



# Terra

Organo Oficial de Divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

Año 1

Noviembre-Diciembre 1983

Número 2





SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA  
DEL SUELO, A. C.

MESA DIRECTIVA 1982-1984

- Presidente  
DR. ANTONIO TURRENT FERNANDEZ
- Vicepresidente  
M.C. ALEJANDRO TRUEBA CARRANZA
- Secretario General  
DR. BENJAMIN PEÑA OLVERA
- Tesorero  
ING. JORGE VILLARREAL GONZALEZ
- Secretario Técnico  
ING. OSEAS FERNANDEZ MARROQUIN
- Secretario de Relaciones Públicas  
DR. EVERARDO ACEVES NAVARRO
- Secretario de Eventos Internacionales  
M.C. GILDARDO CARMONA
- Primer Vocal  
ING. ANTONIO VELAZQUEZ HERNANDEZ
- Segundo Vocal  
ING. EVODIO BOTELLO

Comité Editorial

- M.C. Alejandro Trueba Carranza, Presidente  
Ing. Rubén Guajardo Vieyra, Presidente de División  
Dr. Enrique Palacios Vélez, Presidente de División  
Dr. José Isabel Cortés Flores, Presidente de División  
M.C. Héctor R. Becerril Toral, Presidente de División  
Dr. Nicolás Sánchez Durón, Presidente Fundador  
Srita. Gloria del Carmen Colorado F., Asesor Técnico

"Terra". Registro en trámite. Organó Oficial de Divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Año 1, número 2. Noviembre-Diciembre de 1983. Los artículos firmados son de responsabilidad absoluta del autor.

Se autoriza la reproducción parcial o total del contenido de esta revista, citando esta fuente de información.

SMCS. Apartado postad 45, C.P. 56230. Chapingo, Estado de México. Tel. 585-45-55, Ext. 5237

I N D I C E

Editorial	2
Artículos Científicos	
<b>División I</b>	
Definición de una metodología para la determinación de la conductividad eléctrica en los suelos del ex-lago de Texcoco que permita optimizar la aplicación de los recursos que se utilizan	4
Determinación de la superficie específica y su relación con algunas propiedades físico químicas de suelos de Amozoc, Pue.	11
Estudio de los suelos en la Región de los Ríos del Estado de Tabasco, México.	16
Estudio ecológico de los suelos del Estado de Morelos.	25
La espectrofotometría de la absorción atómica en la investigación de los suelos forestales.	32
La investigación de labranza en México.	37
Levantamiento fisiográfico del área de influencia de la Malinche, Tlax.	44
<b>División II</b>	
Algunos mecanismos de adaptación de la soya ( <i>Clycine Max L.</i> ) a la clorosis férrica.	49
Evaluación del transporte de Zn y Mn en relación a la germinación prematura del maíz bajo condiciones hidropónicas.	59
Fijación de nitrógeno en frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en la Región Sur de Nuevo México, E.U.A. y la Norte-Centro de México.	63
La microbiología en suelos forestales.	71
Respuesta de vides al NaCl. I. Tamaño de la parte superior.	75
<b>División III</b>	
El drenaje subterráneo en la recuperación de suelos ensalitrados en el distrito de riego, Núm. 025, Bajo Río Bravo, Tamaulipas.	80
El uso y manejo del suelo en el Valle del Fuerte, Sinaloa.	86
Fertilización en chile ancho ( <i>Capsicum annum L.</i> ) para la zona centro del Estado de Guanajuato.	91
<b>Colaboración</b>	
Efectos de la alternancia de producción y de la fertilización en el contenido de minerales en las hojas de manzano.	97
Estudio de la distribución radical de tres patrones diferentes de manzano (MM 111, M 7, y M 26), injertados con el cultivar "rayada".	101
Comparación de dos métodos de estudio de raíces de manzano.	107

Cumplido agradecimiento a la Dirección Adjunta de Desarrollo Científico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su decidido apoyo para la Publicación de esta revista.



## EDITORIAL

---

El factor más escaso de México, en lo que corresponde a la producción de alimentos de origen vegetal, es sin duda su disponibilidad de tierra de labor. En la actualidad, se dedican a los cultivos anuales alrededor de 18 millones de hectáreas, para alimentar a una población de 75 millones de habitantes, lo que da una cifra cercana a un cuarto de hectárea de tierra de labor **per capita**. Estados Unidos de Norteamérica, Rusia, Canadá y Argentina, disponen de una cifra cuatro veces mayor. El Asia contemporánea dispone de 0.2 ha de tierra de labor **per capita**. Hacia finales de siglo, cuando nuestra población alcance los 110 millones de habitantes y, si es que se logran destinar 22 millones de hectáreas al cultivo, estaremos en una cifra similar a la del Asia contemporánea, en cuanto a su presión demográfica sobre la tierra de labor. El recuerdo de las hambrunas que han agotado a la India en Asia, y a varios países de Africa de manera recurrente, así como las presiones crecientemente políticas que configuran al mercado internacional de granos, aceites y otros productos vegetales, deben de estimular la creatividad de nuestra comunidad científica y poder descubrir para México las oportunidades que en materia de producción de alimentos, permitan eludir la crisis alimenticia, hacia la que al parecer nos encaminamos. Una segunda crisis que también se incuba de manera alarmante, es la amenaza de la desertificación. Aproximadamente el sesenta por ciento de los 18 millones de hectáreas dedicadas a los cultivos de plazo corto, están en pendientes mayores al cuatro por ciento, lo que las hace susceptibles a los procesos de erosión hídrica. No obstante, en términos de protección, resulta insignificante lo que hemos logrado históricamente, tanto por obras de infraestructura como por prácticas vegetativas. Aunque los esfuerzos del Estado han sido crecientes, su tasa de crecimiento histórico reciente, nos reclamaría varios siglos para proteger la totalidad de los suelos agrícolas. Obviamente, no disponemos de tanto tiempo. No existen, desgraciada-

---

### NUESTRA PORTADA:

El yunticultor es un equipo diseñado en Francia y en Inglaterra de manera independiente, que ha sido proyectado internacionalmente por el Centro Internacional de Investigaciones sobre Cultivos del Trópico Semiárido (ICRISAT), localizado en la India. Este equipo fue introducido en México en 1980 por el Programa de Mecanización Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Este equipo consta de un eje que une a dos ruedas, una lanza, una barra portaimplementos, acoplada a un sistema manual de levante, y dos gatos para ajustar el despeje. La yunta camina sobre los fondos de surco de camas de 1.5 m de ancho, en pendiente controlada de 0.5 a 1.0 por ciento y en cada pasada cubre la cama completa. Se puede en-

---



---

mente, conciencia ni conocimiento públicos sobre la gravedad de este fenómeno. Ante la ausencia de una ley en vigor y su reglamento, que proteja al suelo contra su uso irracional, normalmente, tanto el productor como las instituciones del Estado, planean el proceso de la producción sin destinar los recursos mínimos necesarios para la protección del suelo. La irracionalidad del uso de la tierra, trasciende al subsector netamente agrícola. En muchas partes del país se pueden observar a las vacas pastando en las tierras planas, en tanto que la milpa está en la ladera vecina, en pendiente, desde luego, reñida con la agricultura de escarda. Esta situación sociopolítica-legal, obviamente dificulta y encarece aun más la tarea de protección del suelo contra la erosión. Encima de esta irracionalidad, contemplamos con incredulidad cómo el crecimiento urbano se dirige inescapablemente hacia tierras de alta calidad agrícola. Tal vez el escándalo más reciente es el del uso, en una primera etapa, de 700 ha de las mejores tierras del Municipio de Tlaltenango, Puebla, para la construcción de un aeropuerto auxiliar al de la Ciudad de México. En estas tierras, probablemente de las mejores del país para la producción de maíz bajo temporal, se producían hasta 10 ton de grano y 25 ton de rastrojo por hectárea. Paradójicamente, a no más de 80 km de ese lugar, se localizan litosoles también planos, de escaso valor productivo, que si alguna vez fueron considerados por los planificadores, resultaron descartados. Desde luego, después del aeropuerto, vendrá la urbanización del resto de la tierra de labor.

Muchas son las vicisitudes que acechan a nuestro país, en el futuro no lejano. Amplia es, sin embargo, la contribución que las Ciencias del Suelo pueden aportar para su previsión y tratamiento. Estamos seguros de que el edafólogo mexicano tiene la talla que le reclaman los tiempos modernos y que sabrá recorrer el camino de la ciencia que conduce hacia la verdad.

---

contrar una gran variedad de implementos para las labranzas primaria y secundaria y el transporte. El yuticultor de origen inglés, que aumenta al triple la productividad de la junta, ya ha sido ampliamente adaptado para las condiciones tropicales subhúmedas y los suelos pesados del Estado de Veracruz, por el proyecto "Desarrollo de un prototipo de explotación agropecuaria para el trópico subhúmedo de México", realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (SARH) y el Colegio de Postgraduados, con financiamiento de la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

---



## DEFINICION DE UNA METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN LOS SUELOS DEL EX-LAGO DE TEXCOCO QUE PERMITA OPTIMIZAR LA APLICACION DE LOS RECURSOS QUE SE UTILIZAN+

Serrano Pérez, M.R.\*\*  
Gutiérrez Hurtado, I.\*  
Velázquez Loera, A.\*\*

### RESUMEN

Los suelos del Ex-lago de Texcoco se caracterizan principalmente por el alto contenido de sales, condición que propiciaba la formación de tolvaneras en épocas de secas en las extensas áreas desnudas que existían, contaminaban el ambiente de la Ciudad de México y sus alrededores. Asimismo, en esta zona se han estado realizando estudios e investigaciones con el fin de resolver la problemática de la zona, entre la que destaca el control de las tolvaneras. En la mayor parte de los estudios e investigaciones se ha requerido determinar el contenido de las sales solubles a través del parámetro "Conductividad Eléctrica del Extracto de Saturación a 25°C". Sin embargo, las características de los suelos del Ex-lago son diferentes a la mayor parte de los suelos de otras zonas, debido principalmente a la presencia de "jaboncillo" y al origen de las sales. Asimismo, la metodología tradicional que se ha estado siguiendo para la determinación de la Conductividad Eléctrica, es demasiado lenta y laboriosa, debido a que el método para su ejecución requiere de una serie de pasos que retrasa en forma significativa la obtención de los resultados, especialmente cuando el número de muestras es elevado y/o se requieren los datos de inmediato.

En el presente trabajo se evalúan diferentes metodologías, con el fin de determinar una para los suelos del Ex-lago, cuyos resultados sean comprobables con la metodología tradicional, pero más rápida, y, a la vez, más económica. Los métodos que se prueban son seis y consisten en: a) Utilizar muestras de suelos sin secar, sin moler y sin tamizar, b) Utilizar muestras secadas al aire sin moler ni tamizar y c) Utilizar muestras secadas al aire molidas y tamizadas. A la vez, cada una de estas tres muestras se sometieron a dos distintos tiempos de reposo de la pasta para la obtención de su extracto, y que son de una y de 24 horas. Se utilizaron tres diferentes series de suelos diferenciados de la zona para la realización de este trabajo, y para cada serie se emplearon tres repeticiones. Por último, el análisis estadístico que se utilizó fue el de parcelas subdivididas. De acuerdo con los resultados, no existe diferencia significativa entre los tratamientos probados para determinar la C.E., por lo que puede recomendarse el uso de la metodología más económica en cuanto a costo y tiempo para los suelos del Ex-lago de Texcoco. Dicha metodología consiste en utilizar muestras de suelo sin secar, sin moler y sin tamizar, con un tiempo de reposo de una hora después de preparar la pasta saturada.

### ABSTRACT

The soils of the ex-lake of Texcoco show a high salt content, which causes soil particles to be carried by wind and form silt and sand storms during the dry season, increasing pollution of Mexico City and vicinity. Research has been done to solve the problems of this area, including silt and sand storms. It is usually needed the determination of the Saturation Extract at 25°C, the soils of the ex-lake have amorphous material in the colloidal fraction "Jaboncillo" and the salts have different origin as most soils. Moreover, the traditional methods been used in the determination of electric conductivity is slow and takes a lot of labor.

In this paper six of methods for electric conductivity determination are evaluated, to find out the best for soils of the ex-lake, faster, cheaper and with comparable accuracy to the traditional method.

The six methods under evaluation consist of:

- 1) Use soil samples without drying, grinding or sieving.
- 2) Soil samples air dried, without grinding or sieving.
- 3) Soil samples air dried, grinder and sieved. The saturation paste of each of the three types of samples stay for 1 and for 24 hours before drawing the extract. The series of soils were used with three replicates of a split plot design.

The analysis of the experiment shows no statistical difference for methods of determining the electric conductivity of the soils of the ex-lake of Texcoco. It is advised to use the simplest method, soil samples without drying, grinding or sieving.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Ingeniero Investigador Programa Agrícola Comisión del Lago de Texcoco (SARH).

\*\* Maestro en Ciencias. Investigador. Programa Agrícola, Comisión del Lago de



## Introducción

A partir del año de 1971, con la formación de la Comisión del Lago de Texcoco, se han estado realizando estudios e investigaciones en esta zona, con el fin principal de resolver su problemática. Entre éstos destacan los relacionados con el control de las tolvaneras que se formaban al incidir en las áreas desnudas los vientos durante la época de secas. Por ser esta zona una área con suelos fuertemente afectados por sales y sodio, impiden la formación de una cobertura vegetal, se ha requerido constantemente de la toma de datos de conductividad eléctrica que nos indique el grado de afectación por sales. En virtud de que el método tradicional para determinar la conductividad eléctrica de los suelos es muy lento y, por lo tanto, costoso, se propuso el presente trabajo a fin de determinar una metodología más rápida que la tradicional.

## Objetivo

El objetivo del presente trabajo es definir una metodología para determinar la conductividad eléctrica de los suelos, que sea más rápida y económica que la metodología tradicional que se ha usado y cuyos resultados sean comparables a la misma.

## Hipótesis

La hipótesis que se propone para el presente trabajo, es que no existe diferencia entre las distintas metodologías para determinar la conductividad eléctrica que se evalúa.

## Supuestos

1. Los suelos que se están utilizando son representativos del área de estudio.
2. No existe diferencia en cuanto a la composición de las sales en los diferentes suelos.
3. No hay variación en cuanto a la toma de la C. E. debido al puente de conductividad.

## Revisión de literatura

### Métodos para determinar la salinidad del suelo

La salinidad del suelo puede ser determinada de mediciones hechas en 1) extractos de muestras de suelo; 2) muestras de agua del suelo colectada *in situ*, usualmente con extractores de vacío; 3) en el suelo, usando sensores de salinidad porosos enterrados, los cuales se inhiben y equilibran con el agua del suelo; y 4) en el suelo, usando sondas de 4 electrodos o sistemas de electrodos.

### Extracción de Muestras de Suelo

Sería deseable saber la concentración de solutos en la solución del suelo a contenidos de agua de campo. Sin embargo, los métodos disponibles para aislar las soluciones del suelo, a tal contenido de agua no son adaptables para propósitos de rutina. Así, las extracciones de la solución del suelo son hechas a contenidos de agua "mayor que el normal". Debido a que las cantidades absolutas y relativas de los diferentes solutos son influenciadas por el contenido de agua al cual es hecho el extracto (Reifemeir, 1946), y se requiere la estandarización de la relación para

obtener resultados que puedan ser aplicados e interpretados universalmente. La salinidad del suelo es definida convencionalmente y medida en extractos acuosos de pastas saturadas de muestras de suelos (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). Esta relación suelo/agua es usada porque ésta es la más baja relación en la cual puede ser removido con facilidad suficiente extracto del suelo por medio de succión y porque éste está relacionado a las propiedades de campo del agua del suelo. Por estas razones, los datos de tolerancia del cultivo a la salinidad están relacionados con ella (U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Una pasta saturada de suelo se prepara añadiendo agua destilada a una muestra de suelo secado al aire (200 a 400 g) mientras se está moviendo, permitiendo a la mezcla reposar por varias horas para permitir al suelo que se imbiba de agua, y luego, añadiendo más agua para tener una pasta de suelo y agua uniformemente saturada. En este punto, el cual es razonablemente reproducible, la pasta del suelo brilla como si reflejara la luz, fluye ligeramente cuando el recipiente es ladeado, se resbala libre y limpiamente de la espátula, y se consolida fácilmente cuando el recipiente es golpeado ligeramente o vibrado, después de que se le hace un surco en la pasta con una espátula. El extracto de la pasta a saturación es obtenido por succión usando un embudo filtrador y papel filtro. Para eliminar algo de la subjetividad del método del extracto de saturación, Longenecker y Lylerly (1964) propuso humedecer la muestra en una tabla de saturación por capilaridad. Beaty y Loveday (1974) y Loveday (1972) predeterminaron la cantidad de agua a saturación en una muestra de suelo separada usando una técnica de humedecimiento por capilaridad. Allison (1973) recomendó añadir ligeramente suelo al agua (método de sobresaturación), cuando se están haciendo pastas de saturación para acelerar la preparación.

Otras relaciones de saturación como 1:1, 1:5, etc. son más fáciles de usar que la pasta de saturación, pero están menos relacionadas a las propiedades del suelo y los errores por peptización, hidrólisis, intercambio de cationes y disolución de minerales pueden ser más grandes. Sonnevett y van deu Ende (1971) recomendó un extracto a volumen 1:2. Para propósitos de detección, cuando los cambios relativos son de más importancia que las concentraciones absolutas de solutos, estos métodos pueden ser usados con ventaja.

Las soluciones pueden ser obtenidas de los suelos por otros medios diferentes de las extracciones acuosas como son: desplazamiento, compactación, centrifugación, absorción molecular y extracción por presión. (Richards, 1941).

Aunque algunos mejoramientos recientes en tales técnicas han sido hechos Mubarak y Olsen (1976); Dao y Lavy (1978), en general, estos métodos no han sido bien estudiados, verificados o practicados enteramente para trabajo de rutina y tienen su principal limitación en requerir de un muestreo de suelos intensivo y repetido a fin de detectar la salinidad del suelo.

Una vez que se obtienen las muestras del extracto del suelo, se realiza el análisis químico de laboratorio para determinar la conductividad eléctrica del extracto (C.E.e)



y las concentraciones de los principales solutos como son:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{--}$  y  $\text{NO}_3^-$

Nosotros podemos detectar la salinidad del suelo colectando muestras de suelos periódicamente como fue hecho por Kelly, et al (1949), de 1935 a 1945. Este método permite el análisis completo de todos los solutos de interés. Los suelos son bastante heterogéneos con respecto a la salinidad (Ribe, et al 1976; Pratt, et al., 1976). Así, este método involucra considerable esfuerzo, tiempo y costo debido a la gran cantidad de muestras que deben tomarse a través del campo y con la profundidad del perfil para mostrar cambios significativos.

Para evaluar los efectos o sucesos de varios programas de manejo y tratamientos, la salinidad del suelo debe ser medida periódicamente. Cuando tales mediciones repetidas son multiplicadas por los requerimientos extensivos de un simple periodo de muestreo, el gasto de esfuerzo y tiempo con los procedimientos de muestreo son aumentados proporcionalmente. La composición del suelo cambia en algo cuando el suelo es removido de su condición natural, secado, molido, tamizado y extractado, etc. Así, solamente cambios relativos en la composición, no absolutos, pueden ser determinados en las muestras de suelos. Nosotros podemos intentar minimizar el número requerido de muestras como Kelly et al., (1949) hecho remuestreando el mismo punto en el campo, de tal forma, los cambios relativos pueden ser más fácilmente detectados. Cuando la localización del sitio de muestreo es movida aunque sea relativamente en pequeñas distancias, no obstante las diferencias con la variabilidad del suelo, frecuentemente invalida las comparaciones simples de cambios en la salinidad. Igualmente el proceso de muestreo por sí mismo, frecuentemente altera algunas de las propiedades del suelo tales como infiltración, tanto que la localización no es muy representativa de sus condiciones iniciales. Cuando la composición de los cationes intercambiables es necesaria, el muestreo de suelos es ventajoso, si no un requisito.

#### Colección de Muestras de Agua del Suelo usando Extractores In-Situ.

Las muestras de agua del suelo pueden ser colectadas con extractores de vacío y analizadas por sales solubles. El método de succión, propuesto primeramente por Briggs y Mc Call (1904) es útil para la extracción de agua del suelo cuando la succión suelo-agua es menor del bar.

Si bien aunque el rango de humedad del suelo disponible para los cultivos se extiende hasta los 15 bars de succión del suelo, la mayor parte del movimiento del agua en el suelo toma lugar dentro del rango de cero a 1 bar; por lo tanto, el método de succión es aplicable para cualquier necesidad de detección. Mientras que diferentes mecanismos tubulares porosos han sido usados (Krone, et al 1952; Krugel, et al., 1935), el más comúnmente usado es el de la copa de cerámica porosa. (Krugel et al., 1935; Brooks, et al., 1958; Wagner, 1962). Reeve y Doering (1965) usaron tales mecanismos para muestrear el agua del suelo para la evaluación de la salinidad. Ellos describieron

el equipo y procedimientos en detalle. Estos procedimientos han sido usados desde el laboratorio de salinidad de los E.U. con buenos resultados. Wagner (1965) usó similares mecanismos para estimar pérdidas de nitrato en el percolado del suelo. Kohnke, et al., (1940), reunió una bibliografía sobre la construcción y funcionamiento de extractores de las épocas tempranas. Chow (1977) diseñó un muestreador de vacío el cual se desconecta automáticamente cuando ha sido colectado el volumen de muestra deseado. Versiones mejoradas y especializadas han sido desarrolladas más recientemente para diferentes propósitos, incluyendo un muestreador miniaturizado el cual elimina la transferencia en el campo (Harris y Hansen, 1975), y muestreadores que funcionan a mayores profundidades que la de la presión para elevar el agua (Parizek y Dane, 1970; Wood, 1973). Recientemente ha sido extraída el agua del suelo usando falsas fibras de celulosa-acetato (Jackson, et al., 1976); (Levin y Jackson 1977) que tienen paredes delgadas semipermeables y flexibles. Las ventajas requeridas incluyen flexibilidad, diámetro pequeño, mínima interacción química de los solutos con la matriz del tubo y resultados comparables con aquellos de las muestras obtenidas de las tazas de cerámica. Una gran escala de extractores de vacío (15 cm de ancho por 3.29 m de largo), han sido construidos y usados para evaluar las pérdidas por percolación profunda y la composición química del agua del suelo (Duke y Haise, 1973). También han sido usadas puntas de cerámica para muestrear el agua del suelo con buen éxito, las cuales absorben el agua en el sitio de inserción en el suelo (Shimshi, 1966). Sin embargo, solamente se han obtenido muestras muy pequeñas y hay errores potenciales debido a la transferencia de vapor y separación cromatográfica. Tadros y Mc Garity (1976) igualmente han usado un material esponjoso absorbente. Colección de colectores de todo tipo también han sido usados para obtener percolados (Jordan, 1968).

Como ha sido demostrado por Hansen y Harris (1975) y Alberts et al., (1977), pueden ocurrir varios errores en el muestreo del agua del suelo con el uso de copas extractoras de cerámica porosa. Entre estos errores están incluidos factores relacionados con la sorción, lavado, difusión y el tamizado por la pared de la copa. Los contenidos de nitrato del agua del suelo estuvieron influenciados por la relación de entrada en el muestreador, taponeo, profundidad y tamaño del mismo. Los factores del suelo pueden hacer difícil la interpretación de los datos del muestreador. Para reducir la variabilidad de la muestra, los muestreadores deben ser agrupados por su relación de entrada, usarse a intervalos cortos de muestreo, longitudes uniformes de muestreador y la misma presión inicial. Las copas deben ser lavadas con ácido diluido antes de usarse, para que se liberen algunos solutos a la solución (Wolff, 1967). Para que las muestras de agua del suelo colectadas con extractores de cerámica de vacío sean representativas del drenaje que pasa por tal punto, la distribución del volumen de muestra colectado a través del tiempo debe ser idéntica a la curva de drenaje de la relación suelo-agua. Desviaciones entre éstas dos curvas puede esperarse que produzcan un sesgo. (Hansen y Harris, 1975). Alberts et al., (1977) compararon los extrac-



tos de suelos muestreando con copas de cerámica para determinar nitrato en el perfil del suelo y concluyeron que la variabilidad espacial hace difícil interpretar los datos de nitratos colectados por cualquier técnica de muestreo. Nielsen et al., (1973), Biggar y Nielsen (1976) y De Pol, et al., (1977), han usado adecuadamente extractores de agua del suelo para determinar el flujo de sales en el campo y han demostrado que la variabilidad es muy grande. Ellos concluyeron que siendo las muestras de agua del suelo "muestras puntuales", podrían proporcionar buenas indicaciones de los cambios relativos en la cantidad del flujo de solutos, pero no cantidades cuantitativas a menos que la frecuencia en la distribución de tales mediciones sea establecida. Como fue señalado por England (1974), aún quedan serias dudas acerca de la representatividad de las muestras de agua colectadas por medio de copas de extracción de cerámica. Debido a que la composición y concentración del agua del suelo no es homogénea a través de su masa, el agua drenada de grandes poros a baja succión (como la colectada por extractores de vacío), puede tener composiciones muy diferentes de la extraída de microporos. Una fuente puntual de succión tal como una copa porosa, muestrea una esfera, drenando poros de diferente tamaño, dependiendo de la distancia a el punto, la cantidad de succión aplicada, la conductividad hidráulica del medio y del contenido de agua del suelo. Otra preocupación es el problema de la absorción de iones por la copa de cerámica misma; sin embargo, los extractores de vacío son versátiles y fácilmente usables y se abastecen de agua del suelo por medio de un muestreo *in situ*, y no tienen limitaciones.

En cuanto al método de sensores porosos enterrados, se tienen en algunos casos problemas semejantes al anterior y su tiempo de respuesta puede ser muy lento (Richards 1966), este mismo autor ha mejorado su diseño para acortar el tiempo de respuesta y para eliminar las líneas de corriente eléctrica externas que provocaban fallas en el sistema.

#### Materiales y Métodos

De acuerdo con la información anterior y en virtud del material y equipo con que se cuenta en el laboratorio de la Comisión del Lago de Texcoco, se decidió utilizar únicamente el método de obtención del extracto del suelo, modificando la metodología tradicional en tal forma que se obtuviera con diferentes costos representados por el tiempo necesario para tener los datos, lo cual puede indicarse de la siguiente manera para cada una de las 3 series de suelos utilizadas:

$b_1$  = muestras sin secar, sin moler y sin tamizar.

$b_2$  = muestras secadas al aire sin moler y sin tamizar.

$b_3$  = muestras secadas al aire, molidas y tamizadas.

$c_1$  = tiempo de reposo de 1 hora.

$c_2$  = tiempo de reposo de 24 horas.

En este caso, la metodología tradicional está representada por la combinación  $b_2c_2$  o sea, las muestras de suelo secadas al aire, molidas y tamizadas, con un tiempo de reposo de 24 horas después de preparar la pasta a satu-

ración; todo esto nos lleva de 8 a 10 días de preparación de la muestra en esta zona, debido al alto contenido de humedad de los suelos y su posterior endurecimiento al secarse. En cambio el caso menos crítico en cuanto a tiempo de preparación y obtención de los datos de C.E., es la combinación  $b_1c_1$ , o sea muestras de suelo sin secar, sin moler y sin tamizar, con un tiempo de reposo de una hora después de preparar las pastas a saturación, lo cual quiere decir que tal como se traen las muestras del campo, inmediatamente se preparan las pastas y después de una hora se puede obtener el extracto, en el cual se obtiene el dato de C.E.; o sea, que en el mismo día del muestreo pueden obtenerse los datos necesarios. Esto es importante sobre todo en experimentos en que se requiere cuantificar inmediatamente los cambios sufridos en el suelo, debido a algún tratamiento de riego u otros, además de que con este método no se modifican sustancialmente las condiciones del suelo por el proceso de secado.

En cuanto a los materiales y equipo necesarios para realizar el muestreo, la preparación de las pastas y la obtención de los extractos son iguales para las seis metodologías, siendo estos los tradicionales como son: barrena, palas, bolsas de polietileno, etiquetas, recipientes de plástico con capacidad de un litro, espátulas, probetas, agua destilada, balanza, estufa para secado de muestras, bomba de vacío, tren de extracción, tubos de ensaye, papel filtro, pizetas y puente de conductividad, además de martillo y tamices cuando se requiere el tamizado de las muestras.

En este caso se utilizaron tres series de suelo diferenciadas en el Lago de Texcoco que son: Serie Salada ( $A_1$ ) la cual tiene una C.E. bastante alta y está compuesta en todo su perfil por estratos de "jaboncillo", que se diferencian únicamente por los colores que presentan, que van del gris oscuro al café claro y café rojizo, además presentan un alto contenido de humedad de hasta 400%.

Serie Patos ( $A_2$ ), la cual se encuentra cerca de la periferia en la parte Oriental de la zona federal del Ex-lago de Texcoco, presenta C.E. más baja que la anterior y con estratos superficiales de depósitos recientes de materiales últimamente transportados por los ríos que desembocan en el área últimamente.

Serie Chimalhuacán ( $A_3$ ), presenta estratos de "jaboncillo" más secos que la serie salada y con presencia de piedrecilla de pómez muy finos, presentando también una C.E. alta.

Se utilizó un diseño de parcelas subdivididas con tres tratamientos y a cuyos resultados de la C.E. se les realizó un análisis de varianza.

#### Resultados

En los cuadros del 1 al 3 se presentan los resultados de la C.E. obtenida a los extractos de las muestras de suelos preparados de acuerdo con lo indicado anteriormente, cada tratamiento con sus tres repeticiones.

En los cuadros 4 al 6 se indica el análisis de varianza para cada una de las series y como vemos en ellos en ninguno existe diferencia significativa entre tratamiento.



Cuadro 1. Resultados de C.E. para la Serie A1

Rep.	b <sub>1</sub>		b <sub>2</sub>		b <sub>3</sub>		X <sub>t</sub> = 83.43
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
I	77.8	77.6	74.5	74.0	91.8	85.8	
II	83.2	76.6	75.6	80.5	77.7	80.7	
III	90.8	94.8	87.6	89.5	92.9	90.5	
	249.99	249.0	237.69	261.99	262.38	256.98	

Cuadro 2. Resultados de C.E. para la Serie A2

Rep.	b <sub>1</sub>		b <sub>2</sub>		b <sub>3</sub>		559.30
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
I	31.00	37.00	63.00	75.00	90.00	88.00	
II	14.20	23.00	13.60	17.50	20.50	19.50	
III	11.20	14.50	8.50	9.60	12.60	10.60	
	56.80	74.50	85.10	102.10	123.10	118.10	

b<sub>1</sub> = muestras sin secar, sin moler y sin tamizarb<sub>2</sub> = muestras secadas al aire sin moler ni tamizarb<sub>3</sub> = muestras secadas al aire molidas y tamizadasc<sub>1</sub> = tiempo de reposo de 1 horac<sub>2</sub> = tiempo de reposo de 24 horas

Cuadro 3. Resultados de C.E. para la Serie A3

Rep.	b <sub>1</sub>		b <sub>2</sub>		b <sub>3</sub>		562.56
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
I	30.50	34.60	73.00	72.64	69.40	89.50	
II	16.80	18.50	19.30	20.00	17.15	26.20	
III	11.50	17.23	9.40	8.50	13.74	14.60	
	58.80	70.33	101.70	101.14	100.29	130.30	

Cuadro 4. Análisis de varianza para C.E. Serie A<sub>1</sub>

FUENTE		gl	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>
ENTRE UNIDADES COMPLETAS	REP.	2	521.125			
	TRAT. b	2	118.455	59.228	0.635	18.00
	ERROR (u. camp.)	4	372.618	93.155		
	TOTAL	8	775.288			
DENTRO DE UNIDADES COMPLETAS	TRAT. c	1	0.2008	0.2008	0.0213	5.79
	INTER. bc	2	12.581	6.2905	0.669	10.92
	ERROR (Subuni)	6	56.333	9.389		5.14
	TOTAL	9	69.115			
TOTAL FINAL		17	844.403			

Conclusión: No existe diferencia significativa entre tratamientos.



Cuadro 5. Análisis de varianza para C.E. Serie A<sub>2</sub>

FUENTE		gl	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>
ENTRE UNIDADES	REP.	2	9900.29	506.99	0.96	18.00
COMPLETAS	TRAT. b	2	1013.99	530.43		6.94
	ERROR (u. camp.)	4	2121.72			
	TOTAL	8	13036.00			
DENTRO DE UNIDADES	TRAT. b	1	50.34	50.34	1.3	5.79
COMPLETAS	INTER. bc	2	56.50	28.3	0.71	10.96
	ERROR (Subuni)	6	39.94			
	TOTAL	9	146.88			
TOTAL FINAL		17	13182.88			

Conclusión: No existe diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 6. Análisis de virianza para C.E. Serie A<sub>3</sub>

FUENTE		gl	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>
ENTRE UNIDADES	REP.	2	8445.87			
COMPLETAS	TRAT.	2	916.52	468.26	1.07	18.00
	ERROR (u. camp.)	4	1714.55	428.641		6.94
	TOTAL	8	11076.94			
DENTRO DE UNIDADES	TRAT. b	1	93.3	93.3	5.71	5.79
COMPLETAS	INTER. A-b	2	79.01	39.51	2.42	10.92
	ERROR (Subuni)	6	97.99	16.33		5.14
	TOTAL	9	270.3	313728.27		
TOTAL FINAL		17	11346.94			

Conclusión: No existe diferencia significativa entre tratamientos.

### Conclusiones

De acuerdo con lo anterior se concluye que todos los tratamientos son iguales estadísticamente, o sea, que no hay ninguna diferencia entre el tratamiento tradicional que requiere entre 8 a 10 días para obtener los resultados y el tratamiento que dura menos tiempo y, por lo tanto, es menos costoso para obtener los mismos datos para preparar las pastas a saturación y obtener el extracto y los datos de C.E. con las muestras tal y como se traen directamente del campo, lo que puede hacerse en el mismo día. De acuerdo con esto se acepta la hipótesis nula.

### Recomendaciones

En función de los resultados obtenidos en este trabajo, se recomienda la metodología menos costosa en cuanto a tiempo y dinero.

### Bibliografía

Alberts, E. E. R. E. Burwell, and G. E. Schuman, 1977. Soil Nitrate-Nitrogen Determined by Coring and solution extraction-Techniques. SSSAJ 41:90-92.

Allison, L. E. 1973. Oversaturation Method for Preparing Saturation Extracts for salinity Appraisal. Soil Sci. 116:65-69.

Beatty H. P. and J. Loveday. 1974. Soluble cations and anions. In. Methods for Analysis of Irrigated Soils, J. Loveday, editor. Technical Communication No. 54 of the Commonwealth Agricultural Bureaus, pp. 108-117.

Biggar, J. W. and D. R. Nielsen. 1976. Spatial Variability of the Leaching Characteristics of a Field Soil. Water Resour 12:78-84.

Brooks, R. H. J. O. Goertzen, and C. A. Bower. 1958. Prediction of Changes in the compositions of the Dissolved and Exchangeable Cations in Soils Upon Irrigation With High-Sodium Waters SSSAP 22:122-124.

Chow, T. L. 1977. A Porous Cup Soil —Water Sampler With Volumen Control. Soil Sci. 124:173-176.

Dao, T. H. and T. L. Lavi. 1978. Extraction of Soil Solution Using a Simple Centrifugation Method for Pesticide Adsorption-Desorption Studies. SSSAJ 42:375-377.

Duke, H. R. and H. R. Haise, 1973. Vacuum Extractors to Assess Deep Percolation Losses and Chemical Constituents of Soil Water. SSSAP 37:963-964.

England, C. B. 1974. Comments on "A Techniques Using Porous Cups for Water Sampling at any Depth in the Unsaturated Zone by Warren W. Wood. Water Resour, Res. 10:1049.



- Hansen, Edward A. and Alfred Ray Harris, 1975. Validity of Soil-Water Samples Collected With Porous Ceramic Cups. SSSAP 39:528-536.
- Jackson, D. R. F. S. Brinkley, and E. A. Benditti, 1976. Extraction of Soil Water Using Cellulose-Acetate Hollow Fibers, SSSAJ 40:327-329.
- Jordan, Carl F. 1968. A Simple, Tensión-Free Lysimeter Soil Sci. 105:81-86.
- Kelley, W. P., B. M. Lawrence, and H. D. Chapman, 1949. Soil Salinity in Relation to Irrigation. Hilgardia 18:635-665.
- Kohnke, H., F. R. Dreibelbis, and J. M. Davidson, 1940. A Survey and discussion of Lysimeters and a Bibliography on Their Construction and Performance, U.S. Dept. Agr. Misc. Publ. No. 372.
- Krone, Ray B, H. F. Ludwig, and Jerome F. Thomas, 1952. Porous tube Device for Sampling Soil Solutions During Water-Spreading Operations. Soil Sci. 73:211-219.
- Krugel, C., C. Dreysspring, and W. Heins, 1935. A New Suction Apparatus for the Complete Separation of the Soil Solution From the Soil Itself. Superphosphate 8:101-108.
- Levin, M. J. and D. R. Jackson. 1977. A Comparison of In-situ Extractors For Sampling Soil Water. SSSAJ 41:535-536.
- Loveday, J. 1972. Moisture Content of Soils for Making Saturation Extracts and Effects of Grindig. Division of Soils Technical Paper No. 12a. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia 9 pp.
- Mubarak, A. and R. A. Olsen. 1976. Immiscible Displacement of the Soil Solution by Centrifugation SSSAJ 40:329-331.
- Nielsen, D. R. J. W. Biggar, and K. T. Ehr. 1973. Spatial Variability of Field-Measured Soil-Water Properties. Hilgardia 42:215-259.
- Parizek, Richard R. and Burke E. Lane, 1970. Soil-Water Sampling Using Pan and Deep Pressure Vacuum Lysimeters J. Hydrol 11:1-21.
- Pratt, P. F., J. E. Warneke, and P. A. Nash. 1976. Sampling the Unsaturated Zone in Irrigated Field Plots. SSSAJ 40:277-279.
- Reeve. R. C. and E. J. Doering, 1965. Sampling the Soil Solution for Salinity Appraisal. Soil Sci. 99:339-344.
- Reitemeier, R. F. 1946. Effect of Moisture Content on the Dissolved and Exchangeable Ions of Soils of Arid Regions, Soil Sci. 61:195-214.
- Richard, L. A. 1941. A Pressure-Membrane Extraction Apparatus for Soil Solution, Soil Sci. 51:377-386.
- Rible, J. M., P. A. Nash, P. F. Pratt, and L. J. Lund, 1976. Sampling the Unsaturated Zone of Irrigated Lands for Reliable Estimates of Nitrate Concentrations. SSSAJ 40:566-570.
- Shimshi, Daniel, 1966. Use of Ceramic Points for the Sampling of Soil Solution. Soil Sci. 101:98-103.
- Sonnevelt, C. and J. van den Ende, 1971. Soil Analysis by Means of a 1:2 Volume Extract. Plant and Soil 35:505-516.
- Tadros, V. T. and J. W. McGarity, 1976. A Method for Collecting Soil Percolate and Soil Solution in the Field. Plant and Soil 44:655-667.
- U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U. S. Dept. Agr. Handb. 60. L. A. Richard editor, 160 pp.
- Wagner, George H., 1965. Changes in Nitrate N. in Field Pilot Profiles as Measured by the Porous Cup Technique, Soil 100:397-402.
- Wolff, R. G., 1967. Weathering Woodstock Granite Near Baltimore, Maryland. Am. J. Sci. 265:106-117.



## DETERMINACION DE LA SUPERFICIE ESPECIFICA Y SU RELACION CON ALGUNAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE SUELOS DE AMOZOC, PUE. +

Ordóñez, M. J.\*  
Calderón, E. P.\*  
Valera, M. A.\*

### RESUMEN

1. Estudiar la superficie específica de suelos de Amozoc, Pue. y su relación con la Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) y Cationes Intercambiables ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$ ).
2. Encontrar la relación entre la C.I.C. y la cantidad de materia orgánica presente en el suelo. (ra IV.4).

### ABSTRACT

Objetivos: 1. To study the specific surface of soils of Amozoc, Puebla and its relations with cationic exchange capacity ("C" L.C.) and exchangeable cation ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$  and  $Mg^{++}$ ). 2. To determine the relation between C.L.C. and the soil organic matter content.

### I. Introducción

La consideración de las propiedades de los suelos constituye uno de los principales objetivos de su química. Estas propiedades resultan del proceso de formación y evolución del suelo y su conocimiento permite elaborar criterios valiosos para su clasificación y especialmente para la interpretación de las relaciones suelo-planta.

Los procesos de intercambio catiónico (C.I.C.) y aniónico, que resultan de las interacciones de las fases sólida y líquida del suelo dependen de la composición y de las características del complejo coloidal (partículas de materia orgánica, arcillas y sesquióxidos) y de la composición de la solución del suelo. Los equilibrios químicos resultantes son reversibles y varían de acuerdo a las influencias climáticas y ecológicas que actúan sobre el suelo y que también regulan la disponibilidad de los elementos nutritivos. La reacción del suelo, que define las condiciones de acidez y alcalinidad, juega un papel importante en el uso de los suelos; especialmente bajo una meteorización avanzada resultan suelos ácidos con posible toxicidad de algunos elementos nutritivos así como problemas de salinidad en los suelos alcalinos.

El encalado y la acidulación de los suelos agrícolas son medidas de producción que permiten aumentar las cosechas y controlar la fertilidad. Sin embargo la práctica del

encalado ha conducido a resultados muy contradictorios, debido a la falta de conocimiento de las propiedades físicoquímicas de los suelos (1).

Los objetivos perseguidos en este trabajo fueron:

- 1.—Estudio de la superficie específica de suelos de Amozoc, Estado de Puebla, y su relación con la capacidad de intercambio catiónico y cationes cambiables ( $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ).
- 2.—Encontrar la relación entre la C.I.C. y la cantidad de materia orgánica presente en el suelo.

### II. Revisión de Bibliografía

El intercambio catiónico es una de las propiedades más importantes del suelo y tiene influencia sobre una gran cantidad de sus características. Los cationes cambiables influyen en la estructura, la actividad biológica, el régimen hídrico y gaseoso, los procesos genéticos del suelo y en su formación.

Como cationes cambiables en el suelo se presentan principalmente en  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^{+1}$ ,  $Na^{+1}$ ,  $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  y  $H^{+1}$ , ellos forman el enjambre de iones que cubre el complejo coloidal.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Químico. Investigador. Instituto de Ciencias, Universidad Autónoma de Puebla.



Hardy (2), realizando estudios sobre algunos suelos tropicales, observó valores que fluctúan entre 7 y 83 meq/100 gr. de suelo como referencia de las grandes diferencias que se presentan en suelos tropicales. Una evaluación similar realizada con los valores publicados para suelos de Guatemala por Simmons (3), permite constatar la distribución encontrada para los suelos de América Central.

Fassbender (4), realizando estudios sobre la capacidad total de intercambio catiónico en suelos de América Central y Brasil, halló que los valores más altos de capacidad de intercambio son para Andosoles y Fluviosoles con promedios de 36.9 y 40.9 meq/100 gr. de suelo, ellos reflejan el alto contenido de materia orgánica y arcillas presentes.

El promedio de capacidad de intercambio catiónico para 26 muestras de horizontes  $A_0$  de la Amazonia del Brasil llega a 15.2 meq/100 gr. de suelo y se diferencia bastante de los suelos de Centro América, lo que es explicable por el menor contenido de materia orgánica y la predominancia de minerales de arcilla del tipo de la Caolinita y óxidos e hidróxidos de aluminio y hierro.

Los resultados reflejan las propiedades de los suelos y de los cambiadores presentes, así como las condiciones de análisis. Al aumentar progresivamente el contenido de materia orgánica, arcillas, óxidos e hidróxidos en los suelos, aumenta la C.I.C. de acuerdo a la capacidad de los componentes del suelo.

Según Scheffer (5), encontró que la C.I.C. se eleva progresivamente al aumentar la superficie específica de las partículas cambiadoras y la de los suelos. Esto fue comprobado en los suelos de Panamá y Colombia por Gamble (6), quien determinó la superficie específica de los suelos estudiados por el método de BET con absorción de  $N_2$  y encontró valores entre 200 y 1100  $m^2/gr.$  de suelo; hallándose que la C.I.C. aumentó en forma paralela aproximadamente de 50 a 170 meq/100 gr. de suelo.

### III. Métodos Experimentales

#### Localización y descripción de la zona de muestreo

Las muestras fueron obtenidas de horizontes  $A_0$  de suelos del Municipio de Amozoc, que se encuentra localizado en la región denominada Valles de Puebla y Tepeaca, entre los paralelos  $18^{\circ}12'$  y  $19^{\circ}06'$  y los meridianos  $98^{\circ}12'$  y  $97^{\circ}44'$ , con altitud geográfica de 2200 a 2300 m (7), sobre la sierra de Amozoc. El origen geológico de esta zona es el Cenozoico Medio Volcánico y Pleistoceno y Reciente (8).

El clima de la región es templado húmedo con lluvia en verano, precipitación entre 1000 y 2000 mm de lluvia anual y la temperatura media anual es de 14 a  $18^{\circ}C$ .

Con respecto a los suelos, éstos son fundamentalmente chernozem con pH mayores de 5. La vegetación dominante es de zona cultivada y matorral de encino con pas-tizal.

#### Métodos de las determinaciones fisicoquímicas.

Las determinaciones fisicoquímicas realizadas fueron: textura (9), densidad aparente (10), color del suelo (11) en muestra seca y húmeda, pH en relación suelo-agua 1:2.5, materia orgánica, carbonatos, nitrógeno total (12), fósforo disponible, sodio y potasio intercambiables, calcio y magnesio intercambiables, C.I.C. y superficie específica (13).

### IV. Resultados y Discusión

Los resultados de las determinaciones fisicoquímicas están contenidos en la Tabla IV.1. A partir de estos resultados se calculó la relación matemática entre los valores de superficie específica con los valores de C.I.C. y cationes cambiables, obteniéndose lo siguiente:

Se demuestra que al aumentar la superficie específica de los suelos de Amozoc, aumenta su C.I.C. (Figura IV.1), el coeficiente de correlación entre las variables mencionadas es significativo con un valor de  $R = 0.749$ .

Con respecto a las cationes  $K^{+1}$  y  $Mg^{+2}$  intercambiables, los coeficientes de correlación son  $R = 0.778$  y  $R = 0.818$  respectivamente (Figura IV.2 y IV.3), corroborando los resultados obtenidos para la C.I.C. total. Caso especial es el de los cationes  $Ca^{+2}$  intercambiables, donde el coeficiente de correlación es  $R = 0.824$  y la gráfica muestra una proporcionalidad directa entre el aumento de la superficie específica y la cantidad de  $Ca^{+2}$  (Figura IV.4).

También podemos observar de la tabla IV.1 que la superficie específica aumenta con el aumento de las cantidades de materia orgánica y arcilla presentes en el suelo, lo mismo ocurre con la C.I.C.

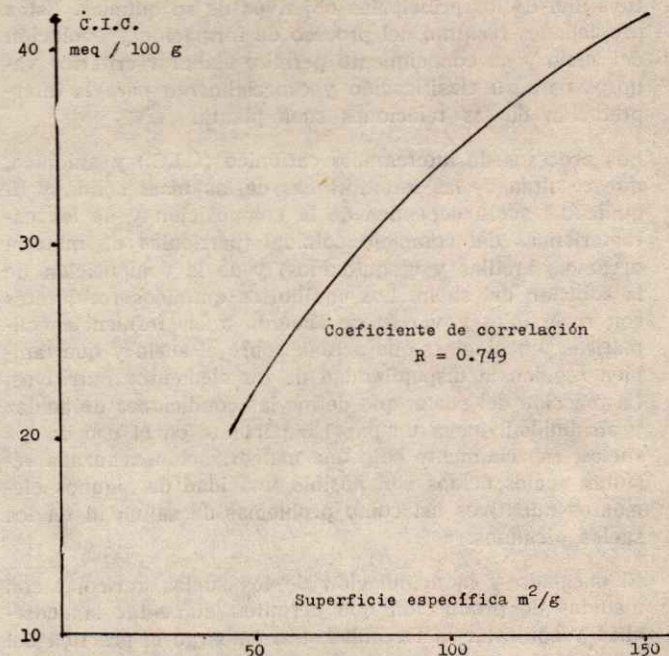


Figura 1. Curva de la Capacidad de Intercambio Catiónico de los suelos analizados en la región de Amozoc, Pue., en función a su superficie específica.



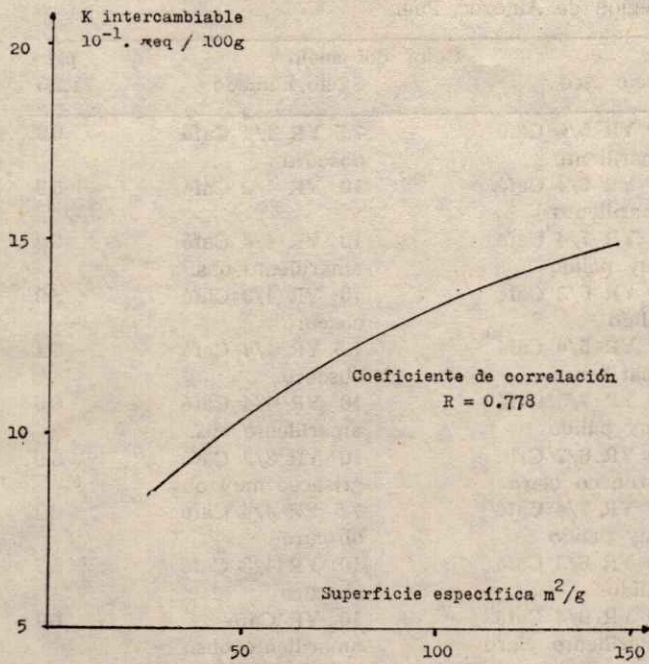


Figura 2. Curva del potasio intercambiable de los suelos analizados de la región de Amozoc, Pue., en función de su superficie específica.

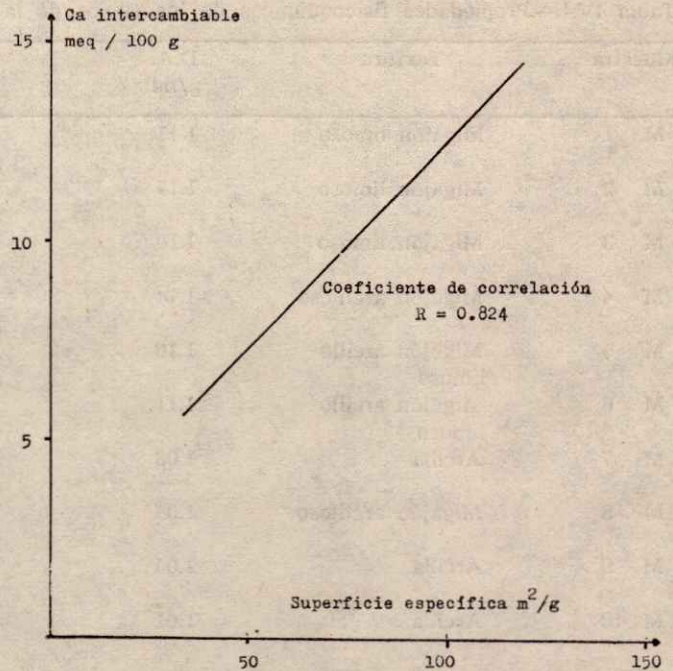


Figura 4. Curva de calcio intercambiable de los suelos analizados en la región de Amozoc, Pue., en función de su superficie específica.

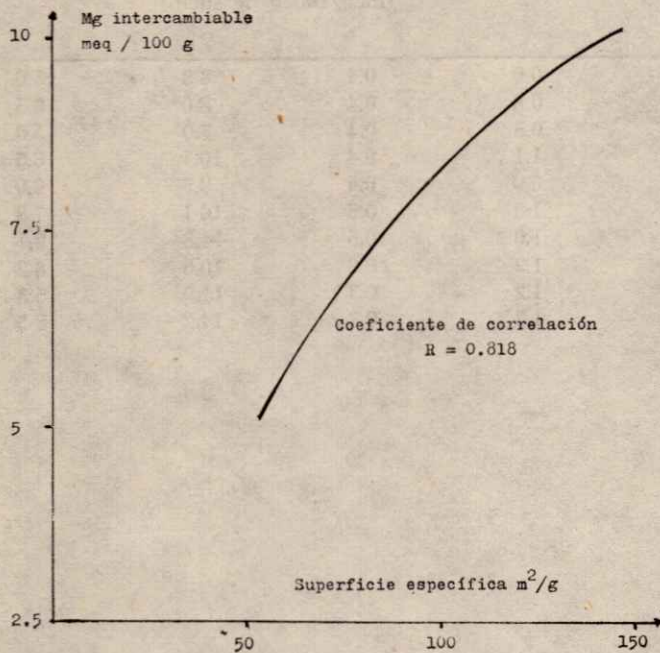


Figura 3. Curva de magnesio intercambiable de los suelos analizados en la región de Amozoc, Pue., en función de su superficie específica.

#### V. Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman los estudios realizados por Gamble con respecto a la C.I.C. y la superficie específica, aunque cabe aclarar que la relación obtenida por este autor es matemáticamente diferente, por lo que suponemos que esta relación es característica para cada tipo de suelo.

Es necesario realizar estos estudios en suelos de diferentes características, para encontrar las relaciones existentes entre las diferentes propiedades fisicoquímicas y poder tener una mejor caracterización de los mismos, también es importante que las relaciones existentes entre superficie específica con C.I.C. y cationes cambiabiles tenga una interpretación con respecto a la fertilidad de los suelos, para lo cual se tendrá que elaborar la metodología de campo adecuada.



Tabla IV.1.—Propiedades fisicoquímicas de los suelos de la región de Amozoc, Pue.

Muestra	Textura	D.A. g/ml	Color del suelo		pH 1:2.5
			Suelo seco	Suelo húmedo	
M 1	Migajón limoso	1.17	10 YR 5/6 Café amarillento	7.5 YR 4/4 Café obscuro	6.0
M 2	Migajón limoso	1.15	10 YR 5/4 Café amarillento	10 YR 4/2 Café	5.8
M 3	Migajón limoso	1.10	10 YR 7/4 Café muy pálido	10 YR 4/4 Café amarillento obs.	6.2
M 4	Migajón arcilloso	1.14	10 YR 6/3 Café pálido	10 YR 4/3 Café obscuro	5.9
M 5	Migajón arcillo-limoso	1.16	10 YR 5/4 Café amarillento	7.5 YR 4/4 Café obscuro	6.1
M 6	Migajón arcillo-limoso	1.11	10 YR 7/3 Café muy pálido	10 YR 4/4 Café amarillento obs.	6.6
M 7	Arcilla	1.06	10 YR 6/2 Gris parduzco claro	10 YR 3/2 Café grisáceo muy obs.	5.9
M 8	Migajón arcilloso	1.05	10 YR 7/4 Café muy pálido	7.5 YR 4/4 Café obscuro	6.2
M 9	Arcilla	1.04	10 YR 6/3 Café pálido	10 YR 4/3 Café obscuro	5.7
M 10	Arcilla	1.01	10 YR 6/4 Café amarillento claro	10 YR Café amarillento obs.	6.1

Muestra	C.I.C. meq/100g	Superficie Específica m <sup>2</sup> /g	% M.O.	K	Na (meq/100 g de suelo)	Ca	Mg
M 1	24.5	44.7	0.80	0.9	0.4	8.3	5.0
M 2	25.9	62.7	0.80	0.8	0.4	8.0	6.5
M 3	26.3	69.7	0.80	0.8	0.4	7.0	5.0
M 4	30.2	80.8	0.98	1.1	0.4	10.1	6.5
M 5	24.8	83.0	0.74	0.9	0.4	8.5	6.0
M 6	31.0	96.0	0.92	1.3	0.6	10.1	7.8
M 7	43.2	105.5	1.29	1.0	0.5	14.8	9.1
M 8	29.5	105.7	0.86	1.2	0.6	10.6	8.2
M 9	32.4	108.8	1.41	1.2	0.3	11.9	5.3
M 10	38.1	148.8	0.80	1.3	0.3	14.2	8.5

Muestra	% CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	% N Total	ppm P
M 1	0.46	0.02	8.75
M 2	0.46	0.03	4.37
M 3	0.40	0.04	5.25
M 4	0.23	0.06	10.50
M 5	0.46	0.01	15.75
M 6	0.52	0.04	14.00
M 7	0.46	0.06	8.75
M 8	0.57	0.02	4.37
M 9	0.34	0.06	10.50
M 10	0.12	0.04	1.75



VI.—Bibliografía

- 1.—Fassbender, H. W., 1975. Química de Suelos. Ed. IICA. 1a. Ed.
- 2.—Hardy, F., 1961. Manual del Cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA. p. 439.
- 3.—Simmons, C.; Tarano, J. M. & Pinto, H., 1959. Mapa de Reconocimiento de Suelos de Guatemala. Guatemala, Ed. Pineda. p. 1000.
- 4.—Fassbender, H. W.; Vieira, L. & Stabile, M., 1970. Equilibrios Catiónicos en Suelos de la Amazonia del Brasil. Revista de la Potasa (Suiza).
- 5.—Scheffer, F. & Schachtschabel, G., 1966. P. Lehrbuch Der Dondenkunde. 6a. Ed. Stuttgart, F. Enke Verlag. p. 473.
- 6.—Gamble, J. T.; Ah Chu, R. & Fiskell, J. G. S., 1969. Soils and Agriculture of Eastern Panama and North-western Colombia. BioScience 19: 529-535.
- 7.—Fuentes Aguilar, L., 1969. Regiones Naturales del Estado de Puebla. UNAM. Instituto de Geografía. 1a. Ed.
- 8.—Gerd Werner, 1978. Los Suelos de la Cuenca alta de Puebla-Tlaxcala y sus Alrededores. Fundación Alemana para la Investigación Científica. Tomo VI.
- 9.—Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analysis of Soils. Agrom. J. 54: 464-465.
- 10.—S.A.R.H., Manual de Análisis Físicoquímicos de Suelos. Méx. 1976.
- 11.—Nava Díaz, J. 1976. Química Agrícola. Manual de Teoría y Práctica del I.P.N., Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Méx.
- 12.—Primo Yúfera, E. & Carrasco Dorrien, J. M., 1973. Química Agrícola. Suelos y Fertilizantes, Tomo I. Ed. Alhambra, 1a. Ed.
- 13.—Cruz, A. et al, 1982. Determinación de la Superficie Específica de suelos por medio de Cromatografía de gases con  $CCl_4$ . XV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Méx.



## ESTUDIO DE LOS SUELOS EN LA REGION DE LOS RIOS DEL ESTADO DE TABASCO, MEXICO +

Salazar Mendoza, J.\*  
Rivera Díaz, J. M.\*

### RESUMEN

Se efectuó un levantamiento de suelos en la Región de Los Ríos, Tabasco, mediante el uso de las metodologías propuestas por FAO/UNESCO (1970), DUDAL (1968) y la Séptima Aproximación (1975). Fueron descritos cuarenta perfiles de suelos, los que permitió clasificarlos en 6 órdenes y 9 unidades, de acuerdo a los sistemas de clasificación FAO/UNESCO y Séptima Aproximación, respectivamente.

### ABSTRACT

A soils map was done on the Región de Los Ríos, Tabasco, using methodologies proposed by FAO/UNESCO (1970), DUDAL (1968) and Seventh Approximation. (1975), Forty soils profiles were described which allowed to classify the soils of the region in six FAO/UNESCA soils orders and nine American soil units.

### I. Introducción

En los últimos ocho años se han generado una serie de cambios dentro de la estructura educativa agronómica de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) que le permiten llevar adelante su función primordial: La Enseñanza. Dentro de estos cambios se ubican los Centros Regionales Universitarios (CRU), que nacen ante la necesidad de contar con nuevos esquemas pedagógicos que permitan, mediante aproximaciones sucesivas, el conocimiento de la agricultura regional, y con ello, apoyar en forma real y objetiva la enseñanza que se imparte dentro de la Universidad.

El Centro Regional Universitario del Sureste (CRUSE), ubicado en la región cálido-húmeda de México, se ha preocupado por investigar las características del marco geográfico natural; así como del marco socioeconómico, que coadyuvan al logro del entendimiento, explicación e interpretación de la agricultura tropical. Ante esta situación el Centro Regional ha definido su área de estudio, que comprende al Estado de Tabasco, las montañas del Norte de Chiapas (hasta la cota de los 1,000 m.a.s.n.m.) y las del Oriente (Selva Lacandona).

El presente trabajo de investigación, que se presenta a su consideración, se ubica en la porción Suroriental del Estado de Tabasco y nace ante la necesidad de conocer en forma real y objetiva, el sustrato edáfico en que se desarrolla la producción agrícola y su interrelación con los diferentes factores que intervienen en dicho proceso.

### II. Revisión de Literatura

La región cálido-húmeda del mundo abarca una extensión territorial aproximada de 49,000,000 km<sup>2</sup>, Sánchez (1976). Se localiza entre el Trópico de Cáncer y el de Capricornio a los 23°27' de latitud Norte y Sur, respectivamente, caracterizándose por la presencia de elevadas temperaturas e intensas precipitaciones pluviales durante casi todo el año; estos elementos climáticos aceleran el proceso de meteorización, modificando cualitativa y cuantitativamente las características internas y externas del sustrato edáfico; por otro lado, estas características se hallan fuertemente interrelacionadas con el patrón de relieve y con el material geológico presente, factores que al variar condicionan el desarrollo del suelo, el patrón de drenaje natural así como la presencia de diversos tipos de comunidades vegetales y, por último, confieren características físicas y químicas particulares a diferentes clases de suelo.

En función de los factores mencionados anteriormente, las clases de suelo presentes al interior de la masa continental, enmarcada por los trópicos, son concatenadas por Drosdoff, et al (1975) y Sánchez (1976), de acuerdo al sistema de clasificación americano, Soil Survey Staff (1975), en ocho órdenes de suelo: Alfisoles, Aridisoles, Entisoles, Inceptisoles, Molisoles, Oxisoles, Ultisoles y Vertisoles, que abarcan el 87.76% del área tropical mundial, por otra parte, el 12.24% lo cubren las grandes áreas montañosas que se presentan en América y Asia Tropical.

