EVALUACION DE LOS RECURSOS EDAFOLOGICOS DE LA CUENCA BAJA DEL RIO CHOLUTECA, HONDURAS

Tesis de Grado de "Magister Scientiae"

Mario Ramón Morillo Zúñiga

Programa de Recursos para el Desarrollo

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Setiembre de 1967

EVALUACION DE LOS RECURSOS EDAFOLOGICOS DE LA CUENCA BAJA DEL RIO CHOLUTECA, HONDURAS

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados como
requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA: _____ Consejero
H. W. Fassbender, Ph.D.

_____ Comité
E. Bornemisza, Ph.D.

_____ Comité
A. J. Valle, M.S.

_____ Comité
F. Maldonado, Ing.Agr.

Setiembre de 1967

A mi Madre

A la memoria de mi Padre

A mis hermanos

A mi esposa y nuestro
hijo Alejandro

DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR

Mario Ramón Morillo Zúñiga nació en la ciudad de Tegucigalpa, Honduras, en el año de 1941.

Cursó estudios secundarios en la ciudad de Tegucigalpa, en el Instituto Salesiano San Miguel y en el Instituto Central.

Realizó los estudios universitarios en la Universidad Rural del Brasil, donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en diciembre de 1961.

Desde enero de 1962, ingresó en el Ministerio de Recursos Naturales de Honduras, habiendo desempeñado los siguientes cargos:

Jefe Sección de Entomología y Fitopatología

Jefe Departamento de Sanidad Vegetal

Director General de Agricultura y Ganadería

Becado por el Ministerio de Recursos Naturales de Honduras y la Misión AID/Honduras, ingresó en la escuela para graduados del IICA en octubre de 1965, quedando inscrito en el Programa de Recursos para el Desarrollo.

En el mes de setiembre de 1967 presentó su examen de grado.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea dejar constancia de sus sinceros agradecimientos al Consejero Principal, Dr. Hans W. Fassbender, por su valiosa ayuda y acertada dirección que hicieron posible la culminación de este trabajo.

A los Srs. E. Bornemisza, Ph.D., A. J. Valle, M.S., F. Maldonado, Ing. Agr., miembros del Comité Consejero, por sus valiosas sugerencias, lo mismo que al Dr. A. Pinchinat por su desinteresada y eficaz colaboración.

Al Ministerio de Recursos Naturales de Honduras y a la Misión AID/Honduras, quienes con su ayuda económica hicieron posible la realización de los estudios de posgrado.

Al Sr. A. Rivera H., Director General de Agricultura y Ganadería del Ministerio de Recursos Naturales de Honduras y al personal del Departamento de Suelos de la Dirección General de Agricultura y Ganadería por el eficaz apoyo brindado durante las etapas de gabinete y de campo.

A los compañeros de estudio y al personal del laboratorio de Suelos del IICA que en una u otra forma le prestaron su gentil colaboración.

CONTENIDO

INTRODUCCION

La planificación del desarrollo de una región requiere el conocimiento adecuado y la evaluación posterior de sus recursos naturales (2).

Si se acepta la tesis de que la finalidad fundamental del uso de los recursos del suelo, debe ser el mantenimiento del nivel de vida más alto posible para la nación que los posee, se puede decir que estos constituyen uno de los principales recursos físicos, representando para sus habitantes un "tesoro básico" (98). Si se considera que en la agricultura todos los caminos conducen al suelo, el estudio de este recurso se reviste aun de mayor importancia sobretodo en aquellos países donde la gran mayoría de la población económicamente activa se dedica a faenas agrícolas.

Aun cuando poco es lo que se conoce sobre los suelos hondureños, existe un acuerdo general en calificar a los mismos como factor desfavorable para el trabajo y la vida humana debido a su baja calidad (93).

Considerando que una evaluación de la capacidad productiva de los suelos constituye información muy útil tanto para futuros trabajos conexos de investigación como para una mejor planificación de las actividades agropecuarias, se ha programado y conducido este trabajo cuya finalidad es la de estudiar y evaluar en sus potencialidades productivas los suelos de la cuenca baja del río Choluteca, localizada en la Región Sur de la República de Honduras.

El trabajo se ha planteado en diferentes niveles. En primer lugar se estudiaron y describieron algunos recursos físicos del área así como los suelos presentes en la cuenca. Considerando las

propiedades físicas y químicas del suelo como determinantes en su capacidad para retener y suministrar los nutrimentos a las plantas que crecen en él, se analizaron bajo condiciones de laboratorio y de invernadero esas características en las diez series de suelos cartografiadas en la cuenca de estudio. Dada la magnitud de estos estudios, no se consideraron los subsuelos de dichas series.

Debido a que en suelos tropicales el fósforo constituye un factor limitante en la productividad de los mismos, su estudio ha constituído motivo de especial atención por parte de numerosos investigadores. Además, se ha mostrado deficiente en muchos suelos hondureños (50) por lo que se hizo necesario un análisis más minucioso de este nutrimento en los suelos de la cuenca.

Las actividades de campo fueron ejecutadas durante los meses de enero y febrero de 1967, coincidiendo con la estación seca del área. Los trabajos de laboratorio e invernadero se realizaron durante los meses de marzo a julio del mismo año, en el Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la Organización de Estados Americanos.

DESCRIPCION DEL AREA

1. Localización geográfica

El área física de la zona de estudio está constituída por la cuenca hidrográfica del río Choluteca a partir de su confluencia con el río Orocuina. Esta área se encuentra situada entre los paralelos 13º 00' y 13º 30' latitud Norte y los meridianos 87º 00' y 87º 30' de longitud Oeste.

Políticamente pertenece al departamento de Choluteca de la República de Honduras y de acuerdo con la división geoeconómica de este país, el área se encuentra comprendida dentro de la zona Choluteca Baja, Sub Región Choluteca de la Región Sur (93).

