente de 2 litros se colocó un colador con los 100 cc de suelo y se agregaba agua con el fin de disolver el suelo se hizo esto hasta alcanzar los 2 L de la solución.
3. Se agitó la solución en el recipiente y posteriormente se dejó reposar durante dos minutos para que las partículas mas pesadas se sedimentaran y los nematodos quedaran flotando.
4. Una vez sedimentadas las partículas mas pesadas se procedió a colar la solución en un tamiz de 500 mesh pero con el cuidado de no colar el sedimento.
5. Los nematodos que estaban en el tamiz se recolectaron en 50 cc con agua y fueron centrifugados durante 2 min a 2500 rpm.
6. Los nematodos quedaron retenidos en el tamiz se usó una solución azucarada para recolectarlos en tubos de ensayos de 50 cc luego se centrifugaron durante 2 min a 2500 rpm
7. Después de la centrifugación se colaron en el tamiz de 500 mesh y se enjuagaron con abundante agua con el propósito de eliminar el azúcar ya que esta deshidrata a los nematodos y recolectándose 30cc en tubos de ensayo los cuales fueron identificados a nivel de género.

Los géneros que causan daño al cultivo son *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*.

3.5 ESTIMACIONES DE RENDIMIENTO

De los 160 puntos y en los cuadrantes Sur-oeste y Sur-este, se escogieron al azar 38 puntos de la cuadrícula previa para estimar el rendimiento. En cada punto se cosecharon dos surcos con una distancia teórica de 80 cm entre ellos y 5 m lineales de hilera.

Los componentes de rendimiento que se evaluaron fueron: el número de plantas cosechadas, número de mazorcas totales, peso de la mazorcas, peso total del grano, índice de desgrane, numero de granos en 100 g y rendimiento ajustado a una humedad del 14%.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Control de Calidad del Centro Internacional de Tecnología de Semillas y Granos (CITESGRAN) ubicado en El Zamorano. El equipo utilizado fue Balanza Sartorius, Medidor de humedad Steinlite R.C.T –B

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

4.1.1 Valores de pH

Según los resultados (Anexo 3), los suelos son fuertemente ácidos (87%) oscilando entre un pH de 4.53 a 5.59. Con este pH la disponibilidad de nutrientes como P, K, Ca, Mg, S, Mo pueden estar restringida.(Anexo 4)

Valores de pH menores de 5.5 provocan que elementos como P, Ca, Mg, S y Mo pueden estar restringidos por lo tanto se pueden presentar deficiencia de estos en la planta. Además, es posible que el fósforo reaccione con el hierro para producir un compuesto de hierro insoluble.

Es posible que la acidificación del suelo se deba en gran medida al uso continuo del fosfato diamónico (18-46-0) como fuente de nitrógeno. La acidez es el resultado de la nitrificación del amonio contenido en el fosfato diamónico.

4.1.2 Nutrientes

El área de San Nicolás es dedicada a la producción de semilla y es necesario que la planta tenga un balance de nutrientes para llevar acabo sus funciones vitales como: componentes en las enzimas, coenzimas, la fotosíntesis, la formación de celulas, tejidos, la calidad del grano o del fruto, la carencia y/o el exceso de un elemento detiene o atrasa el crecimiento de las plantas (Anexo 3).

Si se deseara hacer una comparación entre las cantidades de nutrientes encontradas y los requerimientos del cultivo de maíz son: N 160 kg/ha, P₂O₅ 100 kg/ha, K₂O 80 kg/ha, MgO 40 kg/ha y CaO 70 kg/ha cantidades por debajo de estas pueden limitar el crecimiento del cultivo.¹

4.1.3 Nitrógeno

¹Flores. H. 2001. Laboratorio de suelos, Zamorano (comunicación personal).

En los resultados de nitrógeno encontrados en los suelos de San Nicolás (Cuadro 1), de las 160 muestras el 96.3% tienen niveles medios (kg/ha) de este elemento, y 0.6% tiene (valores altos de 72 kg/ha). El cultivo de maíz necesita 160 kg/ha lo que significa que no cubre con los requerimientos de cultivo, por lo que se tiene que fertilizar de manera que se complementen los niveles de N del suelo para satisfacer las necesidades del cultivo (Anexo 11).

Cuadro 1. Niveles de nitrógeno y distribución de muestras de acuerdo a rangos establecidos.

Nitrógeno	Rangos kg/ha		
	Bajo (< 30)	Medio (30-72)	Alto (>72)
Porcentaje (%)	3.1	96.3	0.6

4.1.4 Fósforo

Los resultados (Anexo 14) para este elemento fueron: un 2% de las muestras es mayor a los niveles altos (96 kg/ha), un 40% tiene niveles medio y un 58% niveles bajos (Cuadro 2). En los casos anteriores no cubre con el requerimiento del cultivo de maíz (100 kg/ha) lo que puede ocasionar poco crecimiento del sistema radicular, tallos delgados y largos, atraso de la madurez, reducción de la floración y también la calidad de la semilla (Tisdale, *et al.* 1993) y obviamente es necesario aplicar fósforo en material de fertilizante.

Cuadro 2. Niveles de fósforo y distribución de muestras de acuerdo a rangos establecidos.

P ₂ O ₅	Rangos kg/ha		
	Bajo (< 55)	Medio (55-96)	Alto (>96)
Porcentaje (%)	58	40	2

Este elemento puede ser asimilado bajo las formas de PO_4H^-_2 y PO_4H^{2-} . La solubilidad de estos iones depende del pH y de otros iones como Ca, Mg, Fe y Al. Cuando el pH es bajo la solubilidad de PO_4H^-_2 aumenta en la solución del suelo y es el ión que absorbe la planta con mayor facilidad sin embargo ocurre lo contrario con PO_4H^{2-} ya que al bajar el pH la solubilidad de este ión disminuye (Fuentes, 1994).

Otro factor que puede afectar la absorción del P es el tipo de suelo. Los iones de fosfato pueden estar en forma libre o absorbidos en ciertas arcillas haciéndolos indisponibles para

las plantas, ya que están atrapados en dos capas de arcillas. En algunos casos, estas capas se pueden separar cuando son hidratadas liberando así los iones de fosfato. Ejemplo de este tipo de arcilla es la momtmorillonita (Fuentes, 1994).

4.1.5 Potasio

En los resultados el 94% de las muestras en los suelos en San Nicolás (Anexo 14) tienen niveles bajos de K (<113 kg/ha). Con esto se logra cubrir con los requerimientos del maíz que son 80 kg/ha lo que significa que no hay problema con este elemento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Niveles de Potasio y distribución de muestras de acuerdo a rangos establecidos.

K₂O	Rangos kg/ha		
	Bajo (< 113)	Medio (113-263)	Alto (>263)
Porcentaje (%)	94	6	0

El potasio es uno de los elementos de mayor abundancia en los suelos y son raras las zonas donde se tiene que hacer aplicaciones al suelo para corregir deficiencias. Según Brady y Weil (1999) en la mayoría de suelos minerales el potasio no es problema. Otro factor que puede influir en la absorción del K es la acidez del suelo. Valores de pH menores de 5.5 la disponibilidad de K se reduce.

4.1.6 Calcio

Para el análisis se considera un nivel bajo aquel que tiene valores menores de 2,240 kg/ha de CaO. En los resultados (Anexo 14) se encontró que de 160 muestras solo el 1% está dentro de ese nivel y el resto de las muestras son valores mayores. Sin embargo, el cultivo requiere 70 kg/ha de CaO, lo que indica que hay suficiente de este elemento en el suelo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Niveles de Calcio y distribución de muestras de acuerdo a rangos establecidos.

CaO	Rangos kg/ha		
	Bajo (<2,240)	Medio (2,240-3,326)	Alto (>3,326)
Porcentaje (%)	1	68	31

Posiblemente se presenten deficiencias de este elemento ya que necesita un pH mayor de 6.6 para que este disponible para las plantas. El pH que se encontró fue fuertemente ácido (<5.5) limitando así absorción de este.

4.1.7 Magnesio

En los resultados (Anexo 14) la cantidad mínima encontrada fue 272 kg/ha y el cultivo necesita 40 kg/ha por lo que no habrá problema con: formación de vitaminas y resistencia de la planta ante un medio adverso (frío y/o heladas), pero posiblemente habrá antagonismo con iones de hidrógeno, potasio y calcio (Cuadro 5).

Cuadro 5. Niveles de Magnesio y distribución de muestras de acuerdo a rangos establecidos.

MgO	Rangos kg/ha		
	Bajo (< 599)	Medio (599-1,000)	Alto (>1,000)
Porcentaje (%)	100	0	0

4.1.8 Balance de Cationes

La deficiencia o el exceso de nutrientes que tienen la misma carga provoca en algunas ocasiones antagonismo, es decir que elementos como el calcio, magnesio y potasio que son cationes, compite por espacio en la micela. El llamado balance de cationes es una relación que permite corregir las deficiencia de un catión con respecto a otro. En los resultados (Anexo 15) la proporción entre Ca/ Mg va desde 4 hasta 7, indicando que no hay problema por que esta dentro del rango adecuado para estos valores de rango. La relación Ca /K en promedio esta en 11 y el rango adecuado es de 15-35, lo que significa que el K puede presentar antagonismos con Ca.

Aunque en promedio la relación Mg /K es 2 está dentro del rango adecuado (2-14) las cantidades mínimas encontradas son de 1 y las máximas de 3. Posiblemente, el problema con los cationes se deba fundamentalmente al pH que es fuertemente ácido.

Para la relación Ca+Mg/K, el valor mínimo encontrado fue 7 y el máximo de 24, pero el promedio fue de 13, muy por debajo de lo adecuado (25-40). Nuevamente el potasio puede presentar antagonismo sobre el calcio y el magnesio.

En general las cantidades de K en el suelo pueden estar limitando la absorción de Ca y Mg ya que tienen la misma carga y esto hace que compitan por el espacio en la micela.

4.2 MATERIA ORGANICA:

Un 96% de las muestras analizadas tiene un contenido medio de materia orgánica (2-4%) y en un 3.75 % de las muestras (Anexo 3) tienen un contenido de materia orgánica que es considerado bajo (<2%). Las cantidades encontradas pueden deberse: al contenido de nitrógeno en el material original se descomponen con mayor rapidez debido a que algunos microorganismos necesitan este elemento para sintetizar sus proteínas. La edad de la planta ya que al aumentar la edad de ésta el contenido de sustancias hidrosolubles son resistentes a la descomposición. La presencia del calcio en el suelo favorece la descomposición rápida de la materia orgánica. Por último en zonas con climas cálidos la temperatura acelera el proceso de descomposición (Fuentes, 1994).

Los niveles medios encontrados posiblemente se pueden deber a la falta de material para aumentar el contenido de materia orgánica como el estiércol, paja enterrada, abonos verdes y residuos de cosecha. También, se puede deber a que el cultivo no aporta suficiente materia orgánica al suelo o que los rastrojos no son incorporados en su totalidad sino que son procesados para la elaboración de ensilaje o por el pastoreo en la zona.