Asimismo, dentro de esta gran área tropical se ubican las sabanas, Aguilera (1955), menciona que se pueden considerar en los trópicos dos regiones ecológicamente distin-

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Ingeniero Agr. Investigador. Depto. de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo.



tas: una, que se caracteriza por la vegetación arbórea generalmente alta y típica de la selva tropical y, la otra, de vegetación escasa, poco desarrollada, generalmente formada con árboles bajos y zacates, que son las regiones de sabana. Budowski (1956), citado por Reyes (1972), estima la extensión mundial de las sabanas en 6,700,000 km<sup>2</sup> aproximadamente; sin embargo, Sánchez (1976), difiere completamente, mencionando que la extensión mundial de las sabanas es de 21,287,000 km<sup>2</sup>, correspondiendo a África Tropical la mayor superficie con 13,965,000 km<sup>2</sup>, seguido por América Tropical con 4,670,000 km<sup>2</sup> y por último Asia y Oceanía con 2,652,000 km<sup>2</sup>, asimismo, menciona que en América Tropical, "la superficie más grande de sabana es la del Cerrado del Brasil con más de 200 millones de ha, seguida por los llanos de Colombia y Venezuela, la mayor parte de Cuba y partes de las Costas del Pacífico de México y Centro América". Por otro lado, Nelson (1977), reporta que los países ubicados en América Tropical y que mayor superficie de sabana presentan son: Brasil, Colombia, Venezuela, Bolivia, Guayanas, México, Perú y Paraguay.

En la República Mexicana, extensas regiones de ambas vertientes presentan zonas de sabana, Pennington y Sarukhan (1968). Por otro lado Brickawbant (1958), Miranda y Hernández (1963), citados por Pérez (1972), indican que las sabanas en México se localizan en la Península de Yucatán, Chiapas, Tabasco y Veracruz, así como en las planicies costeras del Pacífico desde Guatemala hasta el Sur de Sinaloa. Nelson (1977), reporta que la superficie de sabana que se extiende en el territorio nacional es de 37,000 km<sup>2</sup> aproximadamente, correspondiendo al 1.87% de la superficie del país.

Para el Sureste de México, Miranda (1978), indica la presencia de sabanas en la "Península de Yucatán, Suroeste de Campeche y Sureste de Tabasco, lo mismo que en partes del resto de este estado, Norte de Chiapas y Veracruz". En el Estado de Tabasco y Norte del Estado de Chiapas, López (1980), define las sabanas de tachicón (*Curatella americana*), nance (*Byrsonima crassifolia*) y jícaro (*Crescentia cujete*). La sabana de *Curatella americana* y *Byrsonima crassifolia* se presenta en los Municipios de Balancán, Tenosique, Emiliano Zapata, Macuspana y Huimanguillo, en Tabasco y en los Municipios de Palenque y Salto de Agua en Chiapas. Por último la sabana de *Crescentia cujete* se presenta en los Municipios de Jonuta, Emiliano Zapata y Balancán, Tabasco y en el Municipio de Catazajá, Chiapas, encontrándose al interior de ellas el encino tropical *Quercus oleoides*.

#### Hipótesis sobre el origen de la sabana

Lundell (1973), citado por Miranda (1978), menciona a la sabana como "una agrupación secundaria debida a la degradación ocasionada en la vegetación primaria por agricultura y fuego". No obstante, el mismo autor reconoció (1934) que este tipo de vegetación en la Región de los Chenes (Sur de Yucatán) es tan permanente que puede aún ser considerada como climax. Por otra parte, Miranda (1952), citado por Miranda (1978), consideró a la sabana como "una asociación climax desarrollada sobre suelos

con drenaje deficiente", pero admitió la posibilidad de que pudiera extenderse por la acción del fuego a expensas de otros determinados tipos de vegetación. Richards (1952), llega a conclusión semejante respecto a la sabana del Nordeste de Sudamérica.

Beard (1953), citado por Puig (1972) considera que "el factor edáfico sería actualmente, el que determina la sabanización, tanto por sus propiedades físicas de mal drenaje, sus alternaciones de alta y baja humedad, como por su profunda lixiviación. A estos factores se agrega también una alternación climática de temporada seca y lluviosa bien definida y por último la intensa actividad del hombre, principalmente por los fuegos que enciende".

Aguilera (1955), señala que algunas zonas boscosas se han transformado en sabanas por haberse presentado cambios profundos en el suelo.

West, et al (1956), señala la posibilidad de que las sabanas sean de origen secundario y antropocéntrico.

Hueck (1966), citado por Puig (1972), menciona que "el origen de las sabanas no puede justificarse por los fuegos y sugiere que se trata de una vegetación testigo de formaciones que tuvieron una más amplia extensión bajo un clima en otro tiempo más seco".

Pennington y Sarukhán (1968), señalan que "la mayoría de las sabanas que se presentan en México, al menos en la planicie costera del Golfo, son de origen secundario, derivadas de selvas altas perennifolias o medianas subperennifolias y subcaducifolias o bajas subperennifolias y ligadas a actividades agropecuarias".

Goodlang (1969), citado por Puig (1972), menciona en su trabajo sobre las sabanas de Brasil que "la alta concentración de Al<sup>3+</sup> actúa en la pobreza de algunos nutrimentos como Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, P<sub>04</sub><sup>2-</sup> y N. Esta deficiencia en elementos nutricionales actúa selectivamente sobre la vegetación la cual puede clasificarse en plantas acumuladoras obligadas de Al<sup>3+</sup>, en plantas facultativas y en plantas sin acumulación. Estas plantas se encuentran sobre los suelos de sabana de los cuales son excluidas las especies sensibles a las fuertes concentraciones de Al<sup>3+</sup>. Por otra parte Goodlang, señala las propiedades físicas del suelo, la topografía plana, el reparto de las precipitaciones y el fuego como factores que condicionan la pobreza del suelo y los límites para la vegetación".

Puig (1972) concluye que la Sabana de Huimanguillo "no es una sabana climax" y que "se trata de una sabana secundaria".

Miranda (1978), menciona que las sabanas ubicadas en: la Península de Yucatán, Tabasco, Chiapas y Veracruz "constituyen una asociación climax, actualmente estable, sobre suelos planos o con escaso declive, de drenaje deficiente, y en clima cálido, relativamente húmedo". Lo anterior "supone que las sabanas climax se han desarrollado sobre antiguos suelos pantanosos o lacustres hoy emergidos"; por último, Miranda dice que "la sabana en consecuencia aparecería a la luz de la evolución paleoecológica como la etapa final de una hidroserie, etapa originada por



emersión dinámica (o eustática) de un suelo pantanoso o lacustre. No parece existir, en las condiciones actuales de clima, evolución ulterior de la sabana".

En general, el origen de la sabana, aún no ha quedado dilucidado, en virtud de manejarse hipótesis de origen antropocéntrico, edáfico y climático.

### Los suelos de sabana

En virtud de encontrarse distribuidos en la región intertropical los suelos de sabana presentan características físicas, químicas y mineralógicas cualitativa y cuantitativamente diferentes, en función de la diversidad de climas, vegetación, materiales geológicos, tiempo y usos a que se encuentran sometidos por la actividad productiva del hombre. Beiroth (1974), citado por Palma, et al (1979), basándose en la clasificación americana (Séptima Aproximación), define que de los diez órdenes de suelos, ocho se presentan en las sabanas: Alfisoles, Oxisoles, Entisoles, Inceptisoles, Ultisoles, Vertisoles, Molisoles y Aridisoles. En la República Mexicana, se les ha denominado en forma inadecuada, como suelos rojos, Latosoles, Lateríticos, suelos de Laterita o en su defecto, englobándolos como suelos tropicales y esto, como consecuencia del vacío en investigaciones sobre suelos de sabanas, que nos permita conocer las características intrínsecas de estos suelos. En el Sureste de México se han realizado los primeros intentos para caracterizarlos, Palma, et al (1979), menciona a los Ultisoles, Oxisoles e Inceptisoles para la Sabana de Huimanguillo, Tabasco; donde los Ultisoles cubren la mayor superficie de la sabana, se encuentran en las partes altas, laderas y galerías de selva; los Oxisoles se encuentran en las partes bajas y en las áreas de sabana que son inundables en una parte del año; los Inceptisoles bordean la parte Norte de la sabana, se encuentran en el límite sobre la planicie aluvial del Golfo. En la parte Sureste del estado de Tabasco, se ubica la sabana de Balancán, donde Tépaté (1981), reporta la presencia de Alfisoles y Ultisoles; los Alfisoles, según el autor, se encuentran abarcando la mayor superficie de la sabana y los Ultisoles se presentan en la transición de sabana y suelos aún no sabanizados.

### Características

Los escasos trabajos realizados en las sabanas de México reportan valores de acidez inferiores a 5.5, concentraciones altas de fierro y aluminio, nitrógeno total pobre y fósforo asimilable extremadamente pobre, por otro lado, el porcentaje de saturación de bases (%S.B.) varía de <35% en los Ultisoles (Huimanguillo) y >35% en los Alfisoles en Balancán, Palma, et al (1979) y Tépaté (1981).

Asimismo, se menciona que las texturas son de migajón arenosa en la parte superior y arcillosa en la parte inferior del perfil, lo cual provoca un deficiente drenaje en estos suelos en la época de lluvias que comprende de junio a noviembre.

### Area Tropical de México (Ubicación)

En función de las condiciones climáticas, posición latitudinal y de altitud, Brambila (1955), define el área tropical

de la República Mexicana; abarca los Estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Morelos, Nayarit, Jalisco, Colima, Sinaloa y Tamaulipas; Torres, et al (1978), menciona que esta área representa, en forma aproximada, el 28.9% del territorio nacional, cubriendo una superficie de 570,066.08 km<sup>2</sup>.

Ortiz (1955), define el área tropical de México en función de las condiciones climáticas, a su vez, identifica cuatro grupos de suelos: Lateríticos, Rendzinas, Gley, Terra Rosa y Pradera. Menciona que en los Estados de Veracruz, Tabasco y la región Costera de Nayarit se presentan los suelos lateríticos. Los suelos de Rendzina se presentan al Sur de Quintana Roo, Sureste de Campeche, y en la región costera de Tamaulipas. Los suelos de Gley se presentan en Tabasco y Campeche. La Terra Rosa en la Península de Yucatán y por último los suelos de Pradera, como transición, entre algunos de los anteriormente mencionados. Por otra parte, Aguilera (1955), menciona que los suelos de los Estados de Campeche, Yucatán, zona Norte de Quintana Roo, zona Este de Tabasco y zona Noreste de Chiapas; son suelos litogenéticos, en donde las propiedades químicas de la roca madre predominan sobre las influencias climáticas. Bassols (1977), menciona que las tierras rojas y amarillas que se forman en los climas tropicales ocupan el Centro y Norte de la Península de Yucatán; los suelos lateríticos abarcan el Sur de Veracruz; las costas de Nayarit y porciones de la Sierra Norte de Chiapas; los suelos de Gley se encuentran en Tabasco, Sureste de Veracruz, extremo Sur de Campeche, así como, al Norte y Oriente de Chiapas. Por último, los suelos de Rendzina se presentan al Sur de la Península de Yucatán y en la parte oriental y Sur de Tamaulipas.

### Estado de Tabasco

Se ha mencionado en líneas anteriores los factores que están determinando la presencia de fuertes precipitaciones y altas temperaturas que caracterizan a las áreas tropicales. El Estado de Tabasco tiene estas condiciones, al ubicarse en la planicie Suroccidental de la República Mexicana, definida por Bassols (1977), entre el Golfo de México, las estribaciones de las Montañas del Norte de Chiapas, los montes del Istmo Veracruzano y la plataforma calcárea del Sureste. Dentro de esta extensa planicie, el Estado de Tabasco abarca una superficie de 24,661 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 1.25 del territorio nacional, enmarcada por las poderosas corrientes fluviales del sistema Grijalva-Usumacinta y Tonalá.

### División Municipal y Regional

El Estado de Tabasco está integrado por 17 municipios, los cuales se agrupan para conformar cuatro áreas geográficas regionales. Los municipios que lo integran son: Huimanguillo, Centla, Balancán, Tenosique, Macuspana, Cárdenas, Centro, Jonuta, Cunduacán, Tacotalpa, Emiliano Zapata, Teapa, Paraíso, Jalapa, Nacajuca, Comalcalco y Jalpa (Cuadro 1). Las áreas geográficas regionales son: Región de los Ríos, Región de la Chontalpa, Región de la Sierra y Región del Centro (Cuadro 2). Los Municipios de Centla, Balancán, Tenosique, Jonuta y Emiliano Zapata



integran la Región de los Ríos, ubicándose en la parte Suroriental de Tabasco, abarcando una superficie de 10,426.61 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 42.28% del área total del estado (Cuadro 3). La región de la Chontalpa, se ubica en la porción Suroccidental del estado, se integra por Huimanguillo, Cárdenas, Cunduacán, Paraíso, Nacajuca, Comalcalco y Jalpa, cubriendo una extensión territorial de 8,407.74 km<sup>2</sup>, correspondiendo al 34.09% del área estatal. Por otra parte, en la porción Centro-Sur del Estado de Tabasco, se ubican dos regiones: de la Sierra y del Centro. La Región de la Sierra, tiene una extensión territorial de 4,060.77 km<sup>2</sup>, abarcando los Municipios de Macuspana, Tacotalpa, Teapa y Jalapa; representando el 16.47% de la superficie tabasqueña. Por último, la Región del Centro con el 7.16% del área total, cubre una superficie de 1,765.88 km<sup>2</sup>, integrada por el municipio del mismo nombre.

Cuadro 1. División Municipal y Superficie Total

Orden	Municipio	Superficie (km <sup>2</sup> )	% total
1	Huimanguillo	3,587.98	14.55
2	Centla	3,245.54	13.16
3	Balancán	3,237.87	13.13
4	Tenosique	2,098.10	8.51
5	Macuspana	2,067.44	8.38
6	Cárdenas	1,970.32	7.99
7	Centro	1,765.88	7.16
8	Jonuta	1,101.44	4.47
9	Cunduacán	1,017.11	4.13
10	Tacotalpa	794.77	3.23
11	Emiliano Zapata	743.66	3.01
12	Teapa	679.78	2.76
13	Paraíso	577.55	2.34
14	Jalapa	518.78	2.10
15	Nacajuca	452.33	1.83
16	Comalcalco	426.78	1.73
17	Jalpa	375.67	1.52
	Total	24,661.00	100.00

Cuadro 2. División Regional y Superficie Total

## I. Región de los Ríos

Municipio	Superficie (km <sup>2</sup> )	% Total
Centla	3,245.54	13.16
Balancán	3,237.87	13.13
Tenosique	2,098.10	8.51
Jonuta	1,101.44	4.47
Emiliano Zapata	743.66	3.01
Total	10,426.61	42.28

## II. Región de la Chontalpa

Municipio	Superficie (km <sup>2</sup> )	% Total
Huimanguillo	3,587.98	14.55
Cárdenas	1,970.32	7.99
Cunduacán	1,017.11	4.13

Paraíso	577.55	2.34
Nacajuca	452.33	1.83
Comalcalco	426.78	1.73
Jalpa	375.67	1.52
Total	8,407.74	34.09

## III. Región de la Sierra

Municipio	Superficie (km <sup>2</sup> )	% Total
Macuspana	2,067.44	8.38
Tacotalpa	794.77	3.23
Teapa	679.78	2.76
Jalapa	518.78	2.10
Total	4,060.77	16.47

## IV. Región del Centro

Municipio	Superficie (km <sup>2</sup> )	% Total
Centro	1,765.88	7.16

Cuadro 3. División Regional y Superficie Total

Región	Superficie (km <sup>2</sup> )	% Total
I Región de los Ríos	10,426.61	42.28
II Región de la Chontalpa	8,407.74	34.09
III Región de la Sierra	4,060.77	16.47
IV Región del Centro	1,765.88	7.16
Total	24,661.00	100.00

## III. Materiales y Métodos (Metodología)

## El Área de Estudio (Localización)

La Región de los Ríos de Tabasco, comprende los municipios de Balancán, Tenosique, Emiliano Zapata, Jonuta y Centla; cubren en total una superficie de 10,426.61 km<sup>2</sup>. Esta área limita al Norte con el Estado de Campeche y en forma natural con el Golfo de México; por el Este con los límites internacionales de la República de Guatemala; al Sur con los límites políticos del Estado de Chiapas y por último al Oeste con los límites municipales de Paraíso, Jalpa, Nacajuca, Centro y Macuspana.

Geográficamente, los terrenos que abarca el área de estudio se hallan en la parte Norte del Ecuador entre las latitudes 16°06' y 18°38', y las longitudes 90°20' y 93°08' Oeste, con referencia al Meridiano de Greenwich.

## Clima

Las condiciones climáticas que se presentan en la Región de los Ríos son resultado de varios factores que interactúan, conformando el tipo climático dominante en la región cálido-húmeda de México, destacando: la localización geográfica dentro de la faja intertropical, que se caracteriza por la presencia de altas precipitaciones y elevadas temperaturas, su cercanía al Golfo de México; por



último, la masa continental se halla en la dirección de los vientos alisios y de las masas frías y húmedas invernales.

Contreras (1979) reporta para la Región de los Ríos los subtipos climáticos Am(f), Af(m) y Am; señalando que el Am se presenta al Oriente del Municipio de Balancán, Tab.; prolongándose al Estado de Campeche. El Af(m) se presenta en la porción Sur del Municipio de Tenosique, en la zona de sierra, caracterizándose por ser cálido-húmedo y presentar lluvia todo el año, porcentaje de lluvia invernal menor de 18 y la precipitación del mes más seco, nunca es inferior a 50 mm. Por último el subtipo Am(f) se presenta en toda la superficie restante de la Región de los Ríos, en la zona plana y plana ondulada, y se caracteriza por ser cálido-húmedo, presentar lluvia todo el año, los porcentajes de lluvia invernal son de 10.2 y 18, la precipitación del mes más seco es inferior a 60 mm.

### Geomorfología

Es innegable que los factores formadores de los suelos se encuentran actuando en forma interrelacionada —en espacio y tiempo—, es así como el material parental que se distribuye en la Región de los Ríos no escapa a esta interrelación, en donde el relieve, la vegetación y la acción del hombre, en la transformación de su medio ambiente, son determinantes en la formación y transformación del recurso suelo, dependiendo éste del uso y manejo que se le asigne. Al interior de la masa continental de Tabasco y en particular la Región de los Ríos, están cubiertas en su mayor parte por sedimentos de origen aluvial del Periodo Cuaternario. Fisk (1938) y Russell (1940) citados por West, et al (1976) llegaron a la conclusión "que las fluctuaciones del nivel del mar en el pleistoceno y las subsecuentes alteraciones del nivel básico para los sistemas de drenaje que conducen al Golfo de México, causaron la erosión cíclica y la sedimentación de la llanura aluvial", esta llanura aluvial, es surcada por el Río Usumacinta, conformando en su recorrido numerosos cuerpos de agua, acentuándose esta característica al confluir con el Río Grijalva en el punto denominado "Tres Brazos", hasta su desembocadura al Golfo de México. Es de capital importancia la gran actividad de la cuenca hidrológica Grijalva-Usumacinta en la formación de los suelos, por el continuo arrastre y depositación de sedimentos, originando con ello la presencia de los suelos más jóvenes y a su vez condicionando y en un momento dado, determinando la actividad productiva del hombre; por otro lado, al Sur del Municipio de Tenosique se levanta un conjunto de sierras cuyas elevaciones no sobrepasan los 1,000 m.a.s.n.m., de naturaleza calcárea del Terciario, es decir, con un origen histórico que se remonta de los 35 a 55 millones de años (Oligoceno y Eoceno). Estas capas geológicas del Terciario se prolongan al Sureste de Balancán y Tenosique, conformando un relieve plano-ondulado, constituyendo el sustrato geológico por donde el caudal del Río San Pedro inicia su recorrido en territorio mexicano.

### Hidrología

El área estudiada se caracteriza por la presencia del Río Usumacinta, cuya formación se remonta en tierras guatemaltecas y cristaliza su formación en el punto denominado "Tres Naciones", con la unión de los Ríos Chixoy y Lacantún. El Río Usumacinta, constituye por más de 300 km los límites internacionales entre la República de Guatemala y México. Ingresa completamente a territorio mexicano por la parte Sur del Municipio de Tenosique, Tab., aguas abajo de Tenosique el Usumacinta recibe por su margen derecha las aportaciones del San Pedro, que proviene de la República de Guatemala, continúa con dirección Noroeste y antes de llegar al Golfo de México, para su desembocadura, "se divide en tres cauces principales conocidos, el del Este como Río Palizada, el del Centro como Río San Pedro y San Pablo y el del Oeste conserva el nombre de Usumacinta y va a unirse al Grijalva en el sitio llamado "Tres Brazos". S.R.H. (1969). El Palizada, que se desprende aguas arriba de la Ciudad de Jonuta, desagüa en la Laguna de Términos y, el San Pedro y San Pablo, que se desprende aguas abajo de la misma ciudad, actúa durante parte de su recorrido como límite político entre los Estados de Tabasco y Campeche, antes de desembocar directamente al Golfo de México.

Por otro lado, tenemos al Grijalva, caudaloso río que se origina en la República de Guatemala, atraviesa el Estado de Chiapas y entra a Tabasco por la parte Sur del Municipio de Huimanguillo con dirección hacia el Norte, entra a la Planicie Costera, donde su caudal sufre varias desviaciones y desemboca en el Golfo de México, habiendo recibido las aportaciones del Usumacinta.

La cuenta Grijalva-Usumacinta ha contribuido lenta y paulatinamente en la conformación —por medio de los procesos de erosión y sedimentación—, de la planicie tabasqueña y por ende se convierte en un elemento importante, el hidrológico, en la conformación de los suelos más jóvenes; donde el hombre aplicando la relación costo/beneficio, determina el uso de los mismos, y es, en estos suelos aluviales donde van a prosperar procesos productivos como: el plátano, cacao y caña; así como la ganadería de cría, doble propósito y engorda.

### Suelos

Escasos estudios sobre el sustrato edáfico se han realizado en la Región de los Ríos. CETENAL (1976), define a ocho unidades de suelo, donde los suelos de Gley y Fluvisol abarcan la mayor superficie del área de estudio, comprendiendo los Municipios de Centla, Jonuta, Emiliano Zapata y la parte occidental de los Municipios de Balancán y Tenosique. En la parte oriental de estos dos últimos Municipios se presenta un mosaico de suelos, donde predominan las Rendzinas y vertisoles y en menor medida el Litosol, Acrisol y Regosol. Tépaté (1981), reporta en su estudio a dos unidades, Acrisol y Luvisol, que comprenden a la sabana de Balancán; por otro lado, la S.P.P. (1981), menciona a 10 unidades de suelo que cubren el área de estudio; cubriendo el litoral costero los regosoles y gleysoles; por la parte Sur del litoral se presentan los fluviosoles y gleysoles; las tres unidades mencionadas abarcan los Municipios de Centla y Jonuta. En la porción Suroriental del área, se



presenta un mosaico de suelos, comprendiendo a los municipios de Balancán, Emiliano Zapata y Tenosique; donde se presentan las unidades siguientes: Rendzina, Vertisol, Arensol, Nitosol, Acrisol, Feozem y Luvisol.

### Vegetación

Dentro de la Región de los Ríos hacen presencia un mosaico diverso de asociaciones vegetales, mismas que responden a una serie de factores naturales que las condicionan y determinan, hallándose indisolublemente interrelacionados; es por ello que se explica la presencia del mangle, en sus distintas especies (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus*) en la desembocadura de los ríos al mar, incluso se nota su presencia antes, aguas arriba de su desembocadura, hasta donde las aguas están fuertemente afectadas por condiciones salinas, incluso esta asociación vegetativa, debido al espacio, se presenta con mayor compacticidad en torno a las orillas de las lagunas costeras. Por otro lado, respecto a la formación de los suelos en que prospera esta comunidad, Miranda (1952) citado por López (1981), sostiene que: "como los movimientos del agua se aminoran hasta hacerse casi nulos entre las raíces del manglar, las partículas de tierra en suspensión se van depositando poco a poco y el nivel del lodo se eleva. Con el tiempo este termina por emerger y al endurecerse por evaporación permitirá la vida de otras plantas. De esta manera por acción de los manglares se van ganando terreno al mar". Esta comunidad vegetal, se presenta dentro del Municipio de Centla, este municipio, Jonuta y Emiliano Zapata, presentan gran número de cuerpos de agua, mismos que al desbordarse el Río Usumacinta se constituyeron, así como por la confluencia de este río con el Grijalva, es por ello que en estos lugares prosperan comunidades hidrófitas como es la espadaña (*Typha latifolia*) que se encuentra constituyendo masas puras, por otro lado se tiene el jacinto de agua (*Eichhornia grassipes*), así como el tinto (*Haematoxylum campechianum*) que se encuentra constituyendo masas puras, y al tasiste (*Pawrotis wrightii*) y por último el popay y el molinillo (*Thalia geniculata*) y (*Cyperus giganteus*), respectivamente. Esta comunidad hidrófita se haya establecida sobre sedimentos aluviales y con presencia de agua durante todo el año, observándose una disminución del nivel en los meses que abarca la sequía, es decir, en marzo, abril y mayo. Por otro lado, ante esta situación de anegamiento permanente, la actividad productiva del hombre se concentra en tres aspectos básicos: 1) La pesca, tanto de quelonios como de peces, 2) La ganadería de cría, de doble propósito y de engorda; desarrollándose ésta sobre pastos nativos e introducidos, entre los pastos nativos destacan los siguientes: *Paspalum fasciculatum*, *Eragrostis repans*, *Paspalum vaginatum* y dentro de los introducidos se destaca por su tolerancia al agua el *Echinochloa polystachya*, y en áreas más drenadas el *Cynodon nlemfuensis*; 3) La venta de la fuerza de trabajo, realizándose ésta en las diferentes compañías constructoras de PEMEX y a los grandes finqueros.

Por otro lado, en los Municipios de Balancán, parte de Jonuta y Emiliano Zapata se desarrolla una comunidad

vegetativa de sabana; con presencia de güiro o jícaro *Crescentia cujete*, tasiste *Pawrotis wrightii*, tachichón o raspaviejo *Curatella americana* y encino tropical *Quercus oleoides*. Por último, se observan también elementos de pukté *Bucida buceras* y tocoi *Coccoloba barbadensis*.

Asimismo, en la parte Este del Municipio de Tenosique se observa una comunidad vegetativa compuesta de pukté *Bucida buceras*, con presencia de elementos de jaguacte *Bactris baculifera*. Por otro lado, esta comunidad se halla sobre suelos con mucha humedad y por ende de drenaje deficiente.

Por la parte Sur del Municipio de Tenosique, se reporta que existió una selva alta perennifolia de canshán *Terminalia amazonia*, López (1980). Sin embargo, en la actualidad se observan acahuals de diferentes edades y relictos aislados de guapaque *Dialum guianense* y chicozapote *Manilkara zapota*, etc.

### Materiales (Actividades de Gabinete)

#### Análisis del Material Cartográfico

Un aspecto fundamental dentro del proceso investigativo, constituyeron los materiales cartográficos. Para el área de estudio se revisaron mapas de vegetación, geológicos, climáticos y topográficos, así como, fotografías aéreas en blanco y negro escala 1:65,000.

#### Interpretación de los Resultados de Laboratorio y Análisis de los Perfiles de Suelo

Los datos de laboratorio conjuntamente con los datos de campo de cada uno de los perfiles de suelo, se analizaron e interpretaron interrelacionando siempre el medio ambiente en general y la producción agrícola, que se desarrolla en la Región de los Ríos, en particular.

#### Clasificación y Cartografía de los Suelos

Para llevar a cabo la clasificación de los suelos del área de estudio, se empleó el sistema para clasificar suelos del mundo de la FAO/UNESCO, Dudal (1968), así como la taxonomía americana, Soil Survey Staff (1975); estos sistemas de clasificación de suelos son los más empleados en el mundo y en la República Mexicana, es por ello que fueron empleados durante el trabajo.

Una vez definidas las unidades de clasificación, se procedió a su cartografía en un mapa base escala 1:500,000.

#### Elaboración de la Memoria

Los resultados finales del trabajo desarrollado están siendo plasmados en un documento final.

#### Actividades de Campo (Recorrido preliminar)

Con la finalidad de ubicar la variación de los factores naturales (relieve, geología, vegetación, hidrología, los suelos y su uso actual) que integran el paisaje del área de estudio, se efectuaron recorridos terrestres empleando para ello, la cartografía en general.

#### Ubicación de los Pozos Pedológicos

Conocidos los parámetros anteriores, a través de la cartografía y recorridos terrestres, se procedió a ubicar en un mapa escala 1:500,000, los sitios donde serían abiertos los



pozos pedológicos, tomando como criterio el relieve, geología, vegetación y uso del suelo.

#### Apertura y Descripción de Perfiles y toma de Muestras

Una vez ubicados los sitios de observación tomando como base los criterios mencionados anteriormente, se procedió a la apertura, descripción y toma de muestras de los perfiles. Para caracterizar los suelos, se procedió a describir los perfiles, de acuerdo con Cuanalo (1972). Las muestras de suelo colectadas en cada horizonte identificado, fueron enviadas al laboratorio de suelos del Colegio Superior de Agricultura Tropical en H. Cárdenas, Tab.

#### Cotejo de las Clases de Suelo

Una vez definidas las diferentes clases de suelos encontrados en la Región de los Ríos, se procedió a cotejarlas por medio de barrenaciones, teniendo como base la cartografía.

#### Actividades de Laboratorio (Análisis Físicos y Químicos de las Muestras de Suelo)

Las muestras de suelo colectadas en cada perfil se enviaron al laboratorio de análisis de suelos del Colegio Superior de Agricultura Tropical en H. Cárdenas, Tab., en donde se determinaron para cada muestra, las siguientes propiedades físicas y químicas:

##### Propiedades Físicas: Textura

Propiedades Químicas: pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo aprovechable, calcio y magnesio intercambiables, potasio y sodio intercambiables y capacidad de intercambio de cationes.

##### Textura y pH

La textura fue determinada mediante el método de Hidrómetro de Bouyoucus. La reacción del suelo (pH) fue determinada en agua y también en KCL 0.01 M; se utilizó una relación suelo-líquido de 1:2.5 y se midió con un potenciómetro de electrodo de vidrio.

##### Materia Orgánica

Para su determinación fue empleado el método de combustión húmeda de Walkley-Black, siendo éste, modificado por Walkley (1974), el cual se basa en la oxidación de la materia orgánica con dicromato de potasio, titulando el exceso de éste con sulfato ferroso.

##### Fósforo aprovechable

Para la determinación de este elemento fue empleado el Método de Bray H (1945), el cual usa como solución extractora una solución 0.1 de HCL más 0.03 N de  $NH_4F$  (Fluoruro de amonio). Asimismo fue empleado, en menor medida, el método de Brey I (1945), el cual usa como solución extractora una solución 0.025 N de HCL más 0.03 N de  $NH_4F$  (Fluoruro de amonio).

##### Calcio y Magnesio Intercambiables

Se extrajeron acetato de amonio 1 N a pH-7 y después se determinaron por titulación con EDTA, según el método de Dielh et al (1950).

#### Potasio y Sodio Intercambiable

La extracción se hizo con acetato de amonio 1 N con pH-7, y después se cuantificaron los resultados por medio del flamómetro Coleman, según el método propuesto por Pratt (1965).

#### Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)

Para su determinación se empleó acetato de amonio como solución extractora de acuerdo con el método de Bouwer et al (1952).

Con la información de laboratorio, aunado con la de campo, fueron base para la clasificación de suelos.

### IV. Resultados

#### Identificación y Clasificación

Se analizaron 40 perfiles de suelo, dentro del área que comprende la Región de los Ríos del Estado de Tabasco, la distribución de los perfiles fue en función de los criterios de relieve, geología, vegetación y uso del suelo. Asimismo se analizaron las propiedades físicas y químicas de cada uno de los perfiles, lo cual permitió la identificación y clasificación de los siguientes seis órdenes y nueve unidades de suelo, de acuerdo a los sistemas de clasificación americano y FAO/UNESCO respectivamente.

Cuadro 4. Clasificación de los Suelos de la Región de los Ríos, Tab., por los Sistemas de Clasificación Americano, Soil Survey Staff (1975) y FAO/UNESCO, Dudal (1968)

Sistema Americano, Soil Survey Staff (1975)		
Soil Survey Staff (1975)	FAO/UNESCO (1968)	
Orden	Suborden	Gran Grupo
Entisol	Psamment	Tropopsamment
	Fluvent	Tropofluvent
		Udifluvent
Molisol	Rendall	
	Udoll	Argiudoll
	Aquoll	Haplaquoll
Alfisol	Udalf	Tropudalf
	Aqualf	Umbrqualf
Ultisol	Udult	Rhodudult
		Tropudult
	Humult	Tropohumult
Inceptisol	Ochrept	Dystrochrept
		Eutrochrept
	Tropept	Eutropept
	Aquept	Tropaquept
Vertisol	Udert	Peludert



## Continuación Cuadro 4.

Soil Survey Staff (1975)	FAO/UNESCO (1968)	
Subgrupo	Unidad	Subunidad
Tipic Tropopsamment	Regosol	Regosol Eutrico
Hidric Tropopsamment	Regosol	Regosol Calcárico
		Regosol Eutrico
Hidric Tropofluent	Fluvisol	Fluvisol Gleyico
Tipic Udifluent	Fluvisol	Fluvisol Eutrico
Arenic Udifluent	Rendzina	Fluvisol Eutrico
	Fluvisol	Rendzina
Litic Argiudoll	Feozem	Feozem Calcárico
Gleyic Haplaquoll	Gleysol	Feozem Luvico
Entic Haplaquoll	Feozem	Gleysol Mólico
		Feozem Hoplico
		Feozem Gleyico
Aquic Tropudalf	Luvisol	Luvisol Ortico
Tipic Tropudalf	Luvisol	Luvisol Crómico
Gleyic Tropudalf	Gleysol	Luvisol Gleyico
		Gleysol Eutrico
		Luvisol Brunico
Udolic Umbraqualt	Luvisol	Luvisol Brunico
Tipic Rhodudult	Acrisol	Acrisol Férrico
Cumulic Rhodudult	Acrisol	Acrisol Ortico
Umbric Tropudult	Acrisol	Acrisol Ortico
Arenic Tropudult	Acrisol	Acrisol Cleyico
Tipic Tropohumult	Acrisol	Acrisol Férrico
Tipic Dystrochrept	Acrisol	Acrisol Férrico
Gleyic Eutrochrept	Cambisol	Cambisol Ferrálico
	Gleysol	Gambisol Distrito
		Gleysol Eutrico
Tipic Eutropept	Cambisol	Cambisol Eutrico
Umbric Tropaquept	Regosol	Regosol Eutrico
Tipic Peludert	Vertisol	Vertisol Pélico

Cuadro 5. Relación Subgrupo-Subunidad de Suelos de la Región de los Ríos, Tab., por los Sistemas de Clasificación Americano, Soil Survey Staff (1975) y FAO/UNESCO, Dudal (1968)

Subgrupo	Subunidad	Subgrupo	Subunidad
1.—Tipic Tropopsamment	Regosol Eutrico	10.—Aquic Tropudalf	Luvisol Ortico
2.—Hidric Tropopsamment	Regosol Calcárico	11.—Tipic Tropudalf	Luvisol Crómico
	Regosol Eutrico	12.—Gleyic Tropudalf	Gleysol Eutrico
3.—Hidric Tropofluent	Fluvisoy Gléyico	13.—Udolic Umbraquolf	Luvisol Brúmico
4.—Tipic Udifluent	Fluvisol Eutrico	14.—Tipic Rhodudult	Acrisol Férrico
5.—Arenic Udifluent	Fluvisol Eutrico		Acrisol Ortico
6.—Rendoll*	Rendzina	15.—Cumulic Rhodudult	Acrisol Férrico
7.—Litic Argiudoll	Feozem Calcárico	16.—Umbric Tropudult	Acrisoy Gléyico
	Feozem Luvico	17.—Arenic Tropudult	Acrisol Férrico
8.—Gleyic Haplaquoll	Gleysol Mólico	18.—Tipic Tropohumult	Acrisol Férrico
9.—Entic Haplaquoll	Feozem Haplico	19.—Tipic Dystrochrept	Cambisol Ferrálico
	Feozem Gléyico		Gambisol Distrito
		20.—Gleyic Eutrochrept	Gleysol Eutrico
		21.—Tipic Eutropept	Gambisol Eutrico
		22.—Umbric Tropaquept	Regosol Eutrico
		23.—Tipic Peludert	Vertisol Pélico

\* A nivel suborden. Soil Survey Staff (1975)



## Bibliografía

- Aguilera, H. N. 1955. Los Suelos Tropicales de México, in: Mesas Redondas Sobre Problemas del Trópico Mexicano; Beltrán, E. (ed.). Publ. Inst. Mex. Rec. Nat. Renov. 1: 2-24; México, D. F.
- Bassols, B., A. 1977. Geografía Económica de México. Editorial Trillas. México, D. F.
- Bassols, B., A. 1977. Recursos Naturales de México (Teoría, Conocimiento y Uso). Editorial Nuestro Tiempo. México, D. F.
- Buol, S. W., Hole, F. D. McCracken, R. J. 1980. Soil Genesis and Classification. The Iowa State University Press, Ames USA.
- Bouwer, C. A. et al. 1952. Exchangeable Cation Analysis on Saline and Alkali. Soil Science 73.
- Bray, R. H. and Kurt, L. T. 1945. Determination of Total, Organic and Available Forms of Phosphorus. Soil Science 59.
- Centro Regional Puyacatengo. 1979. Suelos y su Génesis No. 2-3. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- CETENAL. 1976. Estudio de Gran Visión del Estado de Tabasco. Sría. de la Presidencia. México, D. F.
- Cuanalo de la C., H. 1980. Manual para la Descripción de Perfiles. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- Dielh, H. et al 1950. The Versenate Titration for Total Hardness. Journal American Water Works Asos. 45: 40-48.
- Drosdoff, M. et al. 1975. Suelos de las Regiones Tropicales Húmedas. Editorial Marymar. Argentina, S. A.
- Dudal, P. 1968. Determinación de las Unidades de Suelos para el Mapa de Suelos del Mundo. Proyecto-México.
- Falcón de G. I. 1965. Análisis de los Mapas de Distribución de la Población del Estado de Tabasco. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F.
- Guerere, A. A. 1964. El Uso Potencial de los Recursos Renovables en Regiones Tropicales (Un Intento de Aplicación en la Región de Tuxtepec, Oax.). Tesis. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Jackson, M. L. 1976. Análisis Químico de Suelos. Editorial Omega. México, D. F.
- López, M. R. 1980. Tipos de Vegetación y su Distribución en el Estado de Tabasco y Norte de Chiapas. Colección Cuadernos Universitarios. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Miranda, F. 1978. Vegetación de la Península de Yucatán. Colegio de Postgraduados-SARH. 2da. Impresión.
- Nelson, M. 1977. El Aprovechamiento de las Tierras Tropicales en América Latina. Editorial Siglo XXI. México, D. F.
- Ortega, T. E. 1981. Química de Suelos. Depto. de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Ochoa, C. A. et al. 1975. Estudio Socioeconómico de la Agricultura en el Estado de Tabasco. CSAT/SAG. H. Cárdenas, Tab.
- Palma, L. D., Basurto, O. G., Juárez, P. A. y Cisneros, D. J. 1979. Suelo, Clima y Cultivos de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco. Tesis, Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tab.
- Pratt, P. F. 1965. Potassium Exchangeable, in: C. A. Black (ed.) Methods of Soil Analysis; Agronomy No. 9; Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin. USA.
- Pratt, P. F. 1965. Sodium Exchangeable, in: C. A. Black (ed.), Methods of Soil Analysis; Agronomy No. 9; Amer. Soc. Agron.; Madison, Wisconsin. USA.
- Puig, H. 1972. Estudio de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tab.
- Sánchez, P. A. 1976. Properties and Management of Soils in The Tropics. Editorial Wiley-Interscience. North Carolina State University. USA.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1969. Boletín Hidrológico No. 38. Región Hidrológica No. 30 (Grijalva-Usumacinta). Tomo I y II, México, D. F.
- Secretaría de Programación y Presupuesto 1981. Atlas Nacional del Medio Físico; Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. México, D. F.
- Segalen, P. 1961. Suelos de la Zona Intertropical. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Soil Survey Staff 1975. Soil Taxonomy: A Basic System for Making and Interpreting Soil Survey; Soil Conservation Service. Washington, D. C. USA.
- Walkley, A. 1946. A Critical Examination of Rapid Methods for Determining Organic Carbon in Soil —effect— of Variations in Digestion Condition and of Organic Soils Constituent. Soil Science 63.



## ESTUDIO ECOLOGICO DE LOS SUELOS DEL ESTADO DE MORELOS +

Monroy Martínez, R.\*  
Castillo España, P.\*  
Soria Rocha, G.\*  
Maldonado Almanza, B.\*

### RESUMEN

Un estudio de la ecología de los suelos del Estado de Morelos fue desarrollado con el objetivo de proporcionar bases para un uso más racional de los recursos naturales de ese estado. Para determinar el potencial de los suelos para los diferentes tipos de vegetación se utilizó información de las propiedades de los suelos, clima y biota.

### ABSTRACT

A soils study was carried out on the state of Morelos to provided a basis for a more national use of natural resources. Soil's chemical and physical properties were determined to stablish soils potential in supporting different types of vegetation. Wheather and biotical factors were also considered.

El estudio florístico-ecológico del Estado de Morelos surge ante la explotación exagerada a la que han sido sometidos los recursos naturales en los últimos años, partiendo como premisa que el conocimiento de sus características nos permitirá intentar alternativas de manejo tomando en cuenta sus limitantes, pensando en optimizar su uso y crear mecanismos de preservación de la flora, fauna y suelos.

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de los suelos que a la fecha es insuficiente, esto se traduce en un manejo inadecuado con la consecuente disminución en su calidad.

Se han realizado muestreos edáficos en las diferentes localidades del estado con el objeto general de: "Analizar las características fisicoquímicas de los suelos y relacionarlos con los diferentes tipos de vegetación". La profundidad ha sido de 0-20 y 20-40 cms, donde las características de interacción entre suelo-planta son marcadamente significativas.

Nos propusimos además determinar los cambios en las características de los suelos producidos por el efecto de los factores bióticos y otros abióticos como el clima, la altitud a nivel del mar, en el Estado de Morelos presenta fisiográficamente una serie de gradientes que van de más de 4,000 mts. sobre el nivel del mar en las cercanías del Popocatepetl, hasta menos de 1,000 m. en la parte sur, teniéndose que el 80% del estado tiene los rangos más bajos.

La precipitación pluvial anual: para este parámetro existen tres zonas con cierta diversificación en cuanto a la cantidad de lluvia anual recibida, teniendo el mayor con más de 1,200mm. anuales para la parte norte en donde se encuentra incluida la región de Huitzilac y Apasasco, siguiéndole una franja intermedia que incluye las regiones de Cuernavaca, Hueyapan y Atlatlahucan.

Situada en la porción centro y sur del Estado se encuentran los valores entre 1,000 y 1,200 mm. y es lo que constituye la mayor parte del estado y, finalmente, a la altura de Huautla y límites de Tilzapotla tenemos precipitaciones de menos de 1,000.

Temperatura: las cuatro zonas térmicas, varían desde una semifría entre los 5 y los 12° de temperatura media anual localizada en la parte más alta del estado, incluyendo entre otros poblados importantes Apasasco ubicada en la parte noreste influida por los flujos térmicos que se derivan del Popocatepetl y hacia el norte por los escurrimientos del Ajusco.

La segunda zona termina templada entre los 12 y 18°C, se localiza entre lugares como Tres Cumbres y Huitzilac. Avanzando hacia el sur se encuentra la zona semicálida entre los 18 y 22°C, la que incluye a Cuernavaca, Tlayacapan, Ocuilco, Yecapixtla, Ocotepic, etc. Y por último, una cuarta zona cálida que constituye el 60% de la extensión territorial que va de los 22 a los 26°C, incluyendo poblados como Zacatepec, Cuautla, Puente de Ixtla, Axochiapan, Ticuman y otros.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Ing. Agr. Investigador. Coordinación de Investigación. Universidad Autónoma del Edo. de Morelos.



Clima: García (1964) reporta para el estado los siguientes tipos de climas: en la parte sur los cálidos subhúmedos  $AW_0(W)$  y los  $AW_1(W)$ , considerándose al primero como el más abundante en toda la porción central y sur del estado, paralelamente continuando hacia el Norte los  $A(C)(W_1)(W)$  y los  $(A)CW_2(W)$  situados en la franja que va a Cuernavaca, Tlatlahuacan, Tlacotepec y Ocuilco.

El templado  $C(W_2)(W)b$ . Con esta característica climática se encuentra Huitzilac, Tres Cumbres y Tetela del  $CW_2(W)$  semifrío en la parte norte del estado y sur del Volcán. El penúltimo rango climático lo constituye el Ajusco, Apasco se encuentra entre éstos. Finalmente el frío que localizamos en las faltas del Popocatepetl y el norte del estado (EFH).

Dentro de los factores bióticos se encuentra la vegetación silvestre cuyo efecto es determinante en la relación suelo-vegetación. Los tipos de vegetación determinadas hasta el momento son: para la parte norte, el bosque establecido dentro de dos tipos de climas básicamente, el semicálido y el templado, y para la región centro-sur, la selva baja caducifolia cuyo clima corresponde al clima cálido subhúmedo.

Las variables del suelo que se relacionaron con los factores antes mencionados son: pH, Textura, Materia Orgánica, Densidad real, Densidad aparente, porcentaje de porosidad, Color seco y húmedo y Profundidad.

Se tienen trabajadas 50 localidades, 19 para la región norte y 31 para la región centro y sur del estado con un total de 200 muestras de suelo. En cuanto a las profundidades tenemos que para la zona norte del estado se presentan suelos profundos y para la zona sur tenemos suelos someros, que generalmente no sobrepasan de 40 cm., ocasionalmente llegan a ser esqueléticos ya que podemos observar la roca madre aflorante. Estos suelos tienen un alto porcentaje de pedregosidad, del 40% o más en su mayoría.

Para pH se ha encontrado representación de la mayoría de los rangos: en el centro y sur, suelos alcalinos y neutros que corresponden a selvas bajas caducifolias y suelos ácidos localizados en el norte, correspondiendo al bosque.

Se dividieron las localidades muestreadas por rangos de altitud que van de los 2,000 m.s.n.m. en los que encontramos comunidades de bosque con suelos de pH, desde intensamente ácidos hasta los ligeramente ácidos, el segundo rango para localidades entre 1,500 y 2,000 m.s.n.m., en los cuales se tienen pH que van de moderadamente a ligeramente ácidos, estos dos rangos se encuentran incluidos dentro de los bosques con clima templado para el primer rango y semicálido para el segundo.

Tanto el tercer rango como el cuarto corresponden a localidades que van de 1,000 a 1,500 y menos de 1,000 m.s.n.m. con pH neutros a moderadamente alcalinos y corresponden a comunidades de selvas bajas caducifolias con un clima cálido subhúmedo.

Del 100% de muestras tomadas en la comunidad de selva baja caducifolia, el 80.95% de ellas presentan un pH moderadamente alcalino, siendo éste el valor más alto, seguido por el ligeramente alcalino con un 13.09%, y, por último, el neutro con un 5.95% respectivamente.

Dado que el bosque lo encontramos en dos tipos de climas lo dividimos en dos regiones. Del 100% de suelos trabajados para la primera, que corresponde a un clima semicálido el 80% representa pH moderadamente ácido, mientras que el 20% ligeramente ácidos, para la siguiente región corresponde un tipo de clima templado con el 52.63% de los suelos muestreados con pH moderadamente ácidos, seguido por el intensamente ácido con un 28.07 y, por último, el ligeramente ácido con un 19.29 del total de las muestras.

Esta misma relación se hizo tanto para precipitación pluvial anual como para temperatura media anual.

De acuerdo a los resultados obtenidos en lo que respecta al parámetro % de materia orgánica, se observó que los suelos de bosque como de selva baja caducifolia son extremadamente ricos en materia orgánica. Los resultados se presentan relacionándose con los factores abióticos antes descritos.

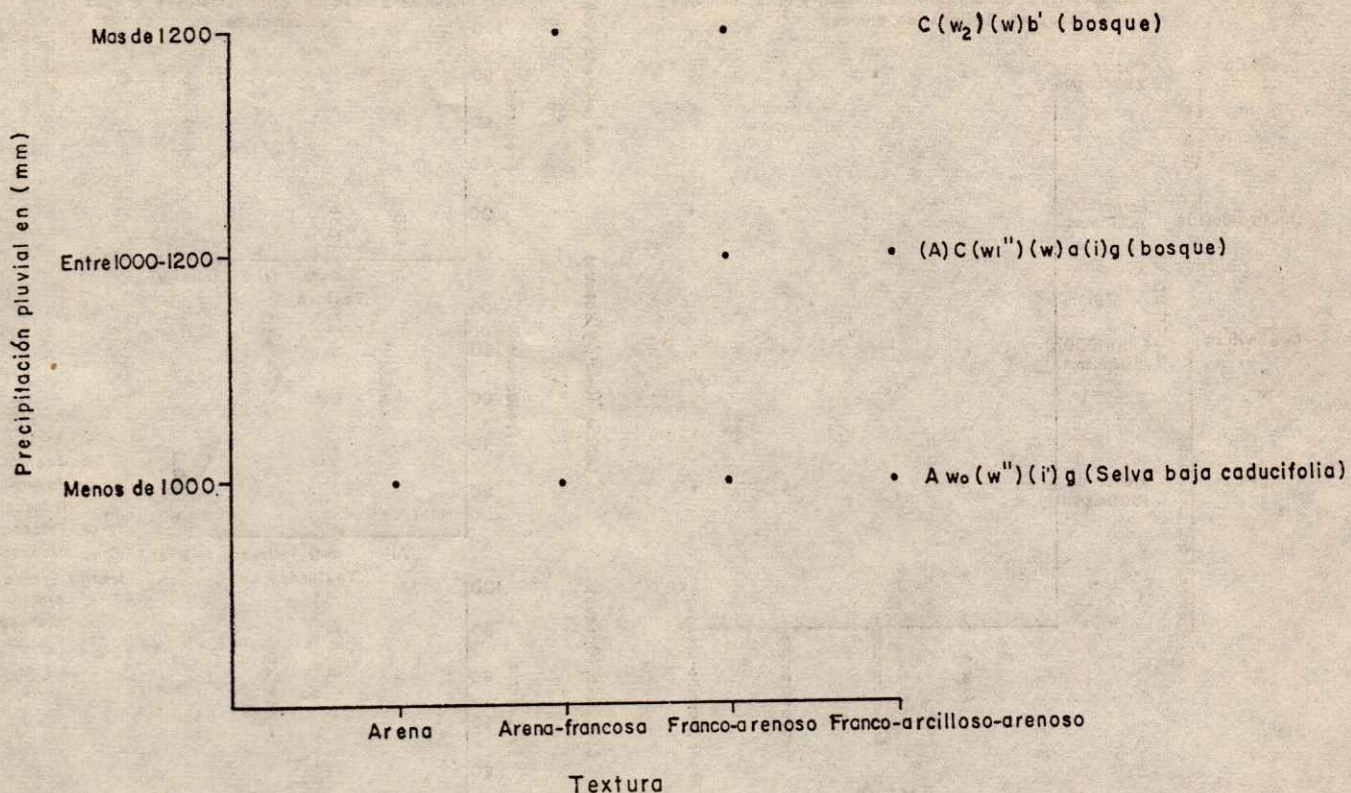
Para el parámetro Textura, se determinaron cuatro grupos texturales que son: Arena, Arena francosa, Franco arenosa y Franco arcillo arenosa. En general se observó una mayor frecuencia para los grupos franco arenosos y franco arcilloso en suelos de selva baja caducifolia y arena francosa para suelos de bosque.

Lo anterior se muestra en la continuación gráfica.

#### Conclusiones parciales:

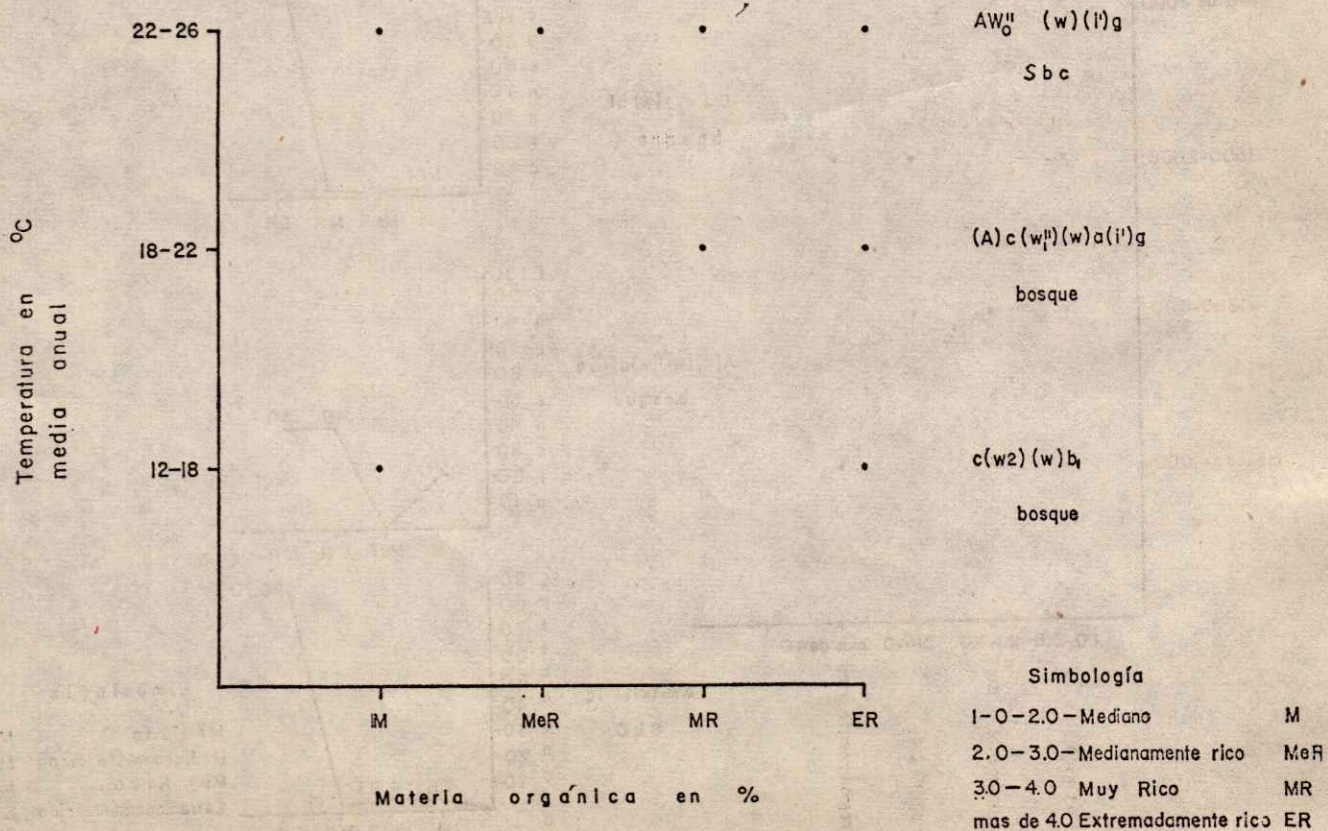
1. Los estudios básicos de los suelos de la vegetación silvestre, resultan un apoyo significativo para tomar decisiones de preservación de éstos.
2. El conocimiento obtenido hasta el momento sugiere algunas líneas de investigación, con el fin de dilucidar algunos temas respecto a las variables trabajadas.
3. Una línea importante sugerida por los resultados consiste en ampliar la investigación hacia la dinámica de los atributos químicos de los suelos.
4. En particular, para el bosque se recomienda estudiar los cambios del suelo durante las etapas de la sucesión secundaria.





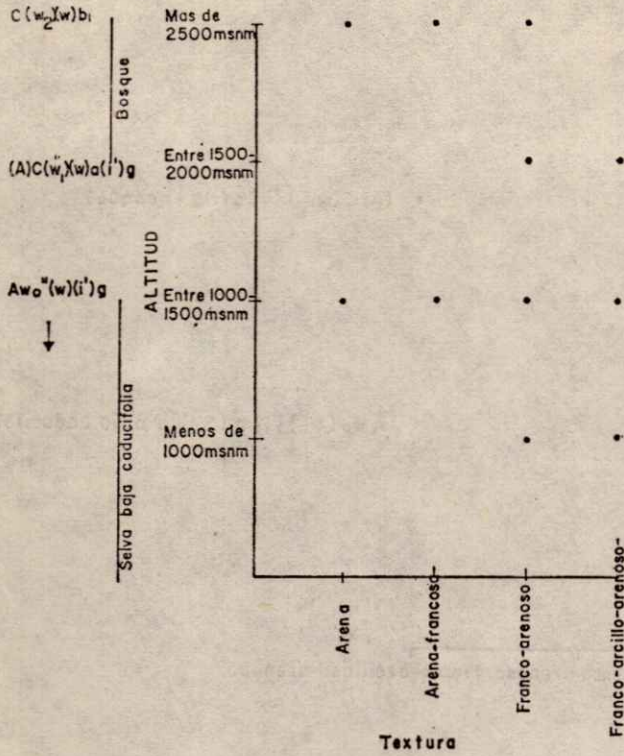
Relación entre grupo Textural y precipitación pluvial de las zonas muestreadas.

Relación de la concentración de materia orgánica en % con la temperatura media anual de las zonas trabajadas

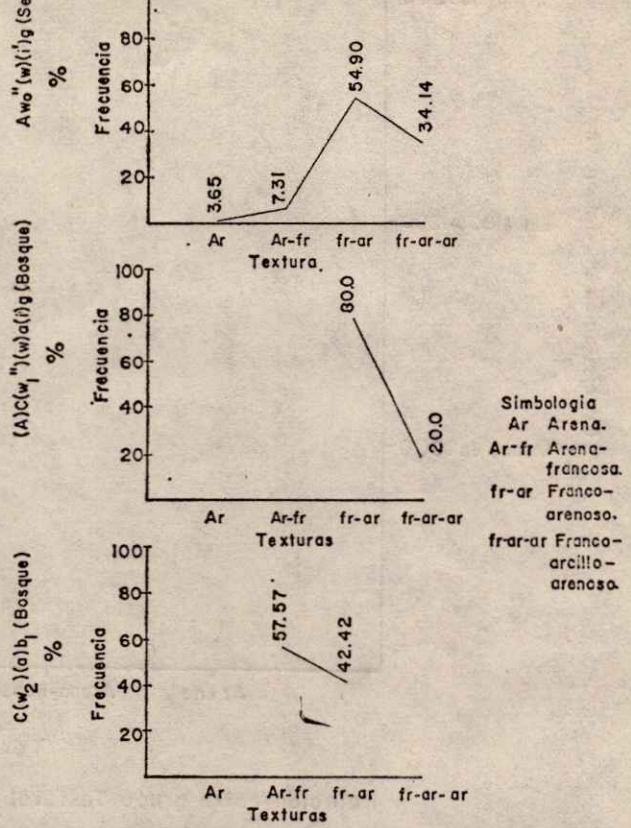




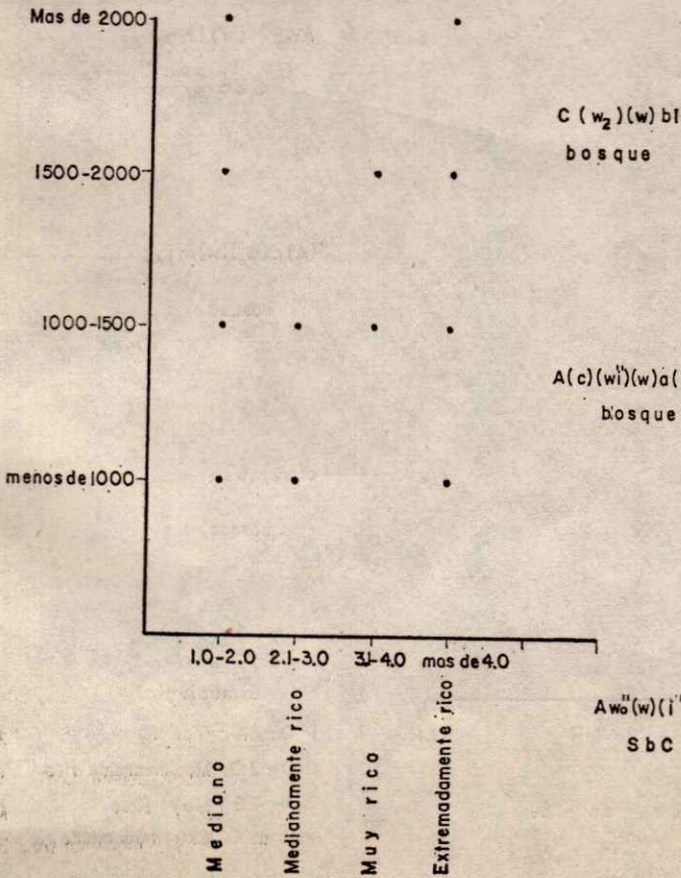
Relación entre diferentes altitudes (msnm) y tipos textuales determinados en 3 tipos de climas.



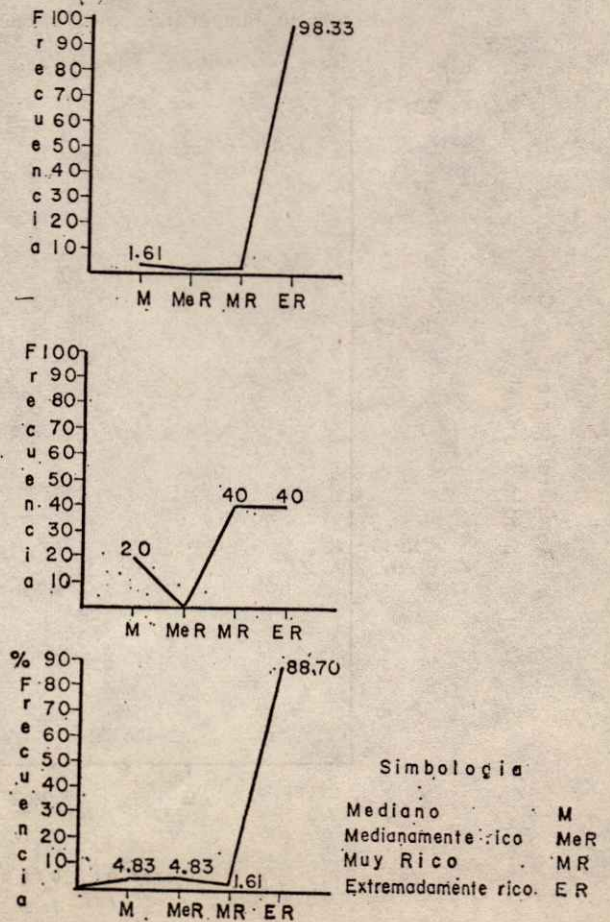
Relación porcentual entre texturas y 3 tipos climáticos.