2. Clima

El clima de la cuenca es tropical lluvioso y seco (2). Las temperaturas promedio mensuales se mantienen constantemente por arriba de los 25º C, con pequeñas oscilaciones estacionales; la precipitación, aunque variable dentro de la cuenca, alcanza cerca de los 1.600 mm de lluvia anual.

Existen dos estaciones meteorológicas dentro del área en estudio, cuyos registros de temperatura y precipitación aparecen en el cuadro Nº 1. De acuerdo con estos datos, el promedio anual de temperatura para la Estación de Choluteca, prácticamente en el centro de la cuenca, es de 28,6º C y para la Estación de Los Encuentros, al Norte de la misma, de 28,7º C. En ambas Estaciones, dichas temperaturas son prácticamente estables a lo largo del año, ocurriendo

CUADRO Nº 1. Datos meteorológicos* para las estaciones de Choluteca y Los Encuentros, y cálculo de la evapotranspiración potencial.

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Agt.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura promedia (en ºC)													
Choluteca	28,4	29,3	30,7	30,8	30,1	27,8	28,4	28,1	27,4	27,3	27,3	27,8	28,6
Los Encuentros	27,4	28,1	28,7	29,4	29,4	28,2	28,8	28,5	29,3	27,9	28,7	28,7	28,7
Precipitación (en mm)													
Choluteca	0	4	10	50	271	381	206	232	418	354	44	6	1.976
Los Encuentros	0	12	5	10	191	129	23	55	186	179	11	2	808
Evapotranspiración potencial (en mm)**													
Choluteca	139	144	151	151	148	137	140	138	135	134	134	137	1.688
Los Encuentros	135	138	141	144	144	139	141	140	144	137	141	141	1.685
Exceso de lluvia (en mm)													
Choluteca	-139	-140	-141	-101	123	244	66	94	283	220	-90	-131	288
Los Encuentros	-135	-126	-136	-134	47	-10	-118	-85	42	42	-130	-139	-887

* Fuente: Honduras. Servicio meteorológico nacional. Almanaque hondureño. 1966.

** Calculada mediante la fórmula de Holdridge, E = 4,91 x TºC.

una oscilación máxima de 3,5º C entre la temperatura del mes más cálido (abril) y la del más frío (generalmente octubre), siendo ampliamente superada por las oscilaciones de las temperaturas diarias.

La precipitación anual que como ya se dijo anteriormente varía dentro de la cuenca, es de 1.976 mm para Choluteca y de 808 mm para Los Encuentros. Esta aumenta hasta los 2.200 mm en la zona costera y disminuye a 600 mm en la parte alta de la cuenca (52). Sin embargo, dichas precipitaciones se distribuyen en toda la cuenca de manera semejante, esto es, a lo largo de una estación lluviosa o invierno que se extiende de mayo a octubre, inclusive, correspondiendo los meses restantes a la estación seca o verano.

Dentro del período lluvioso ocurre una disminución relativa de la precipitación en torno a los meses de julio y agosto (meses de "veranillo"), así como un aumento de la misma en los meses de septiembre y octubre (meses de "temporal"), período en que llega a caer más de 40 por ciento de la precipitación anual.

De acuerdo con Aubreville (8), los datos meteorológicos anteriores corresponden a un índice pluviométrico° Is igual a 6-2-4 para Choluteca y 4-1-7 para los Encuentros.

Para una mejor perspectiva del clima de la zona, en la figura Nº 1 aparecen los climadiagramas correspondientes a las dos Estaciones dentro del área, elaborados de acuerdo con la técnica de representación de Walter y Lieth (107).

° Indice de estación pluviométrica, según Aubreville (8). Las tres cifras indican: la primera, el número de meses con más de 100 mm de lluvia, meses muy lluviosos; la segunda el número de meses con promedios menores de 100 mm y mayores de 30 mm, meses intermedios; y la tercera, meses con menos de 30 mm, meses eco-secos.