Cantidades adecuadas de materia orgánica ayudan a los suelos arenosos a incrementar su capacidad de retención de agua y nutrientes, mientras que en suelos con arcillas los hace más sueltos y facilita el laboreo. Cantidades medias y bajas disminuyen la disponibilidad de carbono necesario para el metabolismo de muchos microbios del suelo, aumenta la erosión y el almacenamiento de agua se reduce. Otra consecuencia es que afecta la disponibilidad del fósforo y azufre, inhibiendo el desarrollo del cultivo y por ende el rendimiento (Miller y Donahue, 1995).

4.3. CARACTERISTICAS FISICAS

Para hacer un estudio detallado de las características del suelo se abrieron cinco calicatas (Anexo 19), dos en el cuadrante sur-este, una en el sur-oeste y dos en el nor-oeste. Con esto se determinó que el pie de arado está a una profundidad entre los 25 a 30 cm.

Entre las causas que inducen la formación del pie de arado se encuentran: la maquinaria utilizada y la humedad del suelo al momento de la preparación del suelo. En el primer caso, el uso continuo de implementos como el arado que penetra siempre a la misma profundidad, hace que solo una parte del suelo se remueva y el resto permanezca intacto.

Para el segundo caso, si al momento de la preparación del terreno la humedad de éste no es la adecuada, se forman láminas o bloques en la superficie del suelo. Además se obtuvo que la proporción relativa de los fragmentos del suelo es franco arcillo arenoso en la mayoría del área de San Nicolás.

Los horizontes que se identificaron en las cinco calicatas fueron: Ap, Ad, AB, B, Bw, CB y C, Plaster (2000) las definición de estos es la siguiente:

Ap: la letra "A" constituye la capa superficial y es el que proporciona el mejor entorno para el crecimiento de las raíces de las plantas, los microorganismos y otro tipo de vida. La letra "b" significa que el horizonte está fuertemente perturbado por las actividades humanas.

Ad: es la capa superficial que presenta compactación

AB: es una capa que está situada entre los horizontes A y B, pero tiene más características del horizonte A que del B.

B: es el subsuelo, también llamado "zona de acumulación". Tiene un volumen de materia orgánica más bajo que la capa superficial y a menudo contiene más arcilla.

Bw: es el subsuelo que se ha desarrollado lo suficiente para presentar un color o estructura.

CB: es una capa que está situada entre los horizontes C y B, pero que tiene más características del horizonte C.

C. a este horizonte le faltan las propiedades del A y B, y es la capa de suelo menos afectada por los procesos de formación del suelo y normalmente es el material madre del mismo.

4.3.1 Descripción de perfiles

La ubicación de las calicatas fue en sitios que son representativos de la zona, y donde cada calicata refleja el estado actual de los suelos.

A continuación se describen las principales características encontradas en cada horizonte.

4.3.1.1 Calicata 1

Localización: Cuadrante Sur-este, centro. San Nicolás.

Vegetación y uso: Maíz para semilla.

Horizonte	cm	Descripción
Ap	00-27	Negro (5 YR 2.5/1) franco arcilloso/franco arcillo arenoso; estructura en bloques sub-angulares medianos y gruesos, débiles; friable; pocas raíces finas y medias, limite abrupto, plano.
CB	27-40	Matriz 60 % gris oscuro (5 YR 4/1), moteo 40 % fuertemente café (7.5 YR 5/6), arcilla arenosa con grava fina y media común; estructura masiva; muy firme; limite gradual, ondulado. Pie de arado: 27 cm.
C	40 +	Matriz 60% gris muy oscuro (10 YR 3/1), moteo 40 % café amarillento(10 YR 5/8), arcilla arenosa con grava media y gruesa común; estructura masiva; muy firme.

Profundidad efectiva actual: 27 cm

Profundidad efectiva potencial: 40 cm

Fotografía 1. Calicata 1 cuadrante Sur-este, centro en el pivote, San Nicolás, Honduras.



4.3.1.2 Calicata 2

Localización: Cuadrante Sur-este, extremo oeste. San Nicolás.

Vegetación y uso: Maíz para semilla.

Horizonte	cm	Descripción
Ap	00-20	Café oscuro (7.5 YR 3/2) franco arcilloso/franco arcillo arenoso, estructura en bloques sub-angulares, medianos; grado moderado; consistencia friable; pocas raíces finas, medias, pocas, límite abrupto, plano.
Ad	20-36	Café oscuro (7.5 YR 3/2), franco arcilloso/franco arcillo arenoso; estructura masiva; firme; límite abrupto plano. Pie de arado: 20 cm.
Bw	36-51	Amarillo marrón (10 YR 6/6); franco arenoso con grava gruesa; estructura en bloques sub-angulares, grueso (40%) y medios (60 %); débiles; firme; límite abrupto, plano.
C	51 +	Café grisáceo oscuro (10 YR 4/2); arcilla arenosa con piedra frecuente; estructura masiva y muy firme.

Profundidad efectiva actual: 20 cm

Profundidad efectiva potencial: 51 cm

Fotografía 2. Calicata 2 cuadrante Sur-este, extremo oeste en el pivote, San Nicolás, Honduras.



4.3.1.3 Calicata 3

Localización: Cuadrante Sur-oeste, centro. San Nicolás.

Vegetación y uso: Maíz para semilla.

Horizonte	cm	Descripción
Ap	00-26	Negro (5 YR 2.5/1) franco arcillo arenoso; estructura en bloques sub-angulares, medianos (50 %) y finos (50%), débiles; friable; pocas raíces finas, límite abrupto plano.
Bw	26-51	Café rojizo oscuro (5 YR 3/2); franco arenoso con grava gruesa; estructura en boques sub-angulares muy gruesos que parten a bloques sub-angulares medianos y finos; débiles; firme; límite abruto, plano. Pie de arado: 26 cm.
C	51 +	Matriz 80% gris muy oscuro (7.5 YR 3/1), moteo 20 % rojo (2.5 YR 4/8); arcilla arenosa; estructura masiva; consistencia muy firme.

Profundidad efectiva actual: 26 cm

Profundidad efectiva potencial: 51 cm

Fotografía 3. Calicata 3 cuadrante Sur-oeste, centro en el pivote, San Nicolás, Honduras.



4.3.1.4 Calicata 4

Localización: Cuadrante Nor-oeste, extremo oeste. San Nicolás.

Vegetación y uso: Maíz para semilla.

Horizonte	cm	Descripción
Ap	00-18	Gris muy oscuro (7.5 YR 3/1); franco arcilloso/franco arcillo arenoso; estructura bloques sub-angulares, medianos y finos, moderados; friable; pocas raíces finas.
Ad	18-28	Gris muy oscuro (7.5 YR 3/1); franco arcillo arenoso; estructura en bloques sub-angulares muy gruesos que parten a bloques sub-angulares medianos y finos; fuertes; firme; límite abrupto, plano. Pie de arado: 18 cm
Bw	28-48	Gris muy oscuro (10 YR 3/1), franco arenoso; estructura masiva; consistencia friable; límite abrupto plano.
C	48 +	Negro rojizo (2.5 YR 2.5/1); franco arcillo arenoso; estructura masiva; consistencia muy firme; límite abrupto, plano.

Profundidad efectiva actual: 18 cm

Profundidad efectiva potencial: 48 cm

Fotografía 4. Calicata 4 cuadrante Nor-oeste, extremo oeste en el pivote, San Nicolás, Honduras.



4.3.1.5 Calicata 5

Localización: Cuadrante Nor-oeste, extremo este. San Nicolás.

Vegetación y uso: Maíz para semilla.

Horizonte	cm	Descripción
Ap	00-17	Gris muy oscuro (7.5 YR 3/1); franco arcillo arenoso; estructura en bloques sub-angulares, medianos y gruesos, débiles, friable; pocas raíces muy finas, límite gradual, ondulado.
AB	17-40	Café rojizo oscuro (5 YR 2.5/2); franco arcillo arenoso, con grava fina ocasional; estructura bloques sub-angulares gruesos y medianos; grado débil a moderado; consistencia friable; límite abrupto ondulado. Pie de arado: 17 cm
Bw	40-69	Matriz café oscuro (7.5 YR 3/3), moteo 20% rojo oscuro (2.5 YR 3/6); arena franca con grava muy gruesa; estructura masiva; firme; límite abrupto, ondulado.
C	69 +	Café (7.5 YR 4/4); arcilla arenosa con piedras; estructura masiva; consistencia muy firme.

Profundidad efectiva actual: 17 cm

Profundidad efectiva potencial: 69 cm

Fotografía 5. Calicata 5 cuadrante Nor-oeste, extremo este en el pivote, San Nicolás, Honduras.



La resistencia a la penetración (Cuadro 6) indica el grado de compactación de los suelos. Esta relacionado con la humedad, consistencia, estructura y densidad aparente.

Cuadro 6. Valores de la resistencia a la penetración en los diferentes horizontes de las calicatas (Anexo 10).

Calicata	Horizonte	Profundidad (cm)	Consistencia	kg/cm ²
1	Ap	00-27	Friable	0.46
	CB	27-40	Muy Firme	2.0
	C	40+	Muy Firme	1.75
2	Ap	00-20	Friable	0.76
	Ad	20-36	Firme	1.63
	Bw	36-51	Firme	1.83
	C	51 +	Muy Firme	1.58
3	Ap	00-26	Friable	1.13
	Bw	26-51	Firme	1.58
4	Ap	00-18	Friable	1.04
	Ad	18-28	Firme	1.88
	Bw	28-48	Friable	2.75
5	Ap	00-17	Friable	2.85
	AB	17-40	Friable	2.13
	Bw	40-69	Firme	1.83

Se hicieron barrenaciones en toda el área para determinar la profundidad del pie de arado y en promedio éste se encuentra entre 25 y 30 cm de profundidad, esto puede afectar el crecimiento de las raíces, la absorción de nutrientes, agua y disminuyendo la aireación.

La profundidad efectiva actual se ve afectada por el pie de arado. Una rehabilitación de los suelos que es en parte romper esta capa dura permitirá aumentar la profundidad efectiva actual hasta los 50 cm aproximadamente.

4.2.2 Densidad aparente

La densidad aparente es definida como la densidad de una muestra de suelo, incluyendo el volumen ocupado por los sólidos y por los poros, es decir el peso del suelo seco dividido entre el volumen del suelo (Brady y Weil, 1994).

Cuadro 7. Densidad aparente de los Horizontes en las calicatas de San Nicolás.