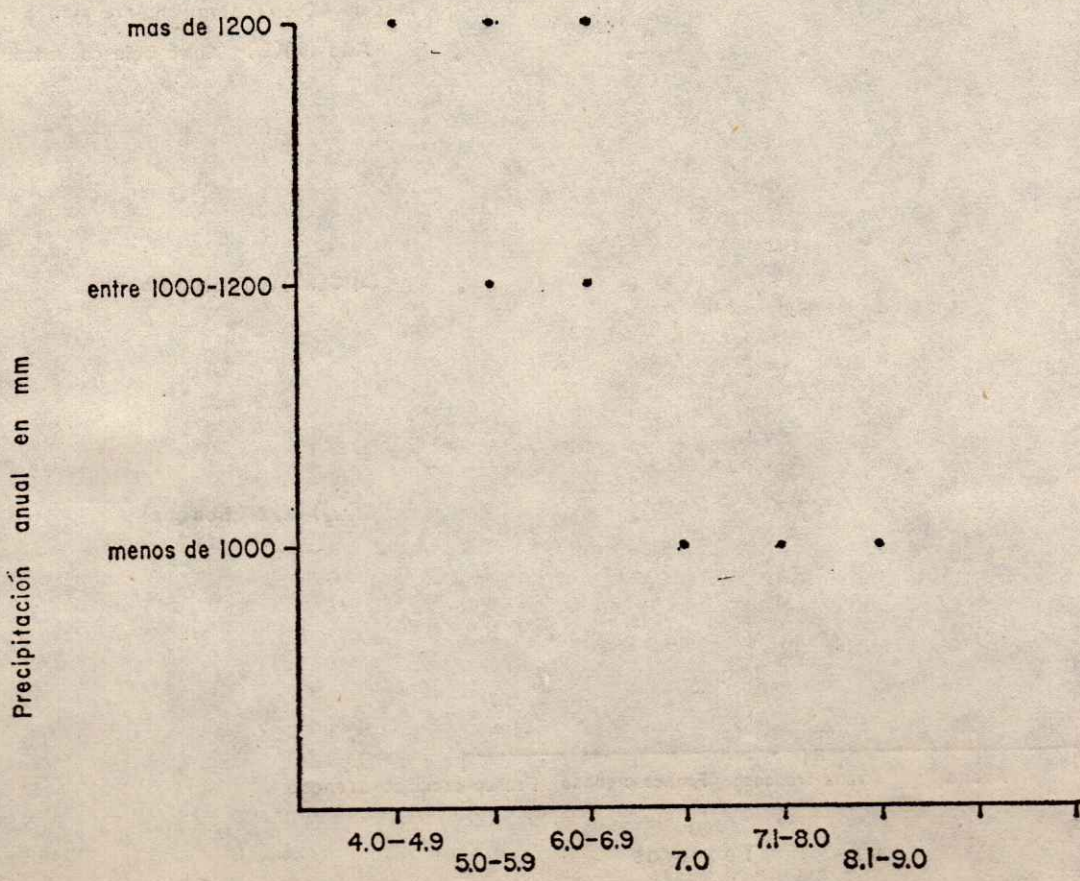
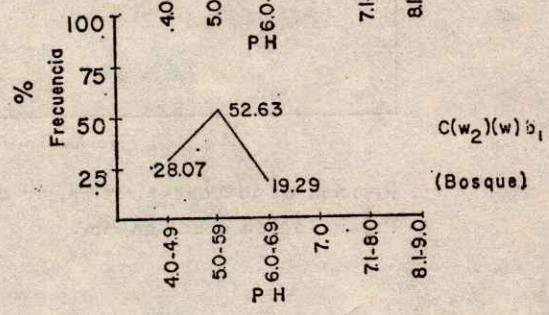
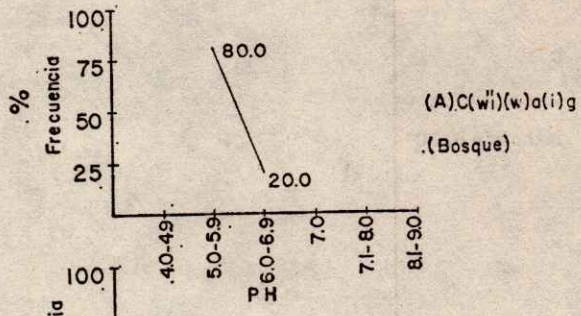
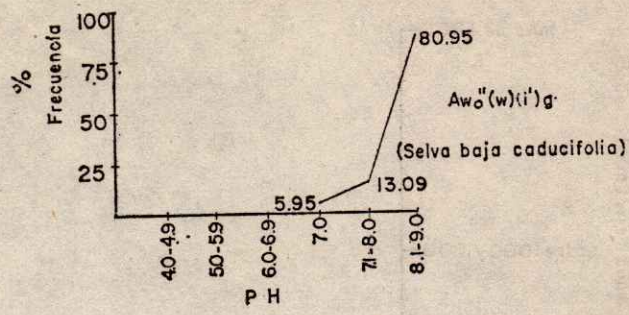
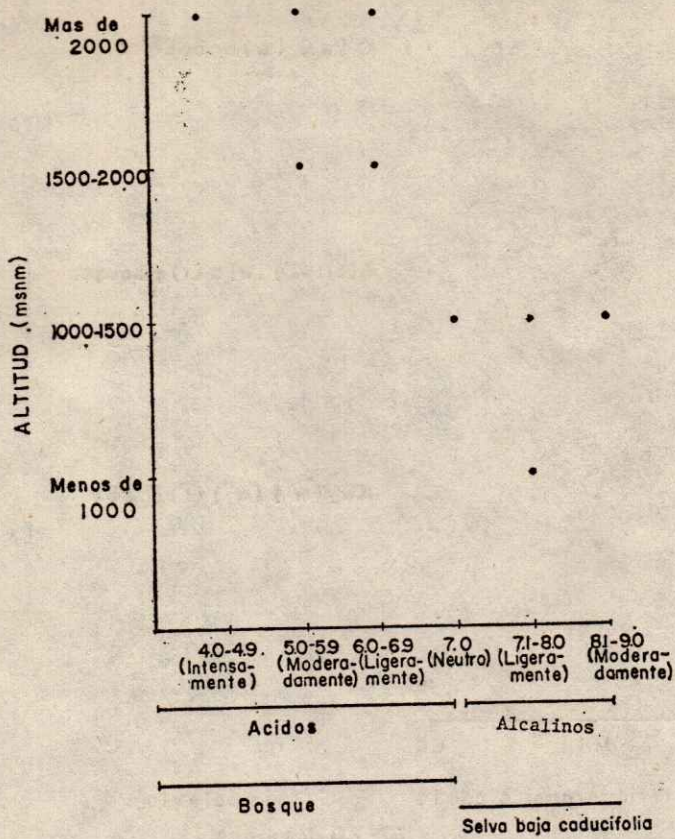
Relación de la altitud con la concentración (%) de Materia orgánica.



Relación porcentual del Contenido (%) de Materia orgánica 3 tipos de clima y vegetación.







$c(w_2)(w)b_1$

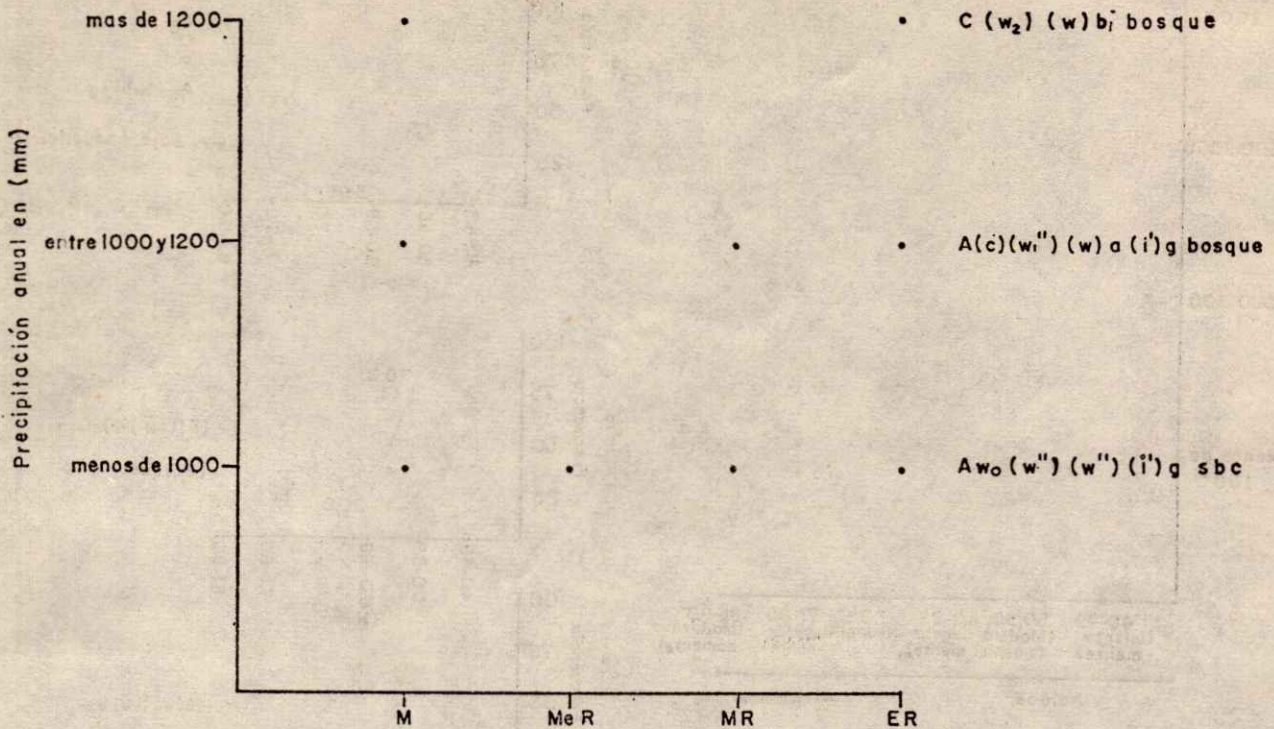
$A(c)(w_i)(w)a(i)g$

$Aw_0''(w)(i)'g$

Relación del PH con la precipitación anual en mm



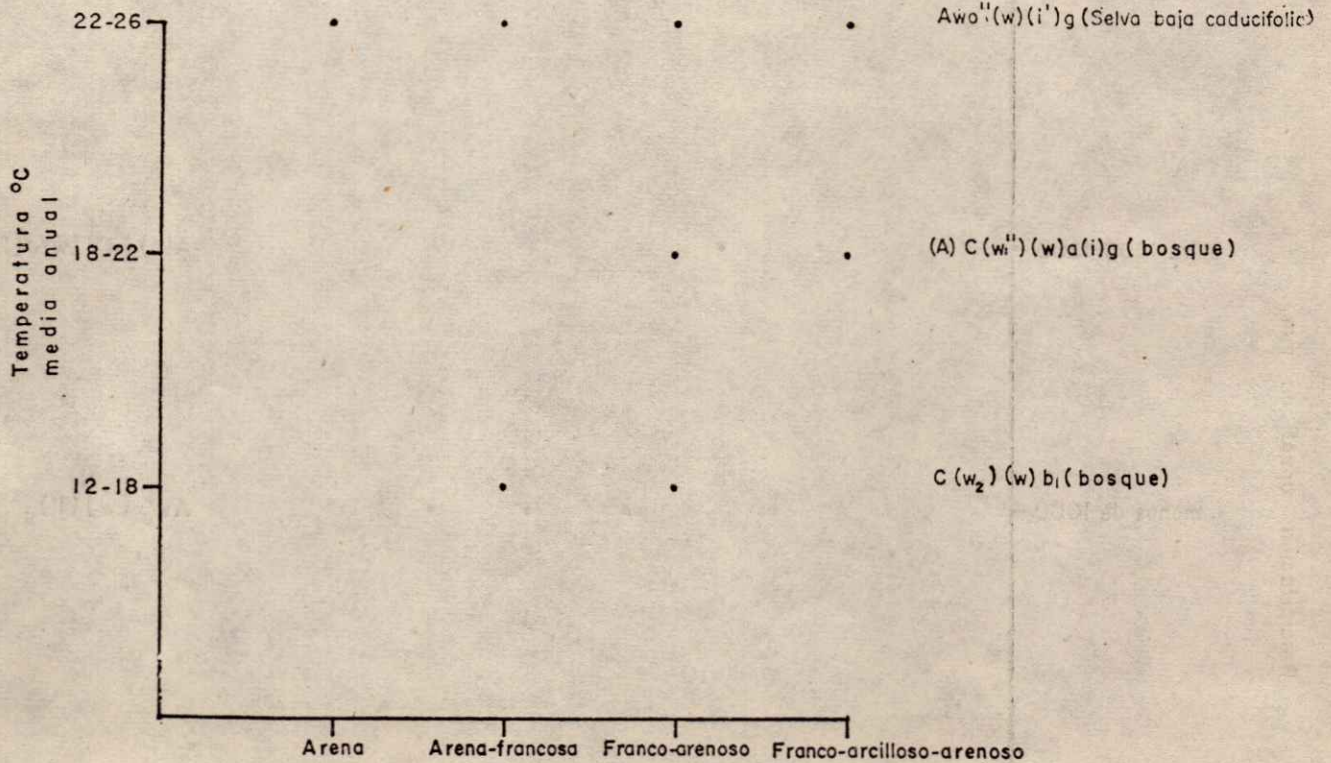
Clima/Vegetación



Relación de la concentración de materia orgánica con la Precipitación anual en mm.

Simbología

- 1.0-2.0 Mediana M
- 2.0-3.0 Medianamente Rico MeR
- 3.0-4.0 Muy Rico MR
- Mas de 4.0 Extremadamente rico ER

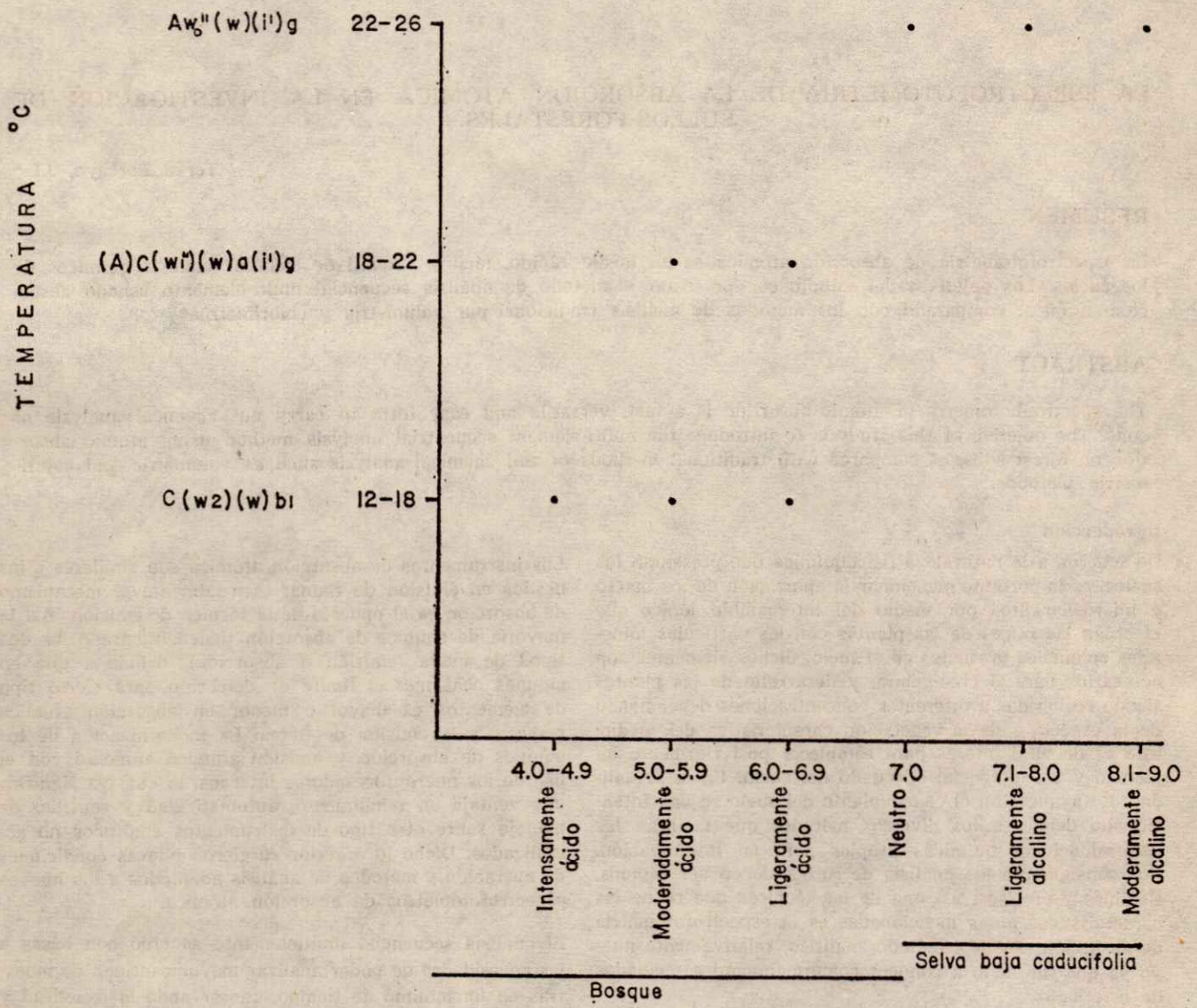


Texturas

Relación entre grupos texturales y temperatura media anual que presentan los diferentes tipos climáticos en estudio.



Relacion entre PH y temperatura media anual de las  
zonas muestreadas





## LA ESPECTROFOTOMETRIA DE LA ABSORCION ATOMICA EN LA INVESTIGACION DE SUELOS FORESTALES +

Terán Porcayo, J.E.\*

### RESUMEN

La espectrofotometría de absorción atómica es un medio rápido, fácil y versátil de efectuar análisis químicos de los suelos. Los objetivos del estudio son presentar el método de análisis secuencial multi-elemento usando absorción atómica, comparado con los métodos de análisis tradicional por volumetría y colorimetría.

### ABSTRACT

The spectrophotometry of atomic absorption is a fast, versatile and easy form to carry out chemical analysis of soils. The objective of this study is to introduce the multi-element sequential analysis method using atomic absorption on forest soils, as compared with traditional methods of soil chemical analysis such as volumetric and colorimetric methods.

### Introducción

De acuerdo a la naturaleza fisicoquímica que presentan los suelos, es importante mencionar la aportación de los macro y microelementos por medio del intercambio iónico que efectúan las raíces de las plantas con las partículas minerales coloidales presentes en el suelo; dichos elementos son necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas siendo requeridas a diferentes concentraciones dependiendo de la especie o de la vegetación característica del medio, esto es de vital interés para establecer posteriormente un manejo y uso potencial adecuado del suelo. En la actualidad, los avances en el conocimiento del suelo se han intensificado debido a los diversos métodos que facilitan las determinaciones químicas propias para su investigación. Por consiguiente los análisis de rutina deben ser rápidos, flexibles y precisos; así una de las técnicas que reúne las características antes mencionadas es la espectrofotometría de absorción atómica, método analítico, relativamente nuevo ya que fue dado a conocer comercialmente a mediados de este siglo.

El proceso de la absorción atómica involucra la transferencia de un átomo con una configuración orbital estable (estado basal) a un nivel electrónico menos estable (excitado), por medio de la absorción de energía luminosa, que es emitida a cierta longitud de onda que es característica para el átomo que va a ser promovido. La capacidad de un átomo para absorber luz en varias longitudes de onda específicas (líneas alternas), es utilizada en la espectrofotometría de absorción atómica como un amplio recurso metodológico.

Los instrumentos de absorción atómica son similares a los usados en emisión de flama; esencialmente el mecanismo de absorción es el opuesto de la técnica de emisión. Así la mayoría de equipos de absorción tienen integrado los dos tipos de moda (emisión o absorción), debido a que en algunas ocasiones el límite de detección para cierto tipo de elementos es mayor o menor en absorción atómica respecto a la emisión de flama. La modernización de los equipos de absorción y emisión atómica aumentó con el uso de los microprocesadores internos, lo cual ya significa una ventaja en rendimiento, automaticidad y sencillez de manejo sobre otro tipo de instrumentos analíticos no actualizados. Dicho lo anterior surgieron nuevas condiciones de operación y métodos de análisis adaptados a los nuevos espectrofotómetros de absorción atómica.

El análisis secuencial multielemento se creó con bases a las necesidades de poder analizar mayor cantidad de muestras en un mínimo de tiempo, conservando la exactitud y precisión de los resultados. El uso del análisis secuencial multielemento ha tenido gran aceptación en la investigación forestal, ya que además de analizar suelos forestales, se determinan elementos totales de plantas y aguas.

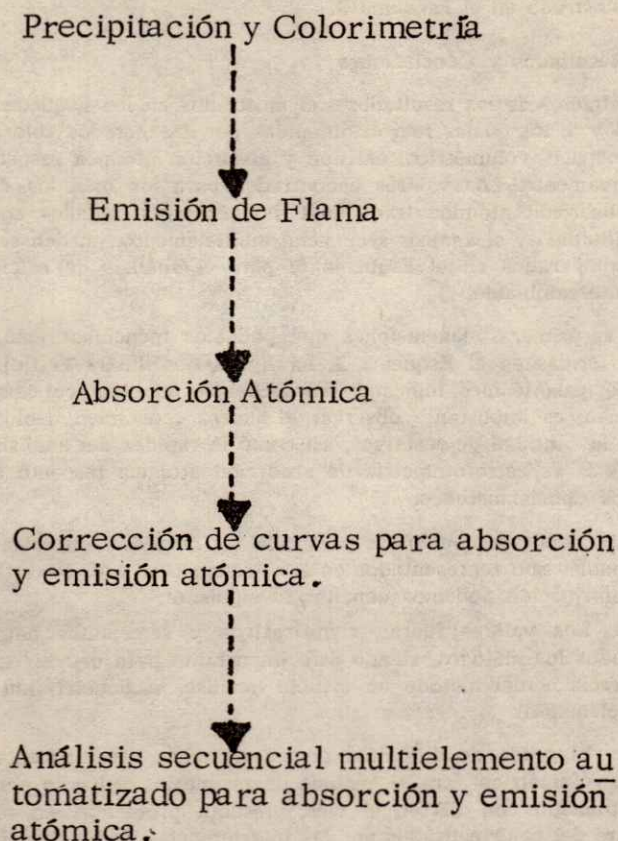
Empezaremos con relacionar los métodos que contribuyeron al origen del análisis por absorción atómica antes mencionado. El Esquema 1 nos muestra la secuencia de las técnicas analíticas que usualmente se han utilizado en la determinación de cationes en suelos y plantas.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* QFB Encargado del Area de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Lab. de Suelos. INIF (SARH).



Esquema 1. Técnicas usuales en la determinación de metales en suelos y plantas forestales.



El reemplazo de las técnicas colorimétricas, de precipitación, de absorción atómica tradicional, etc., por el análisis secuencial multielemento, fue debido a las grandes ventajas que ofrece este método respecto a los antes mencionados.

Algunas de ellas son:

1) No se hacen diluciones de la muestra, 2) Disminuye el tiempo de los análisis especiales y de rutina, 3) Utiliza menos reactivos y material de laboratorio, 4) Abarca mayores rangos de trabajo debido al uso de estándares de mayor concentración, 5) Almacena los programas analíticos de rutina en fichas magnéticas y 6) El operador puede desarrollar otro tipo de actividades ya que no es necesaria su atención al instrumento.

Para trabajar las muestras sin diluir es necesario variar los siguientes parámetros analíticos: 1) Disminuir el peso de la muestra, 2) Cambiar la sensibilidad en el análisis, 3) Aumentar la concentración de los estándares para obtener mayores rangos de trabajo y 4) En algunas ocasiones prescindir de la adición de óxido de lantano en la muestra de suelo.

La concentración de los macro y microelementos contenidos en una muestra de suelo, pueden ser disminuidos al variar el peso de la muestra en el análisis, siempre y cuando se mantenga una relación fija entre la cantidad de suelo y el volumen de la solución extractora.

Cuando no se practican diluciones en la muestra, es necesario variar de sensibilidad en el instrumento, las modificaciones más importantes son las siguientes:

1) Cambiando la posición de la cabeza del quemador, 2) Alterando las condiciones de la flama (relación combustible-oxidante), 3) Trabajando en emisión de flama o absorción atómica y 4) Seleccionando una línea alterna o secundaria adecuada al elemento por determinar.

Generalmente disminuimos la sensibilidad moviendo la posición de la cabeza del quemador formando un ángulo de 90° respecto al paso del haz luminoso, aunque en algunas ocasiones se recurre al cambio de la línea analítica principal (longitud de onda de mayor resonancia), por otra alterna o secundaria. El óxido de lantano se utiliza en la absorción atómica para disminuir interferencias químicas producidas, en su mayoría, por los grupos fosfatos, sulfatos y silicatos; en algunas ocasiones no es necesario agregar este reactivo, sobre todo en el tipo de suelos que contienen bajo contenido de los grupos mencionados y niveles disminuidos de Ca y Mg; dependiendo éste por consiguiente de la zona o región del suelo en estudio.

Para evaluar el método del análisis secuencial multielemento, se compararon los datos analíticos obtenidos de un muestreo de suelo en el Campo Experimental Forestal "Todos Santos", B.C.S., analizados con técnicas analíticas tradicionales como la volumetría y colorimetría además del método de absorción atómica antes mencionado. El análisis de calcio y magnesio intercambiables nos sirvió de referencia para efectuar la comparación de dichos métodos. La determinación cuantitativa de las muestras de suelo se llevó a cabo en un espectrofotómetro ultravioleta-visible, modelo Spectronic 20, para los análisis colorimétricos; el método de EDTA para el análisis volumétrico y el espectrofotómetro Perkin Elmer modelo 5000 para emisión y absorción atómica.

#### Metodología. Tratamiento de la muestra.

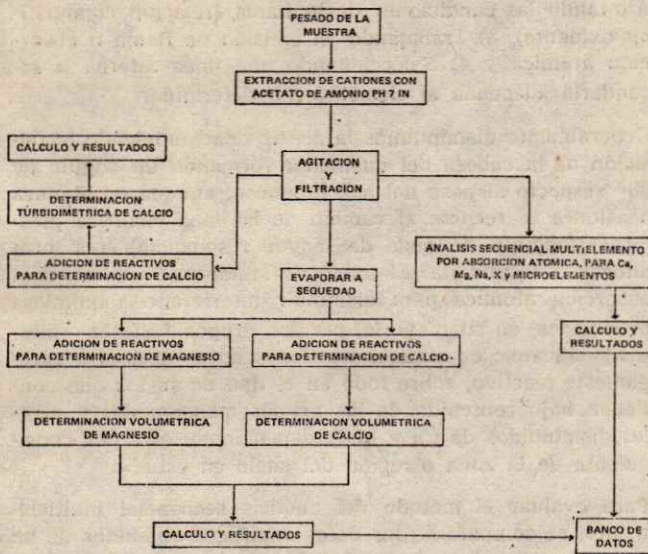
La muestra de suelo fue secada a la intemperie, siendo después pulverizada y tamizada en Malla No. 10. Los cationes intercambiables fueron extraídos con solución de acetato de amonio pH 7 IN con una relación 1:10 (suelo-solución extractora), agitándose durante media hora y filtrada posteriormente. El Esquema 2, nos muestra la secuencia que siguieron los métodos mencionados para la determinación de calcio y magnesio intercambiables.

El análisis del suelo por absorción atómica para la cuantificación de cationes intercambiables en general, es mostrado a continuación: 1) Secado, pulverizado y tamizado de las muestras de suelo, 2) Pesar 2.5 gr. de suelo, 3) Agregar 25 ml. de acetato de amonio pH 7 IN, 4) Agitar durante 15 minutos y filtrar con papel filtro Whatman No. 42 y 5) Agregar La al 1% y hacer la determinación espectrofotométrica para los macroelementos.

Para el análisis de microelementos se utilizan diferentes soluciones extractoras, entre ellas podemos mencionar la mezcla de HCl 0.05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.025 N; EDTA 0.05 M, NH<sub>4</sub>DAC, pH 4.8 entre otras.



ESQUEMA 2  
Determinación de calcio y magnesio por el método del análisis secuencial multielemento, así como el volumétrico y colorimétrico.



ESQUEMA 3  
Programa clásico para análisis de cationes de suelos forestales.

Card 5  
Side 1

PROGRAM	1	2	3	4	5	6
ELEMENT	Ca	Mg	Na	K		
ABS/CONC/EM	ABS	ABS	EM	EM		
AA/AA-SG/SG	AA	AA				
GAIN	61	65	70	69		
CONT/HOLD/HT/AREA	CONT	CONT	CONT	CONT		
REC DUPL						
REC ABS (tc)						
AVG	3	3	3	3		
CV						
LAMP No.	1	2	3	4		
LAMP MA	10	6	8	6		
SLIT HIGH	0.7	0.7	0.4	12		
SLIT LOW						
λ PEAK	422.7	285.3	588.1	766.2		
λ SLEW						
SCAN						
1	2	2	2	2		
EXP						
S1	100 Mg/ml	20 Mg/ml	5 Mg/ml	10 Mg/ml		
S2	200 "	50 "	10 "	20 "		
S3	400 "	100 "	--	50 "		
RSLP	200 "	50 "		20 "		
PRINT (Seq. No.)						
C, H, AIR	22.44	22.44	22.44	22.44		
C, H, N, O						

Burner AS-50  
 Head AIRE/C, H, Sequence \_\_\_\_\_ Read Delay \_\_\_\_\_  
 Height 6 Recal A \_\_\_\_\_ Program Delay \_\_\_\_\_  
 Rotation 90° Recal B \_\_\_\_\_ Flame Delay \_\_\_\_\_  
 Nebulizer Recal C \_\_\_\_\_ Last Sample \_\_\_\_\_

Method/Matriz: Determinación de cationes intercambiables de suelos forestales... Extracción con acetato de amonio pH 7 IN.

Un programa clásico para análisis de cationes intercambiables por el análisis secuencial por absorción atómica es mostrado en el Esquema 3.

Resultados y Conclusiones

Algunos de los resultados son mostrados en los Esquemas 4 y 5, los cuales fueron obtenidos por los métodos colorimétrico, volumétrico, emisión y absorción atómica respectivamente. Los valores encontrados para los métodos de absorción atómica tradicional (las muestras tratadas son diluidas) y el análisis secuencial multielemento, pueden ser comparados en el Esquema 6, para el análisis de calcio intercambiable.

Las primeras conclusiones que podemos mencionar están referidas en el Esquema 2. La figura nos ilustra el flujo de cada técnica indicando su secuencia analítica en cada caso; es importante observar el ahorro económico debido a la cantidad de reactivos, así como la rapidez del análisis de la espectrofotometría de absorción atómica respecto a los demás métodos.

Los resultados obtenidos para calcio y magnesio intercambiables son representados en los Esquemas 4 y 5. De esta información podemos concluir lo siguiente:

1. Los valores fueron significativos y semejantes para todos los métodos, siendo esto importante para deducir la precisión del método en estudio (análisis secuencial multielemento).

2. El grado de dificultad de los métodos, especialmente el volumétrico para el análisis de magnesio, realizado por titulación con EDTA, el cual presenta problemas en el vire del color causados por las interferencias de los demás elementos (hierro, aluminio, etc.) contenidos en la muestra.

3. Los resultados en el análisis de magnesio son similares para el método de emisión de flama, así como de absorción atómica; por consiguiente, podemos aplicar indistintamente cualquiera de ellos ya que se practican en el mismo instrumento.

En el Esquema 6 se observan los valores que fueron encontrados para el método de absorción atómica tradicional comparados con el análisis secuencial multielemento. Un ejemplo al respecto se manifiesta en la muestra No. 11, la cual nos sirve como referencia para poder distinguir las tres variantes del método; por consiguiente, cuando no adicionamos óxido de lantano, se presenta una disminución en el contenido de calcio causado principalmente por los grupos fosfato contenidos en éstas. Es decir, cuando se tiene una muestra con altas concentraciones de fosfatos, es necesario agregar óxido de lantano para que no se afecten los resultados. Si adicionamos este reactivo (óxido de lantano), los valores son más significativos en cada método por separado.



Esquema 4

Comparación de calcio intercambiable obtenido por análisis secuencial multielemento por absorción atómica, respecto a los métodos colorimétrico y volumétrico

Núm. de muestra de suelo	Ca <sup>2+</sup> Intercambiable, meq/100 g.		
	Análisis secuencial multielemento por A.A.	Método colorimétrico (turbidimétrico)	Método volumétrico (EDTA)
7	2.18	2.19	2.40
8	6.00	7.40	6.60
9	4.34	5.30	4.20
10	2.41	2.75	2.40
11	8.55	9.30	9.00
12	1.75	2.00	1.73

Esquema 5

Comparación de magnesio intercambiable obtenido por el análisis secuencial multielemento por absorción atómica, volumétrico y emisión de flama

Núm. de muestra de suelo	Ca <sup>2+</sup> Intercambiable, meq/100 g.		
	Absorción Atómica	Método volumétrico (EDTA)	Emisión de flama
7	1.75	1.54	1.56
8	5.09	5.16	4.78
9	2.13	2.20	2.14
10	1.39	1.54	1.48
11	6.45	6.72	6.59
12	0.82	0.94	0.84

Esquema 6

Comparación de calcio intercambiable obtenido por el análisis secuencial multielemento por la técnica tradicional de absorción atómica

Ca<sup>2+</sup> Intercambiable, meq/100 g.

Núm. de muestra de suelo	Análisis secuencial multielemento		Absorción atómica tradicional dilución de la muestra original adicionando 2000 g/ml
	sin adicionar La	Adicionando La 2000 g/ml	
7	1.95	2.18	2.02
8	5.04	7.00	6.51
9	3.97	4.34	4.42
10	2.23	2.41	2.12
11	6.50	8.55	9.09
12	1.74	1.75	1.72

Esquema 7

Absorción Atómica (mayor sensibilidad)	Emisión Atómica (mayor sensibilidad)	Absorción o Emisión (igual sensibilidad)
Boro	Aluminio	Cobre
Cobalto	Bario	Cromo
Fierro	Calcio	Manganeso
Magnesio	Potasio	Molibdeno
Níquel	Sodio	
Zinc		

Cuando se tiene el instrumento analítico automatizado, el tiempo de análisis con respecto al que opera en forma manual es aproximadamente la mitad para la determinación de 50 muestras de suelo o de plantas, (Cooksey y Barnett, 1979).

#### Recomendaciones

1. La aplicación del análisis secuencial multielemento se puede aprovechar para la determinación de cationes contenidos en muestra de suelo, plantas, etc., pudiendo ser

éstos de diferentes regiones geográficas del país, siempre y cuando se calibren los parámetros analíticos del instrumento para la zona que va a ser estudiada.

2. Se pueden reportar hasta 10,000 análisis mensuales de muestras ya sea de suelo o plantas, si se dispone del personal necesario para la preparación y suministro de los extractos de cationes provenientes de la muestra.

3. El uso de la absorción o emisión atómica en este modelo automatizado va de acuerdo a los límites de detección o sensibilidad de cada elemento por cuantificar; la impor-



## Artículos Científicos División I

tancia de esto radica en evitar la compra de materiales (lámparas principalmente), que son innecesarios en el análisis de ciertos elementos.

En el Esquema 7 se mencionan los elementos químicos que se encuentran en suelos, plantas y aguas, que pueden ser analizados por absorción o emisión atómica, dependiendo del límite de detección o la sensibilidad del elemento a cuantificar.

4. Los altos costos del equipo (gases, lámparas, etc.), accesorios y materiales, nos limitan a utilizarlo para un gran número de muestras a determinar, siendo esto costoso para la compra o adquisición de dicho instrumento.

Finalmente, el análisis secuencial multielemento se ha empleado en la investigación forestal, no sólo para caracterizar suelos, plantas y aguas, sino para llevar a cabo estudios especiales de fertilización y contaminación de los mismos, así también estudios de resinas de pinos con el objeto de rastrear Cu de formulaciones con fines sanitarios y estudios de materiales arrojados de la erupción del Volcán Chichonal.

**Bibliografía**

- Beaty Richard D. Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry, Perkin-Elmer (1978).
- Cooksey M. and Barnett W.B. Secuential Multielement Atomic Absorption Analysis of Agricultural Samples. Atomic Absorption Newsletter. Vol. 18 (1979).
- Ewing G. W. Métodos Instrumentales de Análisis Químicos. McGraw Hill. (1978).
- Gary D. Christian, Fredric J. Feldman. Atomic Absorption Spectroscopy. Applications in Agriculture, Biology and Medicine, Wiley (1970).
- Laboratorio de Salinidad de los E.U.A. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Edit. Limusa, México (1973).
- Isaac Robert and Kerber Jack D. Atomic Absorption and Flame Photometry: Techniques and Uses in soil, Plant and Water Analysis. Instrumental Methods for Analysis of soils and Plant Tissue. Madison Wisconsin (1971).
- Pawluk S. Soil Analysis by Atomic Absorption Spectrophotometry. Atomic Absorption Newsletter Vol. 6, No. 3 (1967).
- S.R.H. Subsecretaría de Planeación. Métodos para el Análisis Físico-Químico de Suelos, Aguas y Plantas. Publicación No. 10 México (1975).



## LA INVESTIGACION EN LABRANZA EN MEXICO +

Figueroa Sandoval, B.\*

### RESUMEN

La labranza consiste en cualquier manipulación física del suelo que cambie su estructura, resistencia o posición con el fin de mejorar las condiciones del suelo para la producción de cultivos. La preparación del terreno acorde a la tecnología actual, impone la necesidad de maquinaria agrícola e implementos sofisticados con el propósito de reducir el tiempo de preparación del terreno o simplificar las labores culturales. Este empleo de maquinaria e implementos agrícolas es practicado irracionalmente por algunos agricultores, no acorde al tipo de suelo, cultivo o condición climática. Esto en muchas ocasiones provoca un deterioro de las características físicas del suelo, que se refleja en el bajo rendimiento de los cultivos.

El objetivo del presente escrito es analizar la situación actual en México en lo referente a la investigación sobre labranza y formular una aproximación metodológica para su estudio.

### ABSTRACT

Tillage is any soil physic manipulation that changes soil structure, cohesion or position, with the purpose of improving soil conditions for crop production. Soil preparation calls for sophisticated machines in order to save time and to make more simple this activity.

The use of machines is some times not appropriate done by some farmers because soil type, crop or weather are not considered. This may result in a deterioration of soil physical properties that in turn may cause low crop yields.

The objective of this paper is to review the advances of the research carried out in Mexico on soil tillage and to propose a methodology to do research on the matter.

La labranza consiste en cualquier manipulación física del suelo que cambie su estructura, resistencia o posición con la finalidad de mejorar las condiciones del suelo para la producción de cultivos. Los movimientos del suelo pueden ocurrir como resultados de fenómenos naturales, tal como la contracción y expansión de las arcillas y la acción de equipo mecánico, como tractores, implementos de labranza y cosechadoras. Se busca proporcionar a los cultivares a través de la labranza, condiciones edáficas óptimas para su funcionamiento a fin de obtener una producción óptima. En este contexto, el parámetro evaluador de la bondad de un sistema de labranza dado, es la productividad de los cultivares, por lo que se debe esperar que los sistemas de labranza sean un reflejo específico de las condiciones ambientales y del manejo predominante en una área determinada de tal manera que:

$$SL = f(R) = f(M,A) \quad (1)$$

donde SL = Sistema de labranza, R = Rendimiento del cultivar, M = Prácticas de manejo y A = Condiciones ambientales.

Dentro de las prácticas de manejo se incluyen el arreglo de los cultivos en el espacio y en el tiempo, así como sus técnicas culturales asociadas. Estas últimas involucran la selección de la variedad del cultivar, el momento y forma de su establecimiento, la fertilización, el manejo del agua, la protección de los cultivares y la cosecha. Todas estas prácticas forman el componente tecnológico. El componente ambiental (A) está compuesto de variables relacionadas con los terrenos y con el clima, tal como las características de la precipitación, el perfil del suelo, la posición topográfica, la longitud del día, la radiación solar y la temperatura; y con el costo y disponibilidad de recursos como: mano de obra, capital y mercados, así como en los patrones de comportamiento social asociados con éstos. El comportamiento económico del sistema de labranza dependerá de su ambiente económico (costos de insumos y precios de cultivares) y de la degradación o mejoramiento que cause en los recursos naturales.

Este análisis pone de manifiesto que la selección de un sistema de manejo es el producto de un proceso de prueba y error, altamente subjetivo e íntimamente ligado a los sis-

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Doctor en Ciencias. Profesor-Investigador CREZAS, Colegio de Postgraduados.



temas de organización existentes en el proceso de producción agrícola de una zona. Es conveniente entonces, antes de elaborar un esquema metodológico, revisar los trabajos realizados hasta la actualidad en el área de labranza, analizándolos en términos de su influencia en el rendimiento, en las propiedades físicas del suelo y en sus repercusiones económicas.

#### a) Rendimiento de los cultivos

De los resultados reportados sobre rendimiento de los cultivos (Cuadro 1) se pueden observar tendencias importan-

tes: (i) Los incrementos en número de pasos de implementos de preparación del suelo, para los suelos y cultivares estudiados, no resultaron, en la mayoría de los casos, en un aumento del rendimiento de los cultivos, y (ii) Las respuestas de los cultivares a los sistemas evaluados están afectados por el número de años que el terreno ha sido laboreado. Nótese además, que en ninguno de los experimentos se repiten los tratamientos, ni en suelos ni en ambientes diferentes.

Cuadro 1. Rendimiento de los cultivos para experimentos de labranza.

Localidad	Cultivo	Tipo de Suelo <sup>o</sup>	Tratamiento de Labranza	Tipo de**	Rendimiento por ha		Fuente
					Grano (kg)	Forraje (ton)	
Chapingo, Méx.	Maíz	FR	B-R-SM	T	1,902.0		Mata (1965)
Chapingo, Méx.	Maíz	FR	SM	T	2,025.0		Mata (1965)
Chapingo, Méx.	Maíz	FL	R-R-ST	R		83.10	Andrade (1974)
Chapingo, Méx.	Maíz	FL	S-B-R-R-ST	R		94.25	Andrade (1974)
Chapingo, Méx.	Maíz	FL	S-S-B-B-R-R-ST	R		86.22	Andrade (1974)
Chapingo, Méx.	Alfalfa***	FL	R-R-SB	R		10.24	Bustamante (1976)
Chapingo, Méx.	Alfalfa	FL	S-B-R-R-SB	R		10.54	Bustamante (1976)
Chapingo, Méx.	Alfalfa	FL	S-S-B-B-R-R-SB	R		11.21	Bustamante (1976)
Chapingo, Méx.	Maíz	FL	R-R-ST	R		79.16	De Souza (1977)
Chapingo, Méx.	Maíz	FL	S-B-R-R-ST	R		95.60	De Souza (1977)
Chapingo, Méx.	Maíz	FL	S-S-B-B-R-R-ST	R		94.72	De Souza (1977)
Morelia, Mich.	Maíz	R	B-R-ST	T	2,361.0		D.G.C.S.A. (1981)
Morelia, Mich.	Maíz	R	B-ST	T	2,331.0		D.G.C.S.A. (1981)
Morelia, Mich.	Maíz	R	SM	T	2,400.0		D.G.C.S.A. (1981)
Chapingo, Méx.	Maíz	F	ST	T	978.0		Coca (1982)
Chapingo, Méx.	Maíz	F	B-R-R-ST	T	1,716.0		Coca (1982)
Chapingo, Méx.	Maíz	F	S-R-R-ST	T	717.0		Coca (1982)
Chiautla, Pue.	Maíz	FA	SM	T	588.0		Ramírez (1982)
Chiautla, Pue.	Maíz	FA	S-SM	T	563.0		Ramírez (1982)
Chiautla, Pue.	Maíz	FA	B-S-SM	T	544.0		Ramírez (1982)
Poza Rica, Ver.	Maíz	R	B-SM	T	2,730.0		Violic et al (1982)
Poza Rica, Ver.	Maíz	R	SM	T	2,590.0		Violic et al (1982)
La Piedad, Mich.	Trigo	R	R-SB	R	2,909.0		Gil (1957)
La Piedad, Mich.	Trigo	R	B-R-SB	R	2,836.0		Gil (1957)
La Piedad, Mich.	Trigo	R	B-R-R-SB	R	2,828.0		Gil (1957)
Cárdenas, Tab.	Arroz +	R	SM	T	4,412.0		Sánchez (1975)
Cárdenas, Tab.	Arroz +	R	B-R-SM	T	4,519.0		Sánchez (1975)
Cárdenas, Tab.	Arroz +	R	B-R-R-SM	T	4,645.0		Sánchez (1975)
Cárdenas, Tab.	Arroz + +	R	SM	T	1,404.0		Sánchez (1975)
Cárdenas, Tab.	Arroz + +	R	B-R-SM	T	1,567.0		Sánchez (1975)
Cárdenas, Tab.	Arroz + +	R	B-R-R-SM	T	1,881.0		Sánchez (1975)
Zacatecas	Frijol	RA	S-R-SM	T	538.0		Legaspi y Rguez. (1979)
Zacatecas	Frijol	RA	B-R-SM	T	611.0		Legaspi y Rguez. (1979)

\*B = Barbecho R = Rastra S = Subsuelo SM + Siembra manual ST + Surcado SB + Siembra a boleó

\*\*T = Temporal R = Riego \*\*\* Rendimiento por corte + Recién desmontado ++ Laboreado por ocho años

<sup>o</sup>F = Franco R = Arcilloso A = Arenoso L = Limoso



## b) Desarrollo vegetativo

Se reportan las alturas y longitudes de las raíces para algunos experimentos de labranza (Cuadro 2). Nótese que en general, hay un mayor desarrollo vegetativo al aumentar el nivel de movimiento del suelo.

## c) Uso de agua por los cultivos

El único trabajo reportado en esta área es el de De Souza (1977), quien comparó los siguientes sistemas: (i) Rastra-Rastra; (ii) Subsoleo-Barbecho-Rastra-Rastra; y (iii) Subsoleo-Subsoleo-Barbecho-Barbecho-Rastra-Rastra, sin encontrar diferencias a los 45 días después de la siembra, pero notándose una diferencia de cerca de 0.5 mm/día a los 90 días después de la siembra entre el tratamiento (i) y el (ii) [1.5 y 2.0 mm/día, respectivamente]. Esta diferencia se atribuye al mayor desarrollo vegetal reportado para el tratamiento (ii).

## d) Humedad del suelo

Los datos de humedad del suelo reportados por Ramírez (1982), indicaron que en promedio los tratamientos con menor número de pasos de implementos tuvieron un mayor contenido de humedad durante todo el ciclo de crecimiento. En el caso de un terreno con pendiente fuerte, Ramírez reporta valores de humedad en los primeros 20 cm del suelo de 9.1% para labranza mínima y de 8.2% para el tratamiento tradicional. Mientras que en un terreno de pendiente fuerte, estos valores de humedad fueron de 8.95% para labranza mínima y 6.97% para labranza tradicional.

## e) Temperatura del suelo

Ramírez (1982) reportó diferencias en temperatura entre suelos con labranza mínima y labranza convencional de hasta 2°C (30.48°C y 32.51°C, respectivamente), para suelos con pendiente fuerte, siendo esta diferencia de sólo 0.65°C (28.45 y 29.1°C, respectivamente) en suelos con pendiente suave.

Cuadro 2. Altura de plantas y longitud de raíces para algunos experimentos de labranza

Localidad	Cultivo	Tipo de Suelo <sup>o</sup>	Tratamiento de Labranza	Tipo de** Cultivo	Grano (cm)	Forraje (cm)	Fuente
Chapingo, Méx.	Maíz	F	ST	T	165.3	27.6	Coca (1982)
Chapingo, Méx.	Maíz	F	B-R-R-ST	T	180.5	29.5	Coca (1982)
Chapingo, Méx.	Maíz	F	S-R-R-ST	T	189.3	27.2	Coca (1982)
Chapingo, Méx.	Alfalfa	FL	R-R-SB	R	51.86		Bustamante (1976)
Chapingo, Méx.	Alfalfa	FL	S-B-R-R-SB	R	53.63		Bustamante (1976)
Chapingo, Méx.	Alfalfa	FL	S-S-B-B-R-R-SB	R	54.91		Bustamante (1976)
Chapingo, Méx.	Maíz	FL	R-R-ST	R	322.0	57.50	Andrade (1974)
Chapingo, Méx.	Maíz	FL	S-B-R-R-SB	R	337.2	59.50	Andrade (1974)
Chapingo, Méx.	Maíz	FL	S-S-B-B-R-R-SB	R	322.2	61.50	Andrade (1974)
Chapingo, Méx.	Maíz	FR	B-R-SM	T	199.0		Mata (1965)
Chapingo, Méx.	Maíz	FR	SM	T	197.0		Mata (1965)

\*T = Temporal      R = Riego      \*\*B = Barbecho      R = Rastra      S = Subsuelo  
 SM + Siembra manual      ST + Surcado      SB + Siembra a boleto  
 °F = Franco      R = Arcilloso      A = Arenoso      L = Limoso

## f) Densidad aparente

En el Cuadro 3 se reportan los resultados de mediciones sobre densidad aparente realizadas en los experimentos de labranza. Se pueden ver dos tendencias bien marcadas: (i) una densidad aparente inicial menor conforme se dan más pasos de implementos, y (ii) una densidad aparente final a, en los tratamientos con labranza reducida.

## g) Resistencia mecánica

Los valores de resistencia mecánica reportados se dan en el Cuadro 4. No se observa una tendencia definida en estos datos, aunque en el experimento de Coca (1982), se nota una resistencia menor en el caso de laboreos reducidos.

## h) Velocidad de infiltración

En los datos sobre velocidad de infiltración reportados en el Cuadro 5, se puede observar una disminución general en la tasa de infiltración, conforme avanza el ciclo del cultivo y una tasa de infiltración final más alta conforme se dan más pasos de implementos.

## i) Estabilidad de agregados

Los dos experimentos en que se midió esta variable no muestran diferencias grandes entre los índices de estabilidad usados (Cuadro 6). Ambos experimentos reportan datos de sólo un año de experimentación, por lo que no es posible detectar diferencias que puedan atribuirse solamente a los tratamientos de labranza.



## j) Erosión

Ramírez (1982) reporta diferencias en el movimiento de suelo de hasta 7.5 mm en terrenos con labranza convencional cuando se comparan con terrenos con labranza mínima, esto equivaldría a casi 97 ton de suelo movido. Debido a que el método usado por Ramírez (clavos con rondanas) tienen una precisión baja, deben tomarse los datos absolutos con cautela. Sin embargo, la tendencia es verdadera y señala una pérdida mayor de suelo conforme se aumenta el grado de movimiento del mismo.

Cuadro 3. Efecto de los métodos de labranza sobre la densidad aparente +

Cultivo	Método de Labranza	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )		Fuente
		Inicio	Final	
Maíz	R-R	1.41	1.39	Souza (1977)
	S-B-R-R	1.34	1.33	
	S-S-B-B-R-R	1.31	1.35	
Maíz	R-R		1.32	Andrade (1977)
	S-B-R-R		1.36	
	S-S-B-B-R-R		1.38	
Maíz	SM		1.18	Ramírez (1982)
	S-SM		1.29	
	B-S-SM		1.46	
Maíz	S-SM		1.37	Coca (1982)
	B-R-R-S		1.36	
	S-R-R-S		1.38	
Arroz*	SB	0.85	1.11	Sánchez (1973)
	B-R	1.16	1.14	
	B-R-R	1.25	1.16	
Arroz**	SB	1.21	1.33	
	B-R	1.09	1.42	
	B-R-R	1.28	1.42	

+ Los símbolos se definen en el Cuadro 1.

\* Recién desmontado.

\*\* Después de ocho años de cultivo.

Cuadro 4. Efecto del método de labranza en la resistencia mecánica +

Cultivo	Método de Labranza	Resistencia (kg cm <sup>-2</sup> )		Fuente
		Antes Trat.	Desp. Trat.	
Maíz	S-SM	4.40	3.46	Coca (1982)
	B-R-R-S		5.26	
	S-R-R-S		5.03	
Alfalfa	R-R	3.65	1.76	Bustamante (1976)
	S-B-R-R	1.74	2.07	
	S-S-B-B-R-R	2.07	1.53	

+ Los símbolos se definen en el Cuadro 1.

Esto se nota claramente en los datos de Montenegro (1982), quien encontró pérdidas de hasta 3.5 ton m<sup>-2</sup> para apli-

caciones de energía cinética de la lluvia de 7000 J m<sup>-2</sup>, contra sólo 0.1 ton m<sup>-2</sup> para el tratamiento sin labranza (Fig. 1).

## k) Eficiencia en el uso de los fertilizantes

Ramírez (1982) reporta una eficiencia mayor en el uso de los fertilizantes conforme se disminuye el nivel de laboreo del suelo. Sus datos muestran una diferencia de 2.3 kg de maíz por kg de N, absorbido entre el tratamiento con labranza mínima y el convencional (20.29 y 17.94 kg de maíz por kg N absorbido, respectivamente).

## l) Análisis económico.

Los resultados de los análisis económicos en términos del valor neto de la producción obtenidos en diferentes experimentos se muestran en el Cuadro 7. Con excepción del experimento de Coca (1982), los resultados reportados indican un valor neto de producción mayor en los tratamientos con labranza reducida. De la revisión sobre labranza se puede concluir que la investigación que en materia de labranza se ha realizado en México ha sido fragmentada, sin una metodología bien definida y producto de la posición tecnológica del investigador.

## Metodología Propuesta para la Evaluación de Sistemas de Labranza

Para evaluar la relación  $SL = f(M, A)$ , se debe analizar la interacción entre A y M y determinar cómo variar los sistemas de labranza para obtener rendimientos sostenidos para diferentes ambientes productivos. El objetivo es predecir el mejor sistema de labranza a partir de información sobre el ambiente. Debido a que la relación  $SL = f(M, A)$ , cubre una gama amplia de ambientes de producción de cultivos, se debe eventualmente tratar de predecir la eficiencia de un sistema de labranza para un ambiente dado. Esto es:

$$SL = f(M/A_i)$$

Para que un sistema de labranza sea aceptable se deben identificar sus componentes tecnológicos, a fin de combinarlos cuidadosamente para que se adapten al ambiente productivo prevaleciente.

La investigación en labranza debe partir de un esquema que incluya el desarrollo de una metodología global, así como puntual y que satisfaga varios requerimientos:

(1) La investigación debe relacionarse con un ambiente productivo específico. De esta manera se puede lograr un acercamiento más real entre el componente tecnológico y las limitaciones físicas y socio-económicas existentes. El entendimiento del ambiente permite la extrapolación de los resultados.

(2) Los agricultores deben participar en el diseño y prueba de los métodos de labranza. Esto asegura la retroalimentación en términos de insumos, manejo, equipo y limitaciones a la adopción de métodos alternativos de labranza.

(3) La investigación debe ser de naturaleza multidisciplinaria. El grupo de investigadores debe combinar conocimientos en suelos, cultivos, protección sanitaria y economía agrícola.



Cuadro 5. Efecto del método de labranza sobre la velocidad de infiltración +

Cultivo	Método de Labranza	Valor de K (cm/hora)			Fuente
		Antes	SAT. Mitad	Cosecha	
Arroz*	SB	44.6	6.1	29.5	Sánchez (1975)
	B-R	58.5	5.7	26.5	
	B-R-R	44.0	7.1	31.5	
Arroz**	SB	57.4	26.1	21.5	Ramírez (1982)
	B-R	25.0	21.5	21.5	
	B-R-R	43.5	3.3	36.4	
Maíz	SM			26.8	Ramírez (1982)
	S-SM			28.6	
	B-S-SM			39.65	
Maíz	R-R	7.9		3.11	Souza (1977)
	S-B-R-R	11.5		2.37	
	S-S-B-B-R-R	10.61		2.40	

+ Los símbolos se definen en el Cuadro 1.

\* Después de ocho años de cultivo

\*\* Después del desmonte

Cuadro 6. Efecto del método de labranza sobre la estabilidad de agregados. +

Cultivo	Método de Labranza	Indice de Estabilidad		Fuente
		MWD (mm)	D 50	
Maíz	S-SM	1.97		Coca (1982)
	B-R-R-S	2.32		
	B-R-R-S	2.22		
Maíz	SM		2.10	Ramírez (1982)
	S-SM		1.95	
	B-S-SM		2.15	

+ Los símbolos se definen en el Cuadro 1.

(4) La metodología usada debe identificar claramente las tareas y responsabilidades de cada miembro del grupo.

(5) La investigación debe enfatizar la formulación de métodos de labranza aceptables por los agricultores.

Las actividades de investigación se deben centrar, entonces, en la descripción y clasificación del ambiente, en el diseño de los sistemas de labranza y su prueba en sitios individuales, y en los métodos para la formulación de programas de evaluación preliminar y de extensión (Fig. 2). Los sitios experimentales se deben seleccionar cuidadosamente a fin de asegurar la aplicabilidad de los resultados obtenidos en ellos a otras áreas con el mismo ambiente. La actividad inicial en estas áreas consiste en la descripción de los cultivos y sistemas de cultivos existentes, incluyendo una descripción detallada de los sistemas de labranza. La disponibilidad y uso actual de recursos tales como: mano de obra, capital, tipo de tracción existente, e infraestructura existente, son determinantes importantes de los sistemas de labranza.

Cuadro 7. Análisis económico de los métodos de labranza +

Cultivo	Tratamiento de Labranza	Valor neto de la Producción (pesos)	Relación Beneficio-Costo	Fuente
Maíz	SM	8 474		Violic et al (1982)
	B-SM	6 172		"
Arroz*	SM	11 711		Sánchez (1975)
	B-R-SM	11 582		"
	B-R-R-SM	11 611		"
Arroz**	SM	2 687		"
	B-R-R-SM	3 320		"
	B-R-SM	2 625		"
Trigo	R-SB	2 595		Gil (1957)
	B-R-R-SB	2 404		"
	B-R-SB	2 333		"
Maíz	ST	-1 249	0.85	Coca (1982)
	B-R-R-ST	2 870	1.27	"
	S-R-R-ST	-3 802	0.59	"
Maíz	SM	2 801		Ramírez (1982)
	S-SM	2 644		"
	B-S-SM	2 020		"

+ Los símbolos se definen en el Cuadro 1.

\* Recién desmontado.

\*\* Laboreado por ocho años.

Se debe dar atención especial en la descripción de los sitios a la tecnología de los agricultores, en especial a los intentos que éstos hayan hecho para probar alternativas tecnológicas. Las razones por las que hayan aceptado o rechazado tecnologías alternativas se deben considerar en el diseño de los métodos de labranza a investigar.

La información mínima necesaria para desarrollar de manera eficiente un método de labranza en un sitio dado, incluye:



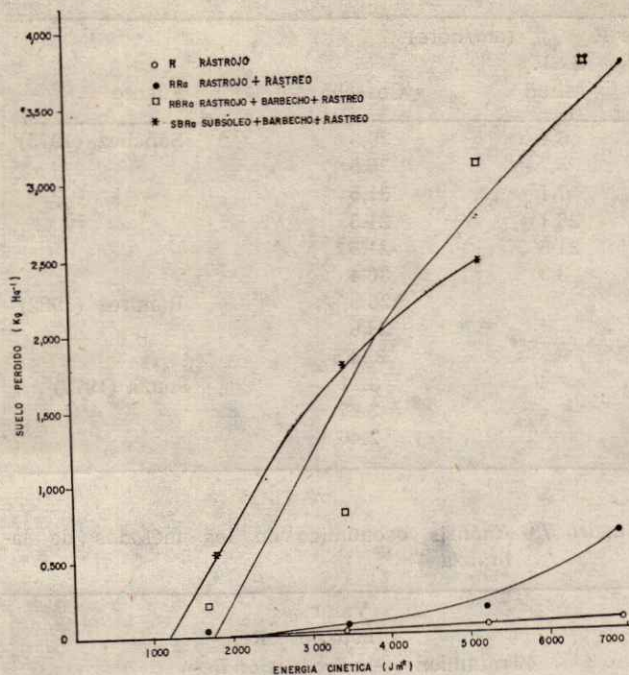


FIG. 1 EFECTO DE LA ENERGIA CINETICA DE LA LLUVIA EN LA CANTIDAD DE SUELO PERDIDO (MONTENEGRO, 1982.)

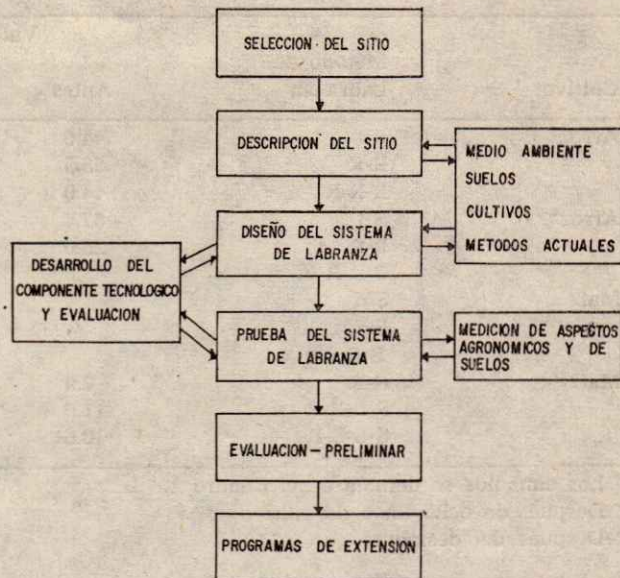


FIG. 2 COMPONENTES DE LA METODOLOGIA EN INVESTIGACION SOBRE SISTEMAS DE LABRANZA.

- (1) La identificación de los tipos de tierras en el sitio.
- (2) La identificación de los cultivos, sistemas de cultivos y métodos de labranza.
- (3) La descripción del tipo de tenencia y del tamaño y recursos de las explotaciones.