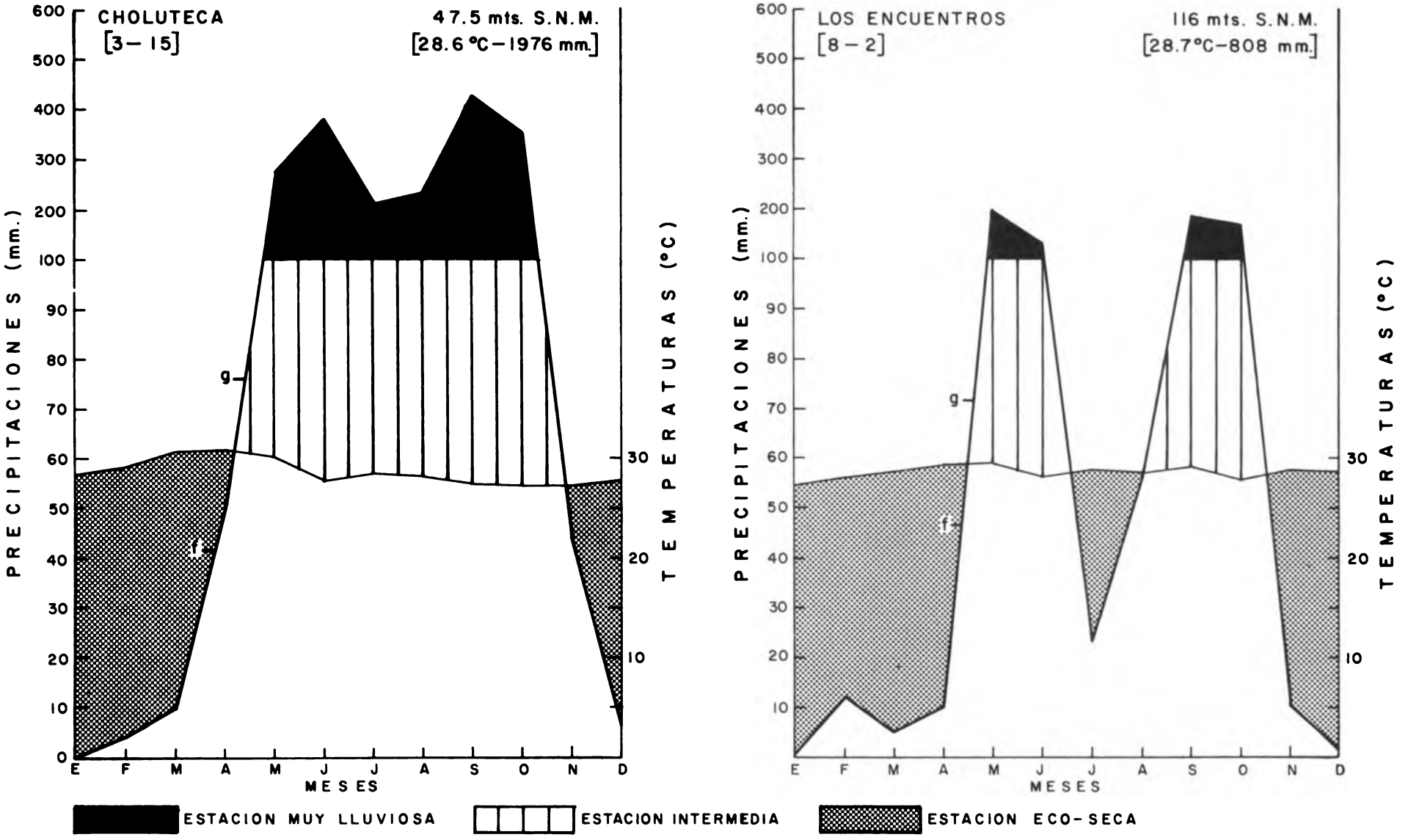


FIGURA N°1.- CLIMADIAGRAMAS DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS EXISTENTES DENTRO DE LA CUENCA.-

3. Geología

En la carta geológica de Centro América de Robert e Irving (85) la zona montañosa ha sido cartografiada como constituída por rocas piroclásticas y otras rocas volcánicas del Cuaternario reciente o de fines del Terciario. Las colinas más próximas a la costa aparecen como rocas dacíticas piroclásticas del Cuaternario.

Según estos mismos autores, la parte del valle y de la llanura costanera están constituídas por rocas sedimentarias del Cuaternario, incluyendo materiales aluviales terrestres y depósitos fluviales y marinos a lo largo del río y de la costa.

De acuerdo con el Informe de la Misión 105 (93), la composición geológica de la llanura costanera del área en estudio corresponde a viejas terrazas marinas, que han estado expuestas a levantamientos tectónicos desde el período Pleistocénico, así como al depósito de materiales aluviales arrastrados por los ríos.

Los suelos aluviales presentes se formaron a partir de materiales erosionados y transportados por corrientes de agua provenientes de las colinas y de las montañas altas, que se depositaron al disminuir la pendiente a medida que tales corrientes se acercaban al mar formando los deltas y la llanura costanera (96).

4. Relieve

En la parte superior de la cuenca se encuentran dos aspectos morfológicos principales: la terraza baja de inundación o vega del río y las faldas de las colinas adyacentes con pendientes hasta de

30 por ciento o mayores (96).

En la parte inferior se encuentra la llanura costanera, donde las pendientes fuertes prácticamente desaparecen limitándose a las pequeñas colinas que en forma aislada ocurren en número reducido dentro de dicha llanura. Aquí predominan otros dos aspectos morfológicos: el plano o terraza de inundación y una terraza alta, cerca de 10 a 15 metros arriba de la anterior. La primera es plana, siendo que el único accidente que interrumpe el paisaje lo constituyen los cauces antiguos abandonados del río. La terraza alta, geológicamente más vieja, se extiende desde el límite externo del plano inundable hasta el pie de las colinas que limitan la cuenca; de mayor pendiente que la anterior ha sido más intensamente erosionada por el drenaje superficial lateral del río (96).

5. Vegetación y uso de la tierra

El régimen de temperatura y precipitación anteriormente descrito, la relación entre la evapotranspiración potencial y la precipitación que gira alrededor de la unidad (ver cuadro Nº 1 y Fig. Nº 2) y la altitud de la zona, en su mayor parte abajo de los 500 metros, colocan al área de estudio, según el Sistema de Clasificación de las zonas de Vida Natural propuesto por Holdridge (54) dentro de la formación bosque seco tropical.

La asociación vegetativa presente es un bosque alto, constituído en su gran mayoría por especies que pierden sus hojas en la estación seca, entre las cuales se encuentran: *Cochlospermum vitifolium*, *Swietenia humilis*, *Cassia grandis*, *Byrsonima crassifolia*,