Calicata	Horizonte	Profundidad (cm)	Densidad aparente (g/cm³)
1	Ap	0-27	1.4
	CB	27-40	1.6
2	Ap	0-20	1.3
	Ad	20-36	1.5
3	Ap	0-26	1.4
	C	51+	1.7
4	Ap	0-18	1.4
	Ad	18-28	1.4
	Bw	28-48	1.6
5	Ap	0-17	1.4
	AB	17-40	1.6
	C	69+	1.7

En las cinco calicatas los horizontes A, Ap (Cuadro 7) se consideran que no están compactadas, en promedio la densidad es 1.4 g/cm³ (<1.4 g/cm³ suelos no compactados) Para las calicatas 1, 4 y 5 los horizontes Ad, AB, B y CB la densidad aparente fue de 1.6 g/cm³(>1.6 g/cm³ suelos compactados)

Podemos notar que a mayor profundidad aumenta la compactación en los horizontes, esto se debe a que han estado utilizando maquinaria de preparación del terreno a la misma profundidad y/o que no se ha contemplado un plan de manejo de los suelos que rehabilite los suelos en determinado tiempo.

La compactación reduce la circulación de aire entre las partículas del suelo, restringe el crecimiento radicular y en general a mayor densidad aparente decrece la permeabilidad haciendo que los campos de cultivos estén propensos a anegarse (Longman, 1991).

Según Brady y Weil (1994) en los horizontes más profundos la densidad aparente es mayor, lo que se debe a menor contenido de materia orgánica, menos agregación y al peso de los otros horizontes.

4.4 ESPECIES DE NEMATODOS

Según Plaster (2000) son gusanos microscópicos que habitan en el suelo o en las raíces y se mueven a través de las capas de agua de las partículas de suelo; estos se pueden dividir en dos grupos: los fitófagos y los benéficos, los primeros infectan las raíces, tallos y bulbos (liliáceas) ocasionando diminutas heridas que proporcionan entrada a hongos y bacterias, todo esto lleva a debilitar a la planta y así disminuyendo la producción; los nematodos benéficos son saprófagos, alimentándose de materia orgánica putrefacta,

incluso otros nematodos e insectos. Los niveles críticos de nematodos son difíciles de determinar ya que dependerán de la zona, el cultivo, el valor del cultivo y el daño que ocasione el género presente.²

A continuación se detallan las cantidades encontradas en los cuadrantes, los géneros que ocasionan daño económico son: *Pratylenchus* sp, *Meloidogyne* sp, *Ditylenchus* sp, *Helicotylenchus* sp, *Tylenchorhynchus* sp.

Cuadro 8. Población de nematodos por muestra (100cc de suelo) para el cuadrante Sur-este.

Muestra	Géneros					
	Benéficos	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>Ditylenchus</i>
1	68	90	15	0	8	0
2	120	105	23	8	0	0
3	68	60	8	8	0	45
4	90	143	0	0	0	0
5	180	135	15	8	0	0
Total	526	533	61	24	8	45

Total de fitófagos para todo el cuadrante fue 641

Cuadro 9. Población de nematodos por muestra (100cc de suelo) para el cuadrante Sur-oeste.

Muestras	Géneros					
	Benéficos	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>Ditylenchus</i>
1	60	53	15	15	15	0
2	83	120	8	8	0	8
3	60	255	15	30	0	0
4	173	330	0	68	8	0
5	30	30	0	0	0	0
Total	406	788	38	121	23	8

Total de fitófagos para todo el cuadrante fue 978

² Jaco. A.2001. Laboratorio de Nematología, Zamorano (Comunicación Personal).

Cuadro 10. Población de nematodos por muestra (100cc de suelo) para el cuadrante Nor-oeste.

Muestras	Géneros					
	Benéficos	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>Ditylenchus</i>
1	45	150	45	15	0	0
2	15	30	0	90	0	8
3	30	98	8	60	0	0
4	90	150	0	98	23	0
5	180	225	15	105	0	0
6	158	210	0	68	0	0
Total	518	863	68	436	23	8

Total de fitófagos para todo el cuadrante 1,398

4.4.1 Poblaciones totales de nematodos en los cuadrantes

Según los resultados obtenidos en el cuadrante Sur-este (Cuadro 8) las poblaciones totales de nematodos fueron 1,197 nemátodos en 500 cc de suelo, de los cuales 671 fueron fitoparásitos lo que equivale a un 56% de la población muestreada.

Para el cuadrante Sur-oeste las cantidades totales de fitoparásitos fueron 978 de 1,384 nematodos, es decir que un 71% son fitoparásitos (Cuadro 9).

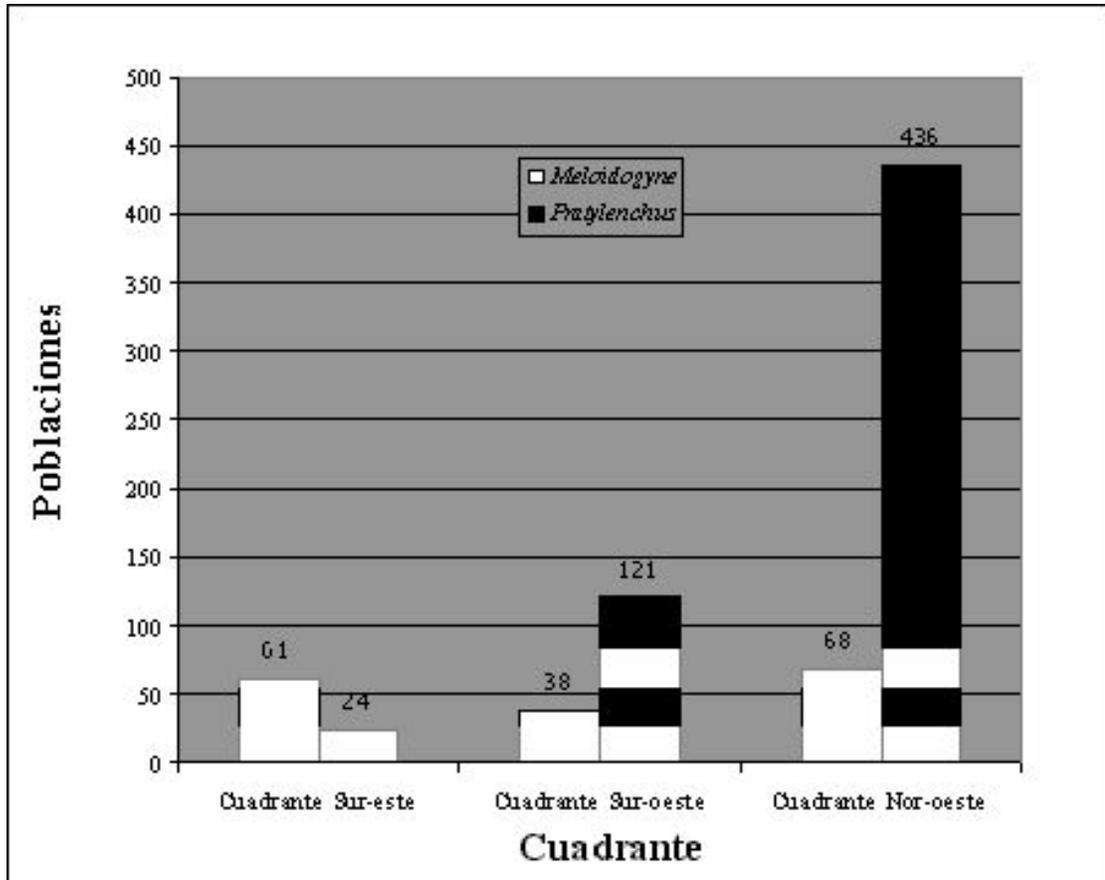


Figura 1. Comparación de poblaciones de *Meloidogyne* sp y *Pratylenchus* sp. en los cuadrantes Sur-este, Sur-oeste y Nor-oeste.

El cuadrante Nor-oeste se encontró un total de 1,916 nematodos y un 73% son fitoparásitos esto equivale a 1,398 nematodos que causan problema a las raíces de las plantas (Cuadro 15) y fue el que presentó mayor cantidad *Meloidogyne* sp. y *Pratylenchus* sp. en comparación con los cuadrantes Sur-este y Sur-oeste (Figura 1). Estas poblaciones pueden ocasionar problemas en el sistema radicular de las raíces y por consiguiente en el rendimiento

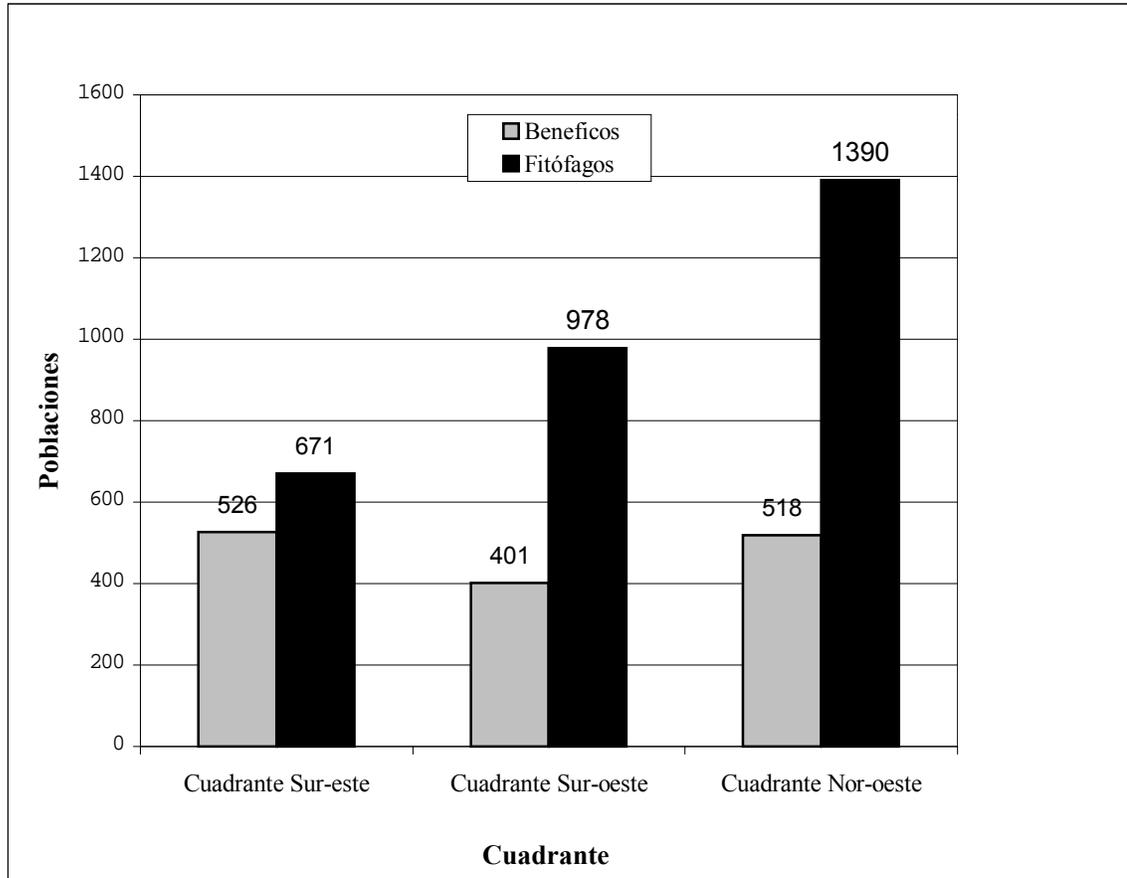


Figura 2. Poblaciones de nematodos benéficos y fitófagos para los cuadrantes Sur-este, Sur-oeste y Nor-oeste.