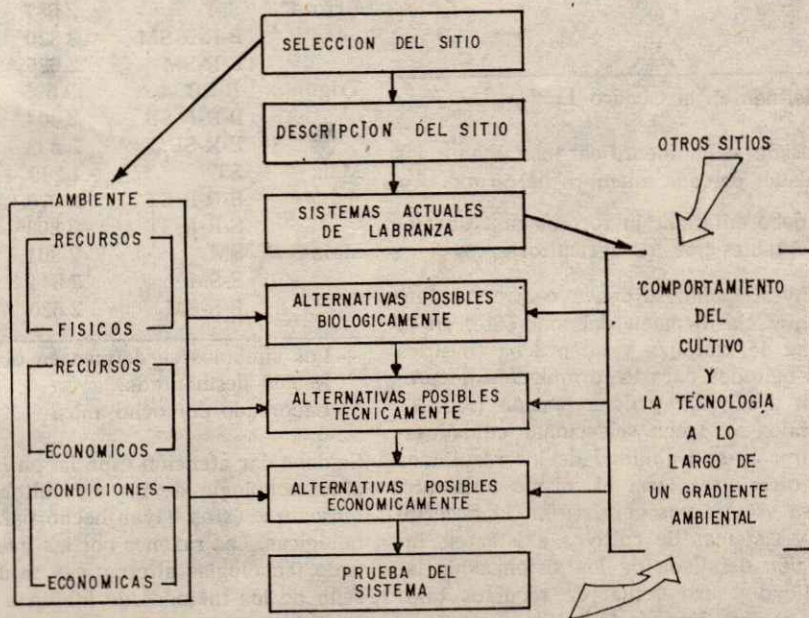


FIG. 3 REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL DISEÑO DE SISTEMAS DE LABRANZA ALTERNATIVOS PARA UN AMBIENTE DADO.



El diseño de un sistema de labranza es una actividad de síntesis, que usa las características físicas y socio-económicas del sitio obtenidas en la etapa de descripción, junto con la información existente del efecto de tales características en el comportamiento del sistema. En el diseño de sistemas de labranza se consideran tres tipos de alternativas: biológicas, técnicas y económicas. Estas alternativas están asociadas con componentes diferentes del ambiente (Fig. 3).

La definición de alternativas biológicas requiere del análisis de factores físicos, climatológicos y bióticos. Una alternativa biológica posible permitirá el crecimiento del cultivo hasta obtener un nivel de rendimiento aceptable. La definición de alternativas técnicas se hace en términos de la habilidad de un agricultor para adoptarla bajo una estructura de recursos dada. Esta estructura será la que prevalezca probablemente más en el sitio durante la fase de expansión del sistema y está determinada por la disponibilidad de recursos tales como: mano de obra; agroquímicos, tipo de tracción, disponibilidad de equipos espe-

ciales, crédito y mercados para los productos. La definición de alternativas económicas se hace en términos de los costos variables del cultivo y de los precios de los productos producidos. El proceso de diseño del sistema de labranza usa entonces tres tipos de criterios de evaluación:

1. La estimación del comportamiento biológico del sistema.

2. Los requerimientos de recursos del sistema en relación a los recursos existentes, y

3. El costo de estos recursos y el precio de los productos. Por último, la evaluación de los sistemas de labranza propuesto, debe hacerse como lo ha sugerido Hernández X. (1983) en términos de: (1) variables que midan el grado de mantenimiento y mejoramiento de los recursos naturales; (2) variables que midan el grado de mejoramiento del recurso humano; (3) variables que midan cambios indeseables; y (4) la incorporación de tecnologías que aumenten el aprovechamiento de recursos subutilizados.

### Bibliografía

- Andrade, E. F. 1974. Influencia del "Aporque" Bajo Diferentes Métodos de Labranza Sobre el Rendimiento de Maíz para Forraje. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, Méx. 105 p.
- Bustamante, B. I. D. 1976. Influencia de Diversos Métodos de Labranza Sobre el Rendimiento de Dos Variedades de Alfalfa y la Alteración del Medio Físico del Suelo, en la Rotación Maíz (*Zea mays* L.) Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, Méx. México.
- Coca, W. F. 1982. Influencia de Aplicaciones de Estiércol, Cobertura de Paja y Tres Sistemas de Labranza sobre el Rendimiento de Maíz de Temporal. Tesis de Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. México.
- Dirección General de Conservación del Suelo y Agua. 1981. Informe Técnico sobre Campos Experimentales. Centro de Investigaciones en Conservación del Suelo y Agua.
- De Souza, S. A. 1977. Manejo del Agua de Riego Bajo Diferentes Métodos de Labranza en Maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, Méx. México 232 p.
- Gil, F. J. 1957. Preparación de Tierras para Trigo (Estudio Preliminar en el Bajío). Tesis Profesional, Depto. de Fitoecnia, ENA, Chapingo, Méx. México.
- Hernández, X. E. 1982. Sistemas de Labranza. Mesa Redonda sobre Labranza. Chapingo, Méx. Abril 1982.
- Legaspi, G. A. y Rodríguez, G. M. 1979. Evaluación de Algunas Prácticas de Labranza para el Mejor Aprovechamiento del Agua de Lluvia en el Cultivo del Frijol. Trabajo de Investigación. Universidad Autónoma de Sinaloa, Escuela de Agricultura.
- Mata, G. B. 1967. Preparación del terreno vs No Preparación del Terreno en la Siembra del Maíz de Temporal. Tesis Profesional. Depto. de Fitotecnia, ENA, Chapingo, Méx. México. 53 p.
- Montenegro, H. G. 1982. Efecto de la Lluvia sobre la Estructura Interna de los Suelos Labrados. Tesis M. C. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. México.
- Ramírez, R. J. 1982. Efecto de Diferentes Métodos de Labranza y Dosis de Nitrógeno sobre el Rendimiento de Maíz en la Región de Chiautla, Pue. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. México.
- Sánchez, M. J. 1975. Evaluación de Doce Métodos de Labranza en el Cultivo de Arroz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio Superior de Agricultura Tropical, Cárdenas, Tabasco.
- Violic, A. D., F. Kocher, A. F. E. Palmer y T. Nibe. 1982. Experimentación sobre Labranza Cero en Maíz en la Región Costera del Norte de Veracruz Trabajo Presentado al I Simposium sobre Cultivos Múltiples de la ALCA, Chapingo, Méx. Junio 1982.



**LEVANTAMIENTO FISIOGRAFICO DEL AREA DE INFLUENCIA DE LA MALINCHE, TLAX. +**

Dorantes Barrón, E\*

**RESUMEN**

La realización del presente estudio consistió en efectuar una revisión bibliográfica para conocer experiencias sobre trabajos afines a dicho estudio para llevarlo a cabo acertadamente. Procediéndose luego a la fotointerpretación de las aerofotos, con la adicional verificación de linderos y obtención de la información de campo (uso actual, manejo, etc.), mediante recorridos por la zona de estudio. Esto dio como resultado a 5 sistemas terrestres, 32 facetas y 46 subfacetas, que quedan incluidas en 49 unidades de manejo, de acuerdo al Sistema de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso, propuesto por Klingebiel y Montgomery (1965). Cumpliéndose así el primer objetivo propuesto.

De acuerdo al sistema propuesto por Morgan (1979), se apreciaron en el campo 7 grados de erosión, distribuidos en toda el área, que generalmente se controla mediante bordos o bordos y zanjas, además, presas de contención de azolves, etc., realizados por los campesinos o por medio de programas oficiales; que en general carecen del mantenimiento y en algunos casos son destruidos por paso de maquinaria y/o animales, sin que sean reparados los daños; lográndose de esta manera, realizar la segunda finalidad de este estudio.

Acorde a los resultados obtenidos del análisis de este estudio, será éste la base de donde se derivarán programas diferentes, de manera integral, cuyas finalidades serán las de optimizar los actuales recursos naturales de La Malinche; cumpliéndose así con el tercer fin que persigue este trabajo.

**ABSTRACT**

A physiographic map of The Malinche region of Tlaxcala State was done using interpretation of aerial photographs combined with field work. Five land systems, 32 facets and 46 subfacets were defined, which comprises 49 land management classes.

The physiographic map can be used as a basis for the implementation of programs to optimize the use of the resources of the region.

**1. Introducción**

Los recursos naturales y su adecuado aprovechamiento por el hombre, son la base para el desarrollo económico de cualquier país (Cervantes, 1965). En México, el 70% de su superficie son suelos inclinados y de montaña (D.G.E., 1975), por lo que es urgente hacer una recapitulación sobre este punto y para darle el uso y manejo adecuados a cada tipo de terreno, con el fin de mantener o elevar el nivel productivo de cada uno de ellos.

La erosión es un fenómeno natural que tiene una influencia directa tanto en la formación de los suelos (sin la influencia del hombre), como en su propia destrucción (con intervención de él), debido al trato inadecuado de este

recurso, al modificar su uso natural potencial a uno convencional de acuerdo a las necesidades del hombre, pero sin darle el manejo más apropiado.

En el área estudiada, este problema se acentúa de manera alarmante al introducir al cultivo áreas con vocación netamente forestal por sus condiciones de suelo, relieve y clima; provocando un deterioro ecológico muy marcado y alterando las condiciones ambientales. De algunos años atrás a la fecha, las dependencias del Ejecutivo Federal y Estatal, se han preocupado por este problema, implementando programas de recuperación y conservación de suelos, así como de reforestación, con el fin de controlar al menos este

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Ing. Agr. Investigador. Programa Forestal y de la Fauna en Tlaxcala. (SARH).



proceso. Desafortunadamente, todos esos esfuerzos se han efectuado aisladamente, sin una integración de planeación y realización requerida.

El presente estudio trata de dar una alternativa de solución integral al problema, con el fin de incrementar la eficiencia de todas y cada una de las acciones que deban realizarse en un área de 115,370 has.

En México se cuenta con experiencias como Cuanalo (1976), Zuleta (1975), Ponce y Cuanalo (1977), Ortiz Solorio y Cuanalo (1977), que nos muestran las ventajas del uso del levantamiento fisiográfico en programas integrales de producción y conservación de suelo y agua.

La interpretación de las facetas se basa, fundamentalmente, en la Clasificación por Capacidad de Uso de las Tierras de Klingebiel y Montgomery (1961), conocida también como Clasificación de Uso Potencial de la Tierra.

La presente Memoria abarca información del medio ambiente del área en general, los conceptos del Levantamiento Fisiográfico, sus sistemas terrestres, las facetas que los constituyen y su interpretación en base a su capacidad de uso. Al final se describen las unidades de manejo, de acuerdo a sus características y señalando sus limitaciones y algunas recomendaciones para su uso y manejo.

## 2. Antecedentes

**2.1. Desarrollo Histórico del Levantamiento Fisiográfico**  
Este enfoque se inicia a finales del Siglo XIX y principios del Siglo XX, debido a que la rápida colonización de los Estados Unidos de Norteamérica estimuló la creación de nuevas técnicas en geografía. De esta manera, Bowman (1974) citado por Ortiz (1978), subdividió a los Estados Unidos de Norteamérica en Tipos Fisiográficos, y los relacionó con el uso de la tierra.

En Inglaterra, Borne (1931) citado por Avendaño (1979), sentó las bases del Levantamiento Fisiográfico, al establecer el concepto de Sitio, que definió como la "Unidad que para todos los propósitos prácticos presenta condiciones similares de clima, relieve, geología, suelos y factores edáficos en toda su extensión, agrupando a los sitios en regiones".

Desde 1946, Christian y Stewar, encabezando al grupo CSIRO de Australia, propusieron un sistema de clasificación tomando como base la Unidad Terrestre y al Sistema Terrestre.

Posteriormente, en los trabajos del grupo MEXE-Orford, encabezados por Beckett y Webster (1960), propusieron a la Forma Local, la Subfaceta, y el Patrón Terrestre Recurrente como sistema de clasificación. Este mismo grupo, con Brink et al (1965), proponen una secuencia jerárquica ascendente de acuerdo al tamaño, quedando de la siguiente manera: Elemento, Subfaceta, Faceta, Patrón Terrestre Recurrente (cambiado posteriormente por el término Sistema Terrestre), Región Terrestre, Provincia Terrestre.

Webster y Beckett (1970), citados por Ortiz, en base a estudios anteriores, proponen una clasificación donde el Sistema Terrestre es la unidad mayor, y como unidad menor

a la faceta, que puede dividirse en elementos y variantes. Para los trabajos que precisen mayor detalle en la clasificación pueden ser usados el Elemento y la Variante como unidades auxiliares; donde el elemento se define como "la unidad más pequeña del terreno que puede tener interés", como parte de la faceta puede ser distinguido de los elementos de una imagen de fotografías aéreas, generalmente a escala de 1:10,000 a 1:80,000. En tanto que la variante solamente se emplea para indicar cambios no predecibles de una faceta, desde la superficie o desde su posición en el Sistema Terrestre.

## 2.2. Sistema de Clasificación Fisiográfico

El Levantamiento Fisiográfico se conoce en otros países con el nombre de Levantamiento Integral (Australia) o Método de los Sistemas Terrestres (FAO). Se ubica dentro del ámbito de Estudios Multidisciplinarios y parte del concepto Tierra, Ortiz (1978).

## 3. El Problema y su Definición

La dinámica de la erosión es muy compleja y para reducir sus efectos es necesario conocer su mecánica básica con el fin de establecer una estrategia ordenada y efectiva. Para conocer esta dinámica es necesario visualizar el problema en su conjunto, analizando los factores determinantes y relacionándolos con los efectos provocados. Dado que el levantamiento fisiográfico presenta en su metodología relativamente pocos requerimientos de equipo y de trabajo, en comparación de un estudio de suelos, permitiendo conocer las condiciones globales prevaletentes de un área determinada, se considera de gran utilidad para la implementación de programas de diferentes tipos.

En el área de estudio, hasta la fecha no se cuenta con un programa coherente y ordenado de conservación de suelos y agua, debido a que ha faltado integrar en un todo las acciones realizadas para tal fin, con lo que ha disminuido la eficiencia de las mismas.

## 3.1. Objetivos

Teniendo en consideración esta problemática, se plantean los objetivos siguientes:

- 1). Obtener la información necesaria de los recursos naturales, que nos permita establecer estrategias de trabajo más acordes a la problemática ecológica y social de esta zona.
- 2). Hacer una evaluación del estado físico de las obras y trabajos realizados en el área, así como su ubicación.
- 3). Servir de base para estudios y trabajos futuros de la región en general, así como de áreas específicas de la misma.

## 4. Materiales y Métodos

### 4.1. Características del Área de Estudio (Ubicación)

El presente trabajo se desarrolló en el área de influencia del Volcán Malinche, que abarca una superficie aproxima-



da de 115,370 ha, de la que corresponde un 69.3% a Tlaxcala y el 30.7% a Puebla, que se encuentra delimitada por las carreteras que unen a las poblaciones de Tlaxcala, Apizaco, Huamantla, Zaragoza, Ixtenco y Zitlaltepec, del Estado de Tlaxcala; y Acajete, Amozoc, Chachapa y Puebla, del Estado de Puebla, para terminar en la Ciudad de Tlaxcala, Tlax. (Comisión de la Malinche, 1980).

#### (Localización)

Geográficamente, el área de estudio se encuentra comprendida entre los 19°02'29" y 19°25'21" de Latitud Norte, y entre los 97°53'15" y 98°13'57" de Longitud Oeste; abarcando 24 municipios del Estado de Tlaxcala y 3 del Estado de Puebla.

#### (Relieve)

El relieve de la zona de estudio se caracteriza por ser muy variable; se tiene una topografía relativamente uniforme de los límites del área en estudio hasta los 2,800 m.s.n.m., con una pendiente del 3 al 9% y muy accidentada de esta altitud hacia la cumbre (zona de bosque y zacatonales), en donde las pendientes son muy abruptas, superiores al 10% y en algunos casos se rebasa el 100% en los macizos montañosos aledaños a la cima de la Malinche (Comisión de la Malinche, 1980).

#### (Geología)

Geológicamente, la región está constituida por muy diversos tipos de materiales, siendo los principales el aluvión, las tobas y cenizas volcánicas; de los cuales se han originado los suelos en esta área (Erffa y Hilger, 1975).

Heine y Heideweisse (1973), determinaron respecto a la petrología, la existencia de rocas ígneas y sedimentarias en la zona de estudio, cuya contenido mineralógico es diferente, predominando el cuarzo, la plagioclase y la biotita. Estos mismos autores, manifiestan que hace once millones de años se originó la Malinche durante la Epoca Pliocena del Período Terciario.

#### (Clima)

El clima presenta variaciones fuertes, debido principalmente a la orografía, observándose una temperatura media anual de 5°C del límite de la vegetación arbórea a la cima de la Malinche (3,900 a 4,461 m.s.n.m.), y de 15°C hacia el límite Sureste del área de estudio, con una altitud menor a los 2,250 m.s.n.m. Las precipitaciones anuales varían respectivamente, entre mayores a los 1,200 y de 800 a 1,000 mm.

De acuerdo con E. García (1968), el clima corresponde al tipo C (W) propio de climas subhúmedos con lluvias en verano, donde la temperatura y la precipitación cambian en distancias relativamente cortas y producen importantes variantes climáticas en el grado de humedad.

#### (Suelos)

En el área de estudio se encuentran diferentes tipos de suelos (cambisoles, fluvisoles, regosoles, andosoles, litoles, ránker y gleysoles), (Werner, 1978). Los cuales se

han originado y desarrollado a partir de distintos materiales geológicos, mencionados anteriormente.

#### (Vegetación)

Dadas las condiciones naturales de esta región, determinadas primordialmente por la altitud; marcan la pauta en la existencia de las diferentes especies vegetativas establecidas. (Tichy 1976), expresa los distintos tipos vegetativos del área de estudio.

En las laderas inferiores de la Montaña (2,000-2,500 m.s.n.m.) predomina un tipo de vegetación inducida: maguey, frutales y cultivos de temporal. Posteriormente (2,500-4,000 m.s.n.m.), imperan las masas arbóreas de coníferas, en segundo término las latifoliadas y gramíneas. Un área de zacatonales, prosigue inmediatamente a la de bosque, de los 3,900 a los 4,400 m.s.n.m.

#### Marco de Referencia Socioeconómico (Población)

La zona de estudio, cuenta con población total de 369,915 habitantes; de éstos, 303,357 son urbanos, y 66,558, rurales; considerando que la población urbana se integra con localidades mayores de 2,500 habitantes y la rural, con poblaciones menores de 2,500 habitantes.

Densidad de la población. Comparando la población total con la superficie del área, que es de 1,154 Km<sup>2</sup>, arroja una densidad de población de 320.5 hab/Km<sup>2</sup>.

Tasa de crecimiento. En la década 1960-1970, la tasa media anual de crecimiento fue de 2.6% y se estima que la tasa media anual de crecimiento en la década 1970-1980, es de 4.1% (Comisión de la Malinche, 1980).

#### 4.2. Metodología

En la realización del Levantamiento Fisiográfico del área de influencia de la Malinche, se siguió la metodología propuesta por Ortiz (1979), con algunas variantes que se mencionan posteriormente (Fig. 2).

Se utilizó la faceta como unidad básica de clasificación y una subdivisión de ésta en subfacetas, para integrar los Sistemas Terrestres.

La metodología empleada para la realización del presente trabajo puede resumirse en los siguientes pasos, después de delimitar la zona y recopilar la información existente del área.

#### Unidad de Capacidad

A cada Faceta se le determina su capacidad de uso, de acuerdo al "Sistema de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso", de Kliengebiel y Montgomery.

#### 5. Resultados

##### 5.1. Descripción de las Unidades Fisiográficas

En este Capítulo se presenta la información sobre las Unidades Fisiográficas y está dividida en cuatro partes:



(1) Una descripción de los Sistemas Terrestres, (2) Un diagrama idealizado de los Sistemas Terrestres, (3) Descripción de las Facetas que integran a cada Sistema Terrestre, y (4) Fotografías horizontales representativas que ilustran a cada Sistema Terrestre.

## 5.2. Descripción de los Sistemas Terrestres

Para describir los Sistemas Terrestres se adaptan convenciones sobre el Clima, la Geología, la Hidrología, el Suelo, la Vegetación, el Uso Actual y la Altitud. Esto dio como resultado obtener 5 Sistemas Terrestres, 32 Facetas y 46 Subfacetas, que quedan incluidas en 49 Unidades de Manejo, de acuerdo al Sistema de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso, propuesto por Klengebiel y Montgomery (1965). Cumpliéndose así el primer objetivo propuesto.

Cuadro No. 1. Sistema para Evaluar la Erosión del Suelo en el Campo

Grados	Código	Indicaciones
No aparente	0	No hay exposición de raíces de árboles; no hay costras superficiales; no hay pedestales por salpicamiento; una cubierta mayor al 70% (en o entre la superficie).
Muy ligera	1/2	Ligera exposición de raíces de árboles; pocas costras superficiales; no hay pedestales por salpicamiento; una cubierta vegetal del 30 al 70%.
Ligera	1	Exposición de raíces de árboles; formación de pedestales por salpicamiento; montículos de suelo protegidos por vegetación, todos de profundidad de 1 a 10 mm; pocas costras superficiales; una cubierta vegetal del 30 al 70%.
Moderadamente severa	3	Exposición de raíces de árboles, formación de pedestales por salpicamiento y montículos de suelo de 5 a 10 cm de profundidad; costras superficiales de 2 a 5 mm de espesor; hierbas restregadas por lavado y volteadas a favor de la pendiente; menos del 30% de cubierta vegetal.
Severa	4	Exposición de raíces de árboles; pedestales por salpicamiento y montículos de suelo de 5 a 10 cm; canalillos de 8 cm de profundidad; suelo desnudo.
Muy severa		Cárcavas; canalillos de más de 8 cm de profundidad, dunas; suelo desnudo.

Las observaciones se hacen en cuadros de 1 m<sup>2</sup> para unacubierta vegetal herbácea; 10 metros cuadrados para una cubierta de matorral y 100 metros cuadrados para unacubierta de árboles.

Fuente: Morgan (1979)

De acuerdo al sistema puesto por Morgan (1979), se apreciaron en el campo 7 grados de erosión distribuidos en toda el área, que generalmente se controlan mediante bordos o bordos y zanjas, además de presas de contención de azolves, etc., realizados por los campesinos o por medio de programas oficiales que, en general, carecen de mantenimiento y en algunos casos son destruidos por paso de maquinaria y/o animales, sin que sean reparados los daños; lográndose de esta manera, realizar la segunda finalidad de este estudio.

Acorde a los resultados obtenidos del análisis de este estudio, será éste la base de donde se derivarán programas diferentes posteriormente, de manera integral, cuya finalidad será la de optimizar los actuales recursos naturales de La Malinche; cumpliéndose así con el tercer fin que se perseguía.

## Conclusiones

1. Las estrategias de trabajo no han sido suficientemente eficaces para disminuir a un nivel mínimo esperado el proceso erosivo para cada práctica, debido a la falta de planeación más realista e integral.
2. Los programas de conservación de suelos y de reforestación ejecutados a la fecha, no han cumplido con el requisito intrínseco de proteger y restaurar los recursos, debido a que los objetivos se han cambiado por la necesidad social de dar un ingreso económico al campesino de la montaña, y ha faltado concientizarlo para que cada uno de los trabajos que se realicen, los sientan como suyos y visualicen sus beneficios.

3. Si bien es cierto que cada programa realizado por los Ejecutivos Federal y Estatal, constituye un esfuerzo en pro del mejoramiento de los recursos naturales y el medio social de la zona en cuestión, es importante también implementar un programa de mantenimiento para los trabajos realizados y los que se efectúen en el futuro.
4. Finalmente, para lograr una máxima eficiencia de los trabajos que se realicen en la montaña, con el fin de conservar los recursos naturales, deberán ser programados de tal manera que sigan una secuencia complementaria e integral para alcanzar una meta trazada de antemano, para la resolución de los problemas.



## Guía de Unidades Cartográficas

Sistema Terrestre	Símbolo	No. de facetas	No. de Subfacetas	No. de unidades de capacidad	Sup. en Ha
Malinche	MA	2	—	2	387.0
Octlaya	OC	5	9	8	18,863.5
Cuatlapanga	CU	10	13	13	83,797.0
Tzompantepec	TZ	7	12	13	4,532.5
Atlihuetzia	AT	8	12	13	7,790.0
		32	46	49	115,370.0

## Bibliografía

- Avendaño, S. R. 1979. El Agrosistema, su Definición y Relación con la Precisión en la Generación de Tecnologías en Agricultura de Temporal. Tesis de M.C., Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Becket, P. H. T., Webster, R. 1960. A Classification System for Terrain. Mil Eng. Expt. Estab., Christchurch Rept. 872:29 pp + Apéndices D-D.
- Cervantes, R. I. 1965. El Problema de la Erosión de los Suelos en México. Documento presentado en el II Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Durango, Dgo., México.
- Comisión de La Malinche. 1980. Propuesta Plan Rector. Tlaxcala.
- Cuanalo de la C., H. E. 1976. Resultados Experimentales sobre Levantamiento de Suelos y Fisiográficos en un País en Desarrollo. Memorias del IV Congreso Nacional de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia.
- Dirección General de Estadística, 1975. V CENSOS Agrícola, Ganadero y Ejidal, México.
- Erfa, A. V.; Hilger, W.; Knoblich, K. y Weyl, R. 1975. Geología de la Cuenca Alta Puebla-Tlaxcala y sus Contornos. Comunicaciones Proyecto Puebla-Tlaxcala 13. Fundación Alemana para la Investigación Científica, Puebla, México.
- García, E. 1968. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climatológica de Koppen. Instituto de Geografía de la UNAM. México.
- Heine, K. y Heide-Weise, H. 1973. Secuencias de Erupciones en el Volcán de La Malinche y en la Sierra Nevada Durante los Últimos 40,000 Años. Comunicaciones Proyecto Puebla-Tlaxcala 7. Fundación Alemana para la Investigación Científica, Puebla, México.
- Klingebiel, A. A. and Montgomery, P. H. 1965. Land Capability Classification. Agr. Tndbook 210.
- Morgan, R. P. C. 1979. Soil Erosion London Longman. Topics in Applied Geography.
- Ortiz-Solorio, S. A. y Cuanalo de la C. H. E. 1977. Levantamiento Fisiográfico del Area de Influencia de Chapingo, para la Cartografía de Areas Erosionadas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Ortiz-Solorio, C. A. y H. E. Cuanato de la C. 1978. Metodología del Levantamiento Fisiográfico, un Sistema de Clasificación de Tierras. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Ponce, R. y Cuanalo de la C. H. E. 1977. La Regionalización del Ambiente Basada en la Fisiología y su Utilidad en la Producción Agropecuaria. Agrosistemas de México: Contribuciones a la Enseñanza, Investigación y Divulgación Agrícola. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Tichy, F. y Colaboradores, 1978. Mapa Sinóptico de la Zona Puebla-Tlaxcala. Escala 1:200,000. Erlangen.
- Webster, R. y Beckett, P. H. T. 1970. Terrain classification and Evaluation Using Air Photography. A Review of Recent Work of Oxford. Photogrametry 26, 51-57.
- Wegener, H. R. 1978. La erosión Hídrica de los Suelos en la Región de Puebla-Tlaxcala. Comunicaciones Proyectos Puebla-Tlaxcala 16. Fundación Alemana para la Investigación Científica, Puebla, México.
- Zuleta, L. L. 1975. Evaluación del Levantamiento Fisiográfico como Recurso en el Diseño de Fórmulas de Producción para Maíz de Temporal en la Zona Oriente del Valle de México. Tesis de M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.



## ALGUNOS MECANISMOS DE ADAPTACION DE LA SOYA (*Glycine Max L.*) A LA CLOROSIS FÉRICA +

Gaytán Acuña, E.A.\*  
Alcalde Blanco, S.\*\*

### RESUMEN

En trabajos anteriores fueron detectados dentro de un grupo de variedades nacionales de soya diferencias notables en su tolerancia a la clorosis férrica al desarrollarse en suelos calcimórficos, sin poder llegar a definir claramente las posibles causas de ese comportamiento diferencial, por lo que el interés de este trabajo fue estudiar el origen o los factores que determinan los mecanismos de resistencia y susceptibilidad a la clorosis férrica. Para ello, en condiciones de un invernadero y empleando métodos hidropónicos, fueron sembradas las variedades Davis (Fe-eficiente) y Cajeme (Fe-ineficiente), variándose el abastecimiento de Fe, desde sin adición hasta 0.48 ppm.

Durant el transcurso del experimento se hicieron algunas observaciones sobre: crecimiento, sintomatología visual y variaciones del pH de las soluciones nutritivas. Al final se analizaron los contenidos nutrimentales de clorofila y se estimó la actividad de catalasa. De los resultados obtenidos se concluyó que:

- 1° La capacidad de las plantas Fe-eficientes para inducir un abatimiento del pH de la solución bajo condiciones de stress por Fe, explica en parte la mayor eficiencia de la variedad Davis, y
- 2° El abastecimiento de un adecuado balance nutrimental P/Fe y Fe/ZnZ, así como los diferentes niveles de acumulación de Fe, P y Mn en los distintos órganos vegetales, contribuyen a aumentar la efectividad de las plantas tolerantes a las deficiencias de Fe.

### ABSTRACT

Previous work has revealed notable differences between national breeds of soybeans in relation to their tolerance to iron chlorosis, when grown in calcimorphic soils. No known cause of the different behavior has been reported either. A project was started with the intention of understanding basic processes that govern the mentioned behavior. Two soybean varieties: Davis (iron-effective) and Cajeme (iron-inefficient) were grown in the greenhouse under hydroponic techniques. Rates of iron from 0 to 0.48 ppm were applied in the growing solution. Rate of growth, visual symptoms and pH fluctuations in the nutritive solutions were recorded. Nutrient tissue content, chlorophyll content and catalasa activity were determined at the end of the experiment.

It was concluded (1) that Davis variety was iron-efficient due to its capacity to decrease the nutrient solution pH under iron deficient levels and (2) adequate nutritional balances involving P/Fe and Fe/Zn and differing accumulation levels of Fe, P and Mn in several organs helped increase iron efficiency of tolerant plants.

### Introducción

Las numerosas investigaciones realizadas en los últimos 40 años han mostrado, que independientemente de la diversidad de factores edáficos que pueden conducir al problema clorosis férrica (Brown, 1961; Wallace y Lunt, 1960; Thorne et al, 1950; Longoria, 1972; Amparano 1973; García M., 1979 etc.), existen grupos de plantas dentro de la misma especie, que a través de una serie de mecanismos, reacciones y cambios morfológicos de la raíz, tienen la capacidad

de evadir o restringir el problema (Landsberg, 1981). Dentro de estas reacciones se encuentra la capacidad de la raíz para producir ácidos orgánicos, aumentando así la excreción de iones hidrógeno al medio de desarrollo (Brown et al 1972, Clark et al, 1973), fenómeno que es importante fundamentalmente en las dicotiledóneas (Marscher et al 1974; Landsberg, 1981).

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Maestro en Ciencias. Investigador. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados.

\*\* Doctor en Ciencias. Profesor-investigador. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados.



Además esta tolerancia al **stress** por hierro de algunos genotipos de soya, así como de girasol (Raju et al, 1972), y otras plantas se ha asociado con la excreción de sustancias reductantes (Brown y Ambler, 1973; Raju et al, 1972). Por otra parte, se ha observado que estas plantas Fe-eficientes presentan variaciones respecto a la intensidad en la absorción no sólo de hierro; sino de otros nutrimentos como son el nitrógeno (Machold, 1967, Wadleicht et al, 1937), fósforo (Miller et al, 1960; Odurukme y Maynard, 1969; Mikesel et al, 1973; Brown y Jones, 1975), manganeso, zinc y cobre (Amparano, 1973, García L, 1978; García M. 1979).

En investigaciones anteriores, empleando genotipos nacionales de soya se han detectado que existen diferencias notables, entre ellas, cuando son cultivados en suelos calcimórficos con diferentes grados de problema de abastecimiento de hierro. Sin embargo, no se tiene ninguna información referente a si este comportamiento es atribuible a una diferenciación de la tolerancia o susceptibilidad de los genotipos a la clorosis férrica, así como tampoco a los mecanismos involucrados en el fenómeno; por lo que en la presente investigación se trata de estudiar algunas de las variaciones o adaptaciones genéticas que constituyen parte de los mecanismos que permiten a las variedades de soya empleadas tolerar el **stress** de Fe.

#### Materiales y Métodos

El experimento fue establecido el 31 de Julio de 1980 sembrándose dos variedades de soya, una Fe-eficiente (Davis) y otra Fe-ineficiente (Cajeme). Los tratamientos bajo estudio fueron utilizados por García (1978), en los cuales la variable fue la concentración de hierro adicionado a la solución Steinberg (1953), teniéndose los siguientes tratamientos de hierro sin adición de Fe, 0.0075, 0.0600 y 0.4800 ppm. Se emplearon recipientes de plástico de 2 lt y con tres plantas de cada variedad por maceta. Los cambios de solución fueron cada tres días ajustándose el pH a un valor de 5.5.

Durante el desarrollo del cultivo se hicieron observaciones y mediciones semanalmente, tomándose datos de la altura de las plantas, número de hojas trifoliadas, número de ramas, número de yemas terminales y grados de clorosis, empleando la escala propuesta por Amparano (1973); también se recabó información acerca de la variación de pH en la solución nutritiva a intervalos de tres horas, durante las últimas 48 horas de establecido el cultivo.

Al finalizar el experimento las plantas se fraccionaron en raíz, tallo, hojas adultas y hojas jóvenes. Para hacer las evaluaciones de peso y posteriormente los análisis de Fe, Mn, P, Zn, Cu, K, Ca y Mg. Por otra parte, las hojas jóvenes fueron congeladas en nitrógeno líquido y mantenidas en congelación a  $-10^{\circ}\text{C}$  para analizar: clorofilas, estimar la actividad de catalasa y los nutrimentos P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn.

Los análisis nutrimentales se realizaron siguiendo el procedimiento de digestión húmeda con mezcla triácida de re-

lación 10:2.5:1 de ácido nítrico, perclórico y sulfúrico, respectivamente. El Fe, Mn, Zn, Cu, Mg, y Ca se analizaron por absorción atómica, el P por el método del vanadato molibdato amarillo. En análisis de clorofilas se llevó a cabo siguiendo el procedimiento establecido por Bruinsma (1963) y la estimación de la actividad de catalasa por el método descrito por Feinstein (1949). Estas evaluaciones fueron analizadas estadísticamente, los factores de Fe y variedades se estudiaron en un arreglo factorial  $4 \times 2$ , lo que corresponde a 8 tratamientos, los cuales se distribuyeron en bloques completos al azar con 4 repeticiones.

#### Resultados y Discusión

La presentación de los resultados se hace por ensayo para su mayor comprensión. Con el fin de simplificar la presentación se emplean las siguientes abreviaturas: raíz (R), tallos (T), hojas adultas (HA), hojas jóvenes (HJ), parte aérea (PA), número de hojas trifoliadas (NHT), variedad eficiente en hierro o tolerante a la clorosis férrica (FeE) y variedad ineficiente en hierro susceptible a la clorosis férrica (FeI). Además, en los cuadros de resultados se incluyen algunos de los datos obtenidos en los análisis de varianza correspondientes. (Niveles de significancia, valores de DMS y DSH y comparación de medias según corresponda).

#### Análisis de crecimiento y metabólicos

##### Crecimiento y producción de materia seca

Los resultados obtenidos para las dos variedades empleadas y tratamientos Fe, relativos al crecimiento se presentan en el Cuadro 1. De los parámetros evaluados se observa que los mayores efectos se presentan por la acción de los tratamientos; ya que éstos fueron altamente significativos para la producción de materia vegetal en los órganos evaluados; así como para la altura de las plantas (AP). Además de que en éste parámetro (AP) se presentaron diferencias entre variedades, hecho que señala simplemente que la variedad Davis es de menor tamaño que la Cajeme, como se puede ver en el cuadro mencionado, la variedad FeI en el tratamiento en 0.48 ppm de Fe, presenta una altura de 72.5 cm y 16 hojas trifoliadas.

Para la variedad FeE en el tratamiento sin Fe presenta 42.6 cm de altura y 16 hojas trifoliadas, mientras que el tratamiento de 0.48 ppm de Fe presenta 64.7 cm de altura y 18 hojas trifoliadas. Por lo que respecta al número de hojas trifoliadas, la variedad tolerante presenta mayor número que la susceptible. Sin embargo, no se encuentran diferencias estadísticas en cuanto al peso de la parte aérea. Los resultados sobre la producción de materia seca total (Cuadro 1), señalan que la variedad Davis requirió menores cantidades de Fe para alcanzar la mayor producción bajo las condiciones experimentales seguidas. Sin embargo, la variedad Davis presentó un mayor abatimiento en la producción de materia seca bajo condiciones de carencia de Fe (24.75 g a 12.37 g), que la variedad Cajeme (26.41 g a 16.95 g).



Cuadro 1. Evaluación de crecimiento y producción de materia seca.

Trat. de Fe (ppm)	AP (cm)			NHT			PT (g)		
	Cajeme	Davis	X <sub>T</sub>	Cajeme	Davis	Cajeme	Davis	X <sub>T</sub>	
0.0000	60 a	45	52 c	13	16	17	12	15 c	
0.0075	65	57	61 b	12	17	21	21	21 b	
0.0600	72	61	67 ab	15	18	23	25	24 ab	
0.4800	73	65	69 a	16	18	26	24	25 a	
X <sub>v</sub>	67 a	57 b				22	21		
F <sub>c</sub> V		30.29**					N.S.		
F <sub>c</sub> T		14.72**					21.01**		
DMS 0.05 V		3.94							
DSH 0.05 V <sub>xt</sub>		7.48					4.09		

\* Significancia al 5%.  
\*\* Significancia al 1%.  
N.S. No significativo.

Cuadro 2. Grado de clorosis durante el desarrollo de las dos variedades.

Trat. de Fe (ppm)	Cajeme (FeI)						
	33	30	37	44	51	58	65
0.0000	0	0	1	1	1	2	3
0.0075	0	0	1	1	1	1	2
0.0600	0	0	1	1	1	1	1
0.4800	0	0	0	0	0	0	0
		Davis (FeE)					
0.0000	0	0	1	1	1	1	2
0.0075	0	0	0	1	1	1	1
0.0600	0	0	0	0	0	0	0
0.4800	0	0	0	0	0	0	0

#### Grados de clorosis férrica

En el Cuadro 2 se presentan los resultados sobre evaluación del grado de clorosis visual durante el desarrollo del experimento.

Como puede verse en el Cuadro 2, la variedad Cajeme (FeI) cuando estuvo bajo stress de Fe aparecieron síntomas de la clorosis férrica 37 días después de la siembra, iniciándose en las hojas jóvenes una clorosis leve, alcanzando un grado de clorosis fuerte a los 58 días y muy fuerte (grado 3) a los 65 días. En cambio las plantas de la variedad Davis (FeE) mostraron en sus hojas jóvenes una clorosis hasta los 58 días, alcanzando sólo un grado de clorosis fuerte (grado 2) al final del período experimental. En la dosis 0.0075 ppm de Fe, los FeI mostraron una clorosis leve a los 44 días después de la siembra, finalizando el grado de clorosis fuerte.

Para el caso de las plantas FeE también a los 44 días se inició una clorosis leve la cual se mantuvo hasta finalizar el experimento.

En cuanto al tercer tratamiento de Fe (0.0600) las FeI presentaron una clorosis leve de los 37 a los 65 días; en tanto que las FeE no presentaron síntomas de clorosis en este nivel de Fe.

En el tratamiento con 0.48 ppm de Fe ninguna de las dos variedades presentaron síntomas de clorosis en este nivel de Fe.

En el tratamiento con 0.48 ppm de Fe, ninguna de las dos variedades presentaron síntomas de la clorosis férrica.

Estos resultados ratificaron la estratificación de la variedad Cajeme como susceptible y la Davis como tolerante (Amparano 1972); ya que, tanto los grados de clorosis alcanzados como la incidencia de clorosis en los diferentes tratamientos así lo corroboran.

Para certificar la validez de las evaluaciones visuales de clorosis fue realizado el análisis de clorofila a los 65 días, siguiendo el método de Bruinsma (1963).

#### Determinación de clorofila

Los contenidos de clorofila a, b, a+b y la relación Cla/Clb en las hojas jóvenes de cada variedad en los diferentes tratamientos, así como los valores de DSH se presentan en el Cuadro 3 y la representación gráfica para los contenidos de clorofila en la Figura 1.

Como se observa en el Cuadro 3, hubo diferencias altamente significativas entre variedades para clorofila a, b, y a+b, mostrando mayores contenidos de clorofila la variedad (1.279, 0.589 y 1.965 mg/g), que la variedad Cajeme (0.920, 0.466 y 1.486 mg/g). También puede observarse que la relación Cla/Clb en la variedad tolerante en general, aumenta a medida que disminuye la concentración de Fe en el sustrato, probablemente esto sea debido a que al haber deficiencias de Fe en la planta primeramente se limita la síntesis de clorofila b. En el caso de la variedad susceptible la variación de esta relación fue mínima.



Como era de esperarse, se presentaron diferencias altamente significativas por efecto de tratamientos en los contenidos de clorofila a, b y a + b. De tal manera que a medida que aumentó la concentración de Fe en la solución nutritiva, se incrementaron considerablemente los contenidos de clorofila, resultados que concuerdan con lo citado por Agarwala y Sharma (1961), quienes señalan la estrecha relación entre el abastecimiento de Fe y los contenidos de clorofila en la planta.

De lo expuesto, cabe señalar que el análisis de clorofila como parámetro para estimar el grado de clorosis férrica visual resultó adecuado; ya que pudo demostrarse que al ser sometidas las variedades a un stress de Fe, la variedad clasificada como susceptible, presentó contenidos considerablemente menores de clorofila a, b, y a + b, que la variedad tolerante.

#### Variación del pH de las soluciones

Uno de los procedimientos empleados para evaluar la susceptibilidad o tolerancia a la clorosis férrica, es a través de la medición de las variaciones en pH, de las soluciones nutritivas en que se desarrollan las plantas (Marschner et al., 1974).

En la fase final del experimento durante 48 horas y en intervalos de tres, fueron evaluadas estas variaciones para las dos variedades en los diferentes tratamientos y cuya representación gráfica se ve en las figuras 1 y 4. De dicha evaluación se observó que ambas variedades indujeron un abatimiento en el pH de la solución nutritiva en los cuatro tratamientos estudiados, el cual, en términos generales, llegó a alcanzar valores de 4.0 en un transcurso de 2 horas.

No obstante, existen muy fuertes diferencias dentro de los patrones de abatimiento del pH, en donde resalta el hecho de que conforme aumenta la concentración de Fe en la

Cuadro 4. Estimación de la actividad de catalasa

Trat. de Fe (ppm)	Concentraciones de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (1)					%
	0.1	0.14	0.19	0.22	X <sub>1</sub>	
<b>Cajeme</b>						
0.0000	15	30	39	54	34	18
0.0075	15	35	47	58	39	20
0.0600	24	45	54	73	49	26
0.4800	33	62	84	95	69	37
X <sub>2</sub>	22	43	56	70		
<b>Davis</b>						
0.0000	22	44	54	70	47	25
0.0075	29	52	59	74	53	29
0.0600	34	60	78	96	67	36
0.4800	36	68	92	111	77	41
X <sub>2</sub>	30	56	71	88	61	33
F <sub>c</sub> V						201.17**
F <sub>c</sub> T						208.72**
F <sub>c</sub> VxT						5.74**
DMS 0.05 V						1.10
DSH 0.05 T						2.09
DSH 0.05 VxT						3.55

\* Significancia al 5%.

\*\* Significancia al 1%.

N.S. No significativo.

(1) = La concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> está expresada en normalidad.

(%) = de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> degradado.

X<sub>1</sub> = M de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gastados en la reacción.

Cuadro 3. Contenidos de clorofila, a, b a + b mg/g) y relación de Cla/Clb en hojas jóvenes

Trat de Fe (ppm)	Cla			Clb			Cla + Clb			Cla/Clb	
	Cajeme	Davis	X <sub>r</sub>	Cajeme	Davis	X <sub>r</sub>	Cajeme	Davis	X <sub>r</sub>	Cajeme	Davis
0.0000	0.38	0.64	0.50 c	0.19	0.29	0.24 b	0.62	0.94	0.78 c	1.97	2.20
0.0075	0.50	1.18	0.84 b	0.25	0.50	0.38 b	0.82	1.67	1.25 b	2.01	2.35
0.0600	1.29	1.60	1.44 a	0.64	0.71	0.67 c	2.46	2.46	2.26 a	2.01	2.26
0.4800	1.51	1.70	1.60 a	0.78	0.86	0.82 a	2.44	2.78	2.61 a	1.98	2.20
X <sub>v</sub>	0.92	1.28		0.47	0.59		1.19	1.97		1.98	2.20
F <sub>c</sub> V		33.85**			8.97**			24.58**			
F <sub>c</sub> T		69.68**			42.20**			78.31**			
F <sub>c</sub> VxT		3.20*									
DMS 0.05 V		0.128			0.085			0.200			
DSH 0.05 T		0.243			0.162			0.381			
DSH 0.05 VxT		0.414			N.S.			N.S.			

Cla = Contenido de clorofila a, en mg/g.

Clb = Contenido en clorofila b, en mg/g.

Cla + b = Contenido de clorofila a + b en mg/g.

\* Significancia al 5%.

\*\* Significancia al 1%.

N.S. No significativo.



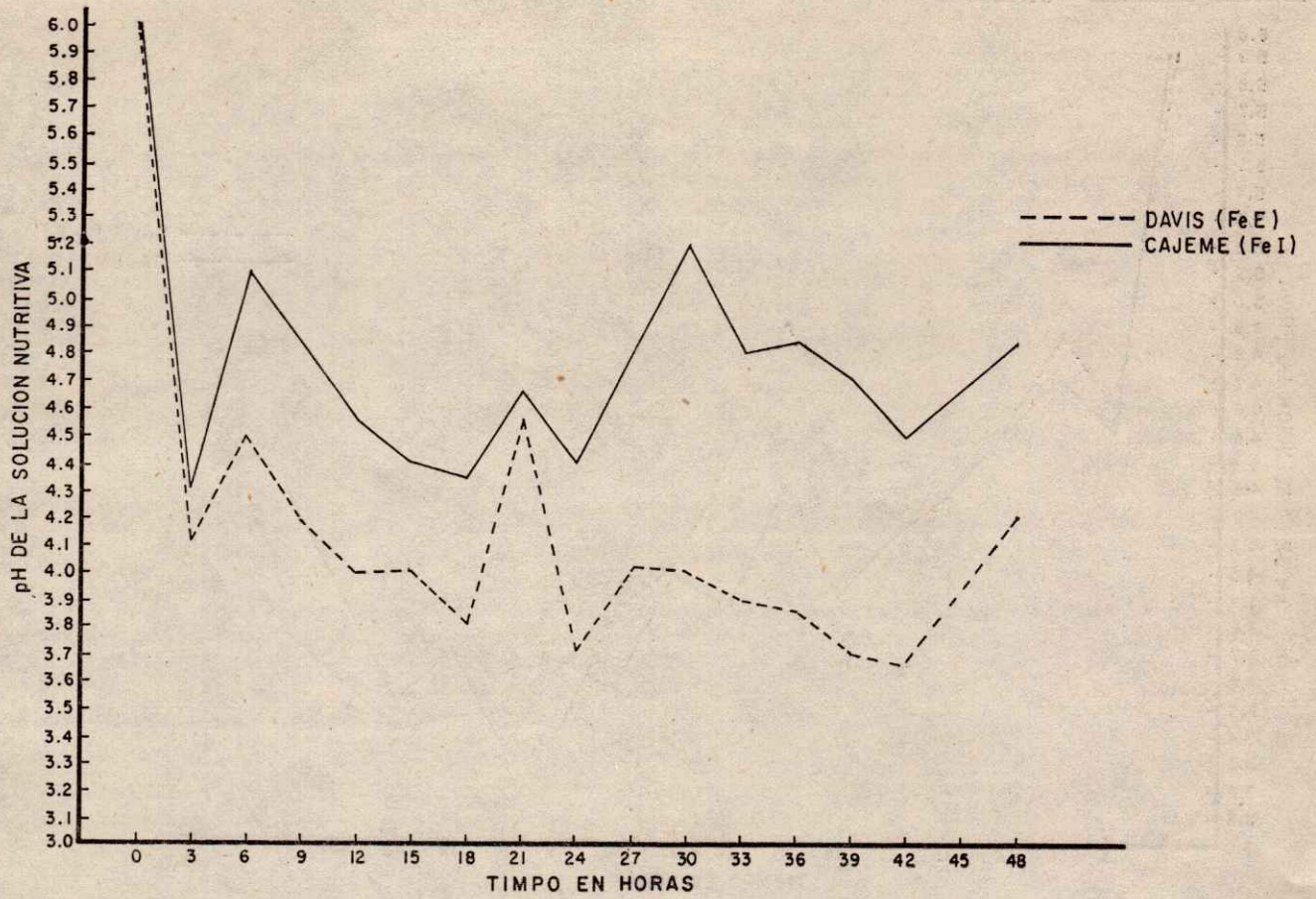


Fig. I. Variación del pH de los tratamientos sin hierro.



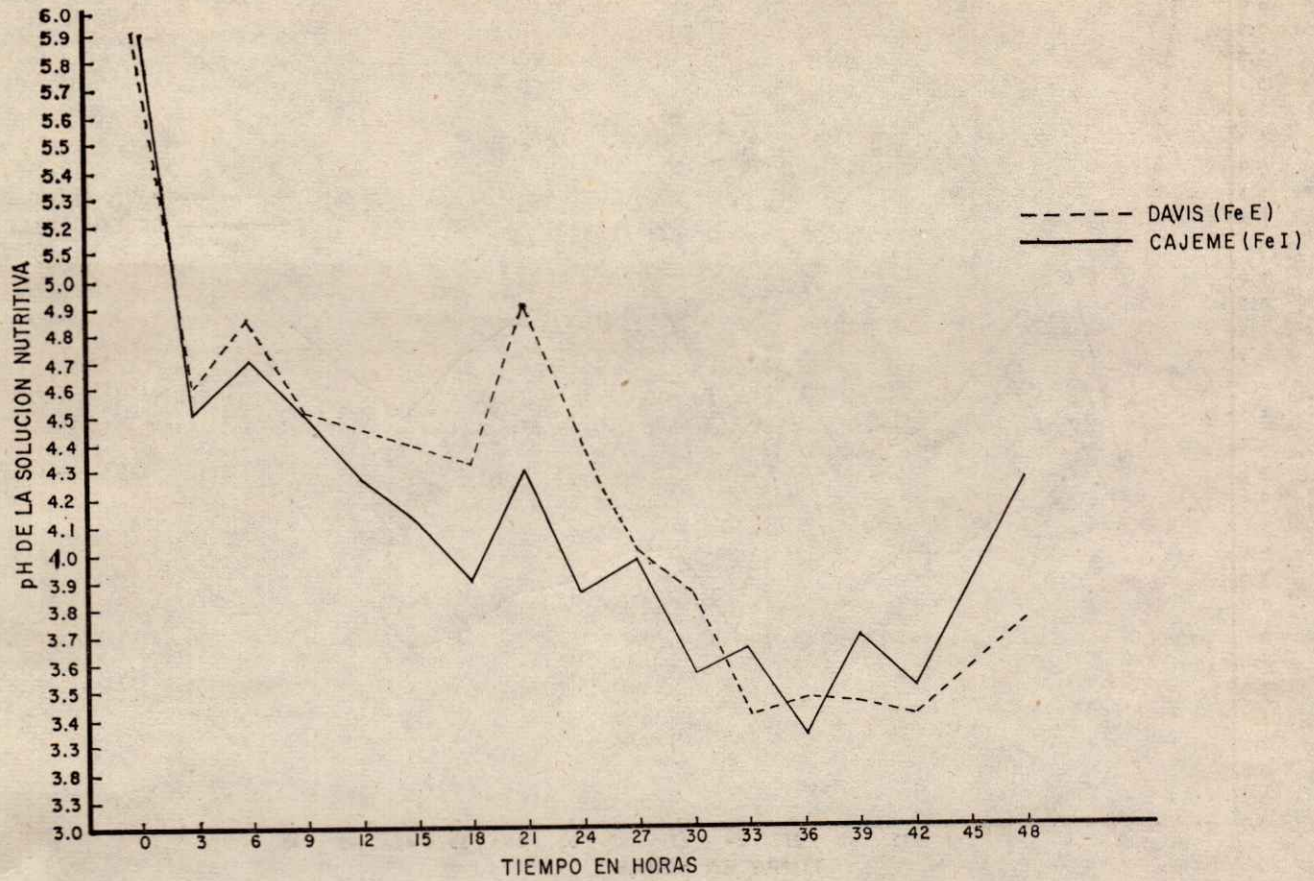


Fig. 2. Variaciones del pH de los tratamientos con 0.4800 ppm de Fe.



solución nutritiva, el comportamiento de las variedades es diferente. Así, con el tratamiento sin Fe (Fig. 2), los mayores abatimientos se tuvieron en la variedad Davis (Fe-eficiente), la cual en un lapso de sólo tres horas, logró abatir el pH de 6.0 hasta 4.1 muestras que la Cajeme aún después de 18 horas sólo bajó el pH a 4.4. Conforme la concentración de Fe en el substrato fue aumentado la diferencia entre variedades fue menor (Figura 4), al grado que al desarrollar las variedades en la solución 0.48 ppm de Fe, el comportamiento se invierte, es decir, que la variedad Cajeme origina en mayor abatimiento del pH que la variedad Davis.

Este resultado puede ser interpretado en los siguientes términos: Cuando se presenta el stress por Fe, las plantas Fe-eficientes (Davis), posiblemente mediante la producción de una mayor cantidad de ácidos orgánicos (Marschner et al, 1974; Landsberg, 1981; Ambler et al., 1971), abate el pH y, consecuentemente, el potencial redox de la solución, propiciando una mayor transformación de  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$ , de ahí la menor incidencia de clorosis. Por otra parte el aumentar la cantidad de fierro en la solución y no haber severas restricciones para la síntesis de clorofila y en general la absorción nutrimental, el contenido de  $NO_3^-$  en la solución va disminuyendo hasta eliminarse totalmente, con lo cual, y dado el mayor tamaño de la Cajeme (Fe-ineficiente), se inicia la excreción de  $H^+$ , resultados que concuerdan con lo señalado por Aktas y Egmond.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> En impresión.

#### Estimación de la actividad de catalasa

Los resultados obtenidos de la estimación de catalasa, empleando diferentes concentraciones de  $H_2O_2$  para las dos variedades (FeE y FeI); así como los valores de DMS y de DSH se presentan en el Cuadro 4. Como se muestra, al suministrar Fe a la solución nutritiva se incrementó la actividad de la enzima (Valores X<sub>t</sub>) tanto en la variedad FeI (34.23 hasta 65.58), como en la FeE (47.32), hasta 76.67 en comparación con el tratamiento testigo (sin Fe), de ahí el efecto altamente significativo para tratamientos. Hecho que es fácilmente explicado por el efecto que el Fe tiene como componente de la estructura porfirínica que corresponde al grupo prostético de la enzima. En el mismo cuadro puede observarse, que a medida que se aumenta la concentración de  $H_2O_2$ , también existe un incremento en la cantidad de peróxido de hidrógeno degradado, lo cual se explica en base a lo planteado por Michaelis-Menten, quienes señalan que a un aumento de substrato se observa un incremento en la velocidad de la reacción, hasta que es alcanzada la velocidad máxima, que en este caso y con las concentraciones empleadas no se logró.

De mayor trascendencia es el efecto altamente significativo observado entre variedades, en donde se puede ver claramente que existen diferencias en la actividad de catalasa, presentando una mayor actividad la variedad Davis (61.13 vs 47.65) que la Cajeme. Lo cual debe corresponder a una evidencia de la mayor capacidad de esta variedad Fe-eficiente para mantener una mayor actividad de  $Fe^{2+}$

(activo) a nivel celular.

#### Análisis Nutrimentales:

##### Fierro

Los resultados obtenidos en los análisis de fierro se presentan en el Cuadro 5. De este puede observarse que, tanto en la variedad Cajeme (FeI) como la variedad Davis (FeE), para hojas adultas y hojas jóvenes se presentaron diferencias estadísticas significativas por efecto de tratamientos. Resultados que eran de esperarse, ya que al aumentarse la cantidad de fierro en las soluciones nutritivas y al no existir ningún factor inhibitor de la absorción ésta aumenta. Resultados que concuerdan con los reportados por Agarwala y Sharma (1961), Price (1968), García, L. (1978), García M. (1979) y Enriquez 1980).

Cuadro 5. Concentraciones de Fe (ppm) en hojas adultas y hojas jóvenes

Trat. de Fe	Hoja adulta			Hoja joven		
	(ppm)	Cajeme	Davis	X <sub>T</sub>	Cajeme	Davis
0.0000	111	113	112 c	92	100	96 c
0.0075	123	133	127 c	93	106	99 c
0.00600	153	153	153 b	124	124	124 b
0.4800	195	231	213 a	134	164	149 a
X <sub>v</sub>	146	157		111 a	123 b	
F <sub>c</sub> V		N.S.			7.39*	
F <sub>c</sub> T		59.99**			28.36**	
F <sub>c</sub> VxT		N.S.			N.S.	
DSH 0.05 T		22.67			18.32	

\* Significancia al 5%.

\*\* Significancia al 1%.

N.S. No significativo.

De gran importancia son las diferencias varietales encontradas para las hojas jóvenes, en donde se puede observar que la variedad Fe-eficientes (Davis) presenta mayores contenidos de Fe, lo cual es índice de un transporte más eficiente hacia los órganos jóvenes.

De todo lo anterior resalta que, aún cuando las variedades presentaron contenidos de clorofila y actividades de catalasa, condiciones que podrían considerarse como un índice de que más que la cantidad de fierro en los órganos jóvenes es el estado de reducción del fierro ( $Fe^{2+}$  o fierro activo), lo que hace diferentes a las plantas Fe-eficientes de las Fe-ineficientes. Resultados concordantes con los de Machold, 1967; Sideris y Young, 1949; Brown y Jones, 1974; entre otros.

##### Manganeso

En el Cuadro 6 se presentan los resultados obtenidos del análisis de Mn, así como los valores de la DMS y DSH obtenidos y en la Figura 6 su representación gráfica. Los



mayores contenidos de Mn a medida que disminuye la cantidad de Fe en los tratamientos, se explica por el efecto antagónico entre Fe y Mn, el cual ha sido observado por numerosos investigadores, quienes señalan que la eficiencia de uno está determinada por la proporción presente del otro (Somers y Shive, Sideris y Young, 1949; Epstein y Stout, 1951; Mengel y Kikby, 1978). Claramente se detecta la poca movilidad del nutrimento, lo cual corrobora lo establecido por otros investigadores como Mortverdt et al. (1972) y Epstein (1972).

De los resultados presentados deben resaltarse varios hechos. Primero, que las mayores diferencias en la acumulación de Mn entre las variedades Davis FeE y la variedad Cajeme FeI fueron detectadas en el tratamiento sin Fe, observándose consistentemente una mayor cantidad promedio para la variedad FeE, hecho que se contrapone a lo encontrado por otros investigadores.

### Fósforo

Por otra parte, a nivel de tallos, hojas adultas y hojas jóvenes un claro efecto de tratamientos presentaron un abatimiento en la concentración de fosfatos a medida que

Cuadro 6. Concentración de Mn (ppm) en hojas adultas y hojas jóvenes

Trat. de Fe (ppm)	Hoja adulta			Hoja joven		
	Cajeme	Davis	Xr	Cajeme	Davis	Xr
0.0000	191	192	191	127	147	137
0.0075	134	164	149	111	113	112
0.0600	116	119	117	89	81	85
0.4800	87	87	87	66	70	68
$\bar{X}_v$						
FcV	N.S.			N.S.		
FcT	18.39**			23.97		
FcVxT	N.S.			N.S.		
DSH 0.05 T	41.17			24.48		

\* Significancia al 5%.

\*\* Significancia al 1%.

N.S. No significativo.

aumentó el hierro aplicado a la solución; lo cual podría estar relacionado con los resultados obtenidos por Bédulph (1972) u Olsen (1935), en términos de una precipitación con el Fe, o bien con la síntesis de ácidos orgánicos y su acción sobre la respiración (Dekock y Hall, 1955).

### Zinc

En el Cuadro 7 puede observarse que para todos los órganos analizados se presentaron efectos estadísticamente significativos por efecto de tratamientos.

En donde, a un incremento en la concentración de hierro correspondió una disminución en los contenidos de Zn en

los órganos de la planta, observándose los efectos más notables en las hojas adultas (75.6 ppm a 44.4 ppm Zn), en las hojas jóvenes (57.4 ppm a 34.3 ppm Zn). Resultados semejantes son reportados por García L. (1978).

### Relaciones nutrimentales

#### Relación Fe/Mn

Por lo que respecta al comportamiento de la relación Fe/Mn en función de los tratamientos aplicados; se tiene como era de esperarse, que en todos los casos y para las dos variedades, la relación Fe/Mn aumentó a medida que la Fe aplicada fue mayor.

Cuadro 7. Concentraciones de p (%) en hojas adultas y hojas jóvenes

Trat. de Fe (ppm)	Hoja adulta			Hoja joven		
	Cajeme	Davis	Xr	Cajeme	Davis	Xr
0.0000	0.74	0.66	0.70 a	0.61	0.52	0.56 a
0.0075	0.63	0.56	0.60 b	0.60	0.50	0.55 a
0.0600	0.57	0.50	0.57 abc	0.58	0.47	0.43 a
0.4800	0.64	0.48	0.52 c	0.52	0.46	0.49 b
$\bar{X}_v$	064 a	0.55 b		0.58 a	0.49 b	
FcV	22.97**			47.68**		
FcT	13.68**			5.92**		
FcVxT	N.S.			N.S.		
DMS 0.05 V	0.042			0.027		
DSH 0.05 T	0.080			0.052		

\* Significancia al 5%.

\*\* Significancia al 1%.

N.S. No significativo.

Al comparar las medias generales de la relación Fe/Mn obtenida a nivel de raíz, tallo, hoja adulta, se tiene que ésta en todos los casos es superior en la variedad Cajeme con respecto a la variedad Davis, aunque este hecho no puede atribuirse a que en esos órganos la cantidad de Fe con respecto a la variedad Davis; sino a que la variedad Cajeme acumuló menores cantidades de Mn, de ahí las relaciones bajas (ver Cuadro 6); sin embargo, esta situación se invierte cuando se comparan los promedios obtenidos en las hojas jóvenes (Cajeme 1.21 vs Davis 1.34). Cuadro 9.

### Relaciones P/Fe

Por lo que respecta al comportamiento de la relación P/Fe en función de los tratamientos aplicados tenemos en todos los órganos, al igual que para las dos variedades, que la relación P/Fe disminuye a medida que la cantidad de Fe aplicada fue mayor; ésto se debe a la mayor absorción de Fe, inducida por el aumento en las concentraciones.