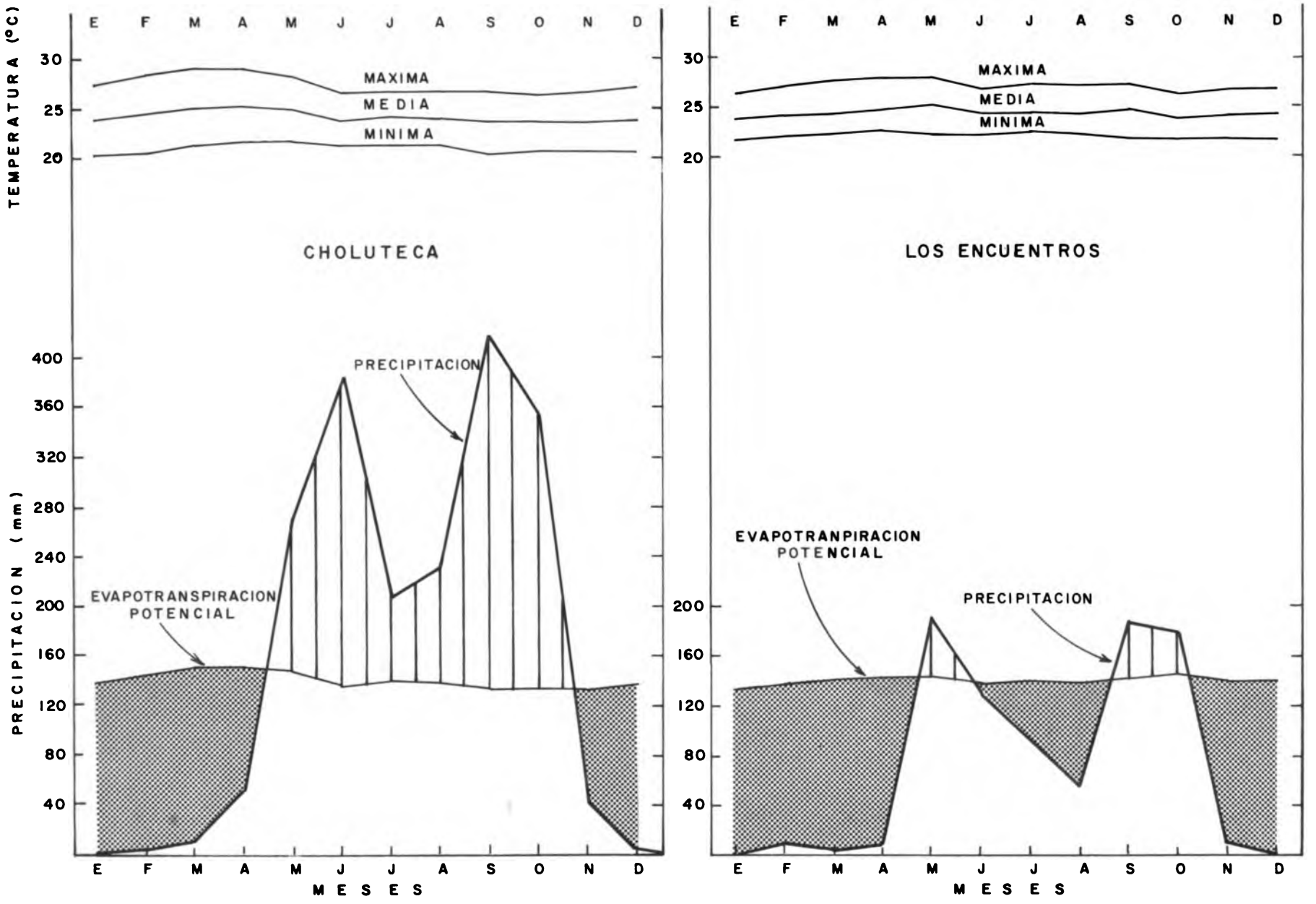


FIGURA N°2.- DIAGRAMAS DE LA TEMPERATURA, PRECIPITACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL PARA LAS DOS ESTACIONES METEOROLOGICAS DENTRO DE LA CUENCA.-

Enterolobium cyclocarpum (93) y *Crescentia cujete*.

Según el mapa preliminar de Clasificación Forestal del Gobierno de Honduras (53) el área dentro de la cuenca se encuentra actualmente dedicada en su gran mayoría a actividades agropecuarias, predominando el cultivo del algodón, caña de azúcar, maíz y pastos.

REVISION DE LITERATURA

1. Los inventarios de recursos físicos

El inventario y la evaluación de los recursos disponibles es un requisito indispensable para la planificación del desarrollo (2, 94, 95, 101). Sin esta información básica no se puede encarar un ordenamiento factible de ser realizado exitosamente (101).

Dentro de los recursos físicos, la mayoría de los inventarios contemplan los aspectos: Clima, Vegetación, Geología y Fisiografía como información útil complementaria, en cuanto que las recomendaciones de uso para el área en estudio se formulan principalmente en base a la calidad de los suelos inventariados (95). Estos últimos reciben especial atención y estudio, siendo descritos tanto en sus aspectos pedológicos como en sus capacidades de producción (94).

2. Evaluación de la fertilidad de los suelos

Estudios sobre este tópico vienen siendo realizados desde el momento en que se reconoció que los suelos constituyen la fuente de suministro de los nutrimentos minerales de las plantas (77). En la actualidad, trabajos de esta naturaleza son considerados como complemento obligatorio del levantamiento pedológico de los predios agrícolas (40).

Los métodos utilizados para determinar las necesidades de fertilizantes de los suelos son numerosos y de naturaleza diversa. Varios autores (42, 67, 73) han presentado revisiones detalladas sobre los mismos, incluyendo entre ellos la experimentación de campo,

la interpretación de síntomas de deficiencias, el análisis foliar y de tejidos, el análisis biológico, los análisis químicos y la experimentación en macetas. De estos, los dos últimos serán objeto de una exposición más detallada por haber sido utilizados en el presente trabajo.

2.1. Análisis químico de los suelos

Los trabajos de investigación en sus diferentes líneas requieren de la caracterización adecuada de los suelos en los cuales se conducen los experimentos, estén estos últimos relacionados o no con problemas de fertilidad (24). Además, los sistemas modernos de clasificación echan mano de los datos de laboratorio para la descripción detallada de los perfiles genéticos (99).

Como método para evaluar la fertilidad de los suelos, los primeros esfuerzos fueron encaminados a la determinación de las cantidades totales de los nutrimentos en el suelo. Sin embargo, muy pronto se observó que los resultados así obtenidos eran generalmente mayores a las cantidades aprovechables por las plantas, surgiendo así el concepto de la "disponibilidad" y la utilización de soluciones extractoras que se creía retiraban del suelo las mismas cantidades de nutrimentos extraídas por las plantas. La evolución de estos trabajos ha conducido a los actuales análisis rápidos del suelo, que aunque útiles para la recomendación de fertilizantes, están sujetos a considerables limitaciones (77).