Comparando las poblaciones de benéficos y fitófagos encontradas en cada cuadrante (Figura 2), el cuadrante Nor-oeste predomina con la cantidad de fitófagos sobre los cuadrantes restantes, mientras que el cuadrante Sur-este tiene mayor cantidad de nematodos benéficos.

En la mayoría de los géneros encontrados no hay niveles que se pueden considerar como críticos, pero en conjunto todos los fitófagos pueden afectar el rendimiento. El conjunto de fitófagos puede succionar las sustancias de las células vegetales, formando agallas, nudos y lesiones en las raíces lo que permitirá la entrada a otros patógenos y ocasionar enfermedades.

4.5 EVALUACION DEL RENDIMIENTO

Se estimó el rendimiento y los componentes tales como: índice de desgrane, número de granos/kg y el número de mazorcas por planta (Anexo 17), ya que éste nos ayuda a evaluar el potencial del cultivo con respecto al medio donde se desarrolla.

Para evaluar rendimiento del cultivo de maíz se tomaron en total 38 muestras correspondiendo a 25 muestras del cuadrante sur-este y 13 del cuadrante Sur-oeste. La cosecha se realizó en dos surcos separados a 80 cm y tomando 2 m lineales de hilera. La humedad del maíz al momento de la cosecha fue de 35 %, por lo que se tuvo que secar durante una semana y se ajustó la humedad al 14 %.

Se hizo una clasificación de las poblaciones de plantas/ha encontrados en rangos bajo, medios y altos (Cuadro 11) para compararlos con el rendimiento y se obtuvo que con una población de 63,855 plantas/ha el rendimiento resultó mayor (135.98 qq/ha), mientras que el menor rendimiento (40.26 qq/ha) fue con una población de 20,482 plantas/ha, lo que demuestra que la relación entre la población y el rendimiento. La población adecuada para la siembra de semilla de maíz es entre 52,500 a 55,000 plantas/ha y en los resultados el promedio fue de 39,220 plantas/ha, lo que representa una población entre 75 y 71% en relación con la óptima para la producción de semilla.

El número de mazorcas por plantas fue de 0.9 en promedio es decir casi una mazorca por planta, sin embargo, pero en poblaciones bajas la producción de mazorcas por planta fue una. Lo anterior se pudo deber a la menor competencia de nutrientes, agua y luz entre planta.

El índice de desgrane indica cuanto del peso de la mazorca corresponde a grano. Para considerar una mazorca con un índice de desgrane ideal³ este debe estar arriba de 78%. Solamente 10 muestras de las 38 tuvieron un índice de desgrane mayor y en promedio estuvieron en 75%. Esto se debió posiblemente al ataque de hongos y otros microorganismos que dañaron parte de la mazorca (Anexo 17).

La variedad Guayape produce en promedio 3,120 granos por kilogramos. El promedio en las muestras fue de 3,246 granos/kg, solamente un 23% de las muestras estuvieron por debajo del promedio de la variedad (Cuadro 11).

³ Paz.P. 2001, Docente de Zamorano (Comunicación Personal)

Cuadro 11. Rendimientos categorizados de acuerdo a población de maíz y sus componentes, San Nicolás.

No. de sitio	Densidad por ha	Rendimiento qq/ha	Mazorcas por plantas	Indice de desgrane	Número de granos /kg.
31	20482 B	40.26	1.00	78	3480
90	21687 B	53.90	1.17	76	2430
47	25301 B	32.14	0.90	74	3940
34	25301 B	45.32	1.00	79	3800
15	38554 M	84.55	0.78	63	3000
46	40964 M	82.96	0.85	78	3030
3	40964 M	94.62	0.88	74	3150
9	40964 M	94.86	1.06	70	3450
25	57831 A	128.30	0.98	78	3220
20	61446 A	60.43	0.94	76	3260
26	62651 A	93.57	0.83	74	3680
23	63855 A	135.98	0.98	77	3180
PROMEDIO	39220	42.91	0.90	75	3246

B= Niveles Bajos

M= Niveles Medios

A= Niveles Altos

Se hizo un análisis de correlación para determinar la relación entre los componentes de rendimiento, densidad y las características químicas. En el análisis se demostró (Anexo 18) que en el 73% de los casos había una relación entre la población de plantas/ha (densidad) y el rendimiento con una probabilidad del <0.0001 lo que significa que al aumentar la densidad aumenta el rendimiento. El resto de las correlaciones no fueron significativas.

5. CONCLUSIONES

1. En los suelos de El Pivote, San Nicolás el pH es fuertemente ácido en su mayoría lo cual es producido por la aplicación continua del fertilizante fosfato diamónico. También se puede deber a la falta de aplicaciones de enmiendas químicas para aumentar el pH. La acidez de esta zona puede limitar la absorción de nutrientes como P, Ca, Mg, S y Mo provocando deficiencia en la plantas que se reflejará en el rendimiento.
2. Las cantidades de Nitrógeno en el suelo resultaron menores a los requerimientos del cultivo de maíz, por lo que se tienen que aportar con aplicaciones suplementarias. Los niveles de Fósforo que se obtuvieron en las muestras indican que hay insuficientes cantidades disponibles para el cultivo de maíz. Los resultados indican que hay suficientes cantidades de Ca y Mg en el suelo para el cultivo de maíz, pero la disponibilidad de estos puede estar limitado por dos factores: primero el pH (fuertemente ácido (< 5.5) y a la presencia del K.
3. La materia orgánica en los suelos de el pivote presentaron niveles medios y puede que se deban a que no se incorporan materiales como estiércol, paja enterrada, abonos verdes, y residuos de cosecha. También, se debe a que el cultivo no aporta suficiente materia orgánica al suelo y/o que los rastrojos no son incorporados en su totalidad.
4. El pie de arado se detectó que está en promedio de 25 a 30 cm lo que puede reducir el drenaje interno y la aireación provocando un inadecuado desarrollo de las raíces. La compactación de estos suelos se puede corroborar con los valores obtenidos de densidad aparente y resistencia a la penetración.
5. En los cuadrantes Sur-este y Nor-oeste se encontraron poblaciones de nematodos que tienen niveles críticos de *Meloidogyne* sp y *Pratylenchus* sp poblaciones que pueden ocasionar problemas en el sistema radicular de las raíces. La mayoría de los géneros encontrados no están cerca de los niveles críticos pero la sumatoria total de los fitófagos pueden ocasionar daños severos a las plantas.

6. RECOMENDACIONES

1. Hacer pruebas de laboratorio para definir la solución extractora adecuada para los suelos de la región y que determinar con mayor exactitud los niveles bajo, medios y altos de nutrientes, pH y materia orgánica.
2. Aplicar cal agrícola para subir el pH y mejorar la disponibilidad de nutrientes pero previo a esto se deben hacer ensayos para determinar cual fuente de cal es la mas adecuado para el tipo de suelo.
3. Hacer ensayos con nitrógeno y fósforo para evaluar las cantidades disponibles en el suelo, las absorbidas por las plantas y las que se deben aportar al cultivo durante su desarrollo.
4. Rehabilitar los suelos tomando en cuenta lo siguiente:
 - Considerar la humedad del suelo al momento de preparar el terreno para no inducir a la creación de un pie de arado, corroborando de acuerdo a su textura con humedad no mayor de 35% de capacidad de campo
 - Subsolar a 45 cm para romper el pie de arado, en dos direcciones
5. Controlar las poblaciones de nematodos fitófagos especialmente en aquellos cuadrantes donde hay niveles críticos, esto se puede hacer de la siguiente forma:
 - Analizar la posibilidad de usar melaza en una proporción de una libra en 17 litros de agua con el fin de que el azúcar contenida en la melaza deshidrate a los nematodos provocándoles la muerte. Por otro lado, este material proveerá carbohidratos que son la fuente de energía de muchos microorganismos benéficos que hay en el suelo
 - Aplicaciones de estiércol y/o materia orgánica
 - Rotación de cultivos para disminuir las poblaciones
 - Hacer un plan de muestreo para llevar un control de las poblaciones de nematodos
 - Hacer ensayos para evaluar el efecto de los nematodos sobre el rendimiento

7. BIBLIOGRAFÍA

Brady, N. C. 1990. The Nature and Properties of Soil. 10 ed. N. Y. Macmillan. 621 p.

Brady, N.C.; Weil, R. R. 1999. The Nature and Properties of Soils. 12 ed. Prentice-Hall Inc. New Jersey. 881 p.

Bohn, H. L. 1993. Química del Suelo. Trad. y adap. del inglés por Mario Sánchez Orozco. Mex. Limusa. 370 p.

Fuentes, Y. J.L. 1994. El Suelo y los Fertilizantes. 4 ed. Madrid. Mundi-Prensa. 327 p.

Fassbender, H.W.; Bornemesza, E. 1987. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. C.R. I.I.C.A.420 p.

Guharay F.; Monterrey, J.; Monterroso, D.; Staver, C. 2000. Manejo Integrado de Plagas en le cultivo del café. CATIE. Costa Rica. 272 p.

Longman Scientific & Technical, 1991. Booker Tropical Soil Manual. 2 ed. Longman Group (FE) London.474 p.

Mai, W. F.; Mullin, P. G. 1996. Plant-Parasitic Nematodes a Pictorial Key to Genera. 5 ed. Cornell University Press. 277 p.

Miller, R. W. Donahue, R.L. 1995. Soils in our Environment, 7 ed. Prentice-Hall. New Jersey.649 p.