Por lo que puede corroborarse lo señalado por Reddulph y Moodbridge, 1952; Olsen, 1957; Brown et al 1959 y García, 1978, quienes indican que la relación fósforo hierro es un factor que afecta la asimilación de Fe.



Cuadro 8. Concentraciones de Zn (ppm) en hojas adultas y hojas jóvenes

Trat. de Fe (ppm)	Hoja adulta			Hoja joven		
	Cajeme	Davis	X <sub>T</sub>	Cajeme	Davis	X <sub>T</sub>
0.0000	69	83	76 a	55	60	57 a
0.0075	67	71	69 a	49	49	49 b
0.06000	53	51	52 b	41	39	40 c
0.4800	44	45	45 b	34	35	34 d
X <sub>v</sub>	58	62		44	46	
F <sub>c</sub> V	N.S.			N.S.		
F <sub>c</sub> T	14.03**			49.78**		
F <sub>c</sub> VxX	N.S.			N.S.		
DSH 0.05	15.32			5.57		

\* Significancia al 5%.

\*\* Significancia al 1%.

N.S. No significativo.

**Conclusiones Finales**

1. Fue demostrado que la clasificación de las variedades de Soya en Cajeme Fe-ineficiente y Davis Fe-ineficiente fue correcta.
2. La mayor eficiencia en la absorción de hierro por la variedad se explica en parte por la capacidad de estas plantas para inducir un abatimiento del pH del medio circundante bajo condiciones de stress por hierro.
3. El establecimiento de un balance adecuado P/Fe y Fe/Zn contribuye a aumentar la efectividad de las plantas tolerantes a las deficiencias de hierro.
4. Las plantas Fe-eficientes (Davis) toleran mayores concentraciones de Mn en los tejidos vegetales sin que se presenten daños severos por clorosis.
5. Existen diferencias en los niveles de acumulación en los distintos órganos de las variedades para Fe, P y Mn.

Cuadro 9. Relaciones Fe/Mn en los diferentes órganos de las plantas.

Trat. de Fe (ppm)	Raíz		Tallo		Hoja adulta		Hoja joven	
	Cajeme	Davis	Cajeme	Davis	Cajeme	Davis	Cajeme	Davis
0.0000	0.6	0.5	1.1	1.1	0.6	0.6	0.7	0.7
0.0075	0.7	0.6	1.2	1.2	0.9	0.8	0.9	0.9
0.0600	0.8	0.8	1.7	1.4	1.3	1.3	1.4	1.5
0.4800	1.8	1.0	1.7	1.8	2.2	1.6	2.0	2.3
X̄	1.0	0.7	1.4	1.4	1.2	1.1	1.2	1.3

Cuadro 10. Relaciones P/Fe en los diferentes órganos de la planta.

Trat. de Fe (ppm)	Raíz		Tallo		Hoja adulta		Hoja joven	
	Cajeme	Davis	Cajeme	Davis	Cajeme	Davis	Cajeme	Davis
0.0000	151	159	225	200	120	106	120	94
0.0075	125	129	196	166	96	76	117	85
0.0600	121	103	152	147	74	59	84	68
0.4800	118	95	125	125	53	38	70	51
X̄	129	122	175	159	86	70	98	74

**Bibliografía**

- Agarwala, S. C. and C. P. Sharma. 1961. The relation of iron supply to the tissue concentration of iron, chlorophyll and catalase in barley plants grown in sand culture. *Physiol Plantarum*. 14: 275-83.
- Alcalde, B. S., García M. H., Mendoza O. L., y Martínez G. A. 1980. Evaluación de tolerancia y susceptibilidad del sorgo (*sorghum bicolor* Moench) a la clorosis férrica. XIII. Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- Amparano, C. F. 1973. Evaluación del comportamiento y la susceptibilidad a la clorosis férrica de 14 variedades de soya en suelos calcáreos bajo condiciones de invernadero. Tesis M.C., C.P. Chapingo, México.



- Brown, 1961. Iron chlorosis in plants. *Advances in Agronomy* 13: 329-367.
- Brown, J. C. Ambler, J. E. Chaney, R. L. and Poy, C. D. 1972. Differential responses of plant genotypes to micronutrients. *Micronutrients in agriculture. Soil Sc. Am. Inc. Madison Wisconsin, U.S.A.* pp. 389-418.
- Brown, J. C. and Ambler, J. E. 1973. "Reductantes" released as indications of copper and iron deficiencies in plants. *Plant Physiol* 27: 651-660.
- Brown, J. C. Jones W. E. 1975. Phosphorus efficiency as related to iron inefficiency in Sorghum. *Agron. J.* 67: 468-872.
- Clark, R. B., Tiffin L. O. and Brown J. C. 1973. Organic acids and iron translocation in maize genotypes. *Plant physiol* 52: 147-150.
- García, L. R. 1978. Amarillamiento de la soya (*Glycine max L.*) por deficiencias de fierro y efectos de inundación del suelo. Tesis de M.C., C.P. Chapingo, México.
- García, M. H. J. 1979 Evaluación de tolerancia y susceptibilidad del sorgo (*Sorghum bicolor L Moench*), a la clorosis férrica y algunos mecanismos de adaptación. Tesis de M.C., C.P. Chapingo, Méx.
- Kramer, D., Romheld V. Landsberg, E. and Marchner. 1980. Induction of transfer-cell formation by iron deficiency in the root epidermis of *Helianthus annuus L.* *Plant* 147: 335-339.
- Landsberg, E. Ch. 1981. Organic acid synthesis and release of hydrogen ions in response to Fe deficiency stress of mono- and dicotyledonous plant species. *Jour of Plant Nuth.*, 3 (1-4), 579-591.
- Longoria, G. G. A. 1973. Prevención de la clorosis férrica en suelos calcáreos mediante tratamientos de inundación. Tesis de M.C. Escuela Nacional de Agricultura, C.P. Chapingo, Méx.
- Marschner H., Kalisch A. Romheld V. 1974. Mechanism of iron uptake in different plant species. *Proc. 7th Int. Coll Plant Analysis Fertilizer Problems, Hannover* pp. 273-282.
- Miller, G. W. Brown, J. C. and Holmes R. S. 1960. Chlorosis in soybean as relate to iron, phosphorus, bicarbonate, and cytochrome oxidase activity. *Plant Physiol* 619-625.
- Price, C. A. 1968. Iron compounds and plant nutrition. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 19, 239-238.
- Raju, V. K. Marschner, H., and Romheld, V. 1972. Effect of iron nutritional status on iron uptake, substrate pH and production and release of organic acids and riboflavin by sunflower plants. *Zeitschrift fur Pflanzenernahrung and Bodenkunde* 132 Blan Heft 3: 177-190.
- Sideris, C. P. and Young H. V. 1949. Growth and Chemical composition of ananas *Comosus (L) Mevr.*, in solution cultures with different iron: manganese ratios. *Plant Physiol* 24: 416-440.
- Somers, I. I. and Shive J. W. 1942. The iron manganese relation in plant metabolism. *Plant Physiol.* 17: 582-601.
- Steinberg, R. A. 1953. Symptoms of molybden deficiency in Tabaco. *Plant Physiol* 28: 319-333.
- Thorne, D. M., Wann, F. B. and Wilford, R. 1950. Hypothesis concerning lime induce chlorosis. *SSSAP* 15: 254-258.
- Wallace, A. and Lut. O. R. 1960. Iron chlorosis in horticultural plants: A review. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75: 819-841.



## EVALUACION DEL TRANSPORTE DE Zn Y Mn EN RELACION A LA GERMINACION PREMATURA DEL MAIZ BAJO CONDICIONES HIDROPONICAS +

Enríquez Reyes, S.\*  
Alcalde Blanco, S.\*\*

### RESUMEN

Se realizó un experimento empleando métodos hidropónicos bajo condiciones de invernadero para estudiar el transporte de Zn y Mn en los genotipos H-139 y Criollo de Huamantla, clasificados como tolerante y susceptible a la germinación prematura, respectivamente. La evaluación del transporte de Zn y Mn se realizó mediante el análisis del exudado del xilema de las plantas desarrolladas bajo concentraciones crecientes de ambos nutrimentos.

A niveles bajos de Zn el genotipo H-139, presenta un mayor nivel de transporte que el Criollo de Huamantla; situación por la que puede ser considerado como eficiente a Zn bajo condiciones de presión por deficiencia en este nutrimento. Para Mn, se detectaron diferencias en el transporte sólo en los mayores niveles de concentración de Mn en la solución.

En general, el genotipo H-139 presenta mayores niveles de transporte para ambos nutrimentos, por lo que es factible la existencia de una relación entre la tolerancia de este genotipo y la susceptibilidad del Criollo de Huamantla a la germinación prematura.

### ABSTRACT

An experiment involving hydroponic methods was conducted in a greenhouse in order to study Zn and Mn transport in H-139 and Criollo Huamantla corn varieties. These two genetic materials have been found to be tolerant and susceptible respectively to premature seed germination. Transport of both plant nutrients was studied in Xylem sap exudates of plants grown under different concentrations of both nutrients in the nutritive solution.

When Zn concentration in the nutritive solution was low H-139 the tolerant variety showed a higher transport level than the susceptible variety. Mn transport differences between varieties were detected only at high Mn concentrations in the nutritive solution. H-139 did show a higher transport level for both nutrients than Criollo Huamantla variety of corn and this is consistent with the working hypothesis of this study.

### Introducción

En algunas zonas temporeras productoras de maíz se ha venido reportando una alteración fisiológica en el desarrollo del grano, (principalmente Puebla y Tlaxcala). Esta anomalía fisiológica consiste en la germinación del grano durante su estado de desarrollo y ha sido denominado como germinación prematura de maíz.

La situación actual indica que el problema se ha ido extendiendo a diversas partes del país, y además, ha sido observado en otros países del mundo como son: Rusia, Yugoslavia, Grecia, Francia y Estados Unidos, entre otros.

Este experimento forma parte de una serie de estudios realizados en forma multidisciplinaria entre la UNAM y el C.P., cuyo objetivo es determinar las causas de la germinación prematura en el maíz.

### Antecedentes

Según Félix (1981) el primer reporte sobre germinación prematura del maíz fue dado a conocer en 1924 por Eyster. Posteriormente, Eyster (1931) confirmó que la ger-

minación prematura estaba determinada por factores genéticos y que estos a su vez se veían condicionados por factores ambientales.

Desde el punto de vista fisiológico, Robertson (1955) menciona que ocho genes participan en la inducción de la germinación prematura, además de ser responsables de la interrupción de la formación de pigmentos en la aleurona, endospermo y plántula; así como con la reducción en el tamaño de la semilla.

Félix (1981), llegó a la conclusión de que el problema es complejo y está en función a: características genéticas, fertilizantes, humedad relativa y temperatura.

Routchenko y Soyer (1971), mencionan que la germinación prematura se presenta debido a ciertas características genéticas asociadas a la composición bioquímica del embrión en conjunto con un desbalance hormonal caracterizado por la ausencia de agentes oxidantes del ácido indolacético.

Posteriormente, 1972 indican que la actividad oxidativa depende del hierro y del manganeso y que estos nutrimentos condicionan el que se dé o no se dé el fenómeno.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Maestro en Ciencias. Investigador. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados.

\*\* Doctor en Ciencias. Profesor-Investigador. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados.



Ahondando en el factor nutrimental, es conocida la necesidad de un balance nutrimental para una buena regulación hormonal Weaver (1976). Así, dentro de los micronutrientes que se conocen participan en la regulación hormonal Zn sobre la triptofano sintetasa y el Mn sobre la IAA-Oxidasa. Polevoi et al (1977) Sharma et al (1978), Brear et al (1974).

### Objetivo

Considerando lo anteriormente expuesto el objetivo del experimento consistió en evaluar las diferencias en transporte, de zinc y manganeso, como una posible causa de alteración en el balance hormonal que trae como consecuencia la germinación prematura en el maíz.

### Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el invernadero del Colegio de Postgraduados, ubicado en Chapingo, Edo. de México.

El material vegetal utilizado fue el Criollo de Huamantla y el híbrido H-139, los cuales han sido caracterizados como susceptibles y tolerantes a la germinación prematura respectivamente.

El desarrollo de las plantas fue realizado bajo condiciones de hidroponía utilizando la solución Ohki, cuya composición se presenta en el anexo 1.

Anexo 1. Composición Nutrimental de la Solución Ohki

Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	225 mM
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	1.0 mM
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.0 mM
KNO <sub>3</sub>	2.5 mM
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0.18 µM
H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	0.05 µM
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	46.3 µM
Fe-EDTA	2.8 ppm

Los tratamientos aplicados de Zn y Mn se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos Aplicados de Zn y Mn en la Solución Nutritiva

Trat.	Zn (mg/l)	Trat.	Mn (mg/l)
1	0.00036	5	0.0005
2	0.00300	6	0.0100
3	0.00300	7	0.1000
4	0.30000	8	1.0000

Para la conducción del experimento se utilizó agua destilada-desionizada teniendo el agua así tratada una concentración final de 0.00036 mg/l de Zn y 0.0005 mg/l de Mn.

Todo el material se lavó con EDTA al 0.5 M y con HCl al 10% para evitar contaminación; así como purificadas las soluciones madre mediante los métodos de Wallihan y Bradford 1977, y de Munns y Johnson 1960.

Se utilizaron recipientes de 2.0 litros colocándose 4 plantas por recipiente. La solución se cambió cada tercer día.

El diseño de tratamientos utilizado fue en parcelas divididas con un arreglo como bloques al azar con tres repeticiones.

Para la obtención del exudado del xilema, se seleccionaron las plantas transversalmente a la altura de la primera hoja y se colocaron tubos de plástico de 10 cm de longitud sellándose en la base con parafilm; pasada media hora se colectó el exudado con una jeringa y se colocó en tubos de ensaye los cuales fueron previamente lavados y esterilizados.

El colectado de cada recipiente (4 plantas) se colocó por tubo de ensaye.

El exudado se obtuvo a los 35 días de iniciada la aplicación de tratamientos y a los 45 días de la siembra. En esta fecha las plantas se encontraban en la fase de crecimiento lineal.

El análisis mineral se realizó por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

### Resultados y discusión

Debido a que el patrón de distribución iónica dentro de la planta está condicionado por la etapa fenológica del desarrollo y relacionado a estos se tiene la intensidad fotosintética, la transpiración y la absorción de agua; se seleccionó la etapa de mayor velocidad de crecimiento para la evaluación del transporte iónico a través del exudado del xilema.

Para la interpretación de los resultados del experimento se considera como un todo a la relación entre el transporte iónico en el xilema y el proceso de absorción iónica en las raíces, así como las tasas del crecimiento de la planta, relación ya observada anteriormente. Pitman (1974).

### Transporte de Zn

En el Cuadro 2 se presenta el efecto de los tratamientos aplicados sobre el transporte de Zn. Cabe señalar, que en la literatura revisada no se encontró información en relación a niveles de concentración de exudados del xilema para maíz.

De los resultados obtenidos resalta el hecho de que se tiene una mayor concentración de Zn en el exudado del genotipo H-139 que del Huamantla; por lo que puede deducirse que el proceso es condicionado por la planta.

Cuadro 2. Efecto de Tratamientos sobre el Contenido de Zn en el Xilema de los Genotipos Estudiados

Tratamiento	GENOTIPO	
	Huamantla (ppm)	H-139 (ppm)
Zn (ppm)		
0.00036	0.106	0.808
0.0036	0.739	1.101
0.360	0.973	1.322
0.3600	1.481	1.464



Como era de esperarse, conforme aumenta la concentración de Zn en el medio, es mayor la concentración en el exudado y este comportamiento se presenta en los cuatro niveles estudiados, hecho que es explicado por la teoría de la absorción activa.

Dentro de la comparación de variedades es notorio el hecho de que bajo la condición de mínima concentración de Zn en el sustrato es notoriamente mayor la concentración de Zn en el exudado del xilema del genotipo H-139 en relación al criollo de Huamantla; y que en el nivel de un abastecimiento adecuado, ambos genotipos presentan iguales concentraciones de Zn.

Para baja concentración este comportamiento puede explicarse en función de las características de vigor de los genotipos. Desde la germinación las plantas del H-139 se observaron más vigorosas que las de Huamantla, esto trae como consecuencia una mayor profusión de raíces así como de expansión vegetativa, por lo que el volumen del flujo en el xilema es mayor con el consecuente aumento en la concentración de iones.

Para los niveles medio y alto del estudio ( $d^6 \times 10^{-3}$  y  $360 \times 10^{-3}$ ) puede decirse que a dichos niveles no se tiene relación entre la concentración en el xilema y en la solución nutritiva, lo cual puede ser debido, principalmente, a la saturación del sistema de absorción activa y/o a un control de los puntos de demanda sobre el proceso de absorción Sutcliffe (1976).

De acuerdo a los resultados del estudio puede considerarse al genotipo H-139 como eficiente bajo condiciones de presión por deficiencia en Zn, mientras que al Criollo de Huamantla puede considerarse como ineficiente.

#### Transporte de Mn

Los resultados obtenidos en el transporte de Mn se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Efecto de Tratamientos sobre el Contenido de Mn en el Xilema de los Genotipos Estudiados

Tratamiento	GENOTIPO	
	Huamantla (ppm)	H-139 (ppm)
Mn (ppm)		
0.0005	0.174	2.202
0.0100	0.230	0.275
0.1000	0.271	0.410
1.000	0.335	0.740

Para este nutrimento la tendencia en la respuesta a los tratamientos es igual en comparación a la obtenida para el Zn; es decir que se observa un incremento en la concentración de Mn en los exudados del xilema a medida que aumenta la concentración en la solución nutritiva, aunque el comportamiento en los genotipos es diferente.

Resalta el hecho de que aunque las concentraciones aplicadas de Mn a la solución nutritiva es 3 veces mayor en relación al Zn en las concentraciones de ambos nutrimentos,

en el xilema presentan relaciones inversas, lo cual podría deberse a diferencias en los procesos de absorción en espacio libre, absorción y transporte para cada uno de los nutrimentos.

Destaca también que el genotipo H-139 presenta una mayor concentración de Mn en el xilema y que la diferencia se hace mayor en los niveles de 0.100 y 1.00 ppm de Mn en la solución nutritiva.

Este comportamiento posiblemente indica que en los niveles de 0.005 y 0.010 ppm Mn se tenga restricciones en el abastecimiento nutrimental del Mn y que es a partir de entre los niveles de 0.100 a 1.00 ppm Mn, cuando se presentan diferencias en los procesos de absorción y transporte para cada uno de los genotipos; y que este proceso en los rangos estudiados es condicionado por la planta, aunque no hay que olvidar el efecto que puede tener la composición iónica total sobre el ión simple, sobre todo por las concentraciones tan bajas que fueron manejadas.

#### Conclusiones

- 1). Para los genotipos estudiados el mecanismo de transporte es específico para cada nutrimento.
- 2). Conforme aumenta la concentración de Zn y Mn en el sustrato aumenta su concentración en el exudado.
- 3). Ambos genotipos presentan comportamientos diferentes en el transporte en función al nutrimento.
- 4). El genotipo H-139 presenta mayores niveles de transporte de Zn y Mn en comparación con el Criollo de Huamantla.
- 5). En lo que respecta al transporte de Zn, el genotipo H-139 puede considerarse como eficiente bajo condiciones de presión por deficiencia del nutrimento, no así para el caso de Mn.
- 6). Dado que se presentan diferencias en cuanto a la eficiencia de transporte de Zn y Mn en los genotipos estudiados, y de estos, el H-139 presenta mayores niveles de transporte, es factible la existencia de una relación entre estos y la susceptibilidad a la germinación prematura.

#### Revisión Bibliográfica

- Brear, S. P. S., Randhawa, N. S. y Dwivedi, R. S. 1974. Studies on differences in maize varieties for susceptibility to zinc deficiency chemical and biochemical indices. *Plant Analysis and fertilizer problems*. Vol. 1:55-69.
- Eyster, W. H. 1931. Vivipary in maize. *Genetics* 16:574-590.
- Félix, G. R. 1981. Germinación Prematura del maíz en México. Tesis de M. C. Centro de Fitopatología, Colegio de Postgraduados.



- Nunns, D. N., y Johnson, C. M. 1960. Removal of heavy metal and halide contamination from macronutrients salts. *Plant Physiology* 978-981.
- Pitman, M. G. Lüttge, V., Lüchli, A. Ball, E. 1974. Ion Uptake slices of barley leaves and regulation of K content in cells of the leaves. *Z. Pflanzenphysiol.* 72:75-88.
- Polevoi, V. V. et al. 1977. The effect of chelates and auxin on peroxidase and auxin oxidase activity in sections. *Vestn Leningr. Univ. Biol.* (1): 106-11.
- Robertson, D. S. 1955. The genetics of vivipary in maize. *Genetics.* 40:745-760.
- Routchenko, W. y Soyer, J. P. 1971. Sur les causes of the germination sur plante des grains immatures de maïs. Resultats preliminaires. *Ann. Agron.* 22 (2): 241-255.
- Routchenko, W y Soyer, J. P. 1972. Causes of the germination surplante of grains immatures of maïs. Données complementaires. *Ann. Agron.* 23 (4): 445-459
- Sharma, D., Kandala, J. C. Rathore, V. S. 1978. Influence of zinc deficit on macro molecular biosynthesis and enzymatic activities in maize *Zea Mays* cultivar Ganga-2. *J. Nuel Egric. Bil.* 7 (2) 61-64.
- Sutcliffe, J. F. 1976. Regulation in the whole Plant. *Transport in Plants II.* Vol. 2. Part. B. Tissues and Organs. Pag. 394-417. Ed. Lüttge, V. y Pitman, M. G.
- Wallihan, E. F. y Bradford, G. R. 1977. Simplified Methods for inducing micronutrient deficiencies. *Horstscience* 12 (4): 327-328.
- Weaver R. V. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Cap. VI.



## FIJACION DE NITROGENO EN FIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.) EN LA REGION SUR DE NUEVO MEXICO, E.U.A. Y LA NORTE-CENTRO DE MEXICO +

Lee Rodríguez, V.\*  
Lindemann, B.\*\*

### RESUMEN

En la región Norte-Centro de México (Chihuahua, Durango, Coahuila) se siembran más del millón de hectáreas de frijol (*P. Vulgaris*), principalmente bajo condiciones de temporal. Como leguminosa que es, requiere poco o nada de nitrógeno, sin embargo, se aplican de 40 a 60 kg. de N, aun bajo condiciones de riego; debido a la no efectividad de los inoculantes que se han utilizado. A la fecha, poca o ninguna investigación se ha realizado en la fijación de nitrógeno en esta región de México.

En 1980 se inició un proyecto de investigación cooperativo entre la Universidad Estatal de Nuevo México E.U.A. y México, con el objetivo general de incrementar la fijación de Nitrógeno en frijol común (*P. vulgaris*) y reducir las cantidades de fertilizante nitrogenado que se aplicaban.

De 1980 a 1982 se establecieron experimentos en diferentes localidades de la región norte-centro de México y Sur de Nuevo México, bajo condiciones de campo tanto en áreas de temporal como de riego, con el objeto de seleccionar la mejor línea de *Rhizobium phaseoli* para diferentes variedades de frijol, así como para determinar si existía alguna interacción entre las líneas de *R. phaseoli* y las variedades de frijol *P. vulgaris*. En 1982 se inició el estudio de la influencia del fósforo en la nodulación, bajo condiciones de hidroponía y con medio de cultivo arena.

Los resultados mostraron que la inoculación compite con la aplicación de Nitrógeno, si se selecciona la línea adecuada de *R. phaseoli*.

### ABSTRACT

Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) is mostly a rainfed crop grown in more than a million hectares in the North-Central region of Mexico, comprising the states of Chihuahua, Durango and Coahuila. As a legume crop, little or no nitrogen fertilizer should be required. However, from 40 to 60 kg. of N are normally applied to each hectare, due to the poor performance of the commercial products that carry the *Rhizobium* bacteria. Very limited research if any, has been conducted on symbiotic nitrogen fixation in this region of Mexico.

A joint research project was started in 1980 by CENAMAR (SARH) and New Mexico State University on nitrogen fixing capacity of dry beans with the objective of decreasing its nitrogen fertilizer requirements. A series of field experiments were conducted in several locations of the North-Central región of Mexico and in the south of the state of New Mexico in the USA. Both rainfed and irrigated conditions were explored. It was intended (a) to isolate the more efficient strains of *Rhizobium phaseoli* for several varieties of dry beans and (b) to determine possible interactions between dry bean varieties and strains of *R. phaseoli*. The influence of phosphorus fertilizers on nodulation was studied in the greenhouse in 1982.

Results so far suggest that adequate inoculation can be a substitute for nitrogen fertilizer when the proper *Rhizobium* strain is selected.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Doctor en Ciencias. Investigador. Centro Nal. de Métodos Avanzados de Riego DGDUR (SARH).

\*\* Doctor en Ciencias. Investigador. Universidad Estatal de Nuevo México, E. U. A.



### Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) tradicionalmente ha sido uno de los principales alimentos en América Latina y una de las leguminosas más importantes en América del Sur.

En el suministro diario *per cápita* de semillas de leguminosas ricas en proteína, México, en donde el frijol es el principal alimento básico de la mayoría de los mexicanos, que proporciona tanto energía como proteína a millones de personas, ocupa el tercer lugar en el mundo.

Como leguminosa que es, podría requerir poco o nada de fertilizante nitrogenado; sin embargo, la nodulación y por consecuencia la fijación de nitrógeno es muy pobre en la principal región productora de México (Norte-Centro), debido a que los inoculantes que se han utilizado producen una nodulación muy deficiente aun en siembras sucesivas de frijol inoculado. En esta región han sido nulas o muy pocas las investigaciones que se han realizado para seleccionar líneas de *Rhizobium phaseoli* que se adapten a las variedades y tipos de suelo e incrementen la fijación de nitrógeno.

El objetivo específico de este proyecto cooperativo de investigación que se inició en 1980 entre la Universidad Estatal de Nuevo México U.S.A. y México, fue incrementar la fijación de nitrógeno en frijol (*P. vulgaris* L.) y elevar también sus rendimientos por medio de una selección de líneas de *Rhizobium phaseoli*.

### Justificación

El frijol es uno de los cultivos más importantes, en cuanto a superficie sembrada en áreas de temporal; llegándose a establecer más del millón de hectáreas en la región Norte-Centro del país que comprende los Estados de Chihuahua, Durango, Coahuila y Zacatecas. En áreas donde el agricultor puede fertilizar, se aplican de 40 a 45 kg de N/ha (100 kg de urea/ha), para compensar la ausencia de fijación de nitrógeno.

Considerando que se estableciera un programa de fertilización, si se aplicaran 45 kg de N/ha en un millón de hectáreas, implicaría 45,000 ton de nitrógeno equivalente a 100,000 ton de urea, con un costo de 660 millones de pesos a precio actual. Por otra parte, si se consideraran las características propias del temporal en relación con la presencia y distribución de las lluvias, el éxito de la efectividad del fertilizante nitrogenado se reduciría en forma considerable y, consecuentemente, el riesgo de pérdida en la inversión sería mayor, y por lo tanto, también en la producción y calidad del grano.

Sin embargo, mediante el incremento de la fijación biológica del nitrógeno, a través de una selección de líneas de *R. phaseoli* que se adapten a las variedades de frijol y condiciones de clima y suelo del área, los riesgos de pérdida se reducen en forma considerable, en virtud de que la producción de *Rhizobium* no resulta costosa, en comparación con la inversión anual en fertilizante nitrogenado. Además de que el proceso de inoculación de la semilla no re-

quiere de implementos extras a los normales que se utilizan para la siembra, así como tampoco de costos excesivos de almacenaje y transporte.

### Materiales y Métodos

Localización de los experimentos. Durante 1980 y 1981 se establecieron 17 experimentos, los cuales estuvieron ubicados en Deming y Las Cruces Nuevo México, U.S.A., Delicias y Cuauhtémoc, Chih., Matamoros, Coah., Guadalupe Victoria, Dgo., CENAMAR-Región Lagunera Coah. y Dgo. y en la Universidad Autónoma de Nuevo León, establecidos en las estaciones experimentales y con agricultores cooperantes de cada lugar.

En el presente informe se incluyen únicamente siete experimentos por considerarse que representan las respuestas observadas en los resultados obtenidos durante los ciclos 80 y 81, éstos estuvieron ubicados: uno en Deming, N.M. 1980, dos en Delicias, Chih. 1980 y 81 y uno en CENAMAR 1981 bajo condiciones de riego y tres en Cuauhtémoc, Chih. (1) 1980 y (2) 1981 bajo condiciones de temporal.

### Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental usado fue en bloques al azar, con cinco repeticiones en los experimentos ubicados en Cuauhtémoc y con tres en el resto de las localidades. Los tratamientos incluyeron de 10 a 20 líneas de *R. phaseoli*, un testigo sin inocular, uno con nitrógeno y eventualmente uno con fósforo o ambos (N y P) y variedades de *P. vulgaris*.

En todos los experimentos, con excepción de los de Cuauhtémoc, se incluyó la interacción de seis o ocho líneas de *Rhizobium* con tres variedades de frijol, con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, ocupando las líneas la parcela principal.

El tamaño de las parcelas fue de 10 metros de largo con uno o tres surcos y 70 u 80 cm de separación. En cada localidad se procuró establecer los experimentos en terrenos en donde no se haya sembrado frijol, al menos durante los últimos dos años.

En las localidades de Delicias y Cuauhtémoc en 1981, se establecieron experimentos de persistencia; es decir que en ciclo 1981 se sembraron exactamente las mismas parcelas que durante el ciclo 1980, con semilla sin inocular con objeto de observar la supervivencia de la bacteria de un ciclo a otro.

Las variedades de frijol, fueron proporcionadas por el Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte (CIAN-INIA), todas fueron variedades certificadas y sin tratamiento con fungicida para evitar alguna interacción con el inoculante. En Cuauhtémoc se utilizaron las variedades Ojo de Cabra, Mantequilla y Bayo Durango, las cuales se siembran normalmente bajo condiciones de temporal; en el resto de cada una de las localidades se usaron las variedades Pinto Mexicano 80, Delicias 71 y Matamoros 64, adaptadas a condiciones de riego.

La localización, tipo de tratamientos y las variedades utilizadas en cada uno de los experimentos se presentan en el Cuadro 1.



Cuadro 1. Localización, tipo de tratamientos y variedades utilizadas en los experimentos. Noviembre de 1982.

Localización	Año	Tratamientos	Variedades
Deming, N.M.* U.S.A.	1981	Líneas × variedades	P.M.80, D-71, M-64
Delicias, Chih.*	1980	Líneas × variedades	P.M.80, D-71, M-64
	1981	Persistencia	P.M.80, D-71, M-64
CENAMAR*	1981	Líneas × variedades	P.M.80, D-71, M-64
Cauhtémoc, Chih.	1980	Líneas	M.O.C, B.D.
Cauhtémoc, Chih.	1981a	Líneas	O.C.
Cauhtémoc Chih.	1981b	Persistencia	O.C.

\* Establecidos bajo riego el resto en temporal.

P.M.80.—Pinto Mexicano 80

D-71.—Delicias 71

M-64.—Matamoros 64

M.—Mantequilla

O.C.—Ojo de Cabra

B.D.—Bayo Durango

#### Inoculantes y Líneas de Rhizobium

Los inoculantes conteniendo una sola línea de *Rhizobium* fueron preparados y proporcionados por la Universidad Estatal de Nuevo México, U.S.A. para los experimentos en México. Por facilidad en la identificación a cada línea se le asignaron las letras NM con un número arábigo progresivo; en el Cuadro 2 se indica el origen de cada una de las líneas y el número progresivo que les correspondió.

La semilla fue inoculada con el procedimiento normal de inoculación, pero con una cantidad, aproximadamente, 20 veces mayor a la que normalmente se utiliza; en todos los casos la semilla se sembró en suelo húmedo.

#### Parámetros medidos

En cada una de las localidades se midieron una gran variedad de parámetros, tanto en la raíz como en la planta. Cuando en el cultivo se presentó la etapa de floración y la presencia de las primeras vainas (6 a 10 semanas después de la siembra), se tomaron muestras de suelo con raíces, con una barrena especial de 10 cm de diámetro y 15 cm de profundidad, para lo cual se cortaba la planta a nivel del suelo y en medio del tallo se colocaba la barrena; se tomaron de una a dos muestras (plantas) por tratamiento en cada repetición. Las muestras de suelo con raíces se lavaron en el laboratorio, separando cuidadosamente las raíces de donde los nódulos fueron cortados,

Cuadro 2. Líneas de *Rhizobium phaseoli* utilizadas en los experimentos en 1980 y 81. Noviembre 1982

Nº de Nuevo México	Otros Números	Origen
NM Línea 1	I27K51	Ham-originally from Burton
NM " 2	IQ 423	Ham
NM " 3	IP 736A1	Ham-originally from Bezdicek
NM " 4	CIAT 404	Ham-originally from CIAT
NM " 5	Allen 413-2	Ham-originally from Wisconsin
NM " 6	650-R	Ham-originally from Rhodesia
NM " 7	3644	Ham-originally from Rhodesia
NM " 8	Kim 5	Bezdicek
NM " 9	IP347	Bezdicek
NM " 10	127K74	Bezdicek-originally from Burton
NM " 11	127K79	Bezdicek-originally from Burton
NM " 12	NSRM 36-4	Ham
NM " 13	NSRM 36-1	Ham
NM " 14	CC511	Ham-originally from Australia
NM " 15	QA1061	Ham-originally from Australia
NM " 16	QA1062	Ham-originally from Australia
NM " 17	IP566A5	Ham
NM " 18	—	Linderman-Isolation near Deming
NM " 19	—	" " " "
NM " 21	—	" " " "
NM " 22	—	" " " "
NM " 24	—	" " " "
NM " 25	—	" " " "
NM " 26	2667	USDA
NM " 27	2668	USDA
NM " 28	CIAT 632	USDA
NM " 29	CIAT 640	USDA



contados, pesados y secados a 65°C, en una porción de los nódulos se tomó el color; en las plantas se determinó el peso seco y nitrógeno total en algunas localidades; los rendimientos se determinaron cosechando ocho metros lineales de uno o dos surcos centrales, una porción de los granos fue molida y se determinó su contenido de nitrógeno total; también sólo en algunas localidades. Se tomaron observaciones periódicas de desarrollo de cultivo, madurez, presencia de plagas y enfermedades. No se llevó a cabo la identificación de las líneas de *Rhizobium* en los nódulos. Algunos parámetros como altura de plantas, vaina por planta, granos por vaina, etc. fueron tomados en algunas localidades.

En el presente informe, se consideraron únicamente los parámetros: número de nódulos por planta y rendimiento, en virtud de que a la fecha, han sido los parámetros que han resultado significativos y útiles para explicar en forma práctica el comportamiento de las líneas de *Rhizobium* en la fijación de nitrógeno.

#### Características del proyecto

Cabe indicar que esta etapa inicial del presente proyecto cooperativo de investigación en la maximización de la fijación de nitrógeno en frijol común incluye solamente la evaluación práctica de las líneas de *R. phaseoli* ya existentes en el mundo y factibles de coleccionar; su adaptabilidad a las variedades y condiciones climáticas y de suelo existentes en cada localidad de la región. Así como también el estudio de la influencia de algunas variables agronómicas como son niveles de fósforo, humedad en el suelo, formas de inoculación, persistencia de la bacteria, etc., que se sabe tienen influencia en el desarrollo de la nodulación y fijación de nitrógeno.

#### Resultados y discusión

Experimentos bajo condiciones de riego. Los Cuadros 3a y 3b representan el efecto de los tratamientos y variedades en el número de nódulos y rendimientos en la localidad de Deming, durante el ciclo agrícola 1981. En donde se observa que la nodulación fue pobre y muy variable, debido a que el suelo en donde se estableció el experimento es arcilloso con problemas para humedecer la parte superior del surco, ya que frecuentemente permanecían secos los primeros 6 u 8 cm y al momento de tomar la muestra, se muestrearon únicamente 9 u 8 cm de raíces con nódulos, por lo que en futuros trabajos será necesario tomar en consideración el área de mojado en el surco y la profundidad de nodulación de las raíces.

Los rendimientos resultaron significativamente superiores al testigo; lo que indica que el proceso de inoculación fue efectivo e incrementó los rendimientos en prácticamente el doble en comparación con el tratamiento no inoculado y que las líneas resultaron igualmente efectivas y superiores a líneas nativas que existían en el suelo; en la fijación de nitrógeno; sin embargo, las líneas NM 2 y NM 18 produjeron los más altos rendimientos.

Por otra parte se detectó que el número o cantidad de nódulos no se correlacionó con los rendimientos más altos;

al respecto son algunas las explicaciones que pueden darse; como se indicó anteriormente, problemas en la toma de muestras o bien que algunas líneas sean más eficientes en la fijación de nitrógeno. Una respuesta similar se observó en las variedades (cuadro 3b) en donde la Pinto Mexicano 80, con un número mayor de nódulos por planta tuvo el rendimiento más bajo, la explicación a este efecto puede ser: la mejor compatibilidad de algunas líneas con la variedad o bien la mejor adaptabilidad de una variedad a las condiciones de suelo y clima de la localidad, lo cual viene siendo una característica genética de la variedad, que puede confundirse con el efecto de compatibilidad de la línea.

Cuadro 3a. Efecto de tratamientos (7 líneas de *R. phaseoli* y 2 testigos en el número de nódulos y rendimiento promedio sobre 3 variedades, en Deming, N.M. Agosto 18, 1981.

Tratamientos	Nº de nódulos por planta	Rendimiento kg/ha
NM 2	9.3*	1895 a
NM 5	15.7	1338 a
NM 8	17.0	1768 a
NM 17	14.0	1411 a
NM 18	20.0	1968 a
NM 26	24.0	1673 a
NM 29	14.0	1777 a
T-sin inocular	14.0	770 b
N-40 kg/ha	8.7	1480 a

\*Medias con la misma letra y en la misma columna son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad por la prueba de rango múltiple de Duncan.

Cuadro 3b. Efecto de variedades en el número de nódulos y rendimiento promedio sobre 9 tratamientos, en Deming, N.M. Agosto 18, 1981.

Variedades de frijol	Nº de nódulos por planta	Rendimiento kg/ha
Matamoros 64	17.6*ab	1679 a
Delicias 71	7.6 b	1579 ab
Pinto Mexicano 80	20.9 a	1439 b

\*Medias con la misma letra y en la misma columna son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad por la prueba de rango múltiple de Duncan.

Los cuadros 4a y 4b presentan el efecto de los tratamientos y variedades en el número de nódulos y rendimientos en CENAMAR durante el ciclo agrícola 1981. No se detectaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros medidos; la nodulación resultó muy baja, debido a los altos contenidos remanentes de nitrógeno de cultivos anteriores, como lo demuestra los rendimientos obtenidos con el testigo, y en parte a los problemas de muestreo. Sin embargo, aun cuando no hubo diferencias estadísticamente significativas se detectó una clara tendencia de las



líneas a ser más eficientes en la fijación de nitrógeno e incrementar la nodulación y rendimientos, resultando las líneas NM 8 y NM 17 con los rendimientos superiores. Como en la localidad de Deming, no hubo correlación de nodulación con rendimiento y el efecto de variedades (Cuadro 4b) fue similar, resultando en este caso superior la Delicias 71.

En los Cuadros 5a y 5b se presenta el efecto de tratamientos y variedades en los parámetros medidos en la localidad de Delicias durante el ciclo agrícola 1980. Durante el ciclo del cultivo, en esta localidad se tomaron cuatro muestreos y en ninguno resultó significativo el número de nódulos por planta, por lo que con objeto de concentrar los datos se reportan los promedios de los 4 muestreos, sin análisis estadístico.

Por el número de nódulos presentes en el testigo sin inocular, se consideró que en esta localidad existe una gran cantidad de línea(s) nativa(s) de *R. phaseoli*; y si, por otra parte, se considera el rendimiento obtenido (1276 kg/ha), se detecta que las líneas del inoculante, aun con la falta de una mayor nodulación, resultaron significativamente superiores a las líneas nativas en la fijación de nitrógeno.

Cuadro 4a. Efecto de tratamientos (7 líneas de *R. phaseoli* y 3 testigos) en el número de nódulos y rendimiento promedio sobre 3 variedades, en CENAMAR. Agosto 1981.

Tratamientos <sup>1</sup>	Nº de nódulos* por planta	Rendimiento* kg/ha
NM 5	3.3	1480
NM 6	3.1	1407
NM 8	5.2	1604
NM 17	11.1	1535
NM 24	10.9	1484
NM 25	1.3	1285
NM 28	6.3	1401
N+P, 40+60 kg/ha	2.4	1447
N-40 kg/ha	0.9	1646
T-sin inocular	1.4	1343

\*No hubo diferencia estadísticamente significativa en los parámetros medidos.

<sup>1</sup>Todos los tratamientos con línea de *Rhizobium* recibieron 60 kg de fósforo/ha.

Sin embargo, la inoculación al igual que el testigo con nitrógeno (40 kg/ha) incrementaron los rendimientos en, aproximadamente, 500 kg/ha sobre el testigo (T sin inocular), lo cual refleja la efectividad de las líneas en la fijación de N, resultando superior la línea NM 5. Como la aplicación de nitrógeno tuvo el mismo efecto, tentativamente es posible concluir que la inoculación resultó en una fijación de N adicional de 40 kg/ha.

En las variedades (Cuadro 5b), la Pinto Mexicano 80 resultó significativamente superior (en los muestreos y en el promedio) a la Delicia 71 y Matamoros 64 en el número

de nódulos y rendimiento. Lo anterior refleja que las líneas del inoculante, tuvieron una mejor compatibilidad con la variedad Pinto Mexicano 80 y adaptabilidad a la localidad; resultados opuestos al resto de las localidades consideradas.

Cuadro 4b. Efecto de variedades con el número de nódulos y rendimiento promedio sobre 10 tratamientos en CENAMAR. Agosto 1981.

Variedades de frijol	Nº de nódulos por planta	Rendimiento kg/ha
	*	
Matamoros 64	3.6*a	1338 b
Delicias 71	6.0 a	1627 a
Pinto Mexicano 80	5.2 a	1426 b

\*Medias con la misma letra y en la misma columna son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad por la prueba de rango múltiple de Duncan.

Cuadro 5a. Efecto de tratamientos (6 líneas de *R. phaseoli* y 2 testigos) en el número de nódulos y rendimiento promedio sobre 3 variedades, en Delicias, Chih. Agosto 1980.

Tratamientos <sup>2</sup>	Nº de nódulos por planta	Rendimiento kg/ha *
NM 2	49.4 <sup>1</sup>	1616*ab
NM 5	51.9	1937 a
NM 6	37.5	1758 a
NM 7	66.5	1725 a
NM 8	79.8	1763 a
NM 9	49.7	1799 a
T-sin inocular	51.6	1276 b
N-40 kg/ha	35.1	1792 a

\*Medias con la misma letra y en la misma columna son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad por la prueba de rango múltiple de Duncan.

<sup>1</sup>Son promedio de 4 muestreos y no se realizó análisis estadístico.

<sup>2</sup>Todos los tratamientos con *Rhizobium* recibieron 40 kg de fósforo/ha.

Cuadro 5b. Efecto de variedades en el número de nódulos y rendimiento promedio sobre 8 tratamientos, en Delicias, Chih. Agosto 1980.

Variedades de frijol	Nº de nódulos por planta	Rendimiento kg/ha
Matamoros 64	36.1	1508*b
Delicias 71	35.1	1552 b
Pinto Mexicano 80	89.1	2064 a

\*Medias con la misma letra y en la misma columna son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad por la prueba de rango múltiple de Duncan.



En ninguna de las localidades la interacción tratamientos (Líneas) por variedad resultó significativa.

#### Experimentos bajo condiciones de Temporal

Durante el ciclo de 1980, en el área temporalera de Cuauhtémoc, Chih., se establecieron varios experimentos con 17 tratamientos (14 líneas de *R. phaseoli* y 3 testigos) y 3 variedades (Mantequilla, Ojo de Cabra y Bayo Durango), pero debido a la drástica sequía que se presentó en ese año, solamente se rescató un experimento, cuyos resultados para el número de nódulos y rendimiento se presentan en el Cuadro 6.

En general el proceso o práctica de inoculación incrementó el número de nódulos por planta en comparación con los testigos; sin embargo, gran parte de este incremento fue debido a la aplicación de fósforo, ya que a los testigos no se les aplicó, y es sabido que el nivel de fertilidad en el suelo afecta al cultivo y consecuentemente el desarrollo de la nodulación, por lo que las diferencias observadas entre líneas fueron aparentes. Por otra parte, comparando el efecto de nodulación entre líneas, no se correlacionó con rendimiento, como en las otras localidades bajo riego, ya que la línea NM 17 con un promedio de 11.6 nódulos/planta (el más bajo) y la línea NM 14 con un promedio de 19.6 nódulos/planta (de los más altos), produjeron un rendimiento promedio (de variedades) de 487 kg/ha (el más alto) y 144 kg/ha (el más bajo) respectivamente. Las posibles explicaciones de este efecto se indicaron anteriormente.

Para cada variedad, los rendimientos obtenidos fueron muy bajos, lo cual fue atribuido a la drástica sequía que se presentó. Sin embargo, la inoculación sí incrementó los rendimientos en cada una de las variedades (resultando superior la variedad Ojo de Cabra), al compararlos con los testigos; condicionado este significativo incremento al problema de la no aplicación de fósforo a los testigos como se explicó anteriormente. El rendimiento promedio de cada variedad en las 14 líneas (Mantequilla 318, Ojo de Cabra y Bayo Durango 349 kg/ha), resultó en aproximadamente 100 kg/ha inferior al testigo con nitrógeno. Al obtener el rendimiento promedio de las tres variedades en las 14 líneas, las líneas NM 17, NM 2, NM 5, NM 6 y NM 7, produjeron los rendimientos más altos (487, 483, 483, 439 y 414 kg/ha respectivamente); lo que indica que resultaron más eficientes en la fijación de N.

Durante el ciclo 1981, se estableció un experimento similar en donde se incluyeron 15 líneas y 2 testigos, algunas diferentes a las del ciclo 1980; y se trabajó únicamente con la variedad Ojo de Cabra. Los resultados obtenidos para el número de nódulos por planta y rendimiento, se presentan en el Cuadro 7. En este experimento se realizaron dos muestreos de raíces, uno a los 42 y otro a los 56 días después de la germinación; se tomaron en cuenta únicamente los datos del muestreo a los 42 días por considerarse más representativo y no hubo diferencias con respecto al segundo en los parámetros medidos.

La nodulación fue muy pobre; sin embargo, independientemente de las líneas, la inoculación presentó la tendencia de

Cuadro 6. Efecto de tratamientos (14 líneas de *R. phaseoli* y 3 testigos) en el número de nódulos promedio sobre 3 variedades y en el rendimiento de las variedades, en Cuauhtémoc, Chih. Agosto 1980.

Tratamientos <sup>1</sup>	Nº de nódulos por planta	Variedades de Frijol		
		M	O.C.	B.D.
		kg/ha		
NM 2	20.6 a*	386 b	564 a	501 b
NM 3	21.3 a	306 c	425 bc	403 c
NM 4	16.6 de	329 bc	435 bc	375 cd
NM 5	21.3 a	388 b	513 b	548 a
NM 6	18.3 bcd	389 b	525 b	404 c
NM 7	16.6 de	315 c	521 b	408 bc
NM 8	16.6 de	304 cd	434 bc	305 cd
NM 9	12.6 fg	186 d	188 cf	380 cd
NM 12	16.3 de	334 bc	454 bc	382 cd
NM 13	17.6 cd	327 bc	419 bcd	305 cd
NM 14	19.6 abc	212 cd	102 f	118 c
NM 15	14.3 ef	96 d	279 cde	96 e
NM 16	12.0 fgh	344 bc	382 bcde	257 d
NM 17	11.6 gh	548 a	496 b	418 bc
N-30 kg/ha	11.0 ghi	443 b	530 b	526 bc
T1	9.0 i	192 d	264 de	288 d
T2	10.0 hi	35 e	31 g	22 e

\*Medias con la misma letra y en la misma columna son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad por la prueba de rango múltiple de Duncan.

T1. Testigo sin *Rhizobium*, sin N y sin P.

T2. Testigo con el medio de cultivo estéril y sin *Rhizobium*, sin P y sin N.

1 Todos los tratamientos con *Rhizobium* recibieron 50 kg de de fósforo/ha.

incrementar el número de nódulos y el comportamiento en general fue similar al indicado en el experimento del ciclo anterior y en otras localidades.

Los rendimientos fueron superiores a los del ciclo 1980, debido a que se presentó un mejor temporal y resultaron significativamente mayores en las parcelas inoculadas, promediando, aproximadamente, 80 kg/ha más que el testigo (T) y 30 kg/ha más que el testigo con nitrógeno. Muy probablemente a las parcelas con nitrógeno se les debió aplicar una cantidad mayor a los 30 kg/ha y se hubieran logrado mejorar los rendimientos, dada la presencia de buen temporal. Las parcelas testigo no fueron fertilizadas con fósforo, por lo que el incremento en rendimiento debido a la inoculación se debió en parte a la aplicación de fósforo.

De las 15 líneas probadas, las líneas NM 29, NM 17 y NM 23, resultaron significativamente con los mayores rendimientos. Como en el experimento anterior la línea NM 17 fue de las más sobresalientes.



Cuadro 7. Efecto de tratamientos (15 líneas de *R. phaseoli* y 2 testigos) en el número de nódulos y rendimiento de la variedad de frijol Ojo de Cabra, en Cuauhtémoc, Chih. Agosto 1981.

Tratamientos <sup>1</sup>	Nº de nódulos por planta	Rendimiento kg/ha
NM 2	2.0 a	1290*bcd
NM 7	20.4 a	1305 bcd
NM 8	9.6 a	1182 cde
NM 10	4.0 a	1154 de
NM 17	22.6 a	1471 ab
NM 19	1.0 a	1274 bcd
NM 21	3.4 a	1173 cde
NM 22	9.4 a	1234 bcd
NM 23	4.6 a	1598 a
NM 24	7.8 a	1164 cde
NM 25	4.2 a	1185 cde
NM 26	2.0 a	1367 bcd
NM 27	17.8 a	1243 bcd
NM 28	6.8 a	1343 bcd
NM 29	21.6 a	1409 abc
N-30 kg/ha	1.0 a	955 e
T1-no Rhizobium	1.0 a	485 f

\*Medias con la misma letra y en la misma columna son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad por la prueba de rango múltiple de Duncan.

<sup>1</sup>Todos los tratamientos recibieron 50 kg de fósforo por hectárea, con excepción del testigo (T1).

#### Experimentos de Persistencia

El efecto de persistencia de las líneas inoculadas, se estudió sembrando en las mismas parcelas del ciclo anterior, sin adicionar inoculante a la semilla y aplicando únicamente fósforo. Estos experimentos estuvieron ubicados en Delicias (bajo riego) y Cuauhtémoc, Chih. (Temporal).

Los resultados en el número de nódulos por planta y rendimiento para tratamientos y variedades se presentan en los Cuadros 8a y 8b, respectivamente, para el experimento ubicado en Delicias. En las mismas parcelas del experimento establecido en 1980, se sembró en 1981 sin inocular la semilla y se aplicaron 50 kg/ha de fósforo.

Como en 1980, tampoco se detectaron diferencias significativas en la nodulación y rendimientos; únicamente se encontraron efectos significativos para variedades. El rendimiento promedio de las seis líneas inoculadas (1677 kg/ha) resultó en 132 kg/ha superior al del testigo y 40 kg/ha mayor al del testigo con nitrógeno.

Las diferencias en rendimiento entre líneas fue pequeña; sin embargo, la línea NM 8 produjo, aproximadamente, 200 kg/ha más que las otras, y fue la línea que tuvo un mejor comportamiento en producir altos rendimientos en la mayoría de los experimentos bajo riesgo que se han conducido en las diferentes localidades. Esta línea (NM8) se incluyó en todos los experimentos porque la reportan

Cuadro 8a. Efecto de persistencia de los tratamientos de 1980 (6 líneas de *R. phaseoli* y 2 testigos) en el número de nódulos y rendimiento promedio sobre 3 variedades en 1981, en Delicias, Chih. Agosto 1981.

Tratamientos*	Nº de nódulos por planta	Rendimiento kg/ha
NM 2	76.0	1650
NM 5	77.1	1749
NM 6	61.2	1628
NM 7	59.8	1567
NM 8	94.3	1829
NM 9	56.7	1641
T-no Rhizobium	76.5	1545
N-40 kg/ha	52.1	1636

\*No hubo diferencias significativas estadísticamente.

Cuadro 8b. Efecto de Variedades en el número de nódulos y rendimiento promedio sobre 8 tratamientos de persistencia de 1980. Delicias, Chih. Agosto 1981.

Variedades de frijol	Nº de nódulos por planta	Rendimiento kg/ha
Matamoros 64	83.0 a*	1202 c
Delicias 71	56.2 b	1644 b
Pinto Mexicano 80	69.3 ab	2121 a

\*Medias con la misma letra y en la misma columna son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad por la prueba de rango múltiple de Duncan.

como una competidora y buena fijadora de nitrógeno; sin embargo, en los experimentos bajo condiciones de temporal no resultó la más eficiente.

Por la no significancia en tratamientos y la alta población de líneas nativas, es difícil indicar si las líneas inoculadas tuvieron una buena persistencia en el suelo de un ciclo a otro.

En variedades, la Pinto Mexicano 80 resultó como en 1980, significativamente superior al resto de las variedades; cabe indicar que esta variedad y la Delicias 71, fueron generadas en esta localidad (Delicias, Chih.) y muy posiblemente tengan una mejor adaptabilidad.

En Cuauhtémoc la precipitación en el ciclo 1981, fue cerca o arriba de lo normal y se obtuvieron buenos rendimientos (cuadro 9). Como en Delicias, la semilla no fue inoculada y todas las parcelas excepto las del testigo recibieron 50 kg/ha de fósforo, y se sembró la variedad Ojo de Cabra. Se recibieron (del Campo Experimental de Cuauhtémoc) únicamente los rendimientos promedio de 5 repeticiones sin análisis estadísticos.

Las parcelas inoculadas en 1980, produjeron un rendimiento promedio de 1316 kg/ha en 1981, el cual resultó en 320 kg/ha superior al testigo sin inocular y con fósforo



(T1). Estos resultados indican que las líneas del inoculante persistieron desde 1980 y que la inoculación produjo los mismos rendimientos que con la dosis de nitrógeno recomendada (30 kg/ha). La aplicación de fósforo sólo incrementó los rendimientos en 269 kg/ha. Las diferencias entre líneas son aparentes y con excepción de la NM 16, resulta difícil indicar que sean significativas.

Cuadro 9. Efecto de persistencia de los tratamientos de 1980, en el rendimiento de la variedad de frijol **Ojo de Cabra**, en Cuauhtémoc, Chih. Agosto 1981.

Tratamientos	Rendimiento kg/ha
NM 2	1384
NM 3	1224
MN 4	1615
NM 5	1419
NM 6	1351
NM 7	1371
NM 8	1405
NM 9	1169
NM 12	1316
NM 13	1395
NM 14	1488
NM 15	1158
NM 16	996
NM 17	1129
N-30 kg/ha	1364
T1 sin Rhizobium	994
T2 sin P. y Rhizobium	725

\*Todas las parcelas recibieron 50 kg de fósforo por hectárea con excepción del Testigo T2.

### Conclusiones

En la mayoría de los experimentos, la inoculación incrementó los rendimientos en relación con los testigos no inoculados; resultando en algunos casos no significativos como en las localidades de Delicias y CENAMAR, debido probablemente a la alta población de líneas nativas, o a la no adaptabilidad de las líneas inoculadas a las condiciones de suelo y clima; requiriéndose de líneas más eficientes. En otros casos los incrementos resultaron altamente significativos como lo fue en Cuauhtémoc bajo temporal y en Deming bajo riego, en donde se puede considerar que dicho incremento en rendimiento fue debido a la adición de *R. phaseoli* y a la introducción de líneas más eficientes.

Es factible concluir que la inoculación en áreas de temporal en Cuauhtémoc, resulte en aumento de rendimientos en comparación con no inocular o no fertilizar el suelo, y la inoculación pueda llevarse a cabo como una práctica nor-

mal. En áreas bajo riego, es necesario adicionar el inoculante en cantidades superiores a las que normalmente se aplica y en forma frecuente para tener la posibilidad de obtener un efecto significativo en rendimiento con la inoculación.

El experimento de persistencia en Cuauhtémoc demostró que la inoculación no sólo incrementa rendimientos, sino también la supervivencia de la bacteria y todavía mejora los rendimientos. Sin embargo, tanto en áreas de riego como temporal principalmente, es necesario llevar a cabo más trabajos para resolver las incógnitas que a la fecha se han presentado con los experimentos realizados.

### Bibliografía

- Franco, A. A. 1978. Contribution of the legume - *Rhizobium* symbiosis to the ecosystem and food production. P. 65. In J. Dobereiner, R. H. Burris, and A. Hollaender (ed). Limitations and potential for biological nitrogen fixation in the tropics. Plenum Press, New York.
- Rao, N. S. S. 1977. Nitrogen deficiency as a worldwide problem. In A. H. Gibson (ed.) A treatise of dinitrogen fixation, Section IV: Agronomy and Escology. John Wiley and Sons, New York.
- Vicent, J. M. 1970. A manual for the practical study of root nodule bacteria. International Biological Program Handbook 15. Blackwell Scientific Publications, Oxford, England.
- Burton, J. C., C. J. Martínez, and R. L. Curley. 1972. Methods of testing and suggested standards for legume inoculants and pre-inoculated seed. Nitrogen Sales, Corp., Milwaukee, Wisc.

### Reconocimiento

Con la participación decidida y entusiasta de los investigadores de las siguientes instituciones, fue posible iniciar este proyecto cooperativo de investigación en la maximización de la fijación de nitrógeno en frijol común.

- Universidad Estatal de Nuevo México, L.S.A. Departamento de Cultivos y Suelos.
- Campos Experimentales de Delicias, Cuauhtémoc y Matamoros, del Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte (CIAN), INIA-SARH.
- Campo Experimental Valle del Guadiana en Durango, del Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte-Centro (CIANOC), INIA-SARH.
- Representación General de la SARH en el Estado de Durango.
- Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego (CENAMAR) - SARH.
- Universidad Autónoma de Nuevo León.



## LA MICROBIOLOGIA EN SUELOS FORESTALES +

Castro Servín, J.M.\*

### RESUMEN

Las poblaciones microbiológicas varían tan ampliamente como los suelos y las ecologías asociadas. Con el objeto de iniciar el estudio de la microbiología de los suelos forestales de México, se presentan los resultados del estudio de cuatro sitios de muestreo correspondientes a otras tantas ecologías disímiles. Tales sitios de muestreo se localizaron en los Campos Experimentales Forestales de San Felipe Bacalar, Quintana Roo; Todos Santos, Baja California Sur; La Saucedá, Coahuila y Zoquiapan, Puebla.

Se concluyó que las poblaciones microbiológicas de los suelos forestales estudiados estuvieron afectadas por las condiciones morfológicas, geológicas y mineralógicas del suelo, el ambiente y el microclima. Entre los microorganismos estudiados se incluyó a nitrosomonas, nitrobacter, azobacter, hongos y actinomicetos que intervienen unos en el ciclo del nitrógeno y los otros en la formación del suelo.

### ABSTRACT

Microbiologic populations of soils vary as extensively as soils themselves and as their associated ecologies. The objective of this work was to study the microbiology of some forest soils in Mexico. Four sites with widely differing ecologies were sampled. The sites were located in the following forestry experiment stations: San Felipe Bacalar in Quintana Roo State; Todos Santos in Baja California Sur State; La Saucedá in Coahuila State and Zoquiapan in Puebla State.

It was found that the microbiological populations found were affected by morphological, geological and mineralogical properties of soils and by the microclimate. The target microorganism of the study were nitrosomonas, nitrobacter, azotobacter and some of the fungi and actinomycetes. That are involved in the soil formation processes.

### Introducción

En las zonas forestales de México se encuentran diferentes tipos de vegetación y clases de suelos donde las propiedades físicas, químicas y biológicas, entre estas las poblaciones microbiológicas, varían con la situación ecológica de la región. Por lo anterior y con el objetivo de iniciar los estudios de la microbiología en suelos forestales, se presentan los resultados del estudio de cuatro sitios de muestreo localizados en diferentes condiciones ecológicas. Los sitios de muestreo se localizaron en los Campos Experimentales Forestales de "San Felipe Bacalar", Q. Roo, "Todos Santos", B. C. S., "La Saucedá", Coah., y "Zoquiapan" en Puebla. Se seleccionaron las poblaciones microbiológicas, nitrosomonas, nitrobacter, azotobacter, hongos y actinomicetos, que intervienen unas en el ciclo del nitrógeno y las otras en la formación del suelo.

### Antecedentes

En México la literatura sobre el tema se refiere a diversos aspectos relacionados con la agricultura, aunque en el campo forestal la información es escasa. Sin embargo, se consideran algunos estudios como el de Carranza (1978), que relaciona los cambios poblacionales de algunos microorganismos del suelo en las diferentes etapas sucesionales de un bosque, Domínguez (1975) describe los cambios que sufre la materia vegetal hasta transformarse en humus, relacionándola con algunas propiedades físico químicas del suelo, Valdez (1978) realiza diversos estudios sobre la introducción de micorrizas con un suelo de vivero para el establecimiento de pinos. Mena y Rodríguez (1979), informan sobre los diferentes procesos de descomposición que realizan las poblaciones microbiológicas en el suelo e indican los diferentes ciclos en los que intervienen. Alexander

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* IBQ. Investigador. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (SARH).



(1964), discute la importancia de los microorganismos del suelo con los factores abióticos, y describe específicamente el ciclo del nitrógeno. Palacios (1976), contribuye en el estudio de algunas poblaciones microbiológicas de un suelo de ando; y finalmente Hardy (1970), analiza algunos suelos del trópico.

### Metodología

El desarrollo del trabajo se llevó a cabo tanto en el campo como en laboratorio. Para tal efecto se realizaron cuatro muestreos de suelos en las localidades siguientes: Llano Grande en Zoquiapan, en una plantación establecida de *Pinus hartwegii*; en San Felipe Bacalar, Q. Roo, en una selva mediana subperennifolia, áridas en un matorral crasi-caule en Todos Santos, B. C. S., y semi-áridas en un matorral desértico micrófilo en La Sauceda, Coah.