2.2. Experimentos en macetas

De acuerdo con Vandecaveye (100), la experimentación en macetas para investigaciones en la fertilidad de los suelos fue iniciada por Boussingault en 1838 pero fue con los trabajos de Mitscherlich que el método entró en una etapa cuantitativa bajo condiciones cuidadosamente controladas.

Posteriormente a Mitscherlich, gran número de investigadores han introducido modificaciones a este método, sobresaliendo la de Jenny (60) quien utilizó la lechuga como planta indicadora y la de Stephenson y Schuster (88) quienes utilizaron la planta de girasol. Además de cambios en la planta indicadora, también ha variado la forma y tamaño de las macetas, el volumen o peso del suelo, las fuentes y métodos de aplicación de los nutrimentos, la representación y análisis de los resultados etc., de acuerdo con los puntos de vista de los diferentes investigadores.

La literatura disponibles sobre experimentos en macetas bajo condiciones de invernadero es numerosa (12, 26, 61, 68, 103, 104). En la bibliografía especializada de Latinoamérica también se han encontrado referencias sobre el empleo de este método en la evaluación de la fertilidad de los suelos, algunas de las cuales se revisan a continuación.

Jenny y colaboradores (62) investigando la capacidad de producción de varios suelos colombianos, encontraron que el P era el nutrimento más deficiente, el K no era limitante en la gran mayoría de los suelos, mientras que el N ocupaba una posición intermedia.

Correa (27) encontró marcadas deficiencias de P en diversos suelos de Colombia, investigados mediante ensayos en macetas en condiciones controladas.

Hardy y Harper (47), Hardy y Jordan (48), Hardy y colaboradores (46) y Hardy (43) utilizando el método de experimentos en macetas complementado por análisis químicos, estudiaron la fertilidad de los suelos de Trinidad y el estado del P en los mismos, nutrimento éste que se había revelado deficiente en la mayoría de las unidades investigadas. Recientemente, Hardy y Bazán (45) emplearon los mismos procedimientos para determinar la fertilidad de numerosos suelos de Costa Rica.

Gargantini (40) investigando la fertilidad de diversos suelos del Brasil, encontró que el P era el nutrimento limitante en la mayoría de las series analizadas.

Mc Clung y colaboradores (75) condujeron ensayos de fertilidad en seis suelos de sabana del Brasil mediante experimentos en macetas y análisis químico del suelo y de las plantas. Los resultados también mostraron una deficiencia generalizada del fósforo.

Mc Clung y colaboradores (74) analizaron la respuesta a las aplicaciones de S en varios suelos de la meseta central del Brasil reportando que bajo condiciones de cultivo intensivo, el azufre era deficiente en la capa superficial y menos deficiente en los subsuelos.

Lott y colaboradores (71) investigaron el estado del azufre en plantas de café creciendo en macetas, verificando que la aplicación de este nutrimento al suelo repercutió en un mayor crecimiento de

las plantas y contenido de sulfatos en las hojas.

Mediante experimentos en macetas, Igue y Schmidt (57) determinaron la fertilidad de algunos suelos del Brasil, encontrando que la acidez elevada y el bajo contenido en nutrimentos eran responsables de las bajas producciones obtenidas en los suelos analizados.

Blanco y colaboradores (13) investigaron la fertilidad de los suelos del valle del río Paraiba, en Brasil, y reportaron una amplia variación en la capacidad productiva de los mismos, revelándose el N como el principal nutrimento limitante de la producción.

A través de ensayos de macetas en condiciones de invernadero se han conducido estudios sobre la fertilidad de suelos de Chile (23) verificando deficiencias marcadas en P y menores en K, mientras que el S ocupó una oposición intermedia entre ambos nutrimentos.

Estudiando la capacidad de producción de cuatro tipos de suelos de Costa Rica, Flor (36) encontró que el N y el K eran deficientes en todos ellos, mientras que el P se mostraba en niveles adecuados para el desarrollo de las plantas. También reportó que el tomate se había revelado como planta indicadora más sensitiva a las deficiencias minerales que el arroz.

Müller (78), mediante experimentos en macetas y trabajando con suelos de El Salvador, encontró deficiencias marcadas de azufre, considerando que la misma deficiencia es factible de manifestarse en otros países de Centro América con igual origen geológico.

Otros investigadores han estudiado los factores relacionados con el rendimiento, absorción de elementos nutritivos por las

plantas y la variabilidad de los resultados obtenidos por medio de experimentos en macetas, correlacionando estos últimos con los experimentos de campo.

Armiger y colaboradores (6) investigaron el efecto del tamaño y tipo de maceta sobre la precisión de los resultados obtenidos en condiciones de invernadero, encontrando que las macetas de 1/4 de galón condujeron a los mayores coeficientes de variación, aunque no verificaron ninguna relación definida entre la precisión del ensayo y el tamaño de las macetas. Armiger y Fried (7) al relacionar el efecto del tamaño y forma de las macetas con el rendimiento y absorción de P por las plantas, comunicaron que con los recipientes menores se obtuvieron mayores cosechas y absorción de fósforo y que para un mismo tipo de macetas, aquéllas con mayor área superficial condujeron a las mayores producciones de materia seca.

Hausenbuiller y Weaver (49) verificaron que los ensayos de invernadero correlacionaron estrechamente con los ensayos de campo, en pruebas de fertilizaciones fosfatadas. Los resultados obtenidos con el primer método eran generalmente más altos como consecuencia de restringir el desarrollo de las raíces a un volumen limitado de suelo, aumentando en esta forma la dependencia del fertilizante como fuente de P. Sin embargo existen también informes con resultados contrarios (42).