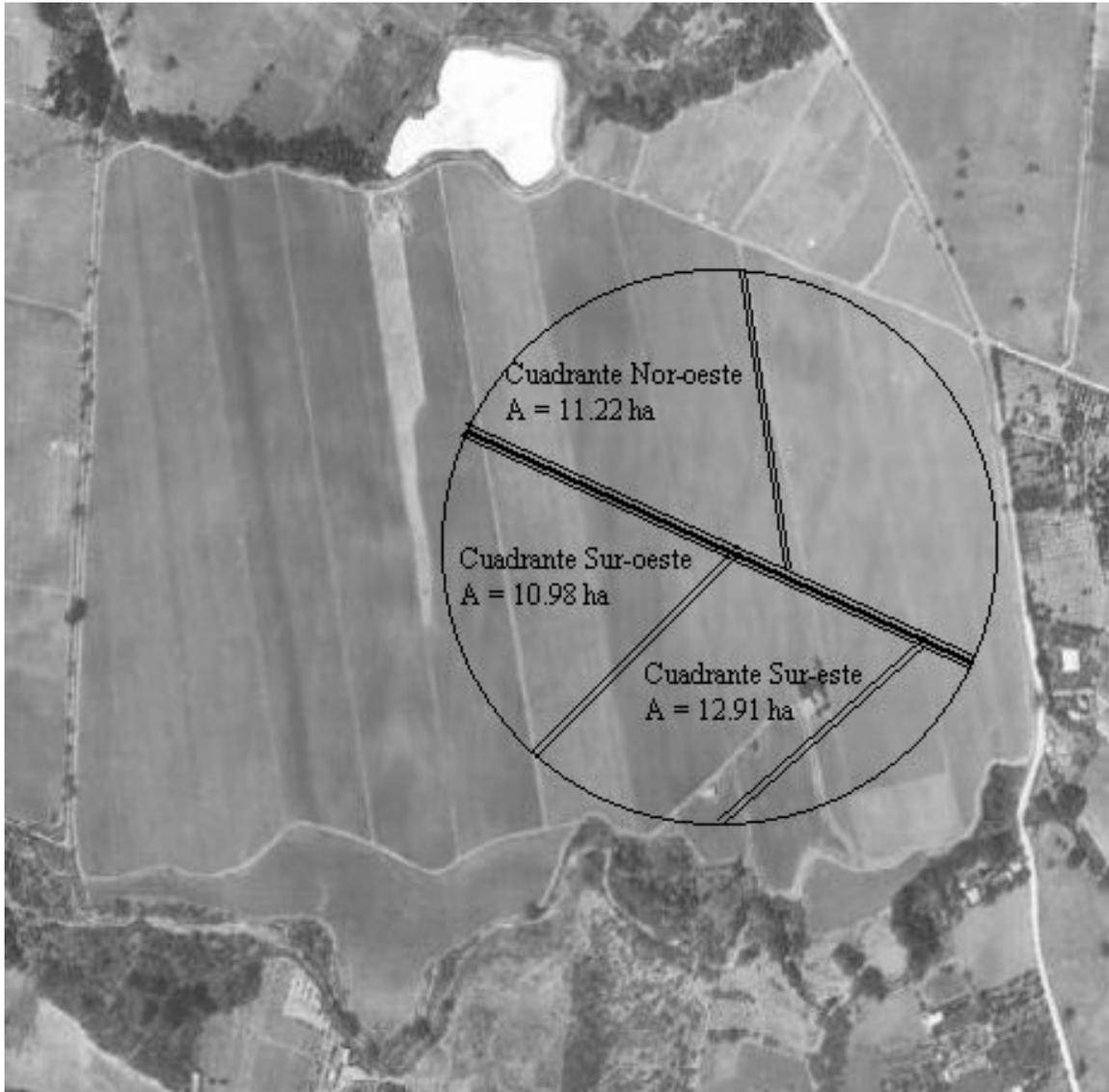
Plaster, E. J. 2000. La Ciencia del Suelo y su Manejo. Trad. y adap. del inglés por Patricia Scott. 2 ed. Madrid. Paraninfo.419 p.

Taylor, A.L.; Sasser J. N. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz. Artes Plásticas. Carolina del Norte.111 p.

Tisdale, R.L.; Nelson, W.L.; Baton, J.D.; Havlin, J.L, 1993. Soil fertility and Fertilizers. 5 ed. New York. Macmillan Publishing. 633p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de San Nicolás, El Pivote Central, El Zamorano



Anexo 3. Resultado de Análisis químicos de los suelos de San Nicolás.

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA
LABORATORIO DE SUELOS

Solicitante: RINA DOMÍNGUEZ

Fecha de entrada: 28/3/2001

Localización

Fecha de salida: 11/07/2001

de la muestra: PIVOTE SAN NICOLÁS

Departamento: FCO. MORAZAN

Interpretación

pH

A= Alto

FA= Fuertemente Acido

M= Medio

MA= Moderadamente Acido

B= Bajo

LA= Levemente

# Lab.	Muestra	pH (H ₂ O)	%		ppm (disponible)			
			M.O.	N(total)	P	K	Ca	Mg
334	1	5.44 FA	3.60 M	0.18 M	8 B	192 A	1357 A	127 B
335	2	5.29 FA	3.07 M	0.15 M	10 B	114 M	1215 A	105 B
336	3	5.01 FA	2.99 M	0.14 M	19 M	217 A	1012 M	97 B
337	4	5.29 FA	2.56 M	0.12 M	5 B	143 A	1222 A	112 B
338	5	5.47 FA	2.76 M	0.13 M	6 B	114 M	1185 M	105 B
339	6	4.97 FA	3.27 M	0.16 M	13 B	163 A	1147 M	97 B
340	7	5.32 FA	2.81 M	0.14 M	8 B	237 A	1207 A	150 B
341	8	4.98 FA	2.74 M	0.13 M	10 B	146 A	1020 M	90 B
342	9	5.02 FA	2.17 M	0.10 M	11 B	172 A	967 M	90 B
343	10	5.09 FA	2.56 M	0.12 M	10 B	130 M	1030 M	97 B
344	11	5.18 FA	2.23 M	0.11 M	16 B	246 A	937 M	105 B
345	12	4.80 FA	1.72 B	0.08 B	14 B	107 M	757 B	75 B
346	13	4.87 FA	2.43 M	0.12 M	10 B	253 A	1102 M	97 B
347	14	4.92 FA	2.23 M	0.11 M	12 B	181 A	952 M	90 B
348	15	4.53 FA	2.56 M	0.12 M	13 B	214 A	1170 M	105 B
349	16	5.07 FA	2.37 M	0.11 M	13 B	194 A	1087 M	105 B
350	17	5.32 FA	3.01 M	0.15 M	16 B	291 A	1222 A	127 B
351	18	5.21 FA	2.89 M	0.14 M	8 B	177 A	1132 M	120 B
352	19	4.88 FA	2.57 M	0.12 M	14 B	134 M	810 M	82 B
353	20	5.06 FA	2.49 M	0.12 M	10 B	208 A	1155 M	105 B
354	21	4.77 FA	2.55 M	0.12 M	24 M	241 A	1252 A	120 B
355	22	4.92 FA	1.92 B	0.09 B	15 B	196 A	1012 M	90 B
356	23	5.22 FA	3.07 M	0.15 M	12 B	205 A	1207 A	105 B
357	24	5.38 FA	2.90 M	0.14 M	18 M	248 A	1027 M	90 B
358	25	5.32 FA	3.14 M	0.15 M	9 B	205 A	1110 M	97 B
359	26	5.07 FA	2.95 M	0.14 M	7 B	130 M	990 M	90 B
360	27	5.15 FA	3.09 M	0.15 M	7 B	194 A	1117 M	105 B
361	28	5.12 FA	3.21 M	0.16 M	12 B	197 A	1035 M	97 B
362	29	5.29 FA	2.77 M	0.13 M	9 B	170 A	1222 A	112 B
363	30	5.48 FA	3.15 M	0.15 M	16 B	315 A	1192 M	112 B
364	31	5.56 FA	2.78 M	0.13 M	29 M	298 A	937 M	105 B
365	32	5.08 FA	2.89 M	0.14 M	14 B	246 A	1117 M	105 B
366	33	5.50 FA	3.01 M	0.15 M	13 B	232 A	1305 A	105 B

Responsable: _____ Jefe Lab. _____

Ing. Hilda Flores

Dra. Ana Margoth de Andrews

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA
LABORATORIO DE SUELOS

Solicitante: RINA DOMÍNGUEZ
 Localización
 de la muestra: PIVOTE SAN NICOLÁS
 Departamento: FCO. MORAZAN

Fecha de entrada: 28/3/2001
 Fecha de salida: 11/07/2001

Interpretación pH

A= Alto FA= Fuertemente Acido
 M= Medio MA= Moderadamente Acido
 B= Bajo LA= Levemente

# Lab.	Muestra	pH (H ₂ O)	%		ppm (disponible)			
			M.O.	N(total)	P	K	Ca	Mg
367	34	5.38 FA	2.95 M	0.14 M	19 M	254 A	1087 M	97 B
368	35	4.73 FA	3.17 M	0.15 M	24 M	313 A	1185 M	112 B
369	36	5.34 FA	3.21 M	0.16 M	8 B	148 A	1260 A	112 B
370	37	5.30 FA	3.02 M	0.15 M	11 B	184 A	1222 A	105 B
371	38	5.25 FA	3.14 M	0.15 M	11 B	250 A	1282 A	120 B
372	39	5.22 FA	2.78 M	0.13 M	12 B	184 A	1080 M	97 B
373	40	5.34 FA	2.84 M	0.14 M	12 B	226 A	1177 M	97 B
374	41	5.26 FA	3.14 M	0.15 M	18 M	234 A	1095 M	112 B
375	42	5.44 FA	2.84 M	0.14 M	18 M	210 A	937 M	97 B
376	43	5.16 FA	3.14 M	0.15 M	14 B	228 A	1080 M	127 B
377	44	5.24 FA	3.38 M	0.16 M	11 B	199 A	1200 M	120 B
378	45	4.88 FA	2.85 M	0.14 M	10 B	178 A	1012 M	105 B
379	46	5.28 FA	2.24 M	0.11 M	14 B	178 A	1057 M	112 B
380	47	5.31 FA	2.96 M	0.14 M	11 B	189 A	1110 M	120 B
381	48	5.52 FA	2.78 M	0.13 M	7 B	175 A	1095 M	120 B
382	49	5.93 MA	3.39 M	0.16 M	17 M	350 A	1095 M	127 B
383	50	5.71 MA	2.96 M	0.14 M	16 B	251 A	1110 M	105 B
384	51	5.54 FA	2.49 M	0.12 M	22 M	232 A	960 M	97 B
385	52	5.56 FA	4.34 A	0.21 A	16 B	277 A	1567 A	150 B
386	53	5.28 FA	2.48 M	0.12 M	17 M	168 A	1072 M	112 B
387	54	5.35 FA	2.59 M	0.12 M	15 B	174 A	1012 M	112 B
388	55	5.49 FA	2.78 M	0.13 M	14 B	200 A	1147 M	120 B
389	56	5.14 FA	3.19 M	0.15 M	22 M	258 A	1225 A	120 B
390	57	5.42 FA	2.90 M	0.14 M	11 B	176 A	1162 M	120 B
391	58	5.40 FA	2.54 M	0.12 M	12 B	199 A	1020 M	105 B
392	59	5.61 MA	3.14 M	0.15 M	17 M	236 A	1117 M	127 B
393	60	5.56 FA	2.72 M	0.13 M	15 B	225 A	1305 A	127 B
396	61	5.25 FA	2.49 M	0.12 M	17 M	210 A	1095 M	120 B
397	62	5.24 FA	2.25 M	0.11 M	15 B	131 M	847 M	90 B
398	63	5.51 FA	2.48 M	0.12 M	9 B	118 M	870 M	90 B
399	64	5.39 FA	2.53 M	0.12 M	16 B	172 A	1162 M	112 B
400	65	5.40 FA	3.07 M	0.15 M	19 M	236 A	1207 A	127 B