En el trabajo de Campo, se seleccionaron los sitios de muestreo de acuerdo a la distribución del tipo de vegetación. La muestra de suelo se tomó a una profundidad de 0 -10 cm y 0 -20 cm, una cantidad aproximada de 500 gr. También se consideró importante para el muestreo la época estacional. En la muestra de suelo para su análisis microbiológico se utilizaron las técnicas aplicadas por Black (1965), para determinar bacterias específicas como nitrosomonas, nitrobacter y desnitrificantes, así como hongos y actinomicetos.

### Resultados

Los resultados que se reportan de los estudios microbiológicos de los sitios mencionados se condensan en las Gráficas 1 a 4 y en el Cuadro Número 1. Las gráficas que se presentan, se refieren a la cuantificación microbiológica en general; en principio, se proporcionan los datos sobre la cuenta total microbiana que incluye microorganismos: bacterias nitrificantes, desnitrificantes, hongos y actinomicetos, así como también otros organismos que intervienen en la descomposición y transformación del material vegetal.

Posteriormente se da la evaluación de las poblaciones individuales indicadas. En relación con la cuenta total de los sitios de muestreo de las zonas áridas, muestran valores similares, y en igual forma las poblaciones del área fría y la tropical. Sin embargo, en las otras poblaciones consideradas, presentan variaciones en número. En el cuadro se dan los valores químicos de los suelos colectados en los sitios de muestreo.

Por el análisis anterior, se puede decir preliminarmente que las poblaciones microbiológicas en los suelos forestales de los diferentes sitios son afectadas por las condiciones del suelo, el medio ambiente, como las influencias del microclima y otras variaciones que responden a la topografía y el tipo de litología, como minerales aportados por las rocas.

Es de importancia para el desarrollo de la microflora del suelo, las condiciones favorables dadas por el tipo de vegetación, ya que los matorrales desérticos como el rosetófilo, aportan mayor cantidad de material vegetal al suelo, además de que propicia un microclima benigno en la interfase

del suelo y la atmósfera, a diferencia de los micrófilos que se caracterizan por ser matorrales abiertos, ambas situaciones son modificadas por los factores del clima principalmente: precipitación y temperatura.

En Zoquiapan, localizado en la Sierra Nevada y San Felipe Bacalar en el Trópico, a pesar de encontrarse en condiciones climáticas tan diferentes, muestran cierta similitud numérica en poblaciones totales, pero en el resto de las poblaciones se evidencian datos divergentes.

Aceptando que entre los factores que afectan su desarrollo, se menciona el tipo de material foliar aportado por la vegetación, así como la cobertura que proporcionan los mismos y que favorecen un mayor contenido de humedad y temperatura en los suelos.

### Conclusiones

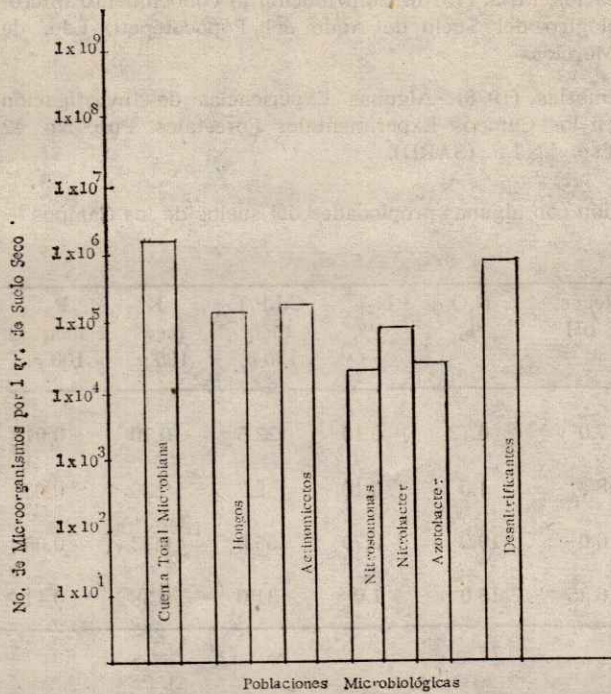
Se estima que el resultado de los análisis de este ensayo, debe considerarse como el principio de una serie de investigaciones al respecto; constituyendo uno de los objetivos primarios del estudio, cuantificar las poblaciones seleccionadas en función de su importancia en la formación del suelo y el establecimiento de la vegetación. Por lo que la información que se presenta, debe entenderse como el análisis representativo de las condiciones ecológicas del suelo y del medio ambiente en el momento del muestreo, ya que la relación suelo-población está en función, por una parte, de las variaciones de las condiciones químicas y físicas del suelo, especialmente en los contenidos de materia orgánica, pH, nitrógeno y humedad disponible, y por la otra, varían de acuerdo con la distribución, cobertura y naturaleza de los materiales orgánicos aportados por los diferentes tipos de vegetación en cada una de las zonas mencionadas; condiciones que a su vez son modificadas por los factores del microclima de las diferentes situaciones topográficas de los sitios de muestreo.

Finalmente, se debe resaltar que en tanto no existan las condiciones del suelo propicias para su activación, las poblaciones biológicas del suelo se mantienen relativamente latentes durante la época seca. Sin embargo, durante el período de muestreo, las condiciones mencionadas fueron favorables en el caso de zonas áridas, que son el motivo de la presente exposición.

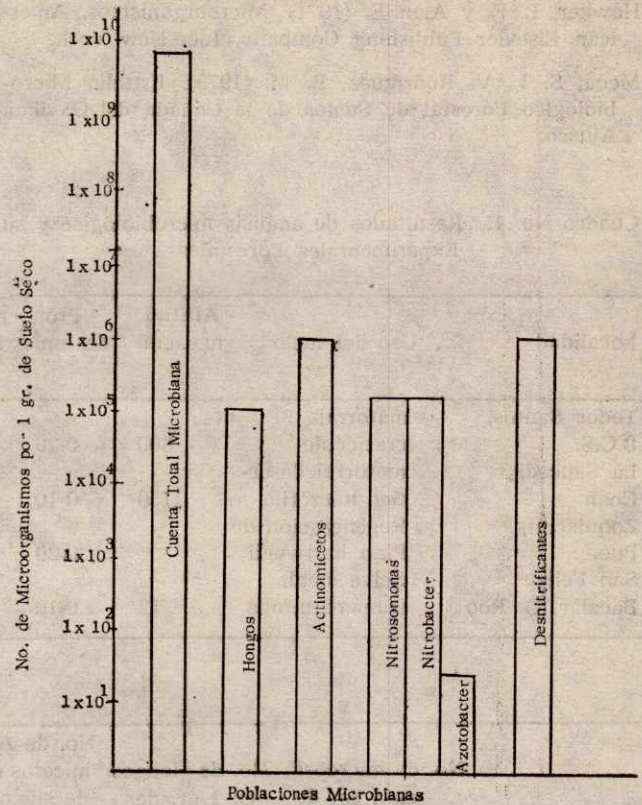
### Literatura Citada

- Alexander, M. (1964). Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sons, Inc. New York, London.
- Black, C. A. (1965). Methods of soil Analysis part 2. Agronomy No. 9 American Society of Agronomy.
- Carranza, G. C. (1978). Cambios de la microflora del suelo en varias etapas de la sucesión de la Ciudad Colón, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.
- Domínguez, A. (1975). El suelo, medio ambiente de las raíces. Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- Hardy, F. (1970). Suelos Tropicales. Pedología Tropical énfasis en América. Lima, Perú.

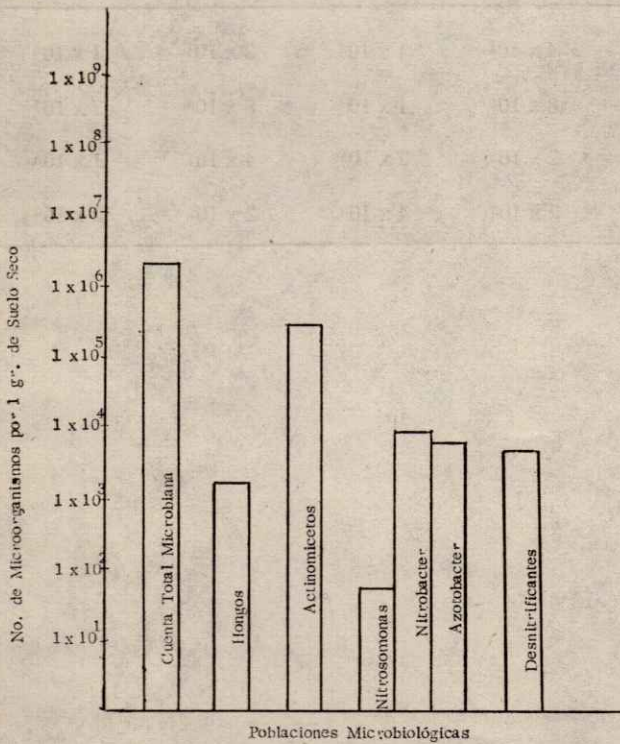




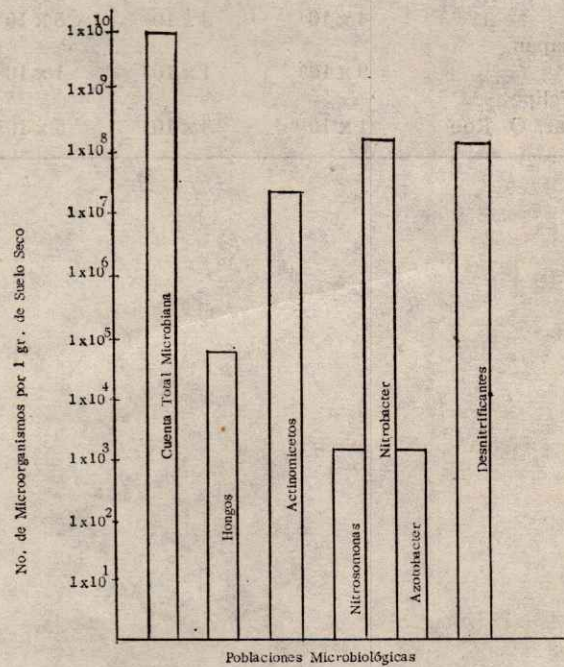
Gráfica No. 1. De Poblaciones Microbiológicas del Suelo Campo Experimental Forestal "Tojos Santos" B.C.S.



Gráfica No. 3 Poblaciones Microbiológicas del Suelo Campo Experimental Forestal "Zozquitapan", Pue.



Gráfica No. 2 De Poblaciones Microbiológicas del Suelo Campo Experimental Forestal "La Saucedá", Coah.



Gráfica No. 4 Poblaciones Microbiológicas del Suelo Campo Experimental Forestal "San Felipe Bacalar", O. Roo.



Hawker, L. F. y Alan E. (1971). Microorganismos. American Elsevier Publishing Company. Inc. New York.

Mena, S. L. V. Rodríguez, B. M. (1979). Estudio Microbiológico Forestal de Suelos de la Cañada del Gavilán, Ajusco.

Palacios, M. S. (1976). Contribución al conocimiento Microbiológico del Suelo de Ando del Popocatépetl, Edo. de Morelos.

Memorias (1978). Algunas Experiencias de Investigación en los Campos Experimentales Forestales. Pub. No. 12 Esp. I.N.I.F. (SARH).

Cuadro No. 1. Resultados de análisis microbiológico y su relación con algunas propiedades del suelos de los Campos Experimentales Forestales

Localidad	Uso del suelo	Altitud m.s.n.m.	Prot. cm del muestreo	Reacc. pH	N.O. %	N <sub>2</sub> T %	C.I.P.T. meq 100 g.	K meq 100 g.	P meq 100 g.
Todos Santos, B.C.S.	matorral crasicaule	300	0-20	7.0	0.72	0.10	22.5	0.70	0.01
La Saucedá, Coah.	matorral desér- tico micrófilo	1150	0-10	8.3	1.5	0.10	9.7	0.30	0.03
Zoquiapan, Pue.	Regeneración de Pino hartwegii		0-20	6.0	19.9	0.70	55.0	0.13	0.08
San Felipe Bacalar, Q. Roo	Selva media subperennifolia	12	0-10	6.25	15.0	1.0	31.0	0.38	0.11

	No. de microorg. en 1 gr. de suelo seco	No. de Hongos en 1 gr. de suelo seco	No. de Actino- micetos en 1 g. de suelo seco seco	No. de nitro- somonas en 1 g. de suelo	No. de nitro- bacter en 1 g. de suelo seco	No. de azoto- bacter en 1 g. de suelo seco	No. de nutri- ficantes en 1 g. de suelo seco
Todos Santos, B.C.S.	$3 \times 10^6$	$2 \times 10^5$	$4 \times 10^5$	$4 \times 10^4$	$1 \times 10^5$	$2 \times 10^4$	$1 \times 10^6$
La Saucedá, Coah.	$4 \times 10^6$	$3 \times 10^3$	$5 \times 10^5$	$8 \times 10^1$	$1 \times 10^4$	$8 \times 10^3$	$7 \times 10^3$
Zoquiapan, Pue.	$9 \times 10^9$	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	$4 \times 10^1$	$1 \times 10^6$
San Felipe Bacalar, Q. Roo	$1 \times 10^{10}$	$8 \times 10^4$	$5 \times 10^7$	$2 \times 10^3$	$4 \times 10^3$	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^3$



## RESPUESTA DE VIDES AL NaCl. I. TAMAÑO DE LA PARTE SUPERIOR +

Altube Díaz, H.A.\*  
Borys, M.W.\*\*

### RESUMEN

Sarmientos tratados con Rootone en polvo fueron plantados en cubetas de ocho litros, con arena de río. Después de la brotación se aplicaron los tratamientos que consistieron en regar la splanas con agua de la llave, a la cual se le aplicó el NaCl y el fertilizante comercial Frophil (1.0 g/litro). Los tratamientos fueron 0, 5, 25 y 50 m.e./l de Cl-. Se utilizaron sarmientos de los portainjertos San Jorge, 1613 C, SO4, Salt Creek, Ln 33, Dog Ridge y de los cultivares Salvador, Palomino, Carignane, Feher Szagos, Ribier y Thompson Seedless. Las hojas basales fueron las primeras en presentar las necrosis marginales, intervenales y con el tiempo e incremento de concentración, los síntomas aparecieron también en las hojas medias. Al aumentar los daños, las hojas murieron, siendo los más dañados San Jorge, 1613 C, SO4.

El incremento de la salinidad redujo el crecimiento de los brotes, se presentaron como más sobresalientes en este sentido: Ribier, Thompson Seedless, Salt Creek, San Jorge, Dog Ridge con porcentajes de reducción del 17.43, 24.23, 28.44 y 41.87%, respectivamente, en comparación con el testigo. Por su parte, se presentaron reducciones en el tamaño de la raíz, siendo las más afectadas Salt Creek, San Jorge, Ribier, Thompson Seedless, Dog Ridge. El tallo como la raíz respondieron de manera distinta al NaCl.

### ABSTRACT

Grape stakes of several rootstalks and varieties were treated with rootone dust were planted in sand on 8 l pots. cero, fire, twentyfive and fifty m.e./l of sodeum chloride plus one gram per liter of commercial fertilizer Frophil were added with the irrigation water. The rootstalkes were San Jorge, 1613 C, 504, Salt Creek, LN 33 and Dog Ridge, the varieties were Salvador, Palomino, Carignane, Feher Szagos, Ribier and Thompson Seedless. Basal leaves were first in developing necrotic margins and necrotic interrenal areas. Stakes treated with increased concentration of salt developed the same king of symptoms in their mid leaves. Eventually many leaves died. San Jorge, 1613C and 504 materials were most sensible to the salt treatments. Increased salinity was associated with a decreased size of spronts. Ribier, Thompson Seedless, Salt Creek, San Jorge and Dog Ridge materials were most affected, showing decrements of 17, 24, 28 and 42 percent in relation to the control treatment. Root size was also affected. Salt Creek, San Jorge, Ribier, Thompson Seedless and Dog Ridge were the most susceptible materials.

### Introducción

La vid es uno de los cultivos frutícolas que presenta una continua área de expansión en cuanto a la superficie cultivada (Cañizo 1981, Téliz 1982). Los viñedos de la República Mexicana, frecuentemente son regados con agua con contenidos salinos de medianos a altos, lo cual crea condiciones que ponen en peligro las vides, por lo menos en el Estado de Aguascalientes.

La salinidad provoca una reducción del rendimiento (Woodtram 1959), aceleración de la brotación (Downton y Crompton 1979), aceleración de la maduración de las uvas (Downton y Loveys 1978) y reducción de la calidad del vino

(Downton 1977). Los efectos negativos pueden ser reconocidos en el Estado de Aguascalientes. Es posible prevenir parcialmente estos efectos injertando los cultivares comerciales sobre patrones con poca capacidad de transportar Na y/o Cl de la raíz al injerto (Ehlig 1960; Bernstein et al, 1969; Downton 1977 a, b, c, d; Downton y Crompton 1977; Downton y Loveys 1978). Aunque se presentan estos problemas de salinidad en el Estado de Aguascalientes, en general no se utilizan patrones.

Existen varias razones que explican esta situación, merecen citarse entre otras: los elevados costos de la planta injertada, falta de conocimientos sobre patrones y cultiva-

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Maestro en Ciencias. Profesor-Investigador, Universidad Autónoma Chapingo.

\*\* Doctor en Ciencias. Profesor Visitante, Colegio de Agricultura, Poznán, Polonia.



res de un mejor comportamiento a la salinidad y falta del material en el mercado.

Para resolver este tipo de problemas, hemos comenzado un proyecto de evaluación de los cultivares y patrones disponibles en México desde el punto de vista de su comportamiento, bajo riego con aguas salinas. Este reporte constituye la parte primera en la cual hemos evaluado seis patrones y seis cultivares de pie franco.

### Material y Métodos

Estacas de las vides fueron tratadas con Rootone y plantadas en cubetas con un medio de arena de río. Hasta su enraizamiento las macetas fueron regadas con agua de la llave. A partir del momento de brotación, al agua de riego se le agregó 1 g/litro del fertilizante comercial Frophil completo, suministrando esta solución tres veces por semana hasta el punto de saturación de la arena. Cada dos semanas se lavó el exceso de sal con agua sin fertilizante ni sales. Se utilizaron ocho plantas por tratamiento, una planta por unidad experimental. Los sarmientos provienen de la colección del Campo Agrícola Experimental de La Laguna (CIAN). El diseño de tratamientos incluyó doce vides (patrones y cultivares de pie franco) y cinco niveles de NaCl (0, 5, 15, 25, 50 m.e. de Cl por litro de solución). El agua utilizada presentaba en promedio un pH 8.3-8.5,  $Ce$  mmhos/cm 0.494-0.673, Cl-0.297-0.405 m.e./l y Na 64-68 ppm.

### Resultados y Discusión

Sometiendo las plantas de las vides a un incremento de NaCl en la solución nutritiva, se observó una gradual reducción en el peso total, así como también del peso de las ho-

Cuadro 1. Efecto de concentración de NaCl en el tamaño final de la vid y en sus partes; promedio de 12 vides.

Tratamiento m.e. NaCl/litro	Peso seco, g				
	Testigo	Hojas	Tallos	Raíz	Total
		6.87 b	5.58 a	4.03 a	16.48
5		7.97 a	3.78 b	3.15 b	14.90
15		6.61 b	3.05 c	2.83 b	12.49
25		4.77 c	2.49 c	1.83 c	9.09
50		4.08 c	1.71 d	1.68 c	7.47

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Prueba múltiple de Duncan,  $\alpha = 0.05$

jas, tallos y raíz (Cuadro 1) Estos datos, en su efecto general están de acuerdo con los resultados obtenidos por Ehlig (1960).

La reducción del follaje como resultado del incremento de concentración de NaCl, se debe a una caída de hojas y parcialmente a una reducción del tamaño de las hojas. Las hojas presentaron los primeros daños tres semanas des-

pues de iniciar los tratamientos en la concentración de 50 m.e./l y, con el tiempo, se presentaron síntomas de toxicidad en las concentraciones más bajas de Cl-.

Consideramos como más importantes los efectos del NaCl en el tamaño de tallos y de la raíz. El efecto en el tallo, por su directa relación con la productividad y de la raíz, por su poder de captación de nutrientes y agua del suelo. El tamaño de las dos partes fue afectado, pero el grado de reducción en comparación con el testigo, fue algo distinto. El efecto del incremento de NaCl fue más fuerte en tallos, un poco menor en la raíz y, el follaje respondió con el grado más bajo de reducción de su tamaño (Cuadro 1).

Las respuestas de las vides, como de sus partes, a las condiciones salinas se muestran en los Cuadros 2, 3 y 4. Comparando los datos de estos cuadros se ve una reducción del follaje, tallos y raíces, de todas las vides sometidas a una concentración de 25 y 50 m.e. de Cl-. Considerando la concentración más alta (50 m.e. Cl-/litro), la diversificación de la respuesta fue más alta por parte del follaje, menor para las raíces y en el caso de los tallos, se podrían distinguir dos grupos de vides..

Bajo las condiciones de este experimento, la concentración de 50 m.e. de Cl/litro se presentó como nivel de caracterización de vides por su susceptibilidad al NaCl. Clasificando las vides que mantuvieron el peso total del tallo más la raíz por arriba del 50% en relación al testigo. Como sobresalientes tenemos: Ribier, Thompson Seedless, Salt Creek, San Jorge, Dog Ridge que mostraron valores de reducción del 17.43%, 24.23%, 28.44%, 30.83% y 41.87%, respectivamente. Los otros tipos sobrepasaron el nivel del 50% de reducción bajo los niveles de 25 a 50 m.e. Cl-/litro, y fueron clasificados como muy susceptibles.

En general, el tamaño del tallo fue relativamente más afectado por la salinidad de la raíz (Cuadro 5), pero el valor de la relación tallo/raíz dependió de la concentración y de la vid. En el caso de San Jorge, fue muy estable bajo las concentraciones de 5, 15, 25 y en 50 m.e. Cl/litro. Este valor se redujo a la mitad (Cuadro 6). En el caso de la variedad Palomino, este valor se incrementó en la concentración de 25 y más aún bajo 50 m.e. Cl-/litro, pero no cambió en el caso de Thompson Seedless. El valor de la relación tallo/raíz disminuyó en Salt Creek bajo 50 m.e. Cl/litro comparándolo con otros tratamientos. Las diferencias entre las vides bajo 50 m.e. Cl-/litro no fueron significativas y en las dos concentraciones más altas de NaCl, el coeficiente de variación fue muy alto. Las diferencias entre las vides por lo que respecta al valor de la relación tallo/raíz están relacionadas con respuestas genotípicas a la salinidad que se manifiestan con un efecto inhibitorio diferencial del NaCl en el crecimiento de tallos y/o raíces. Pero, por lo menos, en el caso de LN 33 y Thompson Seedless, el tallo y la raíz respondieron en la misma manera; lo que indica su identidad genética en cuanto a su resistencia al NaCl de las dos partes. En el caso de 1613 C y Palomino, el cambio en el valor de la relación tallo/raíz indica que la resistencia al NaCl de las dos partes no es idéntica y que no dependen de los mismos genes.



Cuadro 2. Efecto de la concentración de NaCl en el tamaño del follaje. Peso seco, g.

Vides	Testigo	Concentración, m.e. Cl-/l			
		5	15	25	50
1. 1613 C	9.95 a	12.00 ab	8.76 a	7.11 a	6.50 a
2. San Jorge	6.12 abcde	8.78 abcd	7.78 a	5.68 a	4.22 abcde
3. SO4	7.62 abcd	10.00 abc	7.17 a	4.08 a	4.60 abc
4. Dog Ridge	5.37 bcde	7.50 bcd	6.90 a	4.11 a	3.28 cde
5. Salt Creek	8.51 ab	12.37 a	6.79 a	5.38 a	6.00 ab
6. LN 33	7.90 abc	6.90 cd	8.27 a	5.12 a	3.73 bcde
7. Salvador	8.50 ab	9.00 abcd	7.74 a	4.31 a	4.72 abc
8. Thompson Seedless	4.62 cde	6.50 cd	6.27 a	4.56 a	3.84 bcde
9. Palomino	9.62 a	7.62 abcd	6.72 a	4.11 a	4.47 abcd
10. Carignane	8.25 abc	7.12 cd	7.00 a	3.97 a	2.08 de
11. Feher Szagos	4.03 de	4.12 d	4.26 ab	3.54 a	1.95 e
12. Ribier	3.85 e	5.00 d	1.97 b	4.16 a	3.47 cde
C. V.	45.70	49.72	53.84	59.28	50.67

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Prueba múltiple de Duncan  $\alpha = 0.05$ .

Cuadro 3. Efecto de la concentración de NaCl en el tamaño del tallo. Peso seco, g.

Vides	Testigo	Concentración, m.e. Cl-/l			
		5	15	25	50
1. 1613 C	5.50 a	5.42 ab	4.37 ab	3.50 ab	3.00 a
2. San Jorge	5.35 ab	6.20 a	4.25 abc	3.92 a	2.07 ab
3. SO4	3.87 abcd	3.60 abcd	2.50 bcde	2.53 abc	1.36 b
4. Dog Ridge	3.00 bcd	3.28 bcd	3.60 abcd	3.40 ab	1.38 b
5. Salt Creek	5.87 a	5.37 ab	4.80 a	2.83 abc	1.90 ab
6. LN 33	4.42 abc	2.87 bcd	3.37 abcd	2.14 abc	1.67 b
7. Salvador	5.00 ab	5.00 abc	3.25 abcd	2.50 abc	2.17 ab
8. Thompson Seedless	2.12 cd	2.62 cd	2.12 ed	1.15 c	1.42 b
9. Palomino	4.12 abc	3.12 bcd	2.25 cde	2.00 abc	1.92 ab
10. Carignane	4.28 abc	4.42 abcd	3.42 abcd	2.50 abc	1.20 b
11. Feher Szagos	—	2.00 ed	2.00 ed	1.50 bc	1.00 b
12. Ribier	1.57 d	2.40 cd	1.00 e	1.32 c	1.25 b
C. V.	50.69	55.30	54.96	62.15	55.28

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Prueba múltiple de Duncan  $\alpha = 0.05$ .

En Aguascalientes en viñedos afectados por salinidad hemos notado una clara restricción del crecimiento de los sarmientos y una falta o reducción de la productividad total. No tenemos datos de campo sobre el tamaño del sistema radical bajo condiciones salinas. Los datos del presente experimento podrían explicar estos casos, especialmente, donde el efecto de NaCl es evidente en la inhibición del crecimiento de sarmientos. Esto resulta no sólo de la inhibición de la actividad fotosintética, caso reportado por Downton (1977 b), sino que puede estar también relacionado con el incremento del nivel de inhibidores de crecimiento (Downton y Loveys 1978), como también de la

reducción de la cantidad de citocininas producidas por las raíces. Vale notar, que los sistemas radicales de vides incluidos en este experimento fueron distintos. Datos relacionados al respecto serán incluidos en la parte II, actualmente en preparación.

Los datos del Cuadro 6, indican que podemos clasificar las vides en tres grupos en relación al vigor total. En el grupo vigoroso podemos clasificar 1613 C, San Jorge, en el grupo de poco vigor Feher Szagos y Ribier y las otras, en el grupo de mediano vigor. Pero el tamaño total de la planta, no está de acuerdo con los componentes del tamaño de la planta. Esto se debe parcialmente a una pérdida fuerte del follaje. Por ejemplo, en el caso de San Jorge y, parcial-



Cuadro 4. Efecto de la concentración de NaCl en el tamaño de la raíz, Peso seco, g.

Vides	Testigo	Concentración, m.e. Cl-/l			
		5	15	25	50
1. 1613 C	9.33 a	5.85 a	5.25 a	3.43 a	2.51 a
2. San Jorge	2.12 def	2.00 c	1.50 d	1.45 cd	1.48 abc
3. SO4	5.50 bcd	5.60 ab	2.57 cd	0.98 cd	2.16 abc
4. Dog Ridge	2.87 cdef	2.62 c	3.00 cd	1.45 cd	1.51 abc
5. Salt Creek	1.62 f	2.42 c	1.25 d	0.69 d	1.25 bc
6. LN 33	6.71 ab	4.00 abc	4.87 ab	3.47 a	2.37 ab
7. Salvador	3.50 bcdef	1.75 c	2.12 cd	0.95 cd	1.47 abc
8. Thompson Seedless	3.14 cdef	3.28 bc	3.50 bc	2.92 ab	2.04 abc
9. Palomino	6.00 bc	4.14 abc	2.62 cd	2.03 bc	1.72 abc
10. Carignane	5.12 bcde	2.42 c	2.50 cd	1.04 cd	1.34 abc
11. Feher Szagos	2.50 def	1.57 c	1.62 d	1.40 cd	0.97 c
12. Ribier	1.83 ef	1.80 c	1.60 d	1.60 cd	1.22 bc
C. V.	70.10	62.12	51.91	53.55	60.30

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Prueba múltiple de Duncan  $\alpha = 0.05$ .

Cuadro 5. Efecto de la concentración de NaCl sobre la relación tallo/raíz.

Vides	Testigo	Concentración, m.e. Cl-/l			
		5	15	25	50
1. 1613 C	0.50 c	1.59 bc	0.65 b	1.00 b	1.36 a
2. San Jorge	2.78 b	3.33 a	3.33 a	3.52 ab	1.43 a
3. SO4	0.70 c	0.70 c	1.41 b	4.75 ab	0.67 a
4. Dog Ridge	1.28 c	1.22 bc	0.70 b	2.12 b	2.02 a
5. Salt Creek	3.80 a	2.69 ab	3.40 a	3.70 a	1.66 a
6. LN 33	0.72 c	0.72 c	0.69 b	0.59 b	0.70 a
7. Salvador	1.44 c	3.37 a	1.51 b	2.78 ab	2.61 a
8. Thompson Seedless	0.74 c	0.92 c	0.63 b	0.42 b	0.91 a
9. Palomino	0.67 c	0.80 c	0.88 b	1.31 b	3.34 a
10. Carignane	0.81 c	1.79 abc	1.07 b	2.09 b	0.86 a
11. Feher Szagos	—	1.35 bc	1.22 bc	1.67 b	2.19 a
12. Ribier	0.91 c	1.50 bc	0.70 b	0.65 ab	1.73 a
C. V.	53.02	81.03	49.62	154.17	128.97

mente, a las diferencias en el tamaño de tallos y raíces, los portainjertos 1613 C y San Jorge, ocupan el primero y segundo lugares respectivamente, por su tamaño total; el tallo de 1613 C ocupa el segundo lugar y el de San Jorge el primer lugar. San Jorge forma muchos tallos laterales

dando un peso de ellos mayor de 1613 C. El caso de la raíz el 1613 C ocupa el primer lugar pero San Jorge el octavo lugar, aunque por el peso total de la planta ocupa el segundo lugar (Cuadro 7). El efecto de la salinidad en los componentes del tamaño de la planta merece un análisis especial para explicar los fenómenos observados en el campo y para desarrollar una metodología justa de selección de tipos resistentes o tolerantes a la salinidad en el campo.

### Conclusiones

El incremento de la dosis de NaCl en la solución nutritiva, dio como resultado fuertes daños al follaje, siendo los más dañados San Jorge, 1613 C, SO4.

Tomando como medida de la susceptibilidad la reducción del tamaño total de la planta, las más sobresalientes resultaron: Ribier, Thompson Seedless, Salt Creek, San Jorge, Dog Ridge, que mostraron porcentajes de reducción del 17.43, 24.23, 28.44, y 30.83 y 41.87, respectivamente, en comparación con el testigo.

del tamaño de la raíz, las más afectadas fueron: Salt Creek, del tamaño de la raíz las más afectadas fueron: Salt Creek, San Jorge, Ribier, Thompson Seedless, Dog Ridge. Se notó que el tallo y la raíz respondieron en manera distinta al NaCl.



Cuadro 6. Diferencias entre las vides en peso seco de hojas, tallos y raíces.

Vid	Peso seco, g			Total
	Hojas	Tallos	Raíz	
1. 1613 C	8.77 a	4.50 b	5.26 a	18.53
2. San Jorge	6.46 bc	7.45 a	1.71 ef	15.62
3. SO4	6.44 bc	2.64 de	3.06 cd	12.14
4. Dog Ridge	5.38 c	2.82 d	2.31 def	10.51
5. Salt Creek	7.83 ab	4.23 bc	1.44 ef	13.50
6. LN 33	6.18 bc	2.91 d	4.22 b	13.31
7. Salvador	6.61 bc	3.46 cd	1.98 ef	12.05
8. Thompson Seedless	5.19 c	1.88 ef	2.99 cd	10.06
9. Palomino	6.69 bc	2.72 de	2.55 c	11.96
10. Carignane	5.87 c	3.20 d	1.65 cde	10.72
11. Feher Szagos	3.58 d	1.70 ef	1.57 ef	6.85
12. Ribier	3.67 d	1.48 f	1.44 ef	6.59
C. V.	52.40	55.37	66.28	

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Prueba múltiple de Duncan  $\alpha = 0.05$ .

Cuadro 7. Orden relativo de las vides, de acuerdo al tamaño de hojas, tallos, raíces y planta entera. Promedio de todos los tratamientos.

Vid	Posición Relativa de la Vid			
	Hojas	Tallos	Raíz	Total
1. 1613 C	1	2	1	1
2. San Jorge	5	1	8	2
3. SO4	6	9	3	5
4. Dog Ridge	9	7	6	9
5. Salt Creek	2	3	11	3
6. LN 33	7	6	2	4
7. Salvador	4	4	7	6
8. Thompson Seedless	10	10	4	10
9. Palomino	3	8	5	7
10. Carignane	8	5	9	8
11. Feher Szagos	12	11	10	11
12. Ribier	11	12	12	12

## Bibliografía

- Bernstein, L., Ehlig, C. F., Clark R., 1969. Effect of grape rootstock on chloride accumulation in leaves. P. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 584-590.
- Cañizo, A., 1981. El cultivo de la vid III Congreso Nacional de Fruticultura, Guadalajara, Jalisco. Resúmenes pp. 12-13.
- Downton W. S. S., 1977 a. Chloride accumulation in different species of grape vine. Scientia Horticulturae 7: 249-253.
- Downton W. S. S., 1977 b. Photosynthesis in salt-stressed grape vine. Aust. J. Plant Physiol. 4: 183-192.
- Downton W. S. S., 1977 c. Influence of rootstocks on accumulation of chloride sodium and potassium in grape vines. Aust. J. Agric. Res. 18: 879-889.
- Downton W. J. S., 1977 d. Salinity effects on the ion composition of fruiting Cabernet-Sauvignon vines. Amer. J. Enol. Vitic. 28 (4): 210-214.
- Downton W. S. S., Loveys B. R., 1978. Compositional changes during grape berry development in relation to abscisic acid and salinity Australian J. Plant Physiol. 5: 415-423.
- Downton W. S. S., Crompton A. W., 1979. Bud burst in Sultana grapevine as influenced by salinity and rootstock Aust. J. Exp. Anim. Husb. 19: 749-52.
- Ehlig, C. F. 1960. Effects of salinity on four varieties of table grape grown in sand culture. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76: 323-331.
- Téliz O D., 1982. La Vid en México. Datos estadísticos. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.
- Woodtram R. C., 1956. The chloride status of the irrigated Sultana Vines and its relation to vine health. Aust. J. Agric. Res 7: 414-423.



## EL DRENAJE SUBTERRANEO EN LA RECUPERACION DE SUELOS ENSALITRADOS EN EL DISTRITO DE RIEGO NUM. 025, BAJO RIO BRAVO, TAMAULIPAS +

Armenta Ramírez, J.I.\*  
García Carreño, J.L.\*

### RESUMEN

El Distrito de Riego No 025, Bajo Río Bravo, se localiza en la parte Noroeste del Estado de Tamaulipas y dentro de la planicie costera del Golfo de México.

El área total del Distrito es de 232,668-00 ha, sembrándose actualmente una superficie aproximada de 210,000-00 ha. Los suelos presentan serios problemas de salinidad, originados, principalmente por las fluctuaciones del nivel freático, que es fuertemente salino, (C. E. mayor de 10,000 micromhos/cm), interviniendo en mayor o menor grado los siguientes factores: texturas arcillosas en el 70% del área, manejo adecuado de suelos y agua e insuficiente conservación de la red de drenaje. Para resolver el problema de la disminución de la productividad del Distrito, ocasionado por el avance progresivo del ensalitramiento de sus suelos (24,000-00 ha en 1977 que representaban el 10.7% de su superficie), se implementó en 1978 el Proyecto de Rehabilitación del Distrito, en el cual se programó resolver principalmente el deterioro de las obras de drenaje en los aspectos de desazolve y profundización, además de la construcción de las obras faltantes.

A la fecha se han obtenido resultados muy positivos, ya que el proceso de ensalitramiento se ha detenido, observándose una disminución de las áreas con problemas de salinidad (5,500 ha). Sin embargo, dadas las condiciones de textura de los suelos y el alto grado de afectación salina, se concluye que en algunas áreas el sistema de drenaje construido ha sido insuficiente para abatir los mantos freáticos, permaneciendo en consecuencia los problemas de salinidad. El proyecto de rehabilitación dentro de la segunda etapa, contempla el Programa de Drenaje Subterráneo Parcelario, delimitándose una superficie de 10,800 ha, factible de recuperarse económicamente mediante la instalación de este sistema.

### ABSTRACT

A fluctuating highly saline water table of soils of The Irrigation District 025 of Bajo Río Bravo causes serious salinity problems to 210 000 ha that are under cultivation. The electric conductivity of the water table is as high as 10 mmhos/cm. Problems are compounded by the heavy texture of soils, that cover about 70 percent of the area and by inadequate soil and irrigation water management practices. About 24 000 ha became saline by 1977. A program to reclaim these areas was started in 1978 involving the reconstruction and maintenance of the overall drainage system. By 1981 the highly saline area had diminished by 5 500 ha. It is expected that 10 800 ha more may be economically reclaimed by installing a more intensive tiling system that is being financed by the producers.

### Introducción

En México, con el desarrollo de la irrigación y aun contando con agua de buena calidad, se ha presentado el ensalitramiento de los suelos, particularmente en las zonas áridas y semiáridas del país, donde se presentan condiciones muy favorables para la acumulación de sales. Gran parte de las áreas bajo riego se encuentran situadas en los valles y deltas de los ríos cuya topografía ocasiona un drenaje deficiente, agravado en muchos casos por la baja

permeabilidad del terreno. En muchas de estas áreas regadas, el manejo inadecuado del agua, sobre todo la poca atención inicialmente prestada a la eliminación de sobrantes de agua, ha dado lugar a la rápida elevación de la capa freática, hasta alcanzar la zona radicular, con los consiguientes efectos de exceso de humedad en el suelo y salinización del mismo.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Ingeniero. Investigador. Depto. Riego y Drenaje, Distrito de Riego 025, Bajo Río Bravo, Tamps. (SARH).



### Antecedentes

El Distrito de Riego No. 025, Bajo Río Bravo, se localiza en la parte Noreste del Estado de Tamaulipas y dentro de la planicie costera del Golfo de México. El área total del Distrito susceptible de riego es de 232,668-00 ha., la red de drenaje del mismo es de 3,036.47 km. correspondiendo una intensidad de drenaje de 1.30 km/100 ha. Los suelos de esta área presentan serios problemas de salinidad, originados principalmente por las fluctuaciones del nivel freático que es fuertemente salino (C.E. mayor de 10,000 micromhos/cm.), interviniendo en mayor o menor grado los siguientes factores: texturas arcillosas en el 70% de su área, manejo inadecuado de suelos y agua e insuficiente conservación de la red de drenaje. Estudios freaticométricos realizados reportaban que en 1979 a nivel Distrito existía una superficie media mensual de aproximadamente 37,000-00 ha., con su nivel freático menor a 1.00 m., además de presentar una alta concentración de sales (C.E. mayor de 10,000 micromhos/cm). Considerando lo anterior, los problemas de salinidad han variado en magnitud e intensidad, dependiendo de los programas de mejoramiento en su red de drenaje que se han emprendido. Así tenemos que en 1965 se inició el primer Proyecto de Rehabilitación del Distrito, concluyéndose en 1970; el impacto del mejoramiento de estas obras se dejó sentir grandemente sobre la disminución del área afectada por sales, ya que de 25,000.00 ha., que presentaban estos problemas al inicio de los trabajos de rehabilitación, para el año de 1971 los datos de salinidad aparente reportaban la existencia de 15,400-00 ha. afectadas en diferentes grados. La insuficiente conservación de la infraestructura hidráulica motivada por la falta de recursos financieros, además del manejo deficiente de suelo y agua de riego, originó que nuevamente empezaran a aparecer las áreas con problemas de sales, llegando a presentarse en el año de 1978 una superficie de aproximadamente 24,000-00 ha. con problemas de ensalitramiento. Para evitar el avance de este proceso y reincorporar a la producción áreas improductivas por el exceso en la acumulación de sales, se implementó un plan integral para rehabilitar los suelos y obras de riego que culminó con el Proyecto de Rehabilitación del Distrito de Riego, habiéndose definido su Primera Etapa para el periodo 1978-1981. Los trabajos que se incluyeron en esta Primera Etapa comprendían: desazolve y profundización de la red de drenaje, así como la construcción del drenaje faltante; revestimiento de caminos y el Programa de Asistencia Técnica Integral en el Distrito.

Actualmente, se observan resultados muy positivos en los aspectos de salinidad y aumento de la productividad del Distrito en general. Sin embargo, no obstante el haberse detenido el proceso de ensalitramiento en las unidades rehabilitadas y presentarse una disminución en la superficie ensalitrada (3,500-00 ha), dadas las condiciones de los suelos de algunas áreas en lo referente a baja permeabilidad y alto grado de afectación salina, se concluye que el sistema de drenaje construido ha sido insuficiente para abatir los mantos freáticos, presentándose una panorámica actual de 6,300-00 ha., afectadas por sales en las unidades rehabilitadas (2a. y 4a.) y 18,700-00 ha., a nivel Distrito.

Considerando lo anterior, el Proyecto de Rehabilitación del Distrito contempla en su Segunda Etapa, además del mejoramiento de su infraestructura primaria, la aplicación de medidas complementarias para la eliminación del problema de salinidad, tales como: Nivelación de Tierras y Drenaje Subterráneo.

### Objetivos

- Dar a conocer el Programa de Drenaje Subterráneo en el Distrito de Riego 025, Bajo Río Bravo, Tamps, como alternativa de solución al problema de Salinidad y Drenaje de Suelos.
- Evaluar en lo general el Sistema de Drenaje subterráneo instalado en lotes del Distrito.

### Materiales y Métodos

En la elaboración del Programa de Drenaje Subterráneo, las áreas con problemas de sales fueron agrupadas y jerarquizadas de acuerdo a los siguientes criterios: Salinidad y profundidad del nivel freático, permeabilidad de los suelos, topografía e información del Estudio Agrológico. (1981). La jerarquización de estas áreas quedó de la manera siguiente:

Grupo I	4,635-00 ha.
Grupo II	12,350-00 "
Grupo III	8,490-00 "
total:	25,475-00 ha.

Una característica que favorece el proceso de recuperación de estos suelos es la presencia en su perfil de grandes cantidades de carbonatos y sulfatos de calcio, que evita en cierta medida la aplicación de mejoradores químicos.

Para fines de evaluación se consideraron los datos de C.E. en el extracto de saturación, así como los valores de RAS que presentan estos suelos; el muestreo se tomó con una priodicidad de 6 meses, realizándose en septiembre (época de aplicación de lavados) y antes de la siembra (febrero). El aspecto más importante a considerar en la evaluación, será el incremento en rendimiento y tiempo de recuperación.

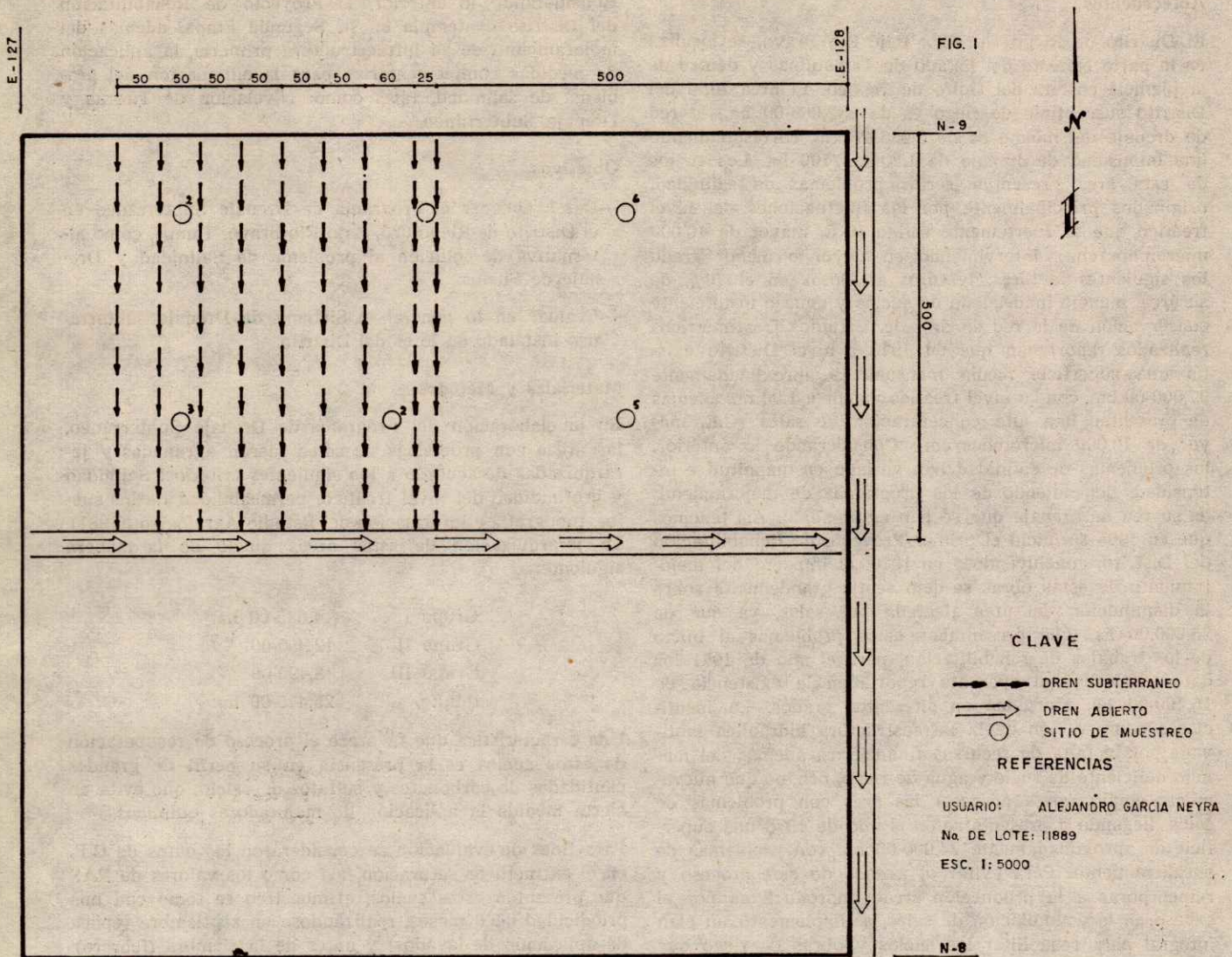
### Resultados y Discusión

#### a) Lote del Sr. Alejandro García Neyra

En este predio, el sistema de drenaje fue instalado en el último semestre de 1979, presenta líneas a una separación de 25 m., una línea a 60 m. y seis de las líneas restantes a una separación de 50 m. El lote es de 100-00 ha., presentado en aquel tiempo una superficie de 50-00 ha., con afectaciones en diferentes grados que disminuían el rendimiento del cultivo hasta en un 70% (Figura 1).

En el Cuadro 1 se reportan los valores promedios de salinidad a 2 profundidades, antes de iniciados los trabajos, al año de establecido el sistema, y las condiciones actuales de salinidad. Como se observa en el mencionado cuadro, se presenta una considerable disminución en los valores





Cuadro 1

Usuario: Alejandro García Neyra  
Lote: 11889

No Pozo	Febrero 1979			Septiembre 1981			Septiembre 1982		
	C.E. Milimhos 0-60	C.E. Milimhos 60-120	RAS	C.E. Milimhos 0-60	C.E. Milimhos 60-120	RAS	C.E. Milimhos 0-60	C.E. Milimhos 60-120	RAS
1	8.55	7.50	11.41	7.25	7.25	9.00	1.65	3.05	8.65
2	12.00	9.50	13.38	10.50	8.10	14.50	7.80	7.65	13.00
3	17.00	15.50	15.17	10.12	9.38	14.27	5.15	7.15	15.46
4	7.80	7.65	12.39	4.45	4.25	8.00	5.05	4.50	3.29
5	5.60	8.20	7.00	5.27	6.70	8.70	5.05	6.90	13.00
6	7.80	8.60	10.47	6.25	5.45	9.70	7.45	8.70	10.18

Rendimiento

Año	1977	1978	1979	1980	1981	1982	S = Sorgo
Ton/Ha.	—	—	—	S. 1.5	S. 2.8	S. 3.2	



de C. E., siendo esta disminución mayor en el primer año. Este efecto es comprobado por el incremento en rendimientos en los últimos 2 ciclos. En este lote no se ha aplicado ninguna lámina de agua para fines de lavado exclusivamente; el predio ha seguido sembrándose y aplicándose los riegos que ha requerido el cultivo (sorgo). La lámina total aplicada al terreno a partir de 1980 (riego + precipitación) ha sido de 154 cm.

**B) Lotes Sr. Roberto Juárez**

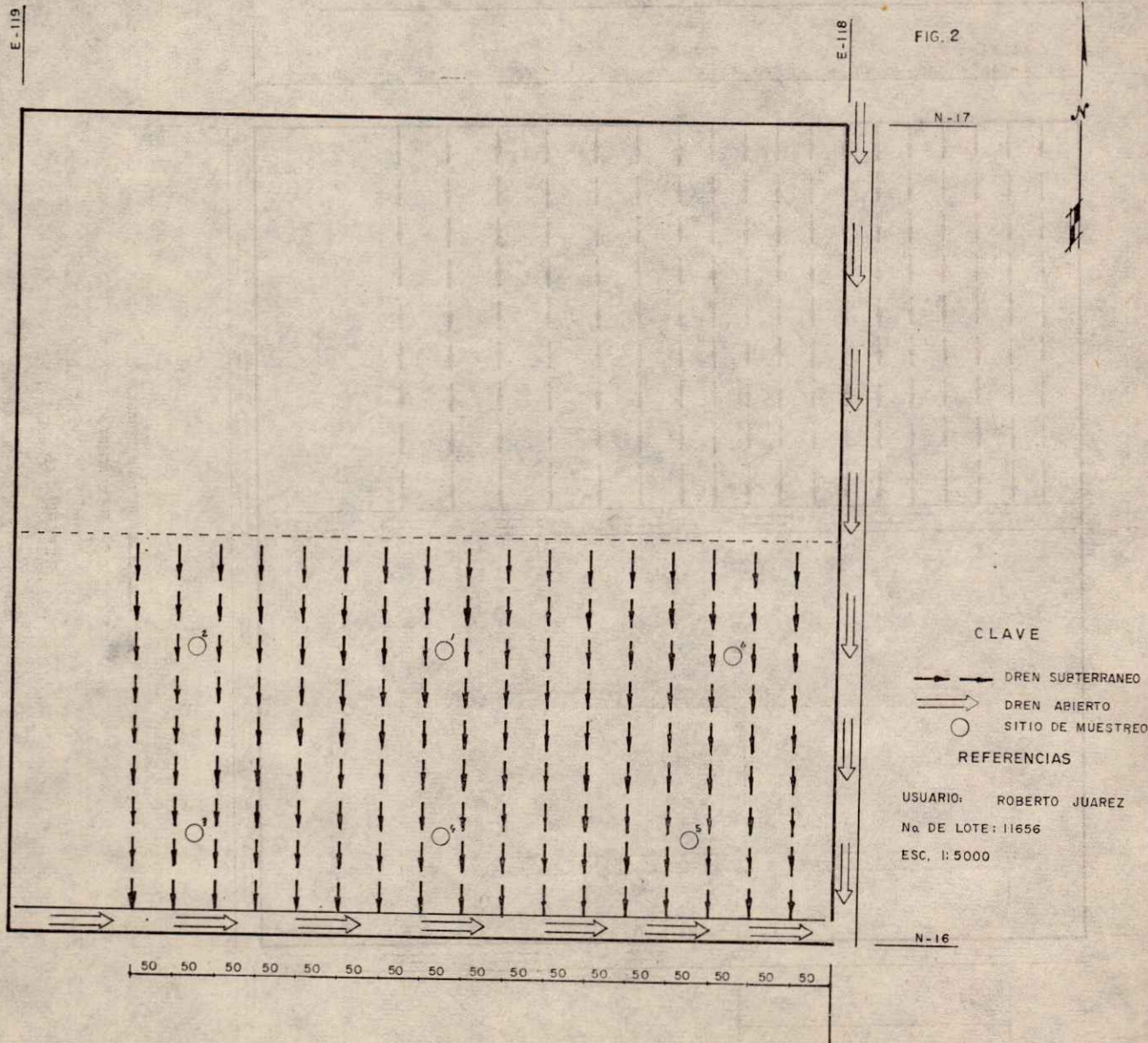
El sistema de drenaje fue instalado en 1980, contando con 17 líneas a una separación de 50 m. (Figura 2). Al igual que el lote descrito anteriormente, se presentaban problemas de salinidad en diversos grados afectando considerablemente los rendimientos. En el Cuadro 2, se presentan los resultados que se han obtenido en relación al comportamiento de la salinidad y variación en rendimiento.

**c) Lote Sr. José Carlos Rodríguez**

El lote comprende una superficie de 100-00 ha., y en 50-00 de ellas está instalado un sistema de drenaje mediante

bombeo; en las 50-00-00 ha., restantes está instalado el sistema de drenaje con descarga libre, que presenta diferente variación en la separación de líneas, que van desde 40 m. hasta 60 m., dependiendo del grado de afectación (Figura 3). Ambos sistemas fueron instalados en Noviembre de 1981. A excepción de 20-00-00 ha., donde se siembra sorgo con muy bajos rendimientos, el resto del terreno se encuentra totalmente improductivo por el alto grado de afectación. En este lote se han aplicado 2 lavados de sales, en enero y septiembre del presente año, reportándose los valores de salinidad antes de cada lavado en el Cuadro 3.

En el tiempo que se tiene operando estos sistemas, se observa una recuperación del terreno, siendo esta mejoría sensiblemente mejor en las áreas con el sistema de drenaje con descarga libre, faltando por evaluar el aspecto económico, ya que, aunque la inversión inicial es mayor en el primer sistema, el drenaje con bombeo tiene un gasto constante en el gasto de energía eléctrica de la bomba.





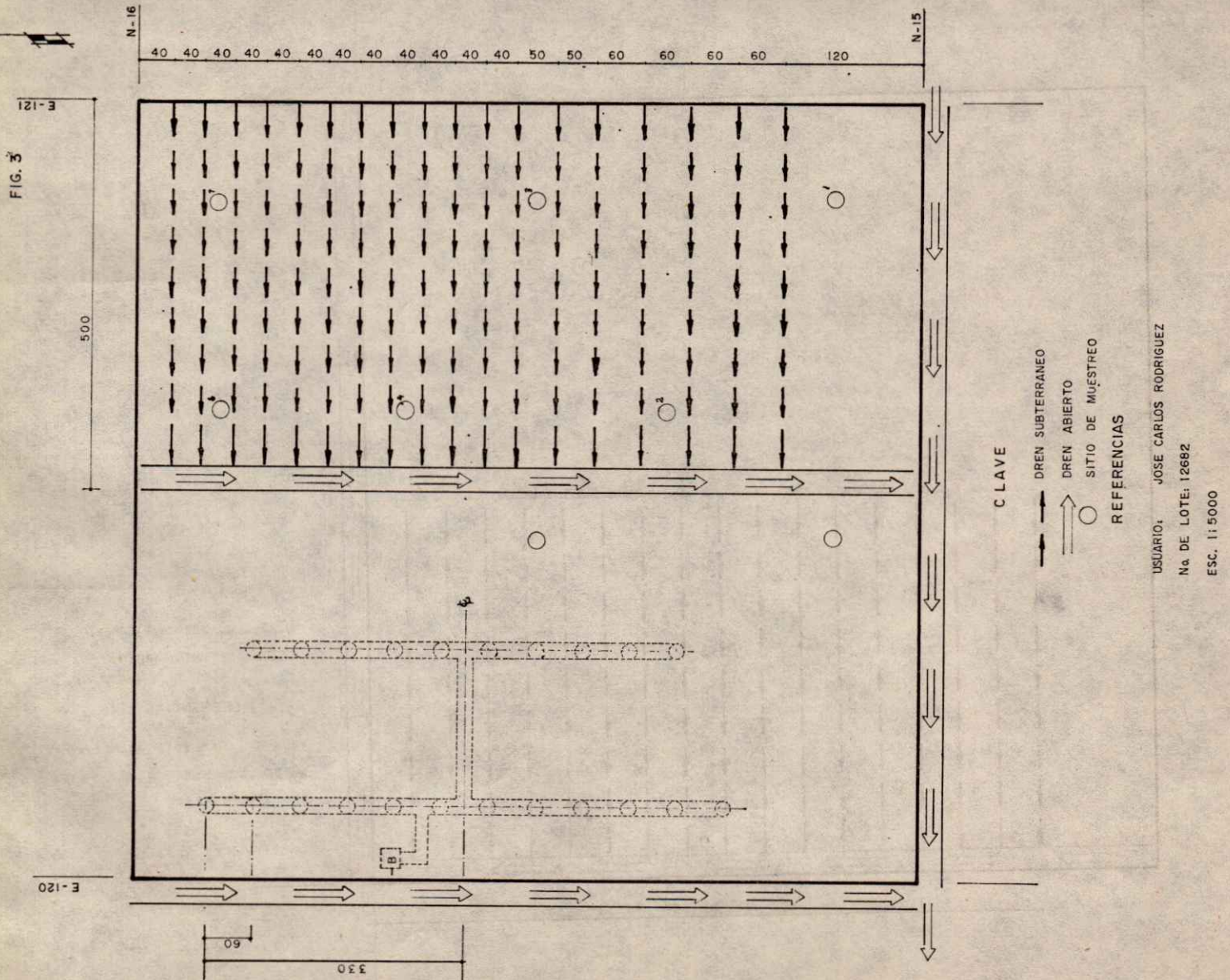
Cuadro 2

Usuario: Roberto Juárez  
 Lote: 11656

No Pozo	Mayo 1980			Septiembre 1981			Septiembre 1982		
	C.E. Milimhos 0-60	60-120	RAS	C.E. Milimhos 0-60	60-120	RAS	C.E. Milimhos 0-60	60-120	RAS
1	12.00	8.25	13.24	9.20	8.00	12.92	6.00	6.50	11.22
2	12.00	12.00	15.31	7.90	8.20	15.00	7.60	8.90	14.20
3	12.35	8.10	9.57	10.00	8.00	11.52	9.00	7.50	11.89
4	18.50	11.00	10.18	14.00	8.00	10.50	11.60	7.50	10.57
5	5.40	9.25	9.48	6.25	8.75	10.25	5.75	9.00	9.25
6	8.75	11.25	9.48	8.00	7.50	6.22	8.14	8.00	8.40

Rendimiento Promedio

Año	1977	1978	1979	1980	1981	1982	
Ton/Ha.	M. 1.84	S. 1.80	S. 2.11	A. 0.70	S. 3.11	S. 2.8	S = Sorgo M = Maíz A = Algodón





Cuadro 3

Usuario: José Carlos Rodríguez

Lote: 12682

No Pozo	Abril 1981			Enero 1982			Septiembre 1982		
	C.E. Milimhos		RAS	C.E. Milimhos		RAS	C.E. Milimhos		RAS
	0-60	60-120		0-60	60-120		0-60	60-120	
1	5.55	4.00	2.97	5.75	6.75	8.78	5.80	6.15	8.56
2	36.00	12.00	16.21	12.76	9.35	15.23	8.09	7.95	15.74
3	20.12	5.65	10.31	18.32	6.00	10.50	9.78	4.15	8.64
4	7.80	6.70	4.74	7.40	7.00	8.26	8.30	7.95	11.13
5	10.37	3.92	5.52	10.50	6.22	6.00	7.55	6.27	8.42
6	11.60	3.75	5.03	10.25	7.00	7.95	6.60	6.95	7.37
7	19.00	9.40	16.56	16.50	9.80	18.00	16.80	10.95	18.08
1	10.87	10.25	17.47	11.27	10.05	17.30	13.05	9.00	17.87
2	8.70	9.50	9.50	4.30	4.75	7.80	3.05	4.45	7.59
3	11.00	21.37	17.23	11.75	16.27	18.13	12.45	13.30	24.65
4	14.25	11.37	19.12	13.38	10.00	18.00	12.45	9.60	18.00
5	17.50	7.25	8.44	13.18	8.12	8.27	11.45	8.10	7.97

### Conclusiones y Recomendaciones

- 1a. La evaluación preliminar en lotes con la instalación del sistema de drenaje subterráneo, muestra resultados muy positivos en la eliminación del problema de salinidad.
- 2a. En un período de 2 años, no hay diferencia apreciable en rendimiento en áreas con diferente esparcimiento entre líneas (25 y 60 m.).
- 3a. La rapidez del proceso de recuperación en estos suelos son separaciones entre líneas menores a las teóricamente señaladas en la literatura existente en el Valle de Texas, confirma las proposiciones contenidas en el Proyecto de Rehabilitación, en el que se marcan separaciones entre 65 y 80 m.
- 4a. La conclusión señalada anteriormente, es lo suficientemente válida considerando el tipo de suelo (alto contenido de arcilla) en el que se desarrolla este tipo de trabajo.
- 5a. El establecimiento del sistema de drenaje en un suelo similar y a una separación mayor (65 y 80 m.), requerirá de la aplicación de prácticas de manejo adicionales para acelerar el proceso de mejoramiento, como lo es la ejecución de labores de subsoleo y aplicación de láminas de lavados más frecuentes.
- 6a. Realización de los estudios necesarios para determinar separaciones óptimas desde el punto de vista económico, considerando ampliaciones en el promeso de recuperación hasta de 2 años; ya que el costo actual de la instalación de este sistema de drenaje es muy elevado.