Las razones para la amplia aceptación que ha tenido la experimentación en macetas en condiciones de invernadero, tiene su origen en las ventajas que presenta sobre la investigación de campo. De acuerdo con diversos autores (42, 77) estas ventajas pueden resumir

se en los siguientes puntos:

1. Posibilita un mejor control sobre las condiciones climáticas, así como de las plagas y enfermedades de las plantas.
2. Los costos son más bajos.
3. Permite detectar diferencias más pequeñas entre tratamientos, ya que las respuestas son generalmente más grandes.
4. El tiempo de experimentación es más corto, permitiendo el estudio de un mayor número de suelos.
5. Posibilita la comparación de un mayor número de tratamientos y,
6. El número de repeticiones que se pueden realizar es más alto.

Por consiguiente es de esperarse que, no obstante las críticas contra el método (42), el ensayo en macetas continuará siendo utilizado intensamente en estudios de la fertilidad de los suelos.

3. El fósforo en el suelo

El estudio del fósforo en el suelo ha constituído motivo de especial atención tanto para pedólogos como para químicos de suelo y agrónomos.

Los primeros han observado el papel desempeñado por este elemento en la evolución genética de los suelos y las transformaciones por las cuales pasa, a medida que los suelos sufren cambios progresivos en su desarrollo.

Los químicos de suelo se han preocupado especialmente por la caracterización adecuada de las formas y fracciones de los fosfatos

y por la determinación de las transformaciones a que están sujetas en el suelo.

Los agrónomos por su parte, al encontrar que no obstante la proporción relativamente alta en que ocurre en el suelo es en muchos casos el elemento nutritivo limitante de la producción en extensas zonas bajo cultivo (73, 86) han canalizado sus esfuerzos hacia la determinación del fósforo "disponible" y la respuesta de las plantas a la aplicación de fertilizantes fosfatados.

3.1. Formas de los fosfatos y su importancia

Los fosfatos del suelo pueden ser divididos en dos formas principales: una orgánica e inorgánica la otra.

La parte orgánica está constituída entre otros compuestos por los fosfolípidos, los ácidos nucleicos y por derivados de la fitina, de los cuales la última fracción es sin lugar a duda la más importante por representar la mayor fracción en gran número de suelos (14).

La forma inorgánica incluye principalmente los fosfatos cálcicos, de manera especial el apatito y sus formas fluoradas, hidratadas e hidroxidadas y los fosfatos complejos alumínicos y férricos del tipo de la variscita y estrengita (34).

La predominancia de una u otra forma y por consiguiente la importancia dentro de los suelos es variable, dependiendo de factores físicos, químicos y biológicos. Consecuentemente, su determinación ha sido objeto de constante interés por parte de diversos investigadores, cuyos esfuerzos han facilitado el estudio de las formas responsables en la nutrición vegetal y el destino de los fosfatos apli

cados como fertilizantes.

3.1.1. Fosfatos orgánicos

La importancia de la fracción de fosfatos orgánicos reside en la alta proporción en que ocurre en muchos suelos, en que parte de la misma es hasta cierto grado directamente disponible a las plantas y en la resistencia que ofrece a la lixiviación (14). En una revisión reciente de la literatura, Bornemisza (14) indica que la colaboración de los fosfatos orgánicos en los fosfatos totales varía entre 6 por ciento y 85 por ciento. Awan (9), en Honduras, encontró que la mayor parte del fósforo potencialmente disponible en los suelos estudiados se encontraba en forma orgánica y que el encalado aumentaba la eficiencia de las fertilizaciones fosfatadas al liberar el P encerrado en esa forma. Walker (106) reporta que en muchos suelos, la respuesta a las fertilizaciones fosfatadas depende del contenido del P orgánico de los suelos. Resultados semejantes fueron encontrados por otros investigadores, como Friend y Birch (38) en Africa Occidental y Smith y Acquaye (87) en Ghana.

3.1.2. Fosfatos inorgánicos

La atención que se dedica a los fosfatos inorgánicos es considerable. En la literatura se encuentran numerosas referencias sobre la determinación de las fracciones de fosfatos inorgánicos, su contribución en la nutrición vegetal, la determinación del fósforo "disponible" para las plantas, y los procesos de fijación y transformación de fertilizantes fosfatados en los suelos.

Chang y Jackson (18), desarrollaron una metodología para la

determinación fraccionada de los fosfatos inorgánicos, basada en la solubilidad selectiva de las diferentes fracciones en varios extractores. Este método, actualmente de uso difundido, ha permitido una descripción más adecuada del P inorgánico y sus fracciones.

Los mismos autores (19) consideran que la formación de las diferentes fracciones depende y por consiguiente son el reflejo, de diversas características del suelo como el grado de acidez, actividad catiónica, grado de meteorización química, etc.

Hsu y Jackson (56), estudiando las transformaciones del P inorgánico, encontraron que la predominancia de una y otra forma estaba condicionada en una gran parte al pH del suelo, predominando los fosfatos de hierro y de aluminio a pH ácido y los fosfatos de calcio a pH neutro.

Du Plesis y Du T. Burger (31) consideraron que el agrupamiento de los suelos según las fracciones predominantes, puede efectuarse en base a la acidez, usando el pH neutro como valor límite.

Chang y Juo (20) reconocen que el pH refleja indirectamente y hasta cierto punto la forma de distribución de los fosfatos inorgánicos en el suelo.

Entre los trabajos sobre la importancia de los diferentes fosfatos inorgánicos en la nutrición vegetal están los de Du Plesis y Du T. Burger (31), quienes encontraron que en los suelos donde predominaban los fosfatos de calcio las cantidades de P absorbidas por diferentes plantas correlacionaron con las fracciones de hierro y aluminio, mientras que en aquellos suelos donde predominaban los fosfatos de hierro y aluminio las correlaciones fueron mejores con

los fosfatos de calcio y aluminio.

Al-Abbas y Barber (3) indican que los fosfatos solubles en NH_4Cl y NaOH fueron los principales responsables de la nutrición de las plantas y en base a esta información desarrollaron un método para medir el P disponible, especialmente adaptado para los suelos estudiados.