Responsable: _____
 Ing. Hilda Flores

Jefe Lab: _____
 Dra. Ana Margoth de Andrews

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA
LABORATORIO DE SUELOS

Solicitante: RINA DOMÍNGUEZ
 Localización
 de la muestra: PIVOTE SAN NICOLÁS
 Departamento: FCO. MORAZAN

Fecha de entrada: 28/3/2001
 Fecha de salida: 11/07/2001

Interpretación

pH

A= Alto
 M= Medio
 B= Bajo

FA= Fuertemente Acido
 MA= Moderadamente Acido
 LA= Levemente

# Lab.	Muestra	pH (H ₂ O)	%		ppm (disponible)			
			M.O.	N(total)	P	K	Ca	Mg
401	66	5.14 FA	3.56 M	0.17 M	21 M	285 A	1072 M	112 B
402	67	5.40 FA	2.72 M	0.13 M	24 M	232 A	1012 M	127 B
403	68	5.24 FA	2.53 M	0.12 M	13 B	166 A	1027 M	112 B
404	69	5.55 FA	2.04 M	0.10 M	15 B	142 A	1080 M	127 B
405	70	5.71 MA	2.29 M	0.11 M	19 M	199 A	1072 M	127 B
406	71	5.50 FA	2.48 M	0.12 M	17 M	176 A	1125 M	120 B
407	72	5.43 FA	2.54 M	0.12 M	11 B	206 A	1117 M	112 B
408	73	5.22 FA	2.73 M	0.13 M	15 B	168 A	1230 A	120 B
409	74	5.20 FA	3.20 M	0.16 M	21 M	226 A	1342 A	120 B
410	75	5.58 FA	2.71 M	0.13 M	18 M	242 A	1087 M	127 B
411	76	5.57 FA	2.72 M	0.13 M	18 M	269 A	1125 M	135 B
412	77	5.28 FA	2.16 M	0.10 M	18 M	191 A	1020 M	120 B
413	78	5.30 FA	2.23 M	0.11 M	24 M	198 A	1035 M	112 B
414	79	5.57 FA	2.24 M	0.11 M	20 M	139 A	1155 M	120 B
415	80	5.29 FA	2.41 M	0.12 M	24 M	166 A	1275 A	120 B
416	81	5.39 FA	2.97 M	0.14 M	26 M	250 A	1402 A	135 B
417	82	5.82 MA	3.84 M	0.19 M	72 A	393 A	1732 A	157 B
418	83	5.74 MA	2.60 M	0.13 M	5 B	390 A	1155 M	150 B
419	84	5.59 FA	2.59 M	0.12 M	16 B	263 A	1042 M	120 B
420	85	5.73 MA	2.11 M	0.10 M	13 B	164 A	1125 M	127 B
421	86	5.52 FA	1.93 B	0.09 B	16 B	145 A	1132 M	112 B
422	87	5.48 FA	3.10 M	0.15 M	37 A	223 A	1551 A	142 B
423	88	5.68 MA	2.59 M	0.12 M	23 M	275 A	1320 A	150 B
424	89	5.52 FA	2.72 M	0.13 M	20 M	282 A	1237 A	142 B
425	90	5.39 FA	2.40 M	0.12 M	18 M	219 A	1230 A	142 B
426	91	5.29 FA	2.60 M	0.13 M	24 M	187 A	1387 A	142 B
427	92	5.72 MA	3.09 M	0.15 M	10 B	228 A	1552 A	150 B
428	93	5.76 MA	1.92 B	0.09 B	18 M	249 A	1282 A	142 B
429	94	5.93 MA	1.92 B	0.09 B	8 B	159 A	1117 M	120 B
430	95	5.77 MA	2.72 M	0.13 M	10 B	120 M	1267 A	127 B
431	96	5.40 FA	2.29 M	0.11 M	13 B	170 A	1260 A	127 B

Responsable: _____
 Ing. Hilda Flores

Jefe Lab: _____
 Dra. Ana Margoth de Andrews

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA
LABORATORIO DE SUELOS

Solicitante: RINA DOMÍNGUEZ

Fecha de entrada: 28/3/2001

Localización

Fecha de salida: 11/07/2001

de la muestra: PIVOTE SAN NICOLÁS

Departamento: FCO. MORAZAN

Interpretación

pH

A= Alto

FA= Fuertemente Acido

M= Medio

MA= Moderadamente Acido

B= Bajo

LA= Levemente

# Lab.	Muestra	pH (H ₂ O)	%		ppm (disponible)			
			M.O.	N(total)	P	K	Ca	Mg
432	97	5.65 MA	2.90 M	0.14 M	19 M	199 A	1612 A	157 B
433	98	5.62 MA	2.69 M	0.13 M	12 B	282 A	1192 M	120 B
434	99	5.64 MA	2.43 M	0.12 M	11 B	186 A	1237 A	127 B
435	100	5.63 MA	2.30 M	0.11 M	6 B	136 M	1207 A	120 B
436	101	5.52 FA	1.56 B	0.07 B	9 B	178 A	982 M	120 B
437	102	6.30 LA	2.68 M	0.13 M	11 B	174 A	1387 A	135 B
438	103	5.39 FA	3.12 M	0.15 M	9 B	184 A	1305 A	112 B
440	104	5.36 FA	3.06 M	0.15 M	18 M	313 A	952 M	105 B
441	105	5.31 FA	2.93 M	0.14 M	11 B	201 A	967 M	105 B
442	106	5.45 FA	2.50 M	0.12 M	8 B	194 A	1222 A	180 M
443	107	5.14 FA	3.05 M	0.15 M	15 B	203 A	1230 A	120 B
444	108	5.11 FA	3.11 M	0.15 M	17 M	266 A	1020 M	105 B
445	109	5.01 FA	2.68 M	0.13 M	11 B	168 A	697 B	82 B
446	110	5.19 FA	3.51 M	0.17 M	13 B	181 A	1147 M	120 B
447	111	5.43 FA	2.75 M	0.13 M	18 M	196 A	1170 M	157 B
448	112	5.18 FA	2.93 M	0.14 M	8 B	187 A	1027 M	105 B
449	113	5.27 FA	3.69 M	0.18 M	7 B	196 A	1237 A	112 B
450	114	5.08 FA	2.62 M	0.13 M	11 B	176 A	712 B	82 B
451	115	5.40 FA	2.75 M	0.13 M	14 B	228 A	930 M	120 B
452	116	5.31 FA	3.00 M	0.15 M	12 B	234 A	1155 M	150 B
453	117	5.10 FA	2.77 M	0.13 M	23 M	229 A	1102 M	120 B
454	118	4.96 FA	3.05 M	0.15 M	19 M	229 A	1035 M	112 B
455	119	5.40 FA	2.43 M	0.17 M	10 B	200 A	1140 M	112 B
456	120	4.98 FA	2.93 M	0.14 M	13 B	198 A	855 M	97 B
457	121	5.19 FA	3.06 M	0.15 M	20 M	214 A	975 M	105 B
458	122	4.95 FA	2.93 M	0.14 M	18 M	186 A	960 M	112 B
460	123	5.06 FA	2.81 M	0.14 M	24 M	240 A	1207 A	127 B
461	124	5.40 FA	2.43 M	0.12 M	19 M	198 A	862 M	90 B
462	125	5.11 FA	2.86 M	0.14 M	15 B	253 A	1140 M	127 B
463	126	5.38 FA	3.69 M	0.18 M	14 B	260 A	1395 A	135 B
464	127	5.58 FA	3.07 M	0.15 M	7 B	205 A	1117 M	120 B
465	128	5.27 FA	2.74 M	0.13 M	22 M	264 A	1057 M	120 B

Responsable: _____

Ing. Hilda Flores

Jefe Lab: _____

Dra. Ana Margoth de Andrews

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA
LABORATORIO DE SUELOS

Solicitante: RINA DOMÍNGUEZ
 Localización
 de la muestra: PIVOTE SAN NICOLÁS
 Departamento: FCO. MORAZAN

Fecha de entrada: 28/3/2001
 Fecha de salida: 11/07/2001

Interpretación

A= Alto
 M= Medio
 B= Bajo

FA= Fuertemente Acido
 MA= Moderadamente Acido
 LA= Levemente

pH

# Lab.	Muestra	pH (H ₂ O)	%		ppm (disponible)			
			M.O.	N(total)	P	K	Ca	Mg
466	129	5.32 FA	2.87 M	0.14 M	21 M	205 A	1057 M	120 B
467	130	5.27 FA	2.49 M	0.12 M	24 M	237 A	1222 A	127 B
468	131	5.19 FA	2.17 M	0.10 M	10 B	124 M	847 M	82 B
469	132	5.43 FA	2.47 M	0.12 M	14 B	229 A	1065 M	127 B
470	133	5.62 MA	2.89 M	0.14 M	7 B	230 A	1312 A	142 B
471	134	5.41 FA	2.66 M	0.13 M	17 M	247 A	1095 M	112 B
472	135	5.34 FA	2.47 M	0.12 M	29 M	203 A	990 M	112 B
473	136	5.43 FA	2.48 M	0.12 M	42 A	174 A	1065 M	112 B
474	137	5.47 FA	2.61 M	0.13 M	20 M	260 A	1110 M	120 B
475	138	5.22 FA	2.55 M	0.12 M	23 M	257 A	1042 M	105 B
476	139	5.45 FA	2.79 M	0.13 M	17 M	257 A	1110 M	135 B
477	140	5.42 FA	3.06 M	0.15 M	21 M	298 A	1252 A	127 B
478	141	5.27 FA	2.86 M	0.14 M	16 B	223 A	1117 M	105 B
479	142	5.53 FA	2.76 M	0.13 M	23 M	268 A	1155 M	135 B
480	143	5.26 FA	2.98 M	0.14 M	16 B	230 A	1162 M	135 B
481	144	4.91 FA	2.50 M	0.12 M	20 M	193 A	1125 M	135 B
482	145	5.57 FA	2.44 M	0.12 M	7 B	176 A	1222 A	120 B
483	146	5.28 FA	2.63 M	0.13 M	18 M	191 A	1020 M	112 B
484	147	5.43 FA	2.56 M	0.12 M	26 M	246 A	1237 A	127 B
485	148	5.45 FA	2.37 M	0.11 M	26 M	177 A	1125 M	112 B
486	149	5.71 MA	2.31 M	0.11 M	20 M	194 A	1140 M	127 B
487	150	5.66 MA	3.06 M	0.15 M	20 M	229 A	1200 M	150 B
488	151	4.77 FA	2.61 M	0.13 M	20 M	180 A	1177 M	127 B
489	152	5.24 FA	2.50 M	0.12 M	15 B	167 A	1005 M	97 B
490	153	5.48 FA	2.31 M	0.11 M	16 B	163 A	1035 M	112 B
491	154	5.68 MA	2.74 M	0.13 M	27 M	232 A	1260 A	157 B
492	155	5.57 FA	2.69 M	0.13 M	23 M	173 A	1132 M	127 B
493	156	5.65 MA	2.06 M	0.10 M	10 B	182 A	1065 M	150 B
494	157	5.14 FA	2.69 M	0.13 M	24 M	196 A	1245 A	142 B
495	158	5.04 FA	2.37 M	0.11 M	17 M	168 A	982 M	120 B
496	159	5.26 FA	2.37 M	0.11 M	36 A	237 A	1095 M	127 B
497	160	5.11 FA	2.37 M	0.11 M	15 B	174 A	960 M	105 B

Responsable: _____
 Ing. Hilda Flores

Jefe Lab: _____
 Dra. Ana Margoth de Andrews

Anexo 8. Mapa del contenido y distribución de Potasio en San Nicolás.