## EL USO Y MANEJO DEL SUELO EN EL VALLE DEL FUERTE SINALOA +

Acosta Sánchez, R.\*

### RESUMEN

Se realizó un experimento sobre labranza para el cultivo doble trigo-soya, en área de dos hectáreas en terrenos pesados del Campo Agrícola del Valle del Fuerte. Se probaron tres tratamientos de labranza; (1) el sistema convencional, que previo a la siembra de trigo involucra un barbecho, dos pasos de rastra y paso de tablón; (2) el tratamiento con subsoleo, operación que sustituye al barbecho del tratamiento anterior y (3) la labranza mínima que involucró un paso ligero de rastra previa a la siembra. Estos tratamientos se realizaron previos a la siembra del trigo en el invierno. Antes de la siembra de soya, en el ciclo verano, se pusieron tratamientos de fertilización y de incorporación de la paja de trigo. No se apreciaron diferencias en rendimientos de trigo en el primer año de trabajo, y sí se encontró una diferencia de casi 0.5 ton/ha en el cultivo de soya, a favor del tratamiento de labranza mínima.

### ABSTRACT

An experiment on tillage was started in the winter season of 1979 on a heavy soil in the Experiment Station Valle del Fuerte. The experiment involves the double cropping wheat (winter)-soybeans (summer). Three tillage treatments were tested, (1) the conventional system involving a disk plowing, two runs of a disk harrow and a log dragging operation, (2) subsoiling plus two runs of the disk harrow and a log dragging operation, (3) minimum tillage that involved a run of the disk harrow previous to planting. These tillage treatments were applied prior to wheat planting in the winter season. Before planting soybeans in the summer, some additional treatments involving plowing under wheat stubber and a fertilizer application, were assigned to the small plots in a split plot design. No wheat yield differences were found in the first year in response to the tillage treatments. Soybeans treated with minimum tillage yielded about 0.5 ton/h more than when treated with the other tillage systems.

### Introducción

En una agricultura comercial, como es la que predomina en las áreas bajo riego, el riesgo en la producción es muy bajo, debido a que se cuenta tanto con capital como con insumos disponibles y oportunos. Las limitantes en la producción están dadas por la presencia de factores como: ambientales, edáficos, tecnológicos y de manejo, para lo cual deben establecerse líneas de acción en política de producción, a fin de resolver los problemas que resulten más apremiantes y que limiten sustancialmente la producción agrícola.

En el Valle del Fuerte considerada como una zona de alto nivel tecnológico, se presentan serios problemas que van en detrimento de la producción. Uno de ellos es la variación de la disponibilidad de agua para riego en las presas de almacenamiento, la creciente disminución de producción debido a problemas de salinidad (60,000 has presentan diferentes grados de salinidad), el rentismo parcelario y por último el uso y manejo del suelo. En este renglón cada día que pasa se observa que el suelo se vuelve más depen-

diente para producir del uso de productos químicos como son los fertilizantes. Por otro lado, el uso excesivo del suelo, permite el laboreo en exceso ocasionando empobrecimiento del mismo por la compactación, originándose problemas colaterales como el encharcamiento, etc.

Las rotaciones de cultivos no tienden a esquemas científicos, la quema de esquilmos es frecuente, lo que redundo en el empobrecimiento constante de la fertilidad natural del suelo, ya que los niveles de materia orgánica son muy bajos.

El Campo Agrícola Experimental Valle del Fuerte, conciente de la necesidad de mejorar las condiciones de producción de los suelos, inició un estudio a través del programa de suelos-fertilidad, sobre el manejo de suelos, considerando dos tópicos: a) la incorporación de residuos en la rotación trigo-soya y b) métodos de labranza en la rotación trigo-soya. Ya se cuenta con el segundo ciclo de soya y la información, a pesar de ser preliminar, ya resulta ilustrativa.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D. F. 1982.

\* Maestro en Ciencias. Encargado del Programa Suelos-Fertilidad. Campo Agrícola Experimental Valle del Fuente CIAPAN (INIA) SARH.



## Revisión de Literatura

### Incorporación de residuos

Sin duda alguna que uno de los temas más discutidos ha sido la materia orgánica del suelo y todos estarán de acuerdo en que mantener niveles adecuados en el suelo es de suma importancia para lograr mejores cosechas. Los mismos agricultores regionales están concientes de lo anterior, pero prefieren realizar la quema de esquilmos argumentando que eso favorece una más rápida preparación del suelo, y que el dejar las pajas de los cultivos hace que haya mayor incidencia de gusano trozador en sus cultivos.

El decaimiento de la fertilidad original de un suelo, después de abierto al cultivo, se debe fundamentalmente al rompimiento brusco que se realiza en la suspensión de la adición de materia orgánica, derivada de residuos vegetales y la exposición del suelo a un proceso de intemperización más acelerado, así como a la ausencia de prácticas de conservación. Se sabe que un suelo se considera fértil, cuando el contenido de materia orgánica sobrepasa el 5% del peso del suelo.

Actualmente el 85% o más de los suelos dedicados a la agricultura en el país, padecen deficiencias serias de materia orgánica, siendo frecuentes los casos en los que el contenido de materia orgánica es inferior al 0.5%. Los fertilizantes químicos no contribuyen a la conservación del suelo, sólo sirven por su cualidad nutritiva.

Dentro de los factores que contribuyen a la fertilidad del suelo según Waksman, ninguno ocupa un lugar más prominente que la materia orgánica, ya que según este autor cuenta con un efecto cuádruple en el suelo:

a) sirve como almacenamiento de nutrientes para las plantas, b) tiene importantes efectos físicos en el suelo, mejora su estructura, etc., c) se promueven algunos efectos químicos en los constituyentes del suelo, ya que se transforman algunos nutrientes en formas más asimilables, y d) permite mantener un balance adecuado en la biología del suelo, haciendo en general un medio más favorable para la producción de plantas.

El uso de abonos orgánicos (estiércoles, compostas, abonos verdes) como mejoradores del suelo, está ampliamente discutido y se sabe que mejoran la calidad productiva del suelo, ya que con un cultivo intenso del suelo, como se realiza en el Noreste del país, se va perdiendo la materia orgánica mucho más rápido de lo que es restituida, empobreciéndose el suelo y generando en forma adicional problemas de endurecimiento, lo cual provoca encharcamientos y problemas en el desarrollo radicular, amén de la disminución en el almacenamiento de agua. De los abonos orgánicos, el uso combinado de residuos de cosechas y estiércoles, debe ser una práctica necesaria. El uso de abonos verdes según Ortiz Villanueva, es una práctica muy buena. Según el citado autor, las leguminosas usadas como abono se refiere este autor a las leguminosas.

Según el citado autor las leguminosas usadas como abono verde se pueden sembrar de 2 formas: como cultivo ex-

clusivo y asociado con uno de cosecha comercial en una adecuada rotación de cultivos, lo más sobresaliente es sembrar los abonos verdes en períodos libres entre cultivos. Méndes en Brasil realizó un estudio usando una leguminosa como abono verde y obtuvo un aumento en 20% de la producción de maíz.

Viera también en Brasil, encontró datos similares, allí los incrementos fueron de 24, 31 y 35% en la producción de maíz.

En México muchos autores han trabajado al respecto, y los resultados obtenidos indican que en el Valle de México la Veza es el mejor abono durante el invierno; en el Bajío el Trebol Hubam. Para el área de Veracruz la *Canavalia ensiformis* ha dado buenos resultados. En el área del noroeste la *Sesbania* se ha usado con buenos resultados.

Laird y colaboradores, han realizado trabajos con leguminosas incorporándolas como abonos verdes, encontrando siempre diferencias en favor del uso de leguminosas como mejoradores de la producción en comparación con abonos químicos.

En el Campo Agrícola Experimental Valle del Fuerte, una de las líneas de acción del programa de suelos-fertilidad, es el estudio de la incorporación de residuos orgánicos en la rotación trigo-soya. Conjuntamente se está manejando el suelo con diferentes sistemas de labranza en la misma rotación.

### Los sistemas de labranza

Los agricultores en general realizan acciones con la idea de modificar las condiciones físicas y químicas del suelo, para hacer un ambiente más favorable al crecimiento de los cultivos.

Frecuentemente los suelos se muestrean para conocer rutinariamente la disponibilidad de N, P, K y micronutrientes, con la intención de adicionar los faltantes en las dosis que promuevan un medio de crecimiento adecuado a las plantas en cultivo. En cambio, en lo que concierne al medio ambiente físico del suelo, aunque se analiza también en forma rutinaria, no se dan recomendaciones para modificarlo y/o mejorarlo, el mayor problema con el que se tropieza es saber cuantificar "in situ" las propiedades físicas que están relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Uno de los métodos que favorecen o influyen en las condiciones físicas del suelo es el laboreo. Según Cassel y colaboradores, las condiciones del suelo varían según la posición, profundidad y sistema de labranza empleado en preparar el suelo para la siembra de plantas.

Estos mismos autores en un trabajo realizado en suelos arenos-limosos de Norfolk, encontraron que había diferencias estadísticas en la penetración radicular de la soya según el sistema de labranza usado, hubo mayor impedimento en el tratamiento de labranza común o normal, que en donde hubo subsuelo o sólo piqueo o cinceleo, acarreo,



consigo que se modificara el contenido de humedad, especialmente a medida que se aumentaba la profundidad de labranza.

El petróleo (fuente energética predominante en los sistemas de tracción, usados en la agricultura comercial), es un recurso no renovable, cuyas reservas comprobadas son limitadas, por otra parte, el uso de energía atómica para los menesteres agrícolas es muy incierta. Por otro lado, fuentes de energía como la solar, eólica, geotérmica, etc., en un futuro inmediato no están garantizadas.

Por lo tanto a la humanidad se le avisan tiempos difíciles, si no sabemos enfrentar y sortear las vicisitudes que nos plantea la producción agrícola con los medios a nuestro alcance, o si no somos lo suficientemente capaces para inventar y desarrollar sustitutos más eficaces que los que actualmente tenemos. Mientras esto no ocurre, la producción agrícola (sujeta al consumo de petróleo), irá siendo más cara año tras año, lo que provocará aumentos en los costos de la vida.

Es necesario tomar medidas con la tendencia de ampliar nuestra capacidad productora, especialmente en la rama de alimentos básicos, procurando generar más productos a precios más accesibles, procurando en lo posible usar en forma racional el recurso del petróleo.

Recientemente podría decirse en los últimos 15 años, ha habido un incremento en el uso de cultivos sin labranza y/o mínima labranza. Datos publicados durante 1978 y 1979 en los Estados Unidos de Norteamérica, indican que se sembraron 3,092,730 hectáreas sin labranza y 28,983,820 con labranza mínima. Indicios de que se puede usar en menor proporción la maquinaria, lo que se traduce en ahorros, tanto por la disminución de los costos de producción como por el uso del petróleo.

El uso de labranza mínima ha provocado controversias, pero los estudios realizados indican que las pérdidas de suelo por erosión se reducen, porque hay mejor retención de la humedad del suelo y de los herbicidas. Los resultados obtenidos dejan en claro que, a pesar de las diferencias estacionales que ocurren año con año, las cantidades de agua, suelo, herbicidas, colectados en escurrimientos superficiales como índices del efecto de la labranza, demostraron que el sistema de labranza fue efectivo para evitar pérdidas especialmente de agua, nutrimentos, suelos y herbicidas. El que provocó los mejores resultados fue el sistema de mínima labranza.

Las prácticas de labranza afectan entre otras cosas la aereación del suelo y la densidad del mismo, por lo que afecta también la morfología del sistema radicular, que es responsable de la asimilación de nutrimentos y si hay restricciones en su desarrollo las habrá en el crecimiento y producción de plantas.

Algunos investigadores han demostrado que cuando se aumenta la densidad aparente del suelo (por efectos de compactación, uso excesivo de labores agrícolas) se reduce el crecimiento radicular.

Existe copiosa información sobre las ventajas que reporta el uso de la labranza reducida. Entre muchas otras, puede decirse que facilita las rotaciones oportunas, —reduce el tiempo de preparación entre un suelo y otro—, disminuye el consumo de combustibles, aumenta la ganancia económica, reduce las pérdidas de suelo, permite que se conserven más residuos orgánicos en el suelo, etc.

Pensando en estas ventajas, el Programa de Suelos y Fertilidad del Campo Agrícola Experimental del Valle del Fuerte, implantó un estudio en el cual se desea demostrar, a través del uso de mínima labranza asociado con buenas rotaciones de cultivos, que se puede optimizar el uso del suelo en la región en beneficio de los agricultores regionales, promoviendo incrementos en su productividad.

### Materiales y Métodos

#### La ubicación del área de trabajo

El Campo Agrícola Experimental del Valle del Fuerte, está localizado en el Noroeste de la República Mexicana dentro del Estado de Sinaloa, cuyas coordenadas geográficas son 25°47' latitud Norte y 108°50' longitud Oeste, la altura sobre el nivel del mar es de 15 metros.

La región y el área de trabajo cuentan con un clima seco, con primavera seca, cálido con invierno benigno y con precipitación pluvial escasa, la que ocurre en julio, agosto y septiembre, también algo más en diciembre y enero, el promedio anual es de 350 mm.

Los suelos son en general planos y profundos con cierta pendiente al mar, predominan 2 tipos de suelos, los que son producto de acarreo aluvial, conocidos como suelos de textura gruesa o de migajón, nombrados en forma regional como suelos de aluvión, los cuales en su mayoría conforman las márgenes de los Ríos Fuerte y Sinaloa. El segundo tipo está formado por suelos de textura fina, suelos arcillosos o denominados de barrial, en el área estos suelos están ubicados entre los dos ríos antes mencionados y conforman el área bajo estudio o donde se realizó el trabajo de mínima labranza, la cual consistió en una ligera escarificación, con un paso de rastra superficial para poder realizar la siembra, la fertilización se hizo procurando que el fertilizante quedara sobre superficie.

Adicional a estos tratamientos de labranza, se probaron 3 niveles de fertilización nitrogenada 120, 160, y 200 kg/ha todos duplicados usando como fuente la urea. Realizados los riegos y labores de control de plagas, malas hierbas, etc., se cosechó, para luego revivir el surco y sembrar soya sin ninguna preparación del suelo, esto quiere decir que en el otoño sí hay labores de preparación del suelo y en verano no. La otra hectárea se usó para incorporar residuos en el mismo sistema de rotación trigo-soya.

Después de cosechado el frijol, se extendieron en el terreno 40 toneladas de bagazo de caña (producto que es abundante en la región) y se incorporaron con un barbecho y 2 pasos de rastra, se sembró soya al igual que en la otra hectárea. Cosechando éste, la paja del cultivo se incorporó y se



subdividió en 4 partes en las que se probaron distintas fuentes de nitrógeno, urea, agua amoníaca, sulfato de amonio y un testigo, adicionándose un inhibidor de la nitrificación como es el N-Serve 24 E. Antes de seleccionar el sitio experimental (2 hectáreas), éste fue sembrado con frijol en el ciclo invierno 79-80.

Al iniciar las actividades se seleccionó una hectárea que se destinaría al manejo de sistemas de labranza, procurando que durante las siembras de verano (rotación trigo-soya), no se realizaran trabajos de preparación del suelo, sólo se revivió el surco del cultivo anterior y se sembró en cambio. Durante el invierno para la siembra de trigo, se dividió el lote en 3 partes iguales, las que llevaron diferentes sistemas de preparación del suelo, labranza convencional, es decir, el procedimiento de preparación del suelo que normalmente realizan los agricultores en la región y consisten en:

- a) Barbecho
- b) 2 rastreos
- c) Tabloneo
- d) Marca y fertilización, y
- e) Siembra

Subsuelo igual que el anterior, solo que el barbecho se sustituyó por subsuelo. Cada lote se cosecha en forma individual y la paja de trigo se incorporó mediante un barbecho y se utilizaron distintos tratamientos de fertilización 0-80, 160 y 240 kg de N/ha con 40 kg de P, con lo cual se pretendía promover una más rápida descomposición de la paja de población desde 15, 20 y hasta 25 plantas/m lineal.

Con la información obtenida hasta la fecha se puede detectar que el uso de abonos orgánicos y sistemas de labranza, pueden y deben llegar a adoptarse para un manejo del suelo que promueva el aumento de su productividad.

### Resultados y Discusión

#### Sistemas de labranza

- a) Cultivo de soya ciclo 1980-80

Los resultados obtenidos en este experimento se detallan en la continuación. Como se había sembrado una hectárea completa se hizo un muestreo para evaluar el rendimiento, tomando 12 puntos de observación de 100 m<sup>2</sup> c/u, es decir, el promedio es una observación procedente de una superficie de 1200 m<sup>2</sup> y aparece la información en el Cuadro 1.

Adicionalmente, en cada punto muestreado, se tomaron los siguientes datos de los que se presenta un promedio.

La altura fue de 45.08 cm, plantas cosechadas por hectárea 77346, peso de 20 plantas (grano en g) 871, número de vainas de 20 plantas 2248. Estas variables hablan de las características predominantes de la variedad Huites-77 y los rendimientos obtenidos en relación al promedio regional de 2 ton/ha es halagador y presenta perspectivas adecuadas.

Cuadro 1. Resultados de la evaluación del rendimiento en el experimento de mínima labranza

Punto de observación	Ton/ha rendimiento	Promedio ton/ha
1	3.75	
2	3.54	
3	3.88	
4	3.75	
5	3.36	
6	3.77	3.043
7	2.97	
8	2.93	
9	2.72	
10	3.09	
11	1.57	
12	1.19	

- b) Cultivo de trigo ciclo 80-81

Durante esa etapa pudo evaluarse ya el efecto de la mínima labranza con el de los otros sistemas de preparación del terreno, los resultados aparecen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rendimiento del cultivo de trigo sometido a diferentes sistemas de labranza

Sistemas de labranza	Rendimientos ton/ha
Mínima labranza	3.173
Labranza convencional	3.348
Subsuelo	3.343

En cada uno de los sistemas de labranza se estudiaron dosis de nitrógeno cuyos resultados aparecen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Rendimientos promedio en el cultivo de trigo según la dosis de nitrógeno empleado

Dosis de nitrógeno	Rendimiento de trigo ton/ha
120 kg/ha	3.027
160 kg/ha	3.394
200 kg/ha	3.443

Comparativamente se pudo observar que hay una diferencia de 438 kg a favor del sistema de mínima labranza, los resultados aquí reportados son el promedio de 12 puntos de observación de 100 m<sup>2</sup> c/u, otras observaciones fueron: altura de plantas 31 cm en promedio, plantas cosechadas por puño 692, vainas en 20 plantas 2366 y peso de grano de 20 plantas 985 g.

- b) Cultivo de trigo ciclo agrícola 80-81

En este ciclo se dividió el lote en 4 partes para cuantificar el efecto de distintas fuentes de nitrógeno con aplicación de N-Serve 24E, los resultados de este trabajo aparecen en el Cuadro 5.



Cuadro 4. Resultados obtenidos en la evaluación del cultivo de soya realizado en el lote de incorporación de residuos

Punto de observación	Ton/ha rendimiento
1	1.880
2	3.140
3	2.470
4	3.170
5	3.000
6	2.400
7	3.070
8	2.780
9	1.890
10	3.000
11	2.640
12	1.820

Cuadro 5. Rendimiento de trigo con diferentes fuentes de N y un inhibidor de la nitrificación (N-Serve 24E.)

Tratamiento*	Rendimiento ton/ha
1) Agua Amonia	
20.5% N+N-Serve 24E	3.853
2) Urea + N-Serve 24E	3.804
3) Sulfato de Amonio + N-Serve 24E	3.670
4) Testigo con N-Serve	2.886
5) Testigo sin N-Serve	2.869

\*El nivel de fertilización empleado fue 160 kg de N/ha.

Como puede observarse, en este cuadro no se manifiestan diferencias entre fuentes de N, ni efecto de N-Serve sobre la producción de trigo. Adicionalmente se hicieron algunas mediciones que se enumeran a continuación:

- A) Número de plantas/m<sup>2</sup>
- B) Número de espigas

Con este estudio quiso determinarse el efecto de residualidad de la aplicación de residuos y se detectó que, con el testigo absoluto, los rendimientos estuvieron cercanos al promedio obtenido en la localidad 3.0 ton/ha.

#### Conclusiones y Recomendaciones

Es difícil por ahora aventurar alguna recomendación debido a que los resultados son el producto de un año de información, pero las conclusiones podemos resumirlas en dos.

Primera: la mínima labranza resulta ser un método de preparación del terreno que ahorra tiempo, energía y produce igual que cualquiera de los aquí empleados.

Segunda: la incorporación de residuos es una práctica que contribuye a un buen manejo del suelo y, potencialmente, puede servir para ahorrar el uso de fertilizantes.

#### Bibliografía

- Acosta, S. R. 1981. Marcos de referencia actualizados de los principales cultivares en el Distrito de Riego No. 75 por el personal de Investigación Aplicada del CAEVAF. SARH-INIA-CIAPAN-CAEVAF-CRF.
- Acosta, S. R. 1981. Informe de labores del programa de Suelos- Fertilidad 1980. SARH-INIA-CIAPAN-CAEVAF.
- Barber, S. A. 1971. Effect of tillage practice on Corn (*Zea mays* L.) root distribution and morphology. *Agrom. J.* 63: 724-726.
- Blevins, R. L., D. Cook, S. H. Phillips and R. E. Phillips. 1971. Influence of no tillage on soil moisture. *Agro. J.* 63: 593-596.
- Cassel, D. F., H. D. Bowen and L. A. Nelson. 1978. An evaluation of mechanical impedance for three tillage treatments on Norfolk sandy loam. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 42: 116-120.
- Free, G. R. 1970. Minimum tillage for corn production. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull.* 1030.
- Hall, J. K; N. L. Hartwig and L. D. Hoffman. 1979. No till planting effective on checking erosion losses. *Science in Agriculture. Volume XXVI Number 4 the Pennsylvania State University.*
- Jones, J. N. Jr., J. E. Moody and J. H. Lillard. 1969. Effects of tillage, no tillage and mulch on soil, water and plant growth *Agron. J.* 61: 719-721.
- Méndes, C. T. Adubos verdes, 1968 SAIC Boletín de Agricultura Sao Paulo, Brasil.
- Núñez, E. R. y R. J. Laird. 1959. Conviene asociar leguminosas con el trigo. *Agricultura Técnica en México* 8: 5-6.
- Ortiz, V. B. 1977. Apuntes de fertilidad de suelos. Ediciones PATENAA. C. E.N.A. Abonamiento orgánico: abonos verdes, estiércol compost y subproductos de industrias. Pág. 173-193.
- Rodney, J. F. and D. Wesley. 1974. Corn yield as affected by fertilization and tillage system. *Agron. J.* 66: 70-71.
- Ruiz, M J. y R. J. Laird. 1961. Tres leguminosas tropicales para abono verde. *Agricultura Técnica en México.* 11: 14-15.
- Unger, P. W., and T. M. Mc Calla. 1980. Conservation tillage systems. *Advances in Agronomy.* Vol. 33 1-58.



## FERTILIZACION EN CHILE ANCHO *Capsicum annum* L. PARA LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE GUANAJUATO +

Díaz de León Tobías, J.G.\*  
Vázquez Navarro, G.\*\*

### RESUMEN

Durante el ciclo PV de 1980 se realizó un experimento para evaluar el efecto de cuatro dosis de N y P, dos de Zinc, dos oportunidades de fertilización y dos variedades de chile ancho, en un vertisol pélico en Celaya, Gto. Se usó un diseño de parcelas divididas en la que las dos variedades se asignaron a las parcelas grandes y los demás factores a las parcelas chicas. Se realizaron seis cortes y la cosecha se clasificó en tres categorías: primera, segunda y rezaga. Se encontró que el tratamiento asociado al mayor rendimiento fue el 110-30-0 y al mayor rendimiento comercial fue el 110-40-0. La aplicación de zinc se asoció con incremento en el rendimiento 0.55 ton/ha. La variedad Esmeralda produjo mayor cantidad de frutos de primavera produjo mayor cantidad de frutos de primavera que la línea 1020, sin embargo, el rendimiento total fue de 3.40 ton/ha para la línea 1020; en tanto que para la variedad Esmeralda fue de 2.19 ton/ha.

### ABSTRACT

A field experiment on pepper (Chile ancho) was conducted on a Pellic Vertisol in 1980 in order to evaluate the effect of N, P and Zn fertilizers, the timing of fertilizer application and two varieties, on the production of three categories of fruits. A split plot design replicated four times was used. The two genetic materials were assigned to the large plots and the fertilizer factors were assigned to the small plots in accordance to the Plan Puebla Experimental matrix. Treatment 110-40-0 was associated with the maximum economic gain. Zinc application was associated with a yield increment of 0.55 ton/ha. The Esmeralda variety yielded more fruits of prime quality than line 1020, but total yield was greater, 3.40 ton/ha for the latter than for the former, 2.19 ton/ha.

### Introducción

El cultivo del chile es de gran importancia dentro de la horticultura de México por su alta demanda en todos los sectores de la población; ésto lo ubica en segundo lugar de importancia en cuanto a hortalizas se refiere.

Los rendimientos medios de chile en el Estado de Guanajuato están por encima de los promedios nacionales; sin embargo, es factible incrementarlos, puesto que dentro de los factores de producción destaca uno de gran importancia que es la fertilización, que aplicada adecuadamente dará buenos resultados. Es una práctica muy generalizada entre los agricultores de la región, pero aplicada sin conocimiento de un tratamiento óptimo, lo que conduce en algunos casos a limitar el potencial del cultivo cuando se le añaden bajas dosis de fertilizantes, y en la mayoría de las veces, cantidades excesivas que aparte de aumentar los costos de producción se ocurre en el desperdicio de fertilizantes.

Este trabajo ubicado en Celaya, Gto. durante el ciclo primavera-verano de 1980, tuvo como objetivo: La determinación de la dosis óptima económica de fertilización N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para la producción de chile seco. Se incluyó un tratamiento con zinc para observar la respuesta del cultivo a este elemento. Se probaron dos épocas de aplicación de nitrógeno que consistieron en dividir el total en dos y tres partes iguales. Las variables anteriores se estudiaron en un cultivo compacto y precoz (Línea 1020) y otro de crecimiento normal (Esmeralda), con la finalidad de determinar si las recomendaciones de fertilización eran iguales para los dos materiales.

### Antecedentes

Los trabajos que preceden a éste, indican que el cultivo del chile responde favorablemente a las aplicaciones de nitrógeno y fósforo, no así a las de potasio. En cuanto al

+ Ponencia presentada en el XIV Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Ingeniero Agr. Investigador en el Campo Agrícola Experimental de El Bajío-INIA (SARH).

\*\* MVZ Investigador, Esc. de Agron. y Zoot. Universidad de Guanajuato.



zinc, la respuesta ha sido muy variable; si una vez incrementó el rendimiento en buena parte,<sup>2</sup> en otro año lo disminuyó.<sup>9</sup> Las dosis óptimas para nitrógeno se han localizado en los 120 y 150 kg/ha para los cultivares Esmeralda y Línea 1020, respectivamente;<sup>2</sup> en otro ensayo, la mejor dosis de nitrógeno fue de 180<sup>6</sup> y en lo referente a fósforo los valores óptimos fueron 90 y 111 kg/ha, respectivamente; esto fue para el Bajío. En el Norte del Estado de Guanajuato, la dosis óptima se encuentra alrededor de 100 kg/ha de nitrógeno y 60 kg/ha de fósforo.<sup>2</sup>

### Materiales y Métodos

El trabajo fue realizado durante el ciclo primavera-verano de 1980 en terrenos del Campo Agrícola Experimental de El Bajío-CIAB-INIA (SARH), que se localiza en el Municipio de Celaya, Guanajuato. Como fuentes nutritivas se utilizaron los siguientes fertilizantes; Urea 46% N, Superfosfato de calcio triple 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y sulfato de zinc monohidratado 36% Zn. El suelo donde se realizó este experimento es de tipo Vertisol pélico, y el análisis físico-químico indicó que es de textura arcillosa, no salino, ligeramente alcalino, medianamente pobre en materia orgánica, bajo en fósforo, mediano en nitrógeno y extremadamente rico en calcio, magnesio y potasio (Apéndice, Cuadro 2).

Se utilizaron los cultivares Esmeralda y Línea 1020; el primero por ser la variedad comercial más generalizada en la región, y el segundo, por ser una línea experimental con buenas características agronómicas, tales como: ser una planta compacta, precoz y de cosecha concentrada, por lo que pudiera responder en forma diferente a la fertilización.

Los almácigos se sembraron el 26 de Diciembre de 1980 y se trasplantaron el 13 de Marzo de 1981. La cosecha se inició el 23 de Julio, terminando con el sexto corte, el 18 de Septiembre de 1981. La distribución de tratamientos se hizo conforme a un arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. A la parcela grande se asignaron los cultivares y a la parcela chica los tratamientos de fertilización elegidos de acuerdo al diseño de tratamientos Plan Puebla I, para dos factores N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Cuadro 1).

Los espacios de exploración fueron de 40-250 kg/ha y de 0 a 120 kg/ha para N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

Se eligieron cuatro tratamientos adicionales a la matriz, donde uno de ellos incluyó la aplicación de zinc a razón de 20 kg/ha. En dos tratamientos se fraccionó el nitrógeno en tres partes iguales, y por último se añadió un testigo absoluto sin ningún tipo de fertilizante.

Las épocas de aplicación de nitrógeno fueron:

Epoca	Antes del trasplante	Al inicio de la floración	Al primer corte para verdeo
1	1/2	1/2	0
2	1/3	1/3	1/3

La unidad experimental estuvo formada por cuatro surcos separados a 1.20 m con longitud de 6 m, dando un área total de 28.8 m<sup>2</sup>. La parcela útil se redujo a los dos surcos centrales, con una longitud de 5 m, por lo que el área útil

fueron 12 m<sup>2</sup>. La distancia entre matas fue de 0.30 m, dejando en el cultivar Esmeralda dos plantas/mata a una hilera en el centro del surco, y para la Línea 1020 una planta por mata a doble hilera y arregladas en tresbolillo. El terreno donde se ubicó el trabajo, en su ciclo anterior estuvo ocupado por trigo sin fertilizar.

### Resultados y Discusión

#### Categorías y análisis Realizados

En total se efectuaron seis cortes al cultivo con fines de secado. La cosecha se clasificó en: primera, segunda y rezaga. Las variables analizadas fueron número y peso de: primera, segunda, rezaga, rendimiento comercial, primera + segunda y rendimiento total, primera + segunda + rezaga.

Se hicieron análisis de varianza para todas las variables y para cada una de las siguientes etapas: 1a. (cortes uno y dos), 2a. (cortes tres y cuatro), 3a. (cortes cinco y seis), y total (cortes 1 al 6). Se calcularon los porcentajes que aportaron los tratamientos de fertilización en las distintas etapas y en cada categoría de fruto previamente establecida, resultando que dichos porcentajes fueron aproximadamente los mismos, por lo que, para fines prácticos, se puede decir que la fertilización no influyó en la calidad de los frutos ni en la distribución de cosecha.

#### Efecto de Nitrógeno y Fósforo

Al realizar la prueba de efectos factoriales (Apéndice, Cuadro 3) se observó un efecto significativo y negativo para nitrógeno, puesto que al pasar del nivel 110 kg/ha al de 180 kg/ha, se reduce el rendimiento. Al buscar respuesta en las aristas se encontró significancia sólo al 10% en la proolngación a su nivel menor de 40 kg/ha. El efecto del fósforo fue menos marcado, puesto que al pasar de su nivel 40 al de 80 kg/ha no mostró significancia, aunque abatió el rendimiento.

#### Dosis Óptima Económica

Con los rendimientos de cada tratamiento se procedió a realizar un análisis económico (Apéndice, Cuadro 4), donde se localizaron los ingresos netos de cada uno de ellos, y aquel que tuvo los más altos ingresos (110-40-00) se le asoció al tratamiento óptimo económico de capital ilimitado, siendo este mismo tratamiento el que definió la curva donde se calculó gráficamente la dosis óptima económica de capital ilimitado.

Los precios unitarios que se utilizaron en el análisis económico fueron: \$7.90/kg N (Urea 46%), \$9.26/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato de calcio triple 46%), \$27.80/kg Zn (sulfato de zinc monohidratado 36%), y \$50.00 valor estimado de venta de 1 kg de chile ancho seco en su rendimiento comercial (1a. + 2a.). Es interesante tomar en cuenta estos precios, puesto que en fechas futuras este análisis económico puede tener variaciones, ya que no necesariamente se mantendrá constante la proporción de incremento de precios.



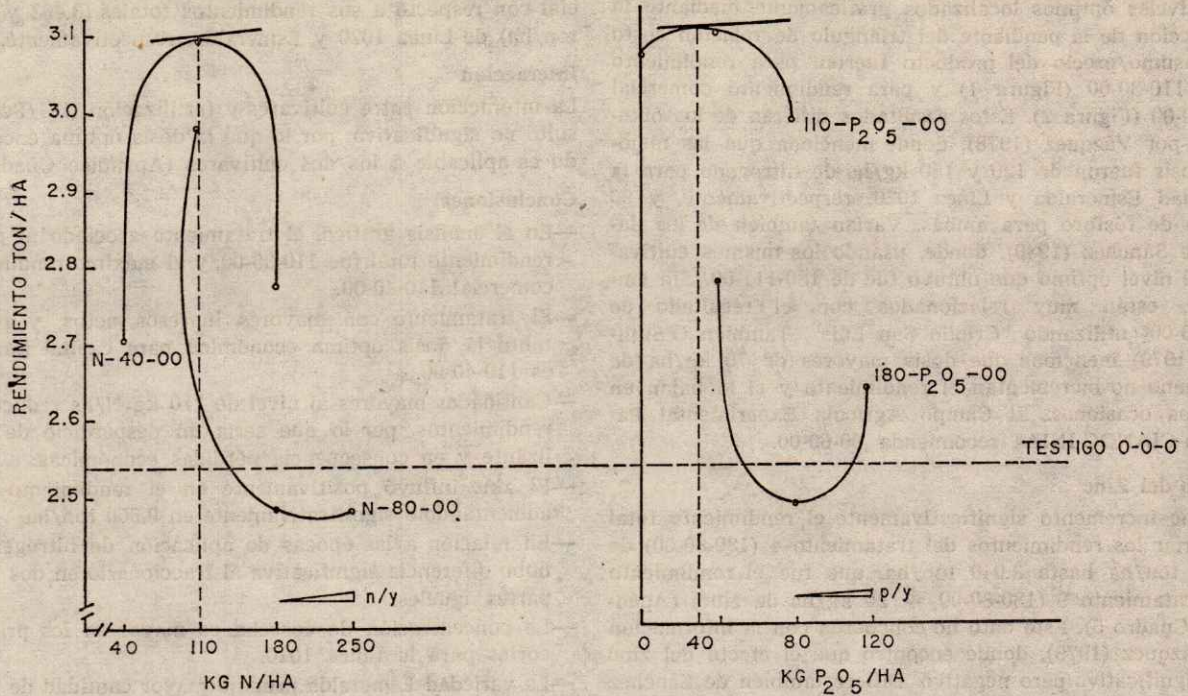


FIGURA 1 EFECTO DEL N Y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> SOBRE EL RENDIMIENTO TOTAL DE CHILE SECO EN 1980 (R). CAEB-INIA-SARH.

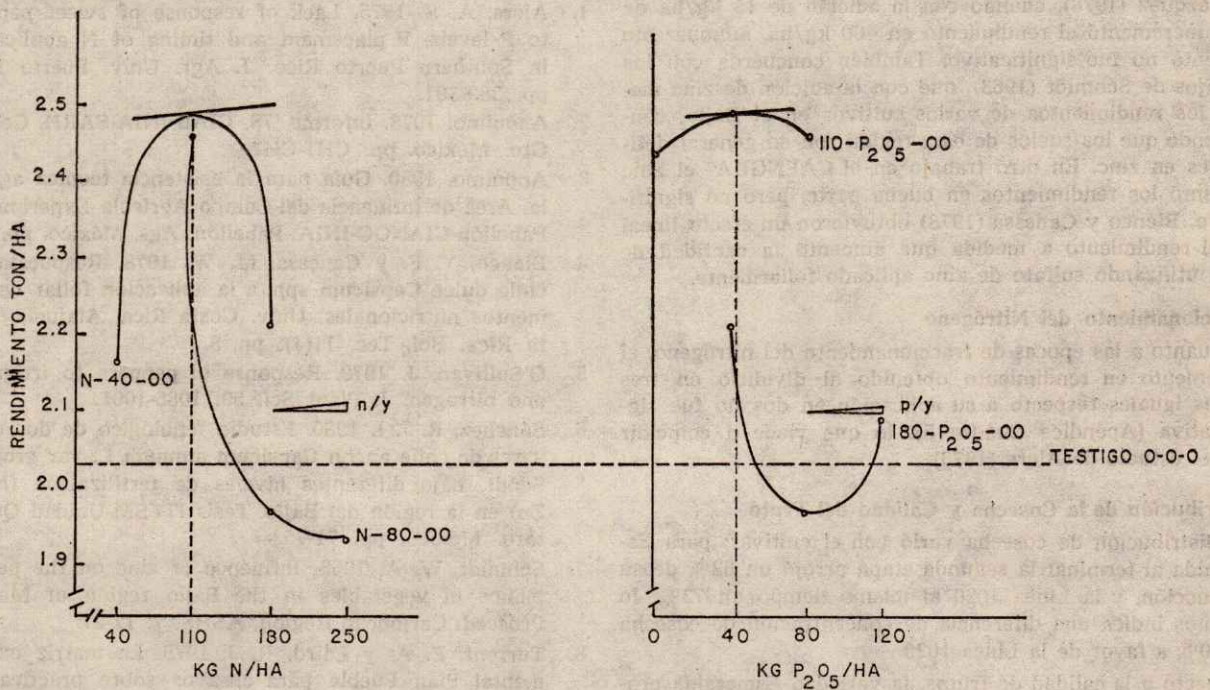


FIGURA 2 EFECTO DEL N Y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> SOBRE EL RENDIMIENTO COMERCIAL DE CHILE SECO EN EL CAEB 1980 (R). CAEB-CIAB-INIA-SARH.



Los niveles óptimos localizados gráficamente mediante la proyección de la pendiente del triángulo de relación costo del insumo/precio del producto fueron: para rendimiento total 110-30-00 (Figura 1) y para rendimiento comercial 110-40-00 (Figura 2). Estos resultados difieren de los obtenidos por Vázquez (1978), donde menciona que las mejores dosis fueron de 120 y 150 kg/ha de nitrógeno para la variedad Esmeralda y Línea 1020, respectivamente, y 90 kg/ha de fósforo para ambas. Varían también de los datos de Sánchez (1980), donde, usando los mismos cultivares, el nivel óptimo que obtuvo fue de 180-111-00. Sin embargo, están muy relacionados con el resultado de 100-60-00<sup>2</sup> utilizando "Criollo San Luis". También O'Sullivan (1979) menciona que dosis mayores de 70 kg/ha de nitrógeno no incrementan el rendimiento y si lo bajan en algunas ocasiones. El Campo Agrícola Experimental Pabellón-CIANOC-INIA<sup>3</sup> recomienda 80-60-00.

#### Efecto del Zinc

El zinc incrementó significativamente el rendimiento total al variar los rendimientos del tratamiento 4 (180-80-00) de 2.490 ton/ha hasta 3.040 ton/ha, que fue el rendimiento del tratamiento 9 (180-80-00 + 20 kg/ha de zinc) (Apéndice, Cuadro 5). Este dato no concuerda con la información de Vázquez (1979), donde encontró que el efecto del zinc fue significativo pero negativo. Difiere también de Sánchez (1980) donde no encontró efecto alguno con la aplicación de zinc. Así como en un ensayo ubicado en San Diego de la Unión, Gto.,<sup>2</sup> donde el zinc bajó los rendimientos.

El resultado positivo del zinc va de acuerdo con los datos de Vázquez (1978), cuando con la adición de 15 kg/ha de zinc, incrementó el rendimiento en 400 kg/ha, aunque este aumento no fue significativo. También concuerda con los trabajos de Schmidt (1963), que con la adición de zinc mejoró los rendimientos de varios cultivos en el Bajío, concluyendo que los suelos de esta región son en general deficientes en zinc. En otro trabajo en el CAENGUA<sup>2</sup> el zinc aumentó los rendimientos en buena parte, pero no significativo. Blanco y Canessa (1978) obtuvieron un efecto lineal en el rendimiento a medida que aumentó la cantidad de zinc, utilizando sulfato de zinc aplicado foliarmente.

#### Fraccionamiento del Nitrógeno

En cuanto a las épocas de fraccionamiento del nitrógeno, el incremento en rendimiento obtenido al dividirlo en tres partes iguales respecto a su aplicación en dos no fue significativa (Apéndice Cuadro 5), lo que viene a coincidir con el estudio de Alers (1975).

#### Distribución de la Cosecha y Calidad del Fruto

La distribución de cosecha varió con el cultivar; para Esmeralda al terminar la segunda etapa arrojó un 52% de su producción, y la Línea 1020 al mismo tiempo un 72%, lo que nos indica una diferencia de concentración de cosecha de 20% a favor de la Línea 1020.

Respecto a la calidad de frutos, la variedad Esmeralda produjo 31% de primeras y 48% de segundas, y la Línea 1020 17% y 62%, respectivamente, o sea que la variedad Esmeralda produce un porcentaje de primeras más alto, aunque tienen la misma proporción (79%) de rendimiento comer-

cial con respecto a sus rendimientos totales (3.403 y 2.195 ton/ha) de Línea 1020 y Esmeralda, respectivamente.

#### Interacción

La interacción entre cultivares y fertilización (PG/Pch) resultó no significativa, por lo que la dosis óptima encontrado es aplicable a los dos cultivares (Apéndice Cuadro 6).

#### Conclusiones

- En el análisis gráfico, el tratamiento asociado al mayor rendimiento total fue 110-30-00, y al máximo rendimiento comercial 110-40-00.
- El tratamiento con mayores ingresos netos, y por lo tanto la dosis óptima económica para capital ilimitado es 110-40-00.
- Cantidades mayores al nivel de 110 kg N/ha reducen los rendimientos, por lo que sería un desperdicio de fertilizante y en consecuencia pérdidas económicas.
- El zinc influyó positivamente en el rendimiento total, aumentándolo significativamente en 0.550 ton/ha.
- En relación a las épocas de aplicación de nitrógeno no hubo diferencia significativa al fraccionarlo en dos o tres partes iguales.
- La concentración de cosecha es mayor en los primeros cortes para la Línea 1020.
- La variedad Esmeralda produjo mayor cantidad de frutos de primera que la Línea 1020; sin embargo, esta última tiene un potencial de rendimiento total (3.403 ton/ha) mayor que aquella (2.195 ton/ha).

#### Literatura Revisada

1. Alers, A. S. 1975. Lack of response of sweet peppers to P levels, P placement and timing of N application in Southern Puerto Rico. *J. Agr. Univ. Puerto Rico*, pp. 389-391.
2. Anónimo. 1978. Informe '78. CIAB-INIA-SARH. Celaya, Gto. México. pp. CH1-CH7.
3. Anónimo. 1980. Guía para la asistencia técnica agrícola. Area de influencia del Campo Agrícola Experimental Pabellón-CIANOC-INIA. Pabellón, Ags. México. pp. 110.
4. Blanco, V. F. y Canessa, M. W. 1978. Respuesta del chile dulce *Capsicum* spp. a la aplicación foliar de elementos nutricionales. *Univ. Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. Bol. Tec.* 11(4): pp. 8.
5. O'Sullivan, J. 1979. Response of peppers to irrigation and nitrogen. *J. Plant Sci.* 59: 1085-1091.
6. Sánchez, R. J. I. 1980. Estudio fenológico de dos cultivares de chile ancho *Capsicum annuum* L. var *grossum* Sendt. bajo diferentes niveles de fertilización (N, P, Zn) en la región del Bajío. Tesis ITESM-Unidad Querétaro. México. pp. 71-75.
7. Schmidt, W. A. 1963. Influence of zinc on the performance of vegetables in the Bajío región of Mexico. *Proceed. Caribbean Region, ASHS.* 7: 17-27.
8. Turrent, F. A. y Laird, R. J. 1975. La matriz experimental Plan Puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. *Agrociencia* No. 19. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 117-143.
9. Vázquez, N. G. 1979. Informe de actividades del Programa de Suelos del CAEB-CIAB-INIA-SARH. México.



Cuadro 1. Tratamientos de parcela chica

No.	Kg/Ha			Epoca
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Zn	
1	110	40	0	1 <sup>1</sup>
2	110	80	0	1
3	180	40	0	1
4	180	80	0	1
5	40	40	0	1
6	250	80	0	1
7	110	0	0	1
8	180	120	0	1
9	180	80	20	1 <sup>2</sup>
10	0	0	0	— <sup>3</sup>
11	180	80	0	2 <sup>4</sup>
12	250	80	0	2

<sup>1</sup>Tratamientos de la matriz<sup>2</sup>Tratamiento para observar efecto del zinc<sup>3</sup>Testigo absoluto<sup>4</sup>Tratamientos para determinar efecto de las épocas de aplicación del nitrógeno.

Cuadro 2. Análisis físico-químico del suelo del experimento.\*

Concepto	Profundidad (cm)	
	0-30	30-60
pH (1:2)	7.5	7.7
% Arena	13.12	13.12
% Limo	20	16
% Arcilla	66.88	70.88
Textura	Arcilla	Arcilla
% Materia orgánica	1.65	1.32
Nitrógeno total (%)	0.121	0.100
Fósforo (ppm)	3.22	2.25
Potasio (ppm)	544	511
Magnesio (ppm)	510	435
Calcio (ppm)	16554	16554
% Saturación	87.51	92.28
pH Sat.	7.7	8.3
C.E. Sat (mmhos/cm)	1.872	1.040

\* Realizado por el Laboratorio de Suelos del CAEB-CIAB-INIA-SARH.

Cuadro 3. Análisis de efectos factoriales según el método de Yates para los tratamientos de fertilización en Chile seco.

Tratamiento	Codificación	Rendimientos			EFM
		Totales	I	II	
110-40-00	I	24.816	48.720	90.860	2.839
110-80-00	P	23.904	42.140	-3.22	-0.201 NS
180-40-00	N	22.224	-0.912	-6.580	-0.411 **
180-80-00	NP	19.916	-2.308	-1.386	-0.086 NS

EMS .01 = 0.408

Cuadro 4. Análisis económico de los Tratamientos de fertilización basados en sus rendimientos comerciales de Chile seco.

Tratamiento kg/ha				Rendimiento ton/ha	Beneficio bruto (\$)	Costos variables (\$)	Ingreso neto + costo fijo (\$)	Taza de retorno
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Zn	Epoca					
110	40	0	1	2.491	124,550	1,329.4	123,220.6	1.21*
110	80	0	1	2.456	122,800	1,699.8	121,100.2	1.19
180	40	0	1	2.207	110,350	1,882.4	108,467.6	1.06
180	80	0	1	1.967	98,350	2,252.8	96,097.2	0.94
40	40	0	1	2.167	108,350	776.4	107,573.6	1.05
250	80	0	1	1.929	96,450	2,805.8	93,644.2	0.92
110	0	0	1	2.426	121,300	959.0	120,341.0	1.18
180	120	0	1	2.090	104,500	2,623.2	101,876.8	1.00
180	80	20	1	2.299	114,950	2,808.8	112,141.2	1.10
0	0	0	—	2.031	101,550	—	101,550.0	—
180	80	0	2	2.296	114,800	2,297.8	112,502.2	1.10
250	80	0	2	2.181	109,050	2,850.8	106,199.2	1.04

1 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = \$ 9.26

1 kg de N = \$ 7.90

1 kg de Zn = \$27.80

1 kg de Chile = \$50.00

Aplicar un tratamiento en dos partes = \$ 90.00/ha.

Aplicar un tratamiento en tres partes = \$135.00/ha.

\* Tratamiento de mayor tasa de retorno.



Cuadro 5. Rendimiento total de chile seco, prueba de rango múltiple de Duncan.

Tratamiento	Medias ton/ha	Grupos
110-40-00	3.102	A
110-00-00	3.076	A
180-80-00 <sup>1</sup>	3.040	B A
110-80-00	2.988	B A C
180-80-02 <sup>2</sup>	2.909	B A C
250-80-00 <sup>2</sup>	2.836	B A C
180-40-00	2.778	B A C
40-40-00	2.706	B A C
180-120-00	2.634	B A C
00-00-00	2.535	B C
180-80-00	2.490	C
250-80-00	2.487	C

<sup>1</sup> Más de 20 kg/ha de zinc.

<sup>2</sup> Aplicación de nitrógeno en tres partes.

\* Los tratamientos marcados con la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí.

Cuadro 6. Análisis de varianza para rendimiento total de chile seco.

F V	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Cal.	
REP	3	0.556	0.185	0.097	NS
PG	1	35.018	35.018	18.518	**
Ea	3	5.673	1.891		
Pch	11	4.595	0.418	2.08	*
PG-Pch	11	2.174	0.197	0.98	NS
Eb	66	13.272	0.201		
Total	95	61.291			

Desviación estándar = 0.448 ton/ha

Media general = 2.799 ton/ha

R<sup>2</sup> = 0.78

CV = 16.02%

\* Significancia 5%

\*\* Significancia 1%

NS No significativo



## EFFECTOS DE LA ALTERNANCIA DE PRODUCCION Y DE LA FERTILIZACION EN EL CONTENIDO DE MINERALES EN LAS HOJAS DE MANZANO +

Sadowski, A.\*  
Kepka, M.\*

### RESUMEN

En el año de 1965 se estableció un experimento con fertilización nitrogenada y potásica en un huerto de manzano de 14 años de edad situado en Lyezyn, Polonia Central, para estudiar el efecto de esta fertilización y el fenómeno de la alternancia del cultivar "Yellow Transparente" sobre el estatus nutricional del árbol. Los niveles de nitrógeno y potasio fueron: 40, 140 y 240 kg/ha y 50, 175 y 300 kg/ha, respectivamente. Fueron probados diez tratamientos que se originaron del diseño factorial  $3 \times 3$  más un tratamiento testigo. A todo el lote experimental se le aplicaron 60 kg  $P_2O_5$ /ha. Cada año (de 1966 a 1973), se colectaron muestras foliares a finales de julio o a principios de agosto de la parte media de los brotes de un año. Los años productivos fueron 1966, 68, 70 y 72 y los años no productivos 1967, 69, 71 y 73. El análisis foliar mostró que en los años productivos, el contenido de nitrógeno, calcio, y fósforo fue más alto en comparación con los de los años no productivos. Por otra parte, la concentración de potasio y magnesio fue superior en los años no productivos, que en los productivos. Los resultados también indicaron que la fertilización influyó mucho menos en el estatus nutricional de los árboles de manzano que el fenómeno de alternancia, sobre todo para el caso del nitrógeno. Se observó, sin embargo, una interacción significativa entre la aplicación del nitrógeno y alternancia. Por lo tanto, es recomendable tomar en cuenta este hecho al tratar de establecer las necesidades de nitrógeno de árboles de manzano. Finalmente, se observó que las condiciones atmosféricas modifican grandemente el estatus nutricional de los árboles.

### ABSTRACT

In an apple orchard located in Lyezyn, Central part of Poland, where trees 14 years old are growing, in 1965 was started an experiment in order to study the effect of N and K fertilization and alternate bearing on the nutritional status of apple trees, CV. "Yellow Transparente". The rates of N and K as  $K_2O$  were: 40, 140 and 240 kg/ha 50, 175 and 300 kg/ha, respectively. Ten treatments were tested which came from the factorial design  $3 \times 3$  plus the control (without fertilization). All the experiment trees received 60 kg  $P_2O_5$ /ha. Each year from 1966 through 1973, at the end of July or earlier in August leaf samples were collected from mid short leaves. The "on" years were: 1966, 68, 70 and 72; and the "off" years: 1967, 69, 71 and 73. Leaf analysis showed that in the "on" years, nitrogen, calcium and phosphorus content was higher as compared with that in "off" years. On the other hand, potassium and magnesium concentration was higher in the "off" years than in the "on" years. The results also indicated that fertilization had a lesser influence on the nutritional status of the apple tree than the alternate bearing, mainly in the case of the nitrogen. It was observed, however, a significant interaction between nitrogen application and alternate bearing. Therefore, it is advisable to take in account this fact when one is trying to establish the nitrogen requirements of apple trees. Finally, it was observed that atmospheric conditions modify greatly the nutrient status of apple trees.

### Introducción

El análisis foliar es el método más importante para determinar el estado nutricional de frutales y sus necesidades de fertilización. Entre varios factores que influyen en el contenido de minerales en las hojas, además de la fertilidad natural del suelo y la aplicación de fertilizantes, del año, juegan un papel substancial la alternancia de producción y

las condiciones atmosféricas. En manzano, la alternancia de producción es bastante común en algunos cultivares. En este reporte se discuten los efectos de algunos factores en el contenido de minerales en las hojas de manzano, en base a los análisis foliares de un experimento de fertilización, realizados durante 8 años consecutivos.

+ Investigación realizada bajo el auspicio del Colegio de Postgraduados.

\* Profesor invitado. Academia de Agricultura. Varsovia, Polonia.



### Revisión de Literatura

Cafn y Boynton (1948) en EE.UU., encontraron que los árboles con frutos contienen menos potasio y fósforo, pero más calcio y magnesio en las hojas en comparación con los árboles sin frutos. Bielńska y Wlodek (1958) y Klossowski (1967) en Polonia, Lamb et al (1959) en Inglaterra y Hansen (1971) en Dinamarca, observaron tendencias similares en cuanto al contenido de potasio y calcio. Además, Bielńska (1957), Klossowski (1967), de Lamb et al (1959) y Hansen (1971) presentan evidencia de que los árboles que cargan frutos contienen menos nitrógeno que los que no producen en un año dado. En lo que concierne al contenido de magnesio y fósforo en relación con la alternancia de producción los resultados reportados en la literatura son menos concluyentes. Hansen (1971), igualmente como Cafn y Boynton, encontró un contenido relativamente mayor de Mg en las hojas de árboles con frutos; en el trabajo de Klossowski (1967) el porcentaje de Mg tendía a aumentar en los años productivos pero las diferencias observadas no siempre fueron significativas; Lamb et al (1959) no notó ningún efecto de la alternancia en el contenido de Mg. En cuanto al fósforo, los autores anteriormente mencionados, en general, observaron una tendencia a reducirse el contenido de este elemento en las hojas como efecto de la carga de frutos, pero las diferencias (entre los árboles con frutos y sin frutos) fueron más pequeñas que en el caso de los elementos N, K, y Ca.

Por otra parte, incluso los árboles que producen regularmente, presentan una variación en los resultados de análisis foliares de un año a otro. Heeney y Hill (1961), analizando los mismos árboles por un período de 10 años, llegaron a la conclusión que el nitrógeno es relativamente consistente; la mayor variación la observaron en el contenido de potasio reduciéndose en los años con precipitaciones abundantes, lo cual se atribuye a la lixiviación de este elemento de las hojas por el agua de lluvia. Ljones (1963) observó un gran rango de variación no sólo en el contenido de potasio sino también en el contenido de calcio y manganeso. Klossowski (1968) informó que bajo el sistema de césped en el huerto en años con precipitaciones abundantes, el contenido de los minerales P y K fue mayor y de N menor, en comparación con el contenido de los mismos en el año seco; esto se explica por las diferencias en la humedad del suelo.

### Materiales y Métodos

En el año de 1965 se estableció el experimento de fertilización con N y K en un huerto de manzano de 14 años de edad, situado en Lyczyn, Polonia Central, en un suelo podzólico-grisáceo de textura migajón arcillo-arenoso. El cultivar de manzano que se utilizó para este estudio fue "Yellow Transparente" el cual presenta alternancia de producción en forma extrema. Los años productivos fueron 1966, 68, 70 y 72 y los años no productivos 1967, 69, 71 y 73.

Se aplicaron tres dosis diferentes de nitrógeno 40, 140 y 240 kg de N por ha., y tres dosis de potasio 50, 175 y 300 kg de K<sub>2</sub>O por ha. Estos en un diseño factorial, más

el tratamiento testigo, (sin fertilización), nos dieron un total de 10 tratamientos (3×3+1). El fósforo se aplicó en dosis igual en todo el lote experimental, 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por ha.

Una parte de los resultados de este experimento, la que se refiere a la influencia de la fertilización en las propiedades químicas del suelo en el crecimiento y los rendimientos de manzano por un período de 1965 a 1973, se presentó en el XIX Congreso Internacional de Horticultura (Sadowski y Kepka 1974). En el presente reporte se exponen los resultados de los análisis foliares del mismo experimento.

Las muestras foliares se colectaron cada año a finales de julio o a principios de agosto, de la parte media de los brotes de un año, situados en la parte periférica de la copa, a la mitad de su altura. El N se analizó por el método de Kjeldahl. Los demás elementos se analizaron en el extracto de la mezcla ternaria de ácido; K por el método de fotometría de flama. P por el método colorimétrico (molibdato-vanadato), Ca por el método de titulación (oxalato), Mg por el método de colorimetría (titanio amarillo).

### Resultados y Discusión

En los años productivos se observó mayor concentración de nitrógeno, calcio y fósforo en las hojas en comparación con los años no productivos (Cuadro 1). Al contrario, el contenido de potasio y magnesio fue más alto en los años no productivos que en los productivos. Hay que hacer notar que las diferencias en el contenido de magnesio y de fósforo aún significativas fueron pequeñas; las diferencias más notables se observaron en el contenido de Ca, K y N.

La influencia de la fertilización sobre el contenido de minerales en las hojas de manzano, fue menor que la influencia de la alternancia y se observó principalmente en el contenido de nitrógeno. La concentración de N en las hojas aumentó conforme aumentaba la dosis nitrogenada, pero sólo hasta el nivel de 140 kg de N por ha., la dosis más alta (240 kg de N por ha) no mostró ningún efecto en comparación con la dosis media (Figura 1). Se observó una interacción significativa entre la aplicación de N y la alternancia. En los años no productivos, en las cuales como regla general el contenido de nitrógeno fue menor, la fertilización nitrogenada generó un mayor incremento en el contenido de N que en los años productivos.

La fertilización con potasio, incluso con las dosis altas, tuvo poco efecto en el contenido de este elemento en las hojas. La diferencia significativa en el contenido de K en las hojas se mostró solamente al comparar el tratamiento testigo con todos los tratamientos de fertilización juntos y solamente en los años productivos (Cuadro 2). En los años no productivos no se encontró ningún efecto de la fertilización en el contenido de potasio en las hojas.

En cuanto al contenido de N en las hojas, éste fue además influenciado por las condiciones atmosféricas. En los años productivos (1966, 68, 70 y 72), la mayor concentración de nitrógeno se notó en 1972 en el cual se observaron precipitaciones pluviales abundantes (Figura 1). En los años



no productivos (1967, 69, 71 y 73), 1971 extraordinariamente seco se distinguió por un contenido muy bajo de nitrógeno.

Los resultados obtenidos en este estudio confirmaron que la alternancia de producción tiene un gran efecto en el contenido de minerales en las hojas de manzano. Igualmente como en los trabajos de Bielinska (1957), Bielinska y Wlodek (1958), Klossowski (1967), Lamb et al (1959) y Hansen (1971), el contenido de K disminuyó. En cuanto al contenido de Mg y P, los resultados obtenidos por nosotros están en contraste con los que reportan los autores anteriormente mencionados. Sin embargo, las diferencias en el contenido de estos elementos fueron pequeños. Aparentemente el efecto de la alternancia de producción en el contenido de Mg y P tiene menor importancia. La interacción entre el efecto de la fertilización y de la alternancia no se ha reportado en la literatura disponible. Este fenómeno hay que tomarlo en cuenta al evaluar los efectos de la fertilización y al determinar las necesidades en fertilización nitrogenada; ya que las diferencias en el contenido de N en las hojas entre los árboles fertilizados y los no fertilizados son más marcados en los años no productivos, parece oportuno efectuar el muestreo de las hojas en los años no productivos. Respecto al potasio la estimación del estado nutricional parece ser más indicativa en los años productivos.

Los resultados de análisis foliares efectuados durante 8 años consecutivos indican además que las condiciones atmosféricas pueden modificar el contenido de minerales en las hojas. Similarmente como en el trabajo de Klossowski

(1976), se observó un efecto considerable de las lluvias en el contenido de nitrógeno. Tomando en cuenta este fenómeno, parece necesario corregir los resultados del análisis foliar en base a los resultados de análisis en los huertos patrones, como lo sugiere Archibald (1969, citado por Bould, 1966).

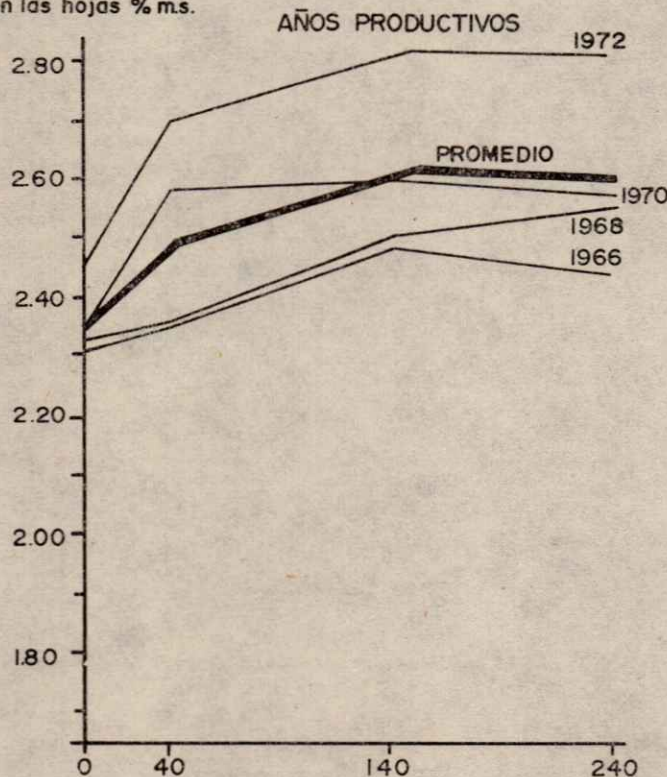
Cuadro No. 1. Contenido de minerales en las hojas de manzano en relación con la alternancia de producción; valores promedios de 4 ciclos de alternancia de todos los tratamientos de fertilización.