En lo que respecta a la retención y transformación Alban y colaboradores (4) encontraron que el fósforo aplicado como fertilizante fue transformado a fosfatos de hierro y aluminio y que era fijado en la forma de fosfatos de hierro por los suelos de alta capacidad de retención mientras que en los de baja capacidad era retenido bajo la forma de fosfato de aluminio.

También Volk y McLean (105) y recientemente Fassbender (32), trabajando con suelos ácidos y utilizando ^{32}P encontraron alta capacidad de fijación y que esta ocurre preferentemente ligada al aluminio.

Chai y Caldwell (17) encontraron que la fijación del P en suelos de Minnesota ocurrió principalmente durante las primeras dos horas de reacción. Franklin y Reisenauer (37) comunicaron que la fijación de P fue mayor en los suelos ácidos y de baja saturación de bases y que no correlacionó con el contenido y tipo de arcillas.

3.2. Los fosfatos en la pedogénesis

En los párrafos anteriores se han discutido los factores que influyen en la presentación y predominancia de las diferentes formas de fosfatos en los suelos. Estos criterios han sido utilizados

igualmente en estudios pedogenéticos en los cuales el P se ha revelado de singular importancia a tal punto que Walker (106) lo considera como factor clave en el desarrollo del suelo.

Chang y Jackson (18, 19) además de desarrollar una metodología para determinar las fracciones del fósforo inorgánico, encontraron que la distribución de las mismas es un parámetro adecuado para la medición del grado de meteorización química de los suelos.

Dahnke y colaboradores (29) reportan que para suelos de El Salvador, las formas y fracciones del fósforo en los perfiles estudiados mantenían relaciones constantes y definidas con la clasificación de los mismos en grandes grupos. García (39) así como Fassbender (34) estudiaron los fosfatos de algunos suelos de México y Costa Rica respectivamente y discuten su grado de meteorización a base de esas determinaciones.

Westing y Buntley (108) a través del estudio del P inorgánico obtuvieron resultados semejantes a los autores arriba mencionados y concluyeron que el clima, considerado como factor regional, ejerce una influencia sobre la naturaleza química de los suelos mayor que la ejercida por el material parental considerado como factor local.

MATERIALES Y METODOS

Para el estudio de los problemas propuestos, se procedió en el laboratorio a trazar los linderos del área en estudio, viajando luego al campo para describir los suelos comprendidos dentro de la cuenca y tomar las respectivas muestras.

De regreso al laboratorio se procedió a un estudio de las características físico-químicas de cada muestra y al establecimiento de un ensayo de fertilidad llevado a cabo en el invernadero. Finalmente, el material vegetal proveniente de tal ensayo fue también analizado con el propósito de conocer el contenido de las plantas en los nutrimentos bajo estudio.

1. Delimitación del área física

Los límites de la cuenca se trazaron sobre hojas topográficas a escala 1:50.000, siguiendo las líneas divisorias de los cuerpos de drenaje y trazando los linderos por la cima de las mismas. Se incluyeron todos los afluentes tanto primarios como secundarios, así como la desembocadura y el cauce antiguo del río actualmente abandonados.

El área así delimitada fue reducida fotográficamente a una escala 1:100.000 pasando a constituir en esta forma el mapa base de la cuenca.

Para obtener el mapa de suelos de la misma, se transportaron los límites de la cuenca a la "Carta Agrológica de la Costa Sur de Honduras" (93) mediante el uso de un pantógrafo de precisión. La

medición de las superficies correspondientes a las distintas unidades de suelos que ocurren dentro de dicha cuenca se realizó mediante el empleo de un planímetro.

2. Trabajo de campo

Con la colaboración del personal técnico del Departamento de Suelos del Ministerio de Recursos Naturales de la República de Honduras, se determinaron áreas de muestreo para cada uno de los suelos presentes en la cuenca. Localizadas estas áreas en el terreno, se procedió a seleccionar el lugar de muestreo pasando luego a describir tanto el sitio como el perfil del suelo, este último en calicatas de aproximadamente un metro de superficie y profundidad variable. En estas descripciones se siguieron las instrucciones del Manual de Levantamiento de Suelos (97), habiéndose empleado en el campo la libreta de notas recomendada en dicho Manual. El suelo proveniente de los 15 cm superficiales fue colectado para los análisis de laboratorio y el ensayo en macetas.

3. Análisis del suelo

Las muestras tomadas fueron secadas al aire, desmenuzadas por medio de un rodillo de madera, pasadas por tamiz con malla de 2 mm y homogenizadas. Se siguió la técnica recomendada por Cline (25), Peech y Reed (82) y Reed (84).

De cada muestra total se separó por el método de cuarteo, una submuestra de aproximadamente 1 Kg de peso en la cual se efectuaron por duplicado las siguientes determinaciones:

3.1. Análisis granulométrico

Se determinó por el método de la pipeta, siguiendo en principio el método de Kilmer y Alexander (66). Se usó la pipeta para las fracciones de arcilla y limo, y se tamizó para las arenas gruesas. Las arenas finas fueron obtenidas por diferencia, por no contar con el tamiz apropiado.

Para la representación gráfica de los resultados se utilizó uno de los métodos recomendados por Day (30).

3.2. pH en H_2O y en $CaCl_2$ 0,01 M

Determinado potenciométricamente con electrodo de vidrio, en las relaciones suelo-líquido 1:2,5 y 1:2, respectivamente, según Peech (81).

3.3. Carbono orgánico

Por oxidación húmeda con dicromato de potasio y ácido sulfúrico y titulación con sulfato de hierro y amonio (Método de Walkley y Black), según Allison (5).

La materia orgánica se calculó multiplicando por 1,72 el contenido de carbono orgánico.

3.4. Nitrógeno total

Por el método Macro-Kjeldahl Regular, según Bremner (15).