NIVELES DE POTASIO

Elemento(kg/ha)	Medio	Alto
K₂O	113-263	>263
	219	369 334 353 601 386
	313 219	275 417 372 390 511 323 348
	205 472 250 330	380 455 376 359 376 338 438 449
	257 340 559 372 411 348	486 440 440 384 380 411 357 461
	250 394 476 394 376 463	399 380 486 499 394 507 394 455 238
	488 445 472 572 605 326 378 372 440 442 474 390 334 499 493 493	
	403 449 434 353 480 353 284 601 572 428 515 442 371 338 367 472	
	482 672 336 363 342 342 382 438 340 372 440 346 321 313 445 332	
	382 338 495 384 334 323 532 445 349 376 323 455 334	
	547 453 330 227 252 403 432 453	
	434 323 396 338 382 272 319 445	
	755 480 319 267 380 367 516 465	
	428 278 315 505 749	
	438 359 420 541 528	
	382 326 230 305 478	
	342 261 357 541	

Anexo 11. Rangos de interpretación de los análisis de suelo para Materia Orgánica y Nitrógeno total (McLean, 1982)

Elemento (%)	Bajo	Medio	Alto
Materia Orgánica	<2	2-4	>4
Nitrógeno total	<0.1	0.1-0.2	>0.2

Anexo 12. Rangos de interpretación de los análisis de suelo para Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). (McLean, 1982)

Elemento (ppm)	Bajo	Medio	Alto
P	<17	17-30	>30
K	<59	59-137	>137
Ca	<800	800-1,200	>1,200
Mg	<180	180-300	>300

Solución extractora Mehlich 1

Anexo 13. Calculo de las cantidades disponibles de N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO en kg/ha de suelo

Kg/ha de N disponible: (% de N total) (0.02)(10,000)(2)(0.9)

0.02 = 2% de N total es disponible

10,000 = Para pasar de porcentaje a partes por millón

2 = Para pasar de partes por millón a kilogramos por hectárea(1 hectárea pesa aproximadamente 2,000,000 kilogramos)

0.9 = El 90% del N disponible se absorbe eficientemente.

Kg/ha de P₂O₅ disponible: (ppm de P) (2)(2.29)(0.7)

2 = Para pasar de partes por millón a kilogramos por hectárea(1 hectárea pesa aproximadamente 2,000,000 kilogramos)

2.29 = Para pasar de P a P₂O₅.

0.7 = El 70% del Fósforo disponible se absorbe eficientemente.

Kg/ha de K₂O disponible: (ppm de K) (2)(1.2)(0.8)

2 = Para pasar de partes por millón a kilogramos por hectárea(1 hectárea pesa aproximadamente 2,000,000 kilogramos)

1.2 = Para pasar de K a K₂O.

0.8 = El 80% del Fósforo disponible se absorbe eficientemente.

Kg/ha de CaO disponible: (ppm de Ca) (2)(1.4)

- 2 = Para pasar de partes por millón a kilogramos por hectárea(1 hectárea pesa aproximadamente 2,000,000 kilogramos)
- 1.4 = Para pasar de Ca a CaO.

Kg/ha de MgO disponible: (ppm de Ca) (2)(1.66)

- 2 = Para pasar de partes por millón a kilogramos por hectárea(1 hectárea pesa aproximadamente 2,000,000 kilogramos)
- 1.66 = Para pasar de Mg a MgO.

Anexo 14. Cantidades disponibles de nitrógeno, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO en kilogramos por hectárea disponibles en los suelos de San Nicolás.

No. de sitio	N kg/ha	P2O5 kg/ha	K2O kg/ha	CaO kg/ha	MgO kg/ha
1	65	26	369	3800	422
2	54	32	219	3402	349
3	50	61	417	2834	322
4	43	16	275	3422	372
5	47	19	219	3318	349
6	58	42	313	3212	322
7	50	26	455	3380	498
8	47	32	280	2856	299
9	36	35	330	2708	299
10	43	32	250	2884	322
11	40	51	472	2624	349
12	29	45	205	2120	249
13	43	32	486	3086	322
14	40	38	348	2666	299
15	43	42	411	3276	349
16	40	42	372	3044	349
17	54	51	559	3422	422
18	50	26	340	3170	398
19	43	45	257	2268	272
20	43	32	399	3234	349
21	43	77	463	3506	398
22	32	48	376	2834	299
23	54	38	394	3380	349
24	50	58	476	2876	299
25	54	29	394	3108	322
26	50	22	250	2772	299
27	54	22	372	3128	349
28	58	38	378	2898	322
29	47	29	326	3422	372
30	54	51	605	3338	372
31	47	93	572	2624	349
32	50	45	472	3128	349
33	54	42	445	3654	349
34	50	61	488	3044	322
35	54	77	601	3318	372
36	58	26	284	3528	372
37	54	35	353	3422	349
38	54	35	480	3590	398
39	47	38	353	3024	322
40	50	38	434	3296	322
41	54	58	449	3066	372

42	50	58	403	2624	322
43	54	45	438	3024	422
44	58	35	382	3360	398
45	50	32	342	2834	349
46	40	45	342	2960	372
47	50	35	363	3108	398
48	47	22	336	3066	398
49	58	55	672	3066	422
50	50	51	482	3108	349
51	43	71	445	2688	322
52	76	51	532	4388	498
53	43	55	323	3002	372
54	43	48	334	2834	372
55	47	45	384	3212	398
56	54	71	495	3430	398
57	50	35	338	3254	398
58	43	38	382	2856	349
59	54	55	453	3128	422
60	47	48	432	3654	422
61	43	55	403	3066	398
62	40	48	252	2372	299
63	43	29	227	2436	299
64	43	51	330	3254	372
65	54	61	453	3380	422
66	61	67	547	3002	372
67	47	77	445	2834	422
68	43	42	319	2876	372
69	36	48	273	3024	422
70	40	61	382	3002	422
71	43	55	338	3150	398
72	43	35	396	3128	372
73	47	48	323	3444	398
74	58	67	434	3758	398
75	47	58	465	3044	422
76	47	58	516	3150	448
77	36	58	367	2856	398
78	40	77	380	2898	372
79	40	64	267	3234	398
80	43	77	319	3570	398
81	50	83	480	3926	448
82	68	231	755	4850	521
83	47	16	749	3234	498
84	43	51	505	2918	398
85	36	42	315	3150	422
86	32	51	278	3170	372
87	54	119	428	4343	471
88	43	74	528	3696	498
89	47	64	541	3464	471
90	43	58	420	3444	471
91	47	77	359	3884	471
92	54	32	438	4346	498
93	32	58	478	3590	471
94	32	26	305	3128	398
95	47	32	230	3548	422
96	40	42	326	3528	422
97	50	61	382	4514	521
98	47	38	541	3338	398

99	43	35	357	3464	422
100	40	19	261	3380	398
101	25	29	342	2750	398
102	47	35	334	3884	448
103	54	29	353	3654	372
104	54	58	601	2666	349
105	50	35	386	2708	349
106	43	26	372	3422	598
107	54	48	390	3444	398
108	54	55	511	2856	349
109	47	35	323	1952	272
110	61	42	348	3212	398
111	47	58	376	3276	521
112	50	26	359	2876	349
113	65	22	376	3464	372
114	47	35	338	1994	272
115	47	45	438	2604	398
116	54	38	449	3234	498
117	47	74	440	3086	398
118	54	61	440	2898	372
119	61	32	384	3192	372
120	50	42	380	2394	322
121	54	64	411	2730	349
122	50	58	357	2688	372
123	50	77	461	3380	422
124	43	61	380	2414	299
125	50	48	486	3192	422
126	65	45	499	3906	448
127	54	22	394	3128	398
128	47	71	507	2960	398
129	50	67	394	2960	398
130	43	77	455	3422	422
131	36	32	238	2372	272
132	43	45	440	2982	422
133	50	22	442	3674	471
134	47	55	474	3066	372
135	43	93	390	2772	372
136	43	135	334	2982	372
137	47	64	499	3108	398
138	43	74	493	2918	349
139	47	55	493	3108	448
140	54	67	572	3506	422
141	50	51	428	3128	349
142	47	74	515	3234	448
143	50	51	442	3254	448
144	43	64	371	3150	448
145	43	22	338	3422	398
146	47	58	367	2856	372
147	43	83	472	3464	422
148	40	83	340	3150	372
149	40	64	372	3192	422
150	54	64	440	3360	498
151	47	64	346	3296	422
152	43	48	321	2814	322
153	40	51	313	2898	372
154	47	87	445	3528	521
155	47	74	332	3170	422

156	36	32	349	2982	498
157	47	77	376	3486	471
158	40	55	323	2750	398
159	40	115	455	3066	422
160	40	48	334	2688	349

Anexo 15. Valores de Balance de cationes para calcio, magnesio y potasio.