Años	N	Elementos (% m. s.)			
		K	Mg	Ca	P
Productivos	2.55**	1.66	0.355	1.31**	0.171**
No productivos	2.55	1.92**	0.380*	0.99	0.162

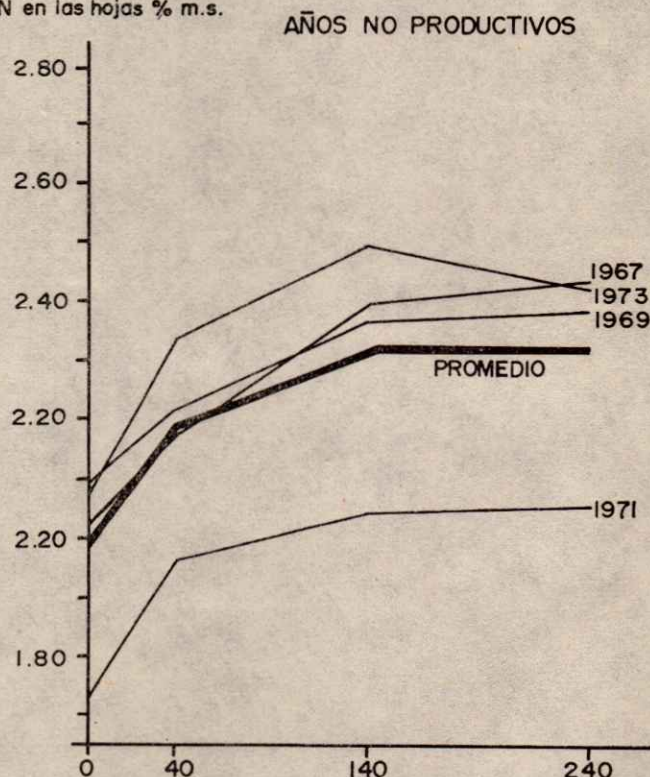
Cuadro No. 2. Efecto de la fertilización en el contenido de K en las hojas de manzano (% m.s.), en los años productivos y no productivos.

Años	Tratamiento testigo (N <sub>0</sub> K <sub>0</sub> )	Promedio de tratamientos de fertilización
Productivos	1.57	1.68**
No productivos	1.90	1.93

N en las hojas % m.s.



N en las hojas % m.s.



EFFECTOS DE LA FERTILIZACION EN EL CONTENIDO DE NITROGENO EN LAS HOJAS



**Conclusiones**

- 1) La alternancia de producción y las condiciones atmosféricas modifican considerablemente el contenido de minerales en las hojas de manzano.
- 2) Con el fin de eliminar el efecto de las condiciones atmosféricas, se sugiere corregir los resultados obtenidos del análisis foliar de un huerto comercial, con los resultados obtenidos en los huertos patrones que se analizan anualmente.
- 3) Como la respuesta a la fertilización nitrogenada se acentúa más en los años no productivos, sería conveniente reanalizar la forma actual de estimación del estado nutricional del manzano, basado en el muestreo y análisis en los años productivos.

**Bibliografía**

- Bielńska, M. 1957. Zawartosc azotu i weglowodanów w lisciach i pedach jabloni przemiennie owocujacych. Prace Instytutu Sadownictwa (Skierniewice, Polonia), 2:223-232.
- Bielńska, M. y L. Wlodek. 1958. Zawartosc fosforu, potasu i wapnia w lisciach i pedach jabloni owocujacych przemiennie. Prace Instytutu Sadownictwa (Skierniewice, Polonia), 3:1-30.
- Bould, C. 1966. Leaf analysis of deciduous frutis. En "Nutrition of Fruit Crops" (N. F. Childers, Editor). Horticultural Publications Rutgers The State University: 651-684.
- Cañ, J. P. C. y D. Boyton. 1948. Some effects of season, fruit crops and nitrogen fertilization on the mineral composition of McIntosh apple leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 51:13-22.
- Hansen, P. 1971. The effects of cropping on uptake, contents and distributions of nutrients in apple trees. Tidsskrift for Planteavl. 75:615-625.
- Heeney, H. B. y H. Hi. 1961. The use of foliage analyses to determine fertilizer requirements for appel orchards and some vegetable crops. En "Plant Analysis and Fertilizer Problems" (W. Reuther, editor, Amer. Inst. Biol. Sciences. Publ. No. 8:16-17.
- Klossowski, W. 1967. Chemical composition of the shoot leaves of four apple varieties in relation to biennial bearing. Bull. L'Academie. Pol. Sci. C1 V, 15:281-285.
- Klossowski, W. 1968. Analiza chemiczna gleby i lisci jako metody badan potrzeb nawozenia jabloniy. II. Analiza chemiczna lisci. Prace Instytutu Sadownictwa (Skierniewice, Polonia), 12:165-189.
- Lamb, J. G. D., J. D. Golden y M. Power. 1959. Chemical composition of short leaves of the apple Laxton Superb as affected by biennial bearing. J. Hort. Sci., 45:193-198.
- Ljones, B. 1963. Leaf composition in apple, raspberry and black currant as related to nutrient element in the soil. Sci. Rep. Agric. Coll. Norway, No. 47. 42:1-90.
- Sadowski, A. y M. Kepka 1974. Results of nine-year N and K fertilizer trial on "Yellow Transparent" apple trees. Proc. XIX. Internat. Hort. Congr. IA:391.



## ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION RADICAL DE TRES PATRONES DIFERENTES DE MANZANO (MM 111, M 7 Y M 26), INJERTADOS CON EL CULTIVAR "RAYADA" +

Sadowski, Andrzej\*  
Anaya Garduño, M.\*\*  
Ayala Lizárraga, S.\*\*\*

### RESUMEN

La distribución de raíces de los patrones de manzano MM 111, M 7 y M 26 injertados con la variedad "Rayada", fue estudiada en árboles de 3 años de edad. Estos árboles están ubicados en el Campo Experimental San Martín en Chapingo, Edo. de México, y plantados a distancias de 2.20 m en hileras y a 3.50 m entre hileras. El suelo fue un Fluvisol Eútrico, de textura migajón, arcillo-arenoso en las capas superiores y migajón arcilloso en las capas más profundas. Se emplearon dos métodos: de bloques y de perfil. Las raíces de manzano se separaron en dos categorías según su grosor: menores y mayores de 2 mm de diámetro y se determinó el peso fresco de cada muestra. Los dos métodos para estudiar la distribución de raíces dieron resultados similares. El patrón con el mayor peso de raíces finas ( $< 2$  mm) fue el M 26 y con el menor fue el MM 111. En raíces gruesas ( $> 2$  mm) el patrón MM 111, reportó el mayor peso en comparación con el M 7 y M 26. En la dirección horizontal, las raíces se extendieron a una distancia de 110 cm del tronco y en el intervalo de 70 a 110 cm fue donde se encontró la mayor concentración de raíces finas. En el sentido vertical, la mayor cantidad de raíces se encontró de 20 a 30 cm y de 30 a 40 cm de profundidad. Las raíces finas estuvieron concentradas en los primeros 20 cm de suelo. Por lo tanto, la fertilización, control de malezas y otras prácticas culturales en huertos semi-intensivos como el reportado aquí, deben realizarse tomando en cuenta la distribución de raíces reportada en este trabajo.

### ABSTRACT

Root distribution of the apple rootstocks: MM 111, M 7 and M 26 grafted with the CV. "Rayada" was studied in three years old trees planted in the experimental Orchard located at San Martín in Chapingo, State of Mexico. Trees were planted in a soil classified as a Fluvisol eutric at a distance of 2.20 m along the rows and 3.50 m between rows. The traditional Trench Profile Method and the Technique in a Horizontal Plane were used to look at root distribution. In both cases, roots were separated according to their thickness: less than 2 mm and greater than 2 mm. Root fresh weight was recorded also. Both methods to study root distribution gave similar results. The rootstock with a greater fresh weight of fine roots ( $< 2$  mm) was M 26 and M 111 gave the lesser weight. For coarse roots ( $> 2$  mm), MM 111 had the higher value in root weight in relation to M 7 and M 26. In the horizontal plane, roots reached a distance of 110 cm from the trunk and in the range of 70 to 110 cm was found the greatest concentration of roots was found in the range of 20 to 30 cm and from 30-40 cm. Fine roots were concentrated in the first 20 cm of soil. So, fertilization, weed control and other cultural practices in this kind of orchards have to be according to the root distribution reported here.

### Introducción

En México, igual que como en otros países, se nota últimamente un gran interés en establecer huertos intensivos y semi-intensivos, con árboles injertados sobre portainjertos clonales. Para este tipo de huertos, es necesario elaborar los sistemas de manejo, adecuados a las condiciones específicas del clima y suelo, así como a las características

de los portainjertos y cultivares usados y a las densidades de plantación.

Uno de los factores principales que determinan la selección de los portainjertos y cultivares usados así como a las densidades de plantación.

+ Investigación realizada bajo el auspicio del Colegio de Postgraduados.

\* Doctor en Ciencias. Profesor invitado. Academia de Agricultura, Varsovia, Polonia.

\*\* Doctor en Ciencias. Profesor-Investigador. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados.

\*\*\* Doctor en Ciencias. Investigador. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados.



frutal. Por lo tanto, se inició este trabajo con la finalidad de determinar la extensión vertical y horizontal de raíces en algunos portainjertos importantes de manzano, bajo las condiciones del Valle de México y con la de observar la relación entre la distribución de raíces en el suelo con las propiedades físicas del mismo. Además, se compararon dos métodos de estudio de raíces, en cuanto a la distribución radical de manzano.

### Revisión de Literatura

Según los resultados obtenidos por Rogers y Vyvyan (1934) en Inglaterra, Oskamp y Batjer (1932) en EE.UU., Kolesnikov (1971) en Rusia y Slowik (1962) en Polonia, la extensión horizontal de raíces es mayor que la extensión de la copa del árbol. La relación del diámetro del sistema radicular al diámetro de la proyección de la copa varió de 2 a 3 en los suelos arenosos, y alrededor de 1.5 en los suelos limosos y arcillosos (Rogers y Vyvyan, 1934).

Las raíces verticales de manzano, bajo las condiciones favorables del suelo y clima, pueden penetrar a una gran profundidad, alcanzando en algunas ocasiones hasta 10 m (Kolesnikov, 1971). Sin embargo, la mayor parte de raíces se concentran por lo general en las capas más superficiales, de 10 a 50 y aún hasta 100 cm (Oskamp y Batjer, 1932; Kolesnikov 1971; Slowik, 1967; Mata et al., 1967). La penetración de raíces depende de las propiedades físicas del suelo y sobre todo de la textura. Según Slowik (1967), la textura más favorable para el desarrollo de las raíces de manzano es la de migajón arcillo-arenoso, migajón arcilloso, migajón arcillo-limoso y franco, los cuales presentan una adecuada capacidad de retención de humedad aprovechable y, así mismo, una buena aireación. En los suelos arenosos (arena, arena migajosa), los manzanos no se desarrollan bien, por la insuficiente retención del agua y por la baja fertilidad. Los suelos arcillosos frecuentemente presentan los problemas de compactación y mal drenaje, por lo cual resulta que las raíces no profundizan (Oskamp y Batjer, 1932; Slowik, 1967).

Varios autores han tratado de definir los niveles críticos de compactación utilizando diferentes índices. Veihmeyer y Hendrickson (1948), quienes trabajaron con plantas de girasol, encontraron que en los suelos arcillosos y limosos las raíces no penetraron donde la desindad aparente sobrepasaba un límite crítico que varió entre 1.43 y 1.63, respectivamente.

Gruzdev (1956), indicó que el factor limitante del desarrollo de las raíces en suelos compactos es su resistencia mecánica; solamente unas cuantas raíces de manzano penetraron en las capas de suelo con una resistencia mayor a los 30 kg/cm<sup>2</sup>.

Sadowski (1961), encontró que solamente unas cuantas raíces penetraron en las capas compactadas del sub-suelo, los cuales mostraron una porosidad total menor a 40% y una resistencia mecánica alrededor de 40 kg/cm<sup>2</sup> y que, cuando se dio unos pasos de arado profundo antes de la

plantación, se aumentó la porosidad total y se redujo la resistencia mecánica, lo cual dio como resultado que las raíces penetraran en las mismas capas.

El desarrollo de raíces se afecta además por el contenido de materia orgánica y de elementos nutritivos en el suelo; las raíces de manzano tienden a concentrarse en las regiones ricas en materia orgánica (Sadowski, 1961).

Entre los elementos nutritivos, el que tiene mayor efecto sobre todo el crecimiento de las raíces de absorción es el nitrógeno. En el estudio de Priymak (citado por Kolesnikov, 1971), cuando se hicieron las aplicaciones de N, P y K y sus combinaciones a las diferentes porciones del sistema radical de manzano, se observó que la mayor cantidad de raíces finas se desarrolló con los tratamientos que incluyeron nitrógeno.

Marth (1934), reportó que cuando no hubo labores de cultivo, las raíces fueron superficiales en los primeros 15 cm del suelo y cuando se dieron pasos de arado y de rastra, las raíces eran más profundas, por lo que el manejo del suelo influye en la distribución vertical y horizontal de las raíces.

Slowik (1962), encontró que en las bandas de césped dentro de las hileras, las raíces fueron más superficiales y, entre las hileras, donde se cultivó el suelo, más profundas.

Luis (1973), en base de un estudio realizado con árboles de manzano en la región de Canatlán, Dgo., informó que, donde se aplicó riego, las raíces se desarrollaron en las capas superficiales, y sin riego, tendían a profundizar más; por lo tanto, bajo riego las raíces se pueden dañar si se dan pasos de rastra o de arado.

Según Robinson (1974), bajo el sistema de suelo desnudo no labrado, con aplicaciones de herbicidas, las raíces se desarrollan en las capas superficiales; bajo este sistema se observa una estructura bastante estable, buena aireación e infiltración de agua (estos últimos son debido a la presencia de los poros continuos en el suelo), a pesar de que la densidad aparente se aumenta en la capa superficial, en comparación con el sistema de suelo desnudo labrado.

En la bibliografía disponible existe poca información en cuanto a distribución de las raíces de diferentes patrones y a su respuesta a diferentes condiciones del suelo. Según Kolesnikov (1971), los patrones clonales desarrollan, por lo general, el sistema radical menos profundo que los patrones de semilla. Mata et al (1976), en un estudio de la distribución radical de manzano "Rayada" de 6 años de edad injertado sobre los patrones M 1, M 2, M 16, MM 104 y MM 109, en suelos de textura franco y arena migajosa, en Chapingo, no encontraron diferencias significativas en su distribución vertical.

### Materiales y Métodos

Este estudio se realizó en 1976, en un huerto semi-intensivo, situado en el Campo Experimental San Martín en Chapingo, Edo. de México, con árboles de 3 años de edad, plantados a distancias de 2.20 en hileras y a 3.50 m



entre hileras. El suelo fue un Fluvisol Eútrico, de textura migajón arcillo-arenoso en las capas superiores y migajón arcilloso en las capas más profundas. Se emplearon dos métodos para el estudio de raíces, el método de bloques, elaborado por Rogers y Vyvyan, (1934) y Shitt (1958) y el método de perfil de Oskamp (Oskamp y Batjer, 1932). Para los dos métodos se utilizaron las excavaciones en los sectores de 53° (alrededor de una séptima parte del sistema radical), en dos orientaciones, en las hileras, dentro de las bandas tratadas con los herbicidas (Figura 1).

En el caso del método de bloques se excavó el suelo por capas de 10 cm, en las zonas de 30 a 70 y de 70 a 110 cm del tronco del árbol; las raíces de manzano se separaron del suelo de cada una de las capas, también se separaron en dos fracciones según su grosor, es decir, menores y mayores de 2 mm de diámetro y se determinó el peso fresco de cada muestra.

Para el método de perfil, se utilizaron los perfiles de las mismas excavaciones (preparadas para el método de bloques), a las distancias de 30, 70 y 110 cm del tronco; 110 cm fue la mitad de la distancia entre árboles en la hilera. El diseño de tratamientos fue un factorial en parcelas sub-subdivididas (3 x 2 x 2 x 8). Los factores en estudio fueron: 3 patrones, MM 111, M 7 y M 26; 2 orientaciones, norte y sur; 2 zonas (distancias) de 30 a 70 y de 70 a 110 cm del tronco y 8 profundidades, desde 0 hasta 80 cm con intervalos de 10 cm. El diseño experimental fue bloques al azar, con 5 repeticiones; se utilizó un árbol como unidad experimental (parcela grande).

La textura del suelo se determinó por el método de Bouyoucos. La densidad aparente (Da), se determinó por el método del cilindro y la densidad real (Dr), por el método del picnómetro; utilizando los valores de Da y Dr se calculó la porosidad total (Pt). La resistencia mecánica (RM), se determinó directamente en el campo, con el penetrómetro modelo CN-970 "Soiltest", la conductividad hidráulica (CH) por el método de laboratorio. La capacidad de campo (CC), se estimó con la olla de presión a 0.3 atm, el punto de marchitamiento permanente (PMP), con la membrana de presión a 15 atm y el porcentaje de humedad aprovechable (HA), se calculó como una diferencia entre CC y PMP.

El análisis de varianza se efectuó solamente para las raíces menores de 2 mm, en el diseño anteriormente presentado, para las variables: peso de raíces (del método de bloques) y total de número de raíces de dos perfiles (30+70 y 70+100 cm). La comparación múltiple de medias se llevó a cabo utilizando las diferencias mínimas significativas honestas (DMSH), calculadas en base de la prueba de Tukey, al nivel de significancia del 5%.

Los datos de las raíces mayores de 2 mm de diámetro no se analizaron estadísticamente, puesto que en muchas muestras no se encontraron. Para estas raíces se evaluaron solamente las tendencias en las medias. Los datos de las propiedades físicas se analizaron con un diseño de bloques al azar, con sólo un factor: profundidades.

## Resultados y Discusión

Como los dos métodos de estudio de raíces dieron resultados similares, a continuación se presentan solamente los datos del peso de raíces, obtenidos por el método de bloques.

El patrón que tuvo el mayor peso de raíces finas (menores de 2 mm) fue el M 26 y el menor MM 111, el M 7 resultó intermedio entre los dos mencionados (Cuadro 1). En las raíces mayores de 2 mm se observó la tendencia opuesta; el MM 111 tuvo mayor cantidad de raíces gruesas en comparación con el M 7 y el M 26.

En el sentido horizontal, las raíces de la mayor parte de los árboles en estudio alcanzaron una distancia de 110 cm; es decir, las raíces de los árboles vecinos en la hilera se empezaron a cruzar. En la zona de 70 a 110 cm del tronco se encontró una mayor cantidad de raíces finas (< 2 mm) que en la zona de 30 a 70 cm (Cuadro 2). Entonces, la mayor parte de raíces finas se localizó fuera de la proyección de la copa del árbol, cuyos límites correspondieron aproximadamente a los 70 cm. Sin embargo, la densidad de raíces, expresada en gramos por dm<sup>3</sup> del suelo, fue menor en la zona más alejada del tronco.

Cuadro 1. Cantidades promedio de las raíces de diferentes patrones.

Patrón	Peso (g)	
	< 2 mm	> 2 mm
MM 111	0.94 b	2.61
M 7	1.33 ab	1.67
M 26	1.61 a	1.97
DMSH 0.05	0.63	*

\* Medias no analizadas estadísticamente.

Cuadro 2. Cantidades promedio y densidad de raíces a diferentes distancias del tronco del árbol.

Distancia	Peso (g) <sup>1</sup>		Densidad de raíces g/cm <sup>3</sup>	
	< 2 mm	> 2 mm*	< 2 mm	> 2 mm*
30-70	1.17 b	3.09	0.059	0.153
70-100	1.42 a	1.08	0.039	0.030

<sup>1</sup> Por una capa de suelo, en una zona, en el sector 53°.

\* Datos no analizados estadísticamente.

Las raíces gruesas se encontraron en mayor cantidad a la distancia de 30 a 70 cm, en comparación con la de 70 a 110 cm; esta tendencia fue aún más notable en la densidad de raíces por dm<sup>3</sup>. En el sentido vertical, la mayor concentración de raíces se encontró en las capas de 20 a 30 y de 30 a 40 cm de profundidad. En promedio, el 88% de todas las raíces finas (< 2 mm), se concentró en las capas de 0 a 50 cm de profundidad y en el caso de las raíces mayores de 2 mm, entre 10 y 40 cm (Figura 2). Sin embargo,



hay que hacer notar, que una tercera parte (en promedio) en las raíces finas, se localizó en la capa arable (de 0 a 20 cm) y alrededor de 11% en su parte más superficial (de 0 a 10 mm).

Se encontró una interacción altamente significativa entre los factores distancia y profundidad. Esta consistió en que en las capas de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm se encontró un mayor porcentaje de raíces en la zona cercana al tronco, en comparación con las mismas capas de la zona de 70 a 110 cm; es decir, cerca del tronco se notó el enraizamiento más superficial (Figura 3).

En cuanto a la distribución vertical de raíces de diferentes patrones, las diferencias observadas entre patrones en estudio fueron pequeñas. El patrón M 26 superó (con respecto a la cantidad de raíces) a los patrones MM 111 y M 7 en las capas de 10 a 20 y de 20 a 30 cm. ó obstante, cuando la distribución vertical de raíces se expresó en la forma de porcentaje por capas, no se encontraron diferencias significativas en la distribución de raíces de los tres patrones (Figura 4).

La textura del suelo, así como las otras propiedades físicas estudiadas fueron bastante uniformes dentro del perfil, hasta una profundidad de 80 cm (Cuadro 3). No se encontraron diferencias significativas entre las capas del suelo, en las propiedades físicas en estudio.

Tampoco se presentó correlación entre la densidad de raíces en el suelo y sus propiedades físicas.

Los resultados obtenidos en este trabajo, en cuanto a la distribución horizontal de raíces de manzano, coinciden, por lo general, con los reportes de Rogers y Vyvyan (1934), Slowik (1967) y Kolesnikov (1971). La información que una mayor parte de raíces finas, las cuales desempeñan el papel de la absorción de nutrientes, se encuentran fuera de la copa del árbol, tiene una gran importancia práctica, ya que ésto implica que los fertilizantes se deben distribuir dentro de un círculo de un radio de 1.5-2 veces mayor que el radio de la proyección de la copa. En el caso de un huerto semi-intensivo, plantado en distancias pequeñas, ya en el tercer año las raíces de los árboles vecinos en hilera se empiezan a cruzar y se puede suponer que lo mismo va a pasar pronto entre las hileras. Por lo tanto, en este tipo de huerto, sería recomendable fertilizar toda la superficie del suelo, empezando por lo menos desde el cuarto año después de la plantación.

De acuerdo con las observaciones de Sadowski (1961) y Slowik (1962), en este estudio también se encontraron muchas raíces superficiales cerca del tronco. Además, el enraizamiento bastante superficial se observó en todos los sectores excavados en el presente estudio. Esto aparentemente resultó del sistema de mantenimiento del suelo en las hileras, en las cuales se eliminaron los pasos de rastras cambiándolas a las aspersiones con herbicidas. A esta conclusión hemos llegado, confrontando nuestros resultados con las observaciones de Marth (1934) y Slowik (1962) en

cuanto a la eliminación de las labores de manejo y con los resultados de Robinson (1974) en parte de la influencia de la aplicación de herbicidas en el enraizamiento de frutales.

Una parte considerable de raíces finas tendían a desarrollarse en la capa arable del suelo, probablemente debido a su alta fertilidad y particularmente debido a su alto contenido de materia orgánica, el cual es un factor estimulante del desarrollo de las raíces (Sadowski, 1961) y además debido a las aplicaciones de riego, que es el factor que favorece el desarrollo de las raíces superficiales (Luis, 1973). No obstante, una gran parte de las raíces se encontró en las capas del sub-suelo, concentrándose principalmente hasta los 50 cm de profundidad. Este tipo de enraizamiento se puede considerar como común para manzano en base a la confrontación de los resultados obtenidos en este estudio con las informaciones de la bibliografía revisada (Slowik, 1967; Kolesnikov, 1971; Mata et al., 1967).

El conocimiento de la distribución vertical de raíces permitirá calcular las láminas adecuadas de riego y escoger las capas más adecuadas para el muestreo del suelo, con el fin de determinar las necesidades de fertilización; en el caso del huerto en estudio, las muestras se deben tomar de las capas donde se encontró la mayor parte de raíces de 0 a 50 cm.

Al momento actual de esta investigación es difícil explicar por qué el patrón enano M 26 desarrolló la mayor cantidad de raíces finas, aunque su parte aérea fue la menos desarrollada de todos (lo cual coincide con las informaciones de Hatmann et al, 1965). Se puede suponer que ésto se debe a la ramificación más intensa de las raíces del patrón M 26; sin embargo, esta hipótesis necesita comprobarse con estudios más detallados.

En lo que se refiere a la distribución vertical de raíces de diferentes patrones, fue bastante similar. Esto coincide con las observaciones de Mata et al., realizadas en otro tipo de suelo y con otros patrones vegetativos de manzano. Probablemente no hay mucha diferencia en la distribución de raíces de diferentes patrones clonales de manzano, de las series M y MM, ya que todos ellos son originarios de la misma especie botánica *Malus pumila* Mill.

La falta de correlación entre la densidad de raíces de manzano en el suelo y las propiedades físicas del mismo, se debe a que las propiedades consideradas mostraron valores dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de raíces. La densidad aparente no alcanzó un límite crítico propuesto por Veihmeyer y Hendrickson; la porosidad total fue arriba de 40%, lo cual según Sadowski (1961) generalmente es suficiente para un buen desarrollo de raíces de manzano; y la resistencia mecánica fue mucho menor del límite establecido por Gruzdev (1956). La conductividad hidráulica se clasificó como muy rápida, lo que excluye la posibilidad de la presencia de problemas de drenaje.

La baja variabilidad de los valores de las propiedades físicas del suelo hasta 80 cm, resultó aparentemente de la uniformidad observada en el perfil del suelo; por otra parte la falta de cambios bruscos de textura dentro de un



perfil, según los estudios de Oskamp y Batjer (1932) así como de Slowik (1967), es un factor determinante del mejor desarrollo del sistema radical de manzano.

**Conclusiones**

1. Tomando en consideración la extensión horizontal de las raíces, los fertilizantes se deben aplicar en un huerto semi-intensivo en toda la superficie del suelo, cuando menos desde el cuarto año.

2. Puesto que una gran parte de las raíces de los patrones clonales se concentra en las capas superficiales, especialmente cerca del tronco del árbol, se recomienda mantener el suelo en hileras por el sistema del suelo desnudo no labrado (mediante las aplicaciones de herbicidas) y entre las hileras emplear rastreo poco profundo. Bajo estas condiciones las raíces de frutales pueden aprovechar la capa arable, la que generalmente es la más fértil.

3. Las muestras de suelo para determinar necesidades de fertilización de frutales se deben tomar de las capas de la mayor concentración de raíces, en el caso del presente estudio de 0 a 50 cm.

**Lista de Figuras**

Figura 1. Diagrama de excavaciones.

Figura 2. Distribución vertical de las raíces (en promedio para tres patrones); la variable peso expresada en gramos (—); y en porcentos por capas del suelo (-----).

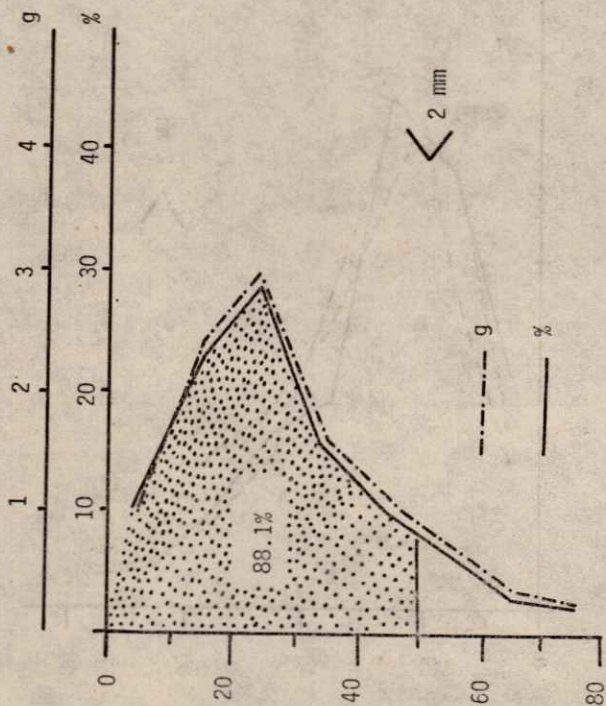
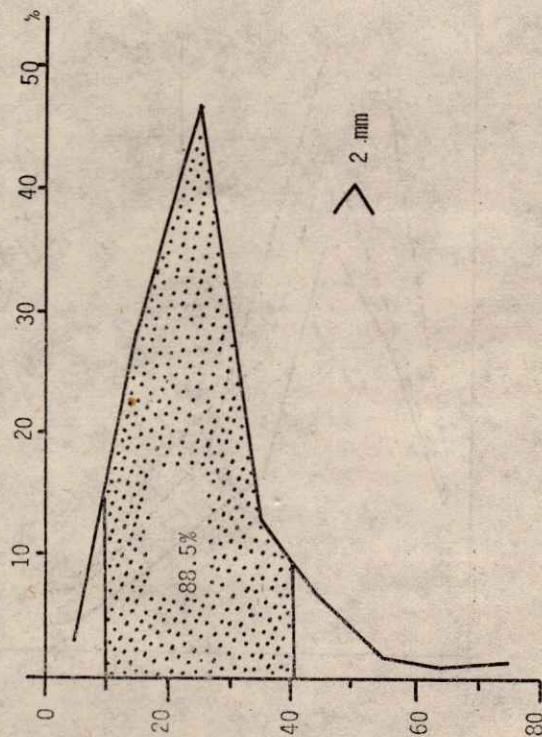
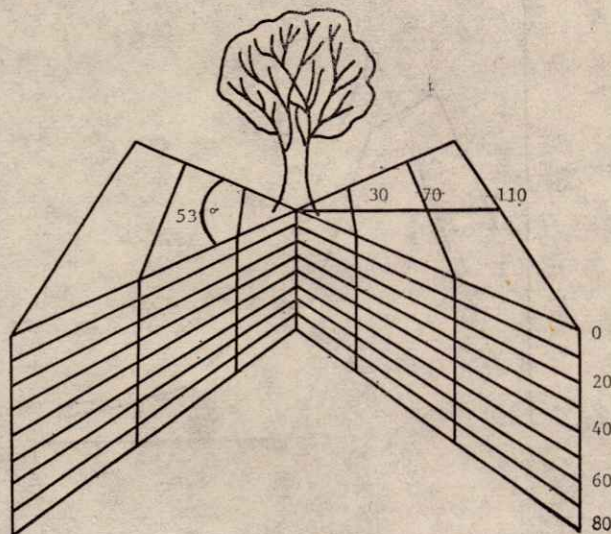


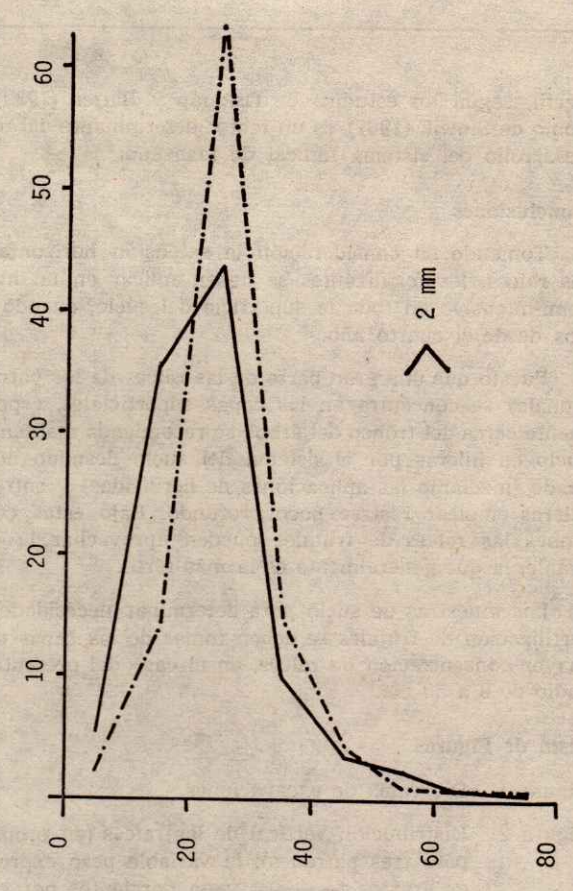
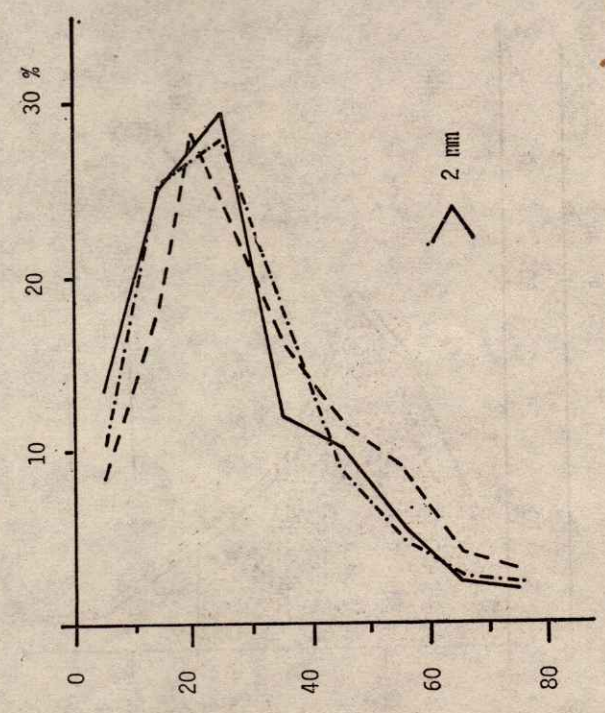
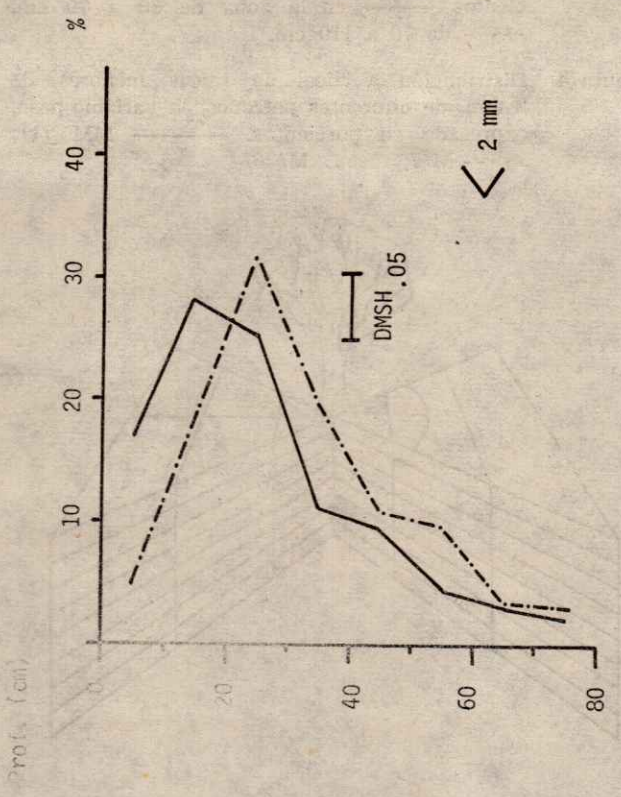
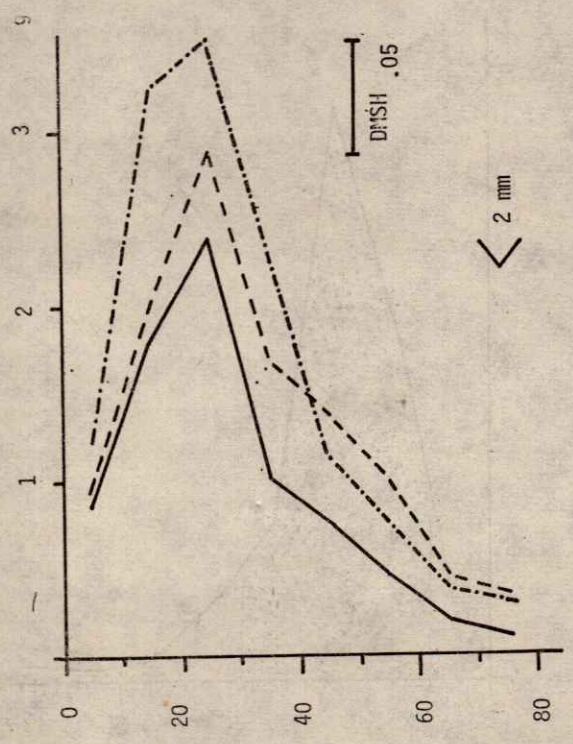
Figura 3. Distribución vertical de las raíces a diferentes distancias; la variable peso, expresada en porcentos — en la zona de 30 a 70 cm; - - - - de 70 a 110 cm.

Figura 4. Distribución vertical de raíces menores de 2 mm, de diferentes patrones; la variable peso, expresada en porcentos. — MM 111; - - - - M 7; ..... M 26.





Prof. (cm).





### Bibliografía

- Gruzdev, G. I. 1956. Vybor Pochvy y uschastka. pod Sad. Gosud. Izdat. Selskokh. Liter., Moskva 119 pp.
- Kolesnikov, V. A. 1971. The root system of fruit plants. Mir Publishers, Moscow, 268 pp.
- Luis A., A. 1973. Estudio de la extensión radicular en manzanos de diferentes edades con y sin riego (de temporal) en Canatlán, Durango. Avances de Investigación Agrícola en Manzano, CIANE. INIA. SAG.
- Marth, P. C. 1938. A study of root distribution of Stayman apple trees in Maryland. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32: 334-337
- Mata, B. I.; K. Slowik; A. Martínez. 1976. Estudio de la distribución radical en diferentes patrones de manzano (M 1, M 2, M 16, MM 104 y MM 109) bajo las condiciones edáficas de Chapingo, México. Agrociencia, 24 (en prensa).
- Oskamp, J. y L. P. Batjer. 1932. Soils in relation to fruit growing in New York, Parte. II. Size, production and rooting habit of apple trees on different soil types in the Hilton and Morton areas, Monroe Country. Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Bull 550.
- Sadowski, A. 1961. Effectiveness of different methods of plowing prior to planting, under conditions of Moscow región. Izvestiya Timiriazevskoy Selskhoziaysvennoy Akademii, (6): 73-85.
- Shitt, P. G. 1958. Ucheniye o roste y razvitiy plodovoykh y yagod. nykn rasteniy, Selkhozgiz, Moskva.
- Slowik, K. 1962. Distribution of root systems of 11 year-old apple trees in grass strips in the rows and cultivated spaces between the rows. Prace Inst. Sad. Skierniewice, Poland, 6: 101-117.
- Slowik, K. 1967. Amount of available water for the plants by Richards technique in different soil as an index or their suitability for the orchard purpose. Tag. Dt. Acad. Landwirtschaft. Wiss., Berlin. 93: 33-37.
- Veihmeyer, F. J. y A. H. Hendrickson. 1948. Soil density and root penetration. Soil. Sci., 65: 487-493.

## COMPARACION DE DOS METODOS DE ESTUDIO DE RAICES DE MANZANO +

Sadowski, Andrzej\*  
Santizo Rincón, J.A.\*\*  
Ayala Lizárraga, S.\*\*\*

### RESUMEN

Los resultados sobre distribución de raíces de árboles de manzano obtenidos por los métodos de bloques y de perfil en el trabajo de Ayala et al, (1977), se aprovecharon para comparar estos métodos respecto a la correlación y variación de los datos obtenidos, a la coincidencia de las conclusiones y a la demanda de mano de obra necesaria para la realización del estudio por esos métodos. La comparación se hizo a través de análisis de regresión y correlación. Los resultados indicaron que los datos obtenidos por ambos métodos estuvieron altamente correlacionados. Los valores del coeficiente de correlación variaron de 0.65 a 0.80. Esta correlación se mantuvo en los tres patrones estudiados y a diferentes distancias. La variación de los datos del método de perfil fue menor que la del método de bloques; por lo tanto, para el primero se necesitará un menor número de repeticiones. Además, la demanda menor de mano de obra para su aplicación, lo hace más económico que el método de bloques.

### ABSTRACT

The results on root distribution of apple trees described in the previous work by Ayala et al (1977) were used to compare the Traditional French Profile Method against the technique in an horizontal Plane from point of view of correlation and variation of the data, similarities in the conclusions and the demand for hand labor by both methods. The comparison was done through regression and correlation analyses. The results of these analyses indicated that the data obtained by both methods to study root distribution were highly correlated. Values of correlation coefficients ranged from 0.65 to 0.80 for the tree rootstock studied and at different distances from the trunk. Variability in the data when using the trench profile methods was lesser in relation to the horizontal plane technique, then, the first one would require a less number of replicates. Furthermore, the trench profile method demands less hand, labor than the horizontal plane technique (4.66 hrs Vs 11.33 hrs), and therefore, is less expensive.

+ Investigación realizada bajo el auspicio del Colegio de Postgraduados.

\* Doctor en Ciencias. Profesor invitado. Academia de Agricultura, Varsovia, Polonia.

\*\* Ingeniero Agr. Investigador. Colegio de Postgraduados.

\*\*\* Doctor en Ciencias. Investigador. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados.



### Introducción

Los estudios de raíces de frutales son por lo general muy laboriosos, por lo tanto, la selección de un método que requiera menos mano de obra y al mismo tiempo precios, tiene una gran importancia. En un estudio (Ayala, Sadowski y Anaya, 1977), se usaron los métodos de bloques y de perfil, para determinar la distribución radical de manzano. Los resultados de ese trabajo se aprovecharon para la comparación de los dos métodos respecto a la correlación de los datos obtenidos, a su variación, a la coincidencia de las conclusiones y a la demanda de mano de obra para las labores necesarias para la realización del estudio por dos métodos diferentes.

### Revisión de Literatura

El método de bloques y el método de perfil son los que tienen la mayor aplicación en los estudios de la distribución radical de frutales. El método de bloques de Rogers-Shitt consiste en excavar el sistema radical por capas del suelo en diferentes distancias del tronco; al separarse del suelo las raíces se clasifican según su grosor y se determina el peso de cada muestra. Rogers y Vyvyan (1934), en Inglaterra, excavaron todo el sistema radical de manzanos, dividiendo la superficie del suelo alrededor del árbol en unos cuadrados cuyos lados eran de 50 cm. Shitt (1958), en los estudios realizados en Rusia, excavó su sector, usualmente una tercera parte del sistema radical, dividiéndolo por arcos en zonas de 1 m de ancho. Otros investigadores que aplicaron este método (Kolesnikov, 1971; Slowik, 1966), se limitaron a sus excavaciones de un sector de "1/4", "1/8" o "1/2" parte del sistema radical, partiéndolo en zonas, por secantes a diferentes distancias.

En los estudios de frutales por el método de bloques como una práctica común, se utilizó el peso fresco de raíces. Rogers y Vyvyan (1934) mencionan que las dos variables, el peso fresco y el peso seco, dieron los resultados semejantes en un estudio de raíces de manzano.

El método de perfil o de cortes de raíces fue elaborado por Oskamp (Oskamp y Batjer, 1932) y lo aplicó a gran escala para los estudios de la utilidad de diferentes suelos para el cultivo de manzano en el Estado de Nueva York.

El método original consiste en hacer una zanja en el suelo a cierta distancia del tronco, a lo largo de un secante de la proyección de la capa y en localizar los cortes de las raíces en el perfil del suelo formado de esta manera; se prepara un croquis de perfil, marcando en él los cortes de raíces de diferente grosor y se relaciona la distribución vertical de las raíces con los horizontes genéticos del suelo.

Los investigadores rusos, principalmente Dragavtsev (1936) y Rubin (1953), modificaron este método. Dragavtsev (1936) examinó los perfiles a diferentes distancias del tronco, lo cual le permitió concluir respecto a la distribución horizontal de raíces. Rubin presentó los resultados en la forma cuantitativa, contando el número de raíces por capas de profundidad.

En un estudio de raíces por cualquier método, se observa una gran variación casual. Esta variación ya se notó en el estudio clásico de Rogers y Vyvyan (1934) los cuales encontraron las cantidades de raíces diez veces mayores en algunos cuadrados del suelo, que en otros cuadrados situados a la misma distancia del tronco. A pesar de la variación tan grande de los datos, en la mayor parte de los estudios de raíces de frutales no se efectuó el análisis estadístico, muchos estudios se realizaron sin repeticiones; esto se debió a la alta demanda de la mano de obra para las excavaciones.

Según Kolesnikov (1971) el método de bloques y el método de perfil son útiles para estudiar la distribución de raíces de frutales; sin embargo, el método de perfil es más adecuado para las raíces horizontales y menos para las verticales. Slowik (1966) utilizó paralelamente los dos métodos anteriormente dichos, pero sin comparar de manera precisa los resultados y la variación de los datos obtenidos.

### Materiales y métodos

El esquema de las excavaciones de raíces así como el diseño de tratamientos y diseño experimental se presentaron en el trabajo anterior (Ayala, Sadowski y Anaya, 1977).

Para la comparación de los métodos en el análisis de regresión y correlación se utilizó en un caso como variable independiente "x" los totales del número de raíces en los dos perfiles cercanos (30 + 70 ó 70 + 110 cm) y como variable dependiente "y" el peso de raíces que se sacaron entre los mismos perfiles (en las zonas de 30 a 70 a 110 cm); en el otro caso se tomó a "x" el total del número de raíces de los perfiles extremos (30 + 110 cm) y a "y" el total de peso de raíces en dos zonas, es decir desde 30 hasta 110 cm. Finalmente se calculó la correlación entre el número de raíces en el perfil central (70 cm) como variable independiente "x" y el peso total de raíces que se encontraron entre 30 y 110 cm del tronco como "y".

Se compararon las significancias de los efectos principales e interacciones de los diferentes factores para los diferentes índices de enraizamiento y los coeficientes de variación (CV), para cada índice y para cada tipo de error por separado. Sobre la base de los valores de CV'S obtenidos en este experimento se calculó por medio de la fórmula de Cochran y Cox (1974),  $r > 2(\frac{1}{n})^2 (t_1 + t_2)^2$ , el número de repeticiones necesario para obtener (con una probabilidad 80%) diferencias significativas de un orden expresado como por ciento de la media general, al nivel de significancia del 5%.

Además, con la finalidad de comparar la demanda de la labor, se registró el tiempo y número de personas empleadas en la realización de las labores de estudio de raíces por dos métodos diferentes.

### Resultados y Discusión

La correlación entre los datos obtenidos por dos métodos fue altamente significativa; los valores del coeficiente de correlación estuvieron en un rango de 0.65 a 0.80 (Cuadro 1). Esta correlación se encontró en todos los patrones en estudio y a diferentes distancias.



Cuadro 1. Coeficiente de correlación (r), entre las variables de raíces obtenidas por dos métodos diferentes.

Patrón	Total del número de raíces de los perfiles contra el peso			Número de raíces del perfil 70 cm contra el peso total de las dos excavaciones (30-110 cm)
	30-70 cm	70-110 cm	30-110 cm	
MM 111	.74	.67	.69	.70
M 7	.68	.74	.65	.77
M 26	.80	.65	.73	.71
(r) general	.76	.69	.70	.74

Las ecuaciones de regresión no variaron mucho dentro de cada pareja de variables comparadas; es decir, la regresión entre los valores obtenidos por dos métodos diferentes, siguió la tendencia similar para los tres patrones en estudio (Cuadro 2).

El análisis de varianza que se efectuó para las variables del peso y del número de raíces llevó a conclusiones semejantes en lo referente a la significancia de los efectos principales de los diferentes factores y las interacciones en estudio, excepto en la interacción patrón x orientación x profundidad, la cual fue significativa en el análisis del peso y no significativa en el análisis del número de raíces. (Cuadro 3).

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión; número de raíces (x) y peso (y) para los tres patrones y diferentes distancias del tronco.

Patrón	x = total del número de raíces de dos perfiles y = peso de raíces (g)			x = número de raíces del perfil 70 cm. y = peso de raíces de 30 a 110 cm.
	30 a 70 cm	70 a 110 cm	30 a 110 cm	
MM 111	$y = 0.085 + 0.071 x$	$y = 0.128 + 0.069 x$	$y = 0.332 + 0.118 x$	$y = 0.473 + 0.269 x$
M 7	$y = 0.060 + 0.093 x$	$y = 0.018 + 0.090 x$	$y = 0.725 + 0.134 x$	$y = 0.526 + 0.302 x$
M 26	$y = 0.095 + 0.094 x$	$y = 0.082 + 0.077 x$	$y = 0.073 + 0.167 x$	$y = 0.777 + 0.279 x$
General	$y = 0.18 + 0.088 x$	$y = 0.064 + 0.081 x$	$y = 0.331 + 0.143 x$	$y = 0.568 + 0.287 x$

Cabe mencionar que para estudiar la distribución vertical de raíces se usaron dos modos de expresión de los datos: en valores observados absolutos (gramos o número de raíces) y en valores relativos (por ciento de raíces por capas). Las significancias obtenidas en el análisis de porcentajes fueron similares a las significancias de los datos absolutos; con la única excepción de la interacción patrón x profundidad, la cual resultó significativa en el análisis del peso de raíces en gramos, pero no significativa en el análisis del mismo peso expresado en porcentaje.

Todos los índices de raíces mostraron una variación muy alta. Los valores de CV'S variaron entre 44 y 154% para diferentes variables y tipos de errores (Cuadro 4). Los coeficientes de variación más altos se observaron principalmente al nivel de parcela grande, es decir, en base al E<sub>a</sub> el cual se refiere a la comparación de los patrones y al nivel de parcela regular (E<sub>b</sub>- para la prueba de orientaciones) y la variación más baja se observó al nivel de parcela mediana (E<sub>c</sub>- factor distancias) y parcela chica (E<sub>a</sub>- factor profundidades). Los datos presentados en la forma del porcentaje de raíces por capas (profundidades), presentaron la variación casi igual a los de los valores absolutos (compare los CV'S para E<sub>d</sub> y E<sub>d</sub>).

Si comparamos en el mismo Cuadro 4 los valores de los CV'S para los diferentes métodos, se puede notar que una variación más alta la presentó la variable peso de raíces obtenido por el método de bloques y la menor, la variable total del número de raíces de dos perfiles del método de perfil.

En los Cuadros del 5 al 9 se presentan los números de repeticiones para obtener las diferencias significativas en las comparaciones de medias de los factores e interacciones que presentan el mayor interés en un estudio de raíces, calculados por la fórmula de Cochran y Cox.

De la aplicación de la fórmula citada resulta que para cualquier método de estudio de raíces se necesita un gran número de repeticiones; por ejemplo, para obtener diferencias de medias del factor profundidad, se necesitan de 34 a 103 repeticiones significativas del orden del 30% en la comparación

(para los coeficientes de variación de 44 a 77%); Cuadro 5. Sin embargo, esto es cierto para el caso cuando se haga sólo una excavación por árbol, en un experimento que no incluye la comparación de diferentes tratamientos. En el caso que se planea un experimento con un diseño igual al presente, entonces con 4 excavaciones por árbol (2- orientaciones x 22 distancias) y 3 tratamientos (p. ej. 3 patrones), cada media de profundidad para un árbol se compondrá de 12 observaciones. Por lo tanto, al nivel de parcela grande se necesitará número de repeticio-



Cuadro 3. Tabla de significancias de los efectos principales e interacciones de diferentes factores, para diferentes variables de raíces en estudio.

Factor de variación	Peso de raíces		Total del número de raíces de dos perfiles de una excavación	
	g	%	No.	%
Patrones (P)	*		**	
Orientaciones (O)	n.s.		n.s.	
P × O	n.s.		n.s.	
Distancias (D)	**		**	
P × D	n.s.		n.s.	
O × D	n.s.		n.s.	
P × O × D	n.s.		n.s.	
Profundidades (Pr)	**	**	**	**
P × Pr	*	n.s.	*	*
O × Pr	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
D × Pr	**	**	**	**
P × O × Pr	*	*	n.s.	n.s.
P × D × Pr	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
O × D × Pr	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P × O × D × Pr	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

nes 12 veces menor (Cuadro 6). De los datos presentados en este cuadro se puede concluir: que para obtener (con una probabilidad de 80%) las diferencias significativas (al nivel de significancia del 5%) del orden del 30% de la media general, entre las medias de profundidades se necesitarán 3 repeticiones (árboles) para cada tratamiento en el caso del índice total número de raíces de dos perfiles expresado en porcentajes (CV = 44%), 4 repeticiones en caso del total número de raíces en números (CV = 47%), 8 repeticiones para el peso de raíces en porcentajes y 9 repeticiones en el caso del peso de raíces en gramos.

De manera semejante se calculó el número de repeticiones de la interacción profundidad x distancias (Cuadros 7 y 8). Los valores del número de repeticiones que se presentan en el primero, se obtuvieron como los cocientes de la división de los valores correspondientes del Cuadro 5 por el divisor 6 (3 tratamientos x 2 orientaciones) y los del Cuadro 8, utilizando el divisor 4 (2 orientaciones x 2 distancias). De los datos presentados en este cuadro se concluye que para la comparación de las medias de estas interacciones, se necesitará un número de repeticiones más alto o se deberá limitar a las diferencias significativas del orden de 40 ó 50% de la media general.

Se necesitará también un número de repeticiones bastante alto para la comparación de medias del factor distancias, es decir para un estudio de la distribución horizontal de raíces (Cuadro 9). Todo esto es cierto para un experimento que se realice bajo condiciones similares al presente, lo que implica una variación semejante.

Cuadro 4. Coeficientes de variación (CV) de los índices utilizados en el estudio, calculados en base de diferentes errores.

Error	Peso de raíces	Total del número de raíces de dos perfiles.
Ea -Patrones	154	75
Eb -Orientaciones	132	105
Ec -Distancias	70	61
Ed -Profundidades	77	47
Ed <sub>1</sub> -Profundidades (datos en %)	71	44

Cuadro 5. Número de repeticiones\* para la comparación entre los medios de profundidades; para el caso de un estudio de raíces sin tratamientos y con una sola excavación por árbol.

Diferencia (S) verdadera expresada en porcentaje de la media general	CV %							
	40	45	50	55	60	65	70	75
10	252	319	394	477	567	666	772	886
20	63	80	99	119	142	166	193	222
30	28	35	44	53	63	74	86	98
40	16	20	25	30	35	42	48	56
50	10	13	16	19	23	27	31	36

\*Prueba de significancia al nivel 5%, probabilidad 80%.

Cuadro 6. Número de repeticiones\* para la comparación entre las medias de profundidades en experimento con 3 tratamientos y cuatro excavaciones por árbol (2 orientaciones x 2 distancias).

Diferencia (S) verdadera expresada en porcentaje de la media general	CV %							
	40	45	50	55	60	65	70	75
10	28	36	44	54	64	75	87	99
20	21	27	33	40	48	56	65	74
30	6	7	9	10	12	14	17	19
40	3	3	4	5	6	7	8	9
50	2	2	3	3	3	4	4	5

\*Prueba de significancia al nivel 5%, probabilidad 80%.

Los trabajos que se llevaron a cabo para el estudio de raíces por dos métodos aparecen en el Cuadro 10. En el método de bloques se necesitaron 680 minutos (11 horas aproximadamente) de trabajo de una persona y en caso del método de perfil, solamente 280 minutos (4.6 horas). Según los resultados de este estudio, los valores obtenidos por los dos métodos estuvieron altamente correlacionados y



Cuadro 7. Número de repeticiones\* para la comparación entre las medias de **profundidad x distancia**; en experimento con 3 tratamientos y excavaciones en dos orientaciones a cada árbol.

Diferencia (\$) verdadera expresada en porcentaje de la media general	CV %							
	40	45	50	55	60	65	70	75
10	43	54	66	80	95	111	129	148
20	11	14	17	20	24	28	33	37
30	5	6	8	9	11	13	15	17
40	3	4	4	5	6	7	8	10
50	2	3	3	4	4	5	6	6

\*Prueba de significancia al nivel 5%, probabilidad 80%.

Cuadro 8. Número de repeticiones\* para la comparación entre las medias de la interacción **Profundidad x tratamiento**, en el caso de cuatro excavaciones por árbol.

Diferencia (\$) verdadera expresada en porcentaje de la media general	CV %							
	40	45	50	55	60	65	70	75
10	63	80	99	120	142	167	193	222
20	16	20	25	30	36	52	49	56
30	7	9	11	14	16	19	22	25
40	4	5	7	8	9	11	12	14
50	3	4	4	5	6	7	8	9

\*Prueba de significancia al nivel 5%, probabilidad 80%.

los análisis de los datos llevaron a conclusiones similares. Esto nos indica que se podría utilizar cualquiera de los dos métodos, cuando menos para un estudio de raíces de patrones clonales.

Se confirmaron las observaciones de otros autores (Sadowski, 1961; Slowik, 1966; Kolesnikov, 1971) que dicen que el método de perfil es menos laborioso que el método de bloques.

No obstante, contrario a la opinión común (Kolesnikov, 1971), de que los resultados obtenidos por el método de perfil son menos precisos, en este estudio se comprobó que los datos del método de perfil mostraron menor variación que los del método de bloques; lo cual indica mayor precisión e implica el uso de menor número de repeticiones. Por lo tanto, sería preferible utilizar el método de perfil en un estudio de patrones clonales de manzano. Al momento dado, esta consideración no se puede generalizar para otras especies y tipos de patrones, ya que se conoce

Cuadro 9. Número de repeticiones\* para la comparación entre las medias de distancias, en un experimento con 3 tratamientos y con excavaciones a 2 lados a cada árbol.

Diferencia (\$) verdadera expresada en porcentaje de la media general	CV %							
	40	45	50	55	60	65	70	75
10	46	58	71	86	102	120	139	160
20	12	15	18	22	26	30	35	40
30	5	7	8	10	12	14	16	18
40	3	4	5	6	7	8	9	10
50	2	3	3	4	4	5	6	7

\*Prueba de significancia al nivel 5%, probabilidad 80%.

que los patrones francos desarrollan un gran número de raíces verticales que no se cuantifican bien por el método de perfil (Kolesnikov 1971).

En la bibliografía revisada no se encontraron ningunas sugerencias en cuanto al número de repeticiones en estudio de raíces. De los resultados obtenidos en este trabajo se concluye que, debido a una variación muy alta de los datos, prácticamente no se pueden obtener diferencias significativas menores del 30% de la media general y en casos de la comparación de las medias de distancias o de las interacciones del factor profundidad con otros factores, hay que limitarse a las diferencias significativas del orden de 40 a 50%.

El número de repeticiones al nivel de parcela grande (árboles) depende del número de excavaciones por árbol, por lo tanto sería conveniente excavar las raíces a diferentes distancias y en diferentes orientaciones para aumentar el número de observaciones dentro del árbol y disminuir el número de árboles en estudio. Esto, además incrementará la cantidad de información obtenida y permitirá balancear el efecto de la orientación, el cual en algunas ocasiones puede ser significativo (Kvaratskheliya, 1925; Kolesnikov, 1971).

Los resultados obtenidos en este trabajo nos indican además, que para comparar la distribución vertical de raíces sería conveniente expresar el número o el peso de raíces en forma del porcentaje por capas del suelo. En caso de comparaciones de los sistemas radicales de diferente tamaño, la expresión de los datos en la forma relativa facilitará la eliminación de las diferencias aparentes.

### Conclusiones

1. El método de perfil, en el estudio de patrones clonales da resultados parecidos a los que se obtienen por el método de bloques.
2. Debido a la variación alta de los índices observados, en un estudio de raíces por cualquiera de los métodos, no se esperará obtener diferencias significativas.



Cuadro 10. Tiempo y número de personas empleadas en la realización de las labores de estudio de raíces por dos métodos diferentes.<sup>1</sup>

Distancia (cm)	Trabajo	Método de Bloques			Método de Perfil		
		minutos	personas	total personas min. x	minutos	personas	total personas min. x
70-110	Estacado e hilado del sector	15	2	30	15	2	30
	Excavación y separación de raíces	180	2	360	—	—	—
	Pesada de raíces	25	1	25	—	—	—
	Excavación sin separar raíces	—	—	—	85	1	85
	Escarbado y dibujo de los perfiles	—	—	—	95	1	95
	TOTAL	—	—	385	—	—	180
30-70	Excavación y separación de raíces	120	2	240	—	—	—
	Pesada de raíces	25	1	25	50	1	50
	Excavación sin separar raíces	—	—	—	55	1	55
	Escarbado y dibujo de los perfiles	—	—	—	—	—	—
	TOTAL	—	—	265	—	—	105
	Total para las dos distancias	—	—	680	—	—	280 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> para las dos distancias y una sola orientación

<sup>2</sup> del total de dos distancias se le disminuyó 35 minutos del escarbado y dibujo del perfil 70 cm., como el mismo perfil se utilizó para las dos zonas.

3. Cuando se utilizan los valores totales del número de raíces de dos perfiles de una excavación, la variación de los datos del método del perfil es menor que la del método de bloques; entonces, para el método de perfil se necesitará un menor número de repeticiones.
4. Por lo consiguiente y además por menor demanda de mano de obra para la aplicación del método de perfil, este método es más económico que el método de bloques.

#### Bibliografía

Ayala L., S. Sadoski A. y Anaya G. M. 1977. Estudio de la distribución radical de tres patrones diferentes de manzano (MM 111, M 7 y M 26), injertados con el cultivar "Rayada". Memorias del IX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Durango, Dgo., 1976.

Cochran, G. M. y Cox, G. M. 1974. Diseños experimentales. Ed. Trillas. México.

Dragavtsev, A. P. 1936. The root system of subtropical fruit plants growing in northern areas (en ruso). Trudy Sochinskoy Opytnoy Stantsii Subtrop. y Yuzhn. Plodovyykh Kultur, 10.

Kvaratskheliya, T. K. 1925. Development of the root system of fruit plants (en ucraniano). Vistnik sadivnitstva ta Gorodnichestva, 8-9.

Kolesnikov, V. A. 1971. The root system of Fruit Plants. Mir Publishers, Moscow.

Oskamp, J. y Batjer, L. P. 1932. Soils in relation to Fruit growing in New York. Part II. Size, production and rooting habit of apple trees on different soil types in the Hilton and Morton areas, Monroe Country. Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Bull. 550.

Rogers, W S. y Vyvyan, M. 1934. Root studies. V. Rootstocks and soil effects on apple root systems. Jour. Pom. Hort. Sci., 12:110-150.

Rubin, S. S. 1953. The root system of fruit plants (en ruso) Sbornik Nauch. Tr. Umanskogo Selskokhoz. Inst. II.

Sadowski, A. 1961. Effectiveness of different methods of plowing prior to planting under conditions of Moscow region. Izvestiya Timiriazevskoy Selskokhoziaystvennoy Akademii, (6):73-85.

Shitt, P. G. 1958. Ucheniye o roste y razvitii plodovyykh rasteniy. Selkhozgiz, Moskva.

Slowik, T. 1966. The relation between the soil, and the growth and root development of apple trees under the conditions of Grojec and Piaseczno counties (Central Poland). Prace Inst. Sad. Skierniewice, Poland, 10:165-194.