No. de sitio	Ca meq	Mg meq	K meq	Ca/Mg (4-12)	Ca/K (15-35)	Mg/K (2-14)	Ca + Mg/ K (25-40)
1	6.8	1.1	0.5	6	14	2	16
2	6.1	0.9	0.3	7	21	3	24
3	5.1	0.8	0.6	6	9	1	11
4	6.1	0.9	0.4	7	17	3	19
5	5.9	0.9	0.3	7	20	3	23
6	5.7	0.8	0.4	7	14	2	16
7	6	1.3	0.6	5	10	2	12
8	5.1	0.8	0.4	7	14	2	16
9	4.8	0.8	0.4	6	11	2	13
10	5.2	0.8	0.3	6	15	2	18
11	4.7	0.9	0.6	5	7	1	9
12	3.8	0.6	0.3	6	14	2	16
13	5.5	0.8	0.6	7	8	1	10
14	4.8	0.8	0.5	6	10	2	12
15	5.9	0.9	0.5	7	11	2	12
16	5.4	0.9	0.5	6	11	2	13
17	6.1	1.1	0.7	6	8	1	10
18	5.7	1.0	0.5	6	12	2	15
19	4.1	0.7	0.3	6	12	2	14
20	5.8	0.9	0.5	7	11	2	12
21	6.3	1.0	0.6	6	10	2	12
22	5.1	0.8	0.5	7	10	1	12
23	6	0.9	0.5	7	11	2	13
24	5.1	0.8	0.6	7	8	1	9
25	5.6	0.8	0.5	7	11	2	12
26	5	0.8	0.3	7	15	2	17
27	5.6	0.9	0.5	6	11	2	13
28	5.2	0.8	0.5	6	10	2	12
29	6.1	0.9	0.4	7	14	2	16
30	6	0.9	0.8	6	7	1	9
31	4.7	0.9	0.8	5	6	1	7
32	5.6	0.9	0.6	6	9	1	10
33	6.5	0.9	0.6	7	11	1	12
34	5.4	0.8	0.7	7	8	1	10
35	5.9	0.9	0.8	6	7	1	9
36	6.3	0.9	0.4	7	17	2	19
37	6.1	0.9	0.5	7	13	2	15
38	6.4	1.0	0.6	6	10	2	12
39	5.4	0.8	0.5	7	11	2	13
40	5.9	0.8	0.6	7	10	1	12
41	5.5	0.9	0.6	6	9	2	11

42	4.7	0.8	0.5	6	9	2	10
43	5.4	1.1	0.6	5	9	2	11
44	6	1.0	0.5	6	12	2	14
45	5.1	0.9	0.5	6	11	2	13
46	5.3	0.9	0.5	6	12	2	14
47	5.6	1.0	0.5	6	11	2	14
48	5.5	1.0	0.4	5	12	2	14
49	5.5	1.1	0.9	5	6	1	7
50	5.6	0.9	0.6	6	9	1	10
51	4.8	0.8	0.6	6	8	1	9
52	7.8	1.3	0.7	6	11	2	13
53	5.4	0.9	0.4	6	12	2	15
54	5.1	0.9	0.4	5	11	2	13
55	5.7	1.0	0.5	6	11	2	13
56	6.1	1.0	0.7	6	9	2	11
57	5.8	1.0	0.5	6	13	2	15
58	5.1	0.9	0.5	6	10	2	12
59	5.6	1.1	0.6	5	9	2	11
60	6.5	1.1	0.6	6	11	2	13
61	5.5	1.0	0.5	5	10	2	12
62	4.2	0.8	0.3	6	13	2	15
63	4.4	0.8	0.3	6	14	2	17
64	5.8	0.9	0.4	6	13	2	15
65	6	1.1	0.6	6	10	2	12
66	5.4	0.9	0.7	6	7	1	9
67	5.1	1.1	0.6	5	9	2	10
68	5.1	0.9	0.4	6	12	2	14
69	5.4	1.1	0.4	5	15	3	18
70	5.4	1.1	0.5	5	11	2	13
71	5.6	1.0	0.5	6	12	2	15
72	5.6	0.9	0.5	6	11	2	12
73	6.2	1.0	0.4	6	14	2	17
74	6.7	1.0	0.6	7	12	2	13
75	5.4	1.1	0.6	5	9	2	10
76	5.6	1.1	0.7	5	8	2	10
77	5.1	1.0	0.5	5	10	2	12
78	5.2	0.9	0.5	6	10	2	12
79	5.8	1.0	0.4	6	16	3	19
80	6.4	1.0	0.4	6	15	2	17
81	7	1.1	0.6	6	11	2	13
82	8.7	1.3	1	7	9	1	10
83	5.8	1.3	1	5	6	1	7
84	5.2	1.0	0.7	5	8	1	9
85	5.6	1.1	0.4	5	13	3	16
86	5.7	0.9	0.4	6	15	3	18
87	7.8	1.2	0.6	7	14	2	16
88	6.6	1.3	0.7	5	9	2	11
89	6.2	1.2	0.7	5	9	2	10
90	6.2	1.2	0.6	5	11	2	13
91	6.9	1.2	0.5	6	14	2	17
92	7.8	1.3	0.6	6	13	2	15
93	6.4	1.2	0.6	5	10	2	12
94	5.6	1.0	0.4	6	14	2	16
95	6.3	1.1	0.3	6	21	3	24

96	6.3	1.1	0.4	6	14	2	17
97	8.1	1.3	0.5	6	16	3	18
98	6	1.0	0.7	6	8	1	10
99	6.2	1.1	0.5	6	13	2	15
100	6	1.0	0.3	6	17	3	20
101	4.9	1.0	0.5	5	11	2	13
102	6.9	1.1	0.4	6	16	3	18
103	6.5	0.9	0.5	7	14	2	16
104	4.8	0.9	0.8	5	6	1	7
105	4.8	0.9	0.5	6	9	2	11
106	6.1	1.5	0.5	4	12	3	15
107	6.2	1.0	0.5	6	12	2	14
108	5.1	0.9	0.7	6	7	1	9
109	3.5	0.7	0.4	5	8	2	10
110	5.7	1.0	0.5	6	12	2	15
111	5.9	1.3	0.5	4	12	3	14
112	5.1	0.9	0.5	6	11	2	13
113	6.2	0.9	0.5	7	12	2	14
114	3.6	0.7	0.5	5	8	2	9
115	4.7	1.0	0.6	5	8	2	10
116	5.8	1.3	0.6	5	10	2	12
117	5.5	1.0	0.6	6	9	2	11
118	5.2	0.9	0.6	6	9	2	10
119	5.7	0.9	0.5	6	11	2	13
120	4.3	0.8	0.5	5	8	2	10
121	4.9	0.9	0.5	6	9	2	10
122	4.8	0.9	0.5	5	10	2	12
123	6	1.1	0.6	6	10	2	12
124	4.3	0.8	0.5	6	8	1	10
125	5.7	1.1	0.6	5	9	2	10
126	7	1.1	0.7	6	10	2	12
127	5.6	1.0	0.5	6	11	2	13
128	5.3	1.0	0.7	5	8	1	9
129	5.3	1.0	0.5	5	10	2	12
130	6.1	1.1	0.6	6	10	2	12
131	4.2	0.7	0.3	6	13	2	15
132	5.3	1.1	0.6	5	9	2	11
133	6.6	1.2	0.6	6	11	2	13
134	5.5	0.9	0.6	6	9	1	10
135	5	0.9	0.5	5	10	2	11
136	5.3	0.9	0.4	6	12	2	14
137	5.6	1.0	0.7	6	8	2	10
138	5.2	0.9	0.7	6	8	1	9
139	5.6	1.1	0.7	5	8	2	10
140	6.3	1.1	0.8	6	8	1	10
141	5.6	0.9	0.6	6	10	2	11
142	5.8	1.1	0.7	5	8	2	10
143	5.8	1.1	0.6	5	10	2	12
144	5.6	1.1	0.5	5	11	2	14
145	6.1	1.0	0.5	6	14	2	16
146	5.1	0.9	0.5	5	10	2	12
147	6.2	1.1	0.6	6	10	2	11
148	5.6	0.9	0.5	6	12	2	14
149	5.7	1.1	0.5	5	11	2	14

150	6	1.3	0.6	5	10	2	12
151	5.9	1.1	0.5	6	13	2	15
152	5	0.8	0.4	6	12	2	14
153	5.2	0.9	0.4	6	12	2	15
154	6.3	1.3	0.6	5	11	2	13
155	5.7	1.1	0.4	5	13	2	15
156	5.3	1.3	0.5	4	11	3	14
157	6.2	1.2	0.5	5	12	2	15
158	4.9	1.0	0.4	5	11	2	14
159	5.5	1.1	0.6	5	9	2	11
160	4.8	0.9	0.4	5	11	2	13
Promedio	5.6	1.0	0.5	6	11	2	13

Anexo 16. Resistencia a la penetración ⁴

kg/cm³	Consistencia
0-1.75	Friable
1.75-2.3	Firme
2.3-3.25	Muy firme
3.25+	Extremadamente firme

Anexo 17. Componentes de rendimiento

No. de sitio	Población por ha	Rendimiento* kg/ha	Peso de la mazorca Promedio (g)	Mazorcas por plantas	Indice de desgrane	Número de granos /kg.
2	48193	4203	5104	0.80	75	3040
3	40964	4301	5443	0.88	74	3150
4	44578	4289	4734	0.95	79	3320
6	54217	7303	8959	1.02	73	3120
7	28916	3284	4105	1.04	73	3160
9	40964	4312	5354	1.06	70	3450
11	42169	4900	5783	1.00	76	3230
13	31325	2091	2357	0.88	78	3730
15	38554	3843	5384	0.78	63	3000
16	37349	3969	4764	0.84	73	2040
17	54217	4387	4624	1.02	83	3250
18	48193	3954	4565	0.88	76	2760
20	61446	2747	6492	0.94	76	3260
23	63855	6181	7032	0.98	77	3180
24	53012	5720	6492	1.00	77	2820
25	57831	5832	6542	0.98	78	3220
26	62651	4253	4964	0.83	74	3680

⁴ Reynerio Barahona(2001) Comunicación personal, Zamoempresa de Cultivos Intensivos, El Zamorano.

31	20482	1830	2038	1.00	78	3480
34	25301	2060	2267	1.00	79	3800
36	33735	1886	2267	0.64	75	3410
37	33735	1201	1418	0.46	74	3350
38	31325	2844	3226	0.96	76	3170
45	36145	1583	1838	0.63	77	4020
46	40964	3771	4195	0.85	78	3030
47	25301	1461	1728	0.90	74	3940
68	28916	1407	1788	0.92	70	4210
69	36145	2568	3226	1.03	72	3660
71	27711	3107	3765	1.26	74	3660
73	44578	4095	5214	1.00	75	3130
74	43373	4959	5523	1.00	82	2880
76	43373	5629	6572	1.00	76	2830
78	28916	1880	2357	0.58	70	3080
79	36145	5174	5783	0.97	78	3410
84	37349	3471	3825	0.74	79	3150
86	33735	2758	3206	0.64	75	2810
89	25301	2113	2637	1.00	71	2900
90	21687	2450	2837	1.17	76	2430
92	27711	1092	1618	0.61	61	3570
PROMEDIO	39220	3498	4211	0.90	75	3246

Anexo 18. Resultados del análisis estadístico de correlación para las variables de rendimiento de maíz por ha y población de plantas/ha

The CORR Procedure

1 With Variables: REND

Variables: POBLA

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
REND	38	3,498	1553	132908	1092	7303
POBLA	38	39,220	11,603	1490361	20,482	63,855

Pearson Correlation Coefficients, N = 38

Prob > |r| under H0: Rho=0

	POBLA
REND	0.7291
	<.0001

Anexo 19. Ubicación de las calicatas en los cuadrantes.