3.5. Fósforo total

Por digestión de 100 mg de suelo con una mezcla de los ácidos

clorhídrico, nítrico y perclórico según Ulrich y colaboradores (92) modificado al no incluir el ácido sulfúrico en la mezcla digestora y posterior determinación del fósforo en el extracto por el método del azul molibdofosfórico obtenido por reducción con ácido cloroestannoso en sistema sulfúrico (58).

3.6. Fraccionamiento del fósforo inorgánico

Se siguió el método de Chang y Jackson (18) basado en la solubilidad selectiva, en diversos extractores, de las diferentes formas de los fosfatos inorgánicos en el suelo.

En la determinación de los fosfatos solubles en reductores se tomó en consideración el contenido en fósforo del agente oxidante según lo indicado por el certificado de análisis, en vista de que no fue posible el empleo de H_2O_2 libre de P y que determinaciones previas de este elemento en dicho reactivo arrojaron resultados muy cercanos al del certificado mencionado.

Se trabajó con un mínimo de tres repeticiones para obtener resultados más dignos de confianza.

La suma de las diversas fracciones constituyó el P inorgánico, habiendo sido calculado el P orgánico por diferencia entre el P total y el P inorgánico.

3.7. Retención de fosfatos

La capacidad de retención de fosfatos fue determinada por diferencia entre el P adicionado a los suelos en forma de solución de KH_2PO_4 y el P medido en el supernadante, después de agitar el siste

ma durante seis horas. Se siguió el método descrito por Fassbender e Igue (35), determinando el P colorimetricamente.

3.8. Capacidad de intercambio catiónico y bases cambiables

Se siguió el método de Jackson (58) para suelos calcáreos, introduciéndole ligeras modificaciones, que aparecen en el siguiente procedimiento:

Extracción de bases

Se pesa una cantidad adecuada de la muestra por analizar y se coloca en un vaso de precipitados de 150 ml; se le agregan 50 ml de una mezcla $BaCl_2$-Trietanolamina (TEA) 0,2 N y pH 8,2 y se dejan reaccionar durante 30 minutos bajo constante agitación. Se filtra la mezcla en embudo de Büchner bajo succión empleando papel filtro Wathman No. 42. Se lava el vaso de precipitados y el residuo con 100 ml de H_2O. El filtrado es transferido a un matraz aforado de 200 ml y llevado a volumen con H_2O, constituyendo esta solución el extracto de bases.

Determinación de bases cambiables

En el extracto anterior se determinó el Ca, Mg y K intercambiables por espectrofotometría de absorción atómica.

Determinación de la capacidad total de cambio

El residuo de la extracción de bases es lavado con 25 ml de $CaCl_2$ 1 N y pH 7, cinco veces. El exceso de $CaCl_2$ es retirado con lavados de 25 ml de acetona al 80 por ciento hasta que la reacción

de las aguas de lavado con $AgNO_3$ sea negativa para el AgCl. Se elimina el lavado y a continuación el calcio adsorbido es desplazado con cinco lavados de 25 ml de acetato de amonio normal y pH 7,0. Se retira el exceso del acetato de amonio con cuatro lavados de 20 ml de H_2O.

El filtrado es transferido a un matraz aforado de 500 ml y llevado a volumen.

La capacidad total de cambio fue calculada en base a las determinaciones del calcio adsorbido, por espectrofotometría de absorción atómica.

3.9. Azufre disponible

Extraíble con solución Morgan, según el método de Chesnin y Yin (22).

4. Experimento de invernadero

Fue realizado durante el período comprendido entre el 3 de marzo y el 21 de abril de 1967 en el Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica.

Las muestras de los suelos que se utilizaron en el experimento procedían de los 15 cm superficiales, correspondiendo aproximadamente a la capa arable del suelo.

Como planta indicadora se utilizó el tomate (*Lycopersicon esculentum* L. variedad "Turrialba") por responder a las deficiencias de un gran número de elementos nutritivos (26,36) y por su

ciclo vegetativo relativamente corto.

El invernadero, perteneciente al Departamento de Fitotecnia y Suelos, posee techo plástico y paredes de malla fina.

4.1. Diseño del experimento

Se utilizó el diseño de parcelas subdivididas, mediante el cual se estudiaron los factores fertilizantes y suelos agrupados en tres bloques o repeticiones y con distribución completamente al azar.

La unidad de observación estaba constituída por una maceta con seis plantas.

Habiéndose estudiado como se verá más adelante, ocho tratamientos de fertilizantes y diez series de suelos, el número de macetas por bloque o repetición fue 80 y el número total de macetas en el experimento de 240.

El análisis estadístico de los resultados siguió las normas de Gomes (41) y Le Clerg y colaboradores (70).

4.2. Tratamientos de fertilización estudiados

Se siguió el método del elemento faltante o substractivo, introducido por Hardy y Bazan (45) en estudios de fertilidad realizados en el Centro de Enseñanza e Investigación del IICA, en Turrialba.

El ensayo se limitó al estudio individual de los elementos nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, y en forma combinada al calcio más el magnesio y a una mezcla de los elementos menores: hierro, zinc, boro, molibdeno, cobre y manganeso. Esta última mezcla se

aplicó en forma adicional al tratamiento NPKS, Ca Mg resultando así los ocho tratamientos siguientes:

1. N P K S Ca Mg ---------- Elementos Mayores
2. O P K S Ca Mg ---------- Menos N
3. N O K S Ca Mg ---------- Menos P
4. N P O S Ca Mg ---------- Menos K
5. N P K O Ca Mg ---------- Menos S
6. N P K S O O ---------- Menos Ca Mg
7. N P K S Ca Mg Fe Zn B Mo Cu Mn ----- Elementos Mayores y Menores
8. O O O O O O ---------- Testigo

Para la aplicación de estos nutrimentos en forma de soluciones se procedió de la siguiente manera: De la solución madre y utilizando una pipeta, se trasladó a un vaso de precipitados la cantidad correspondiente (indicadas en el cuadro Nº 2); se añadieron 50 ml de agua desmineralizada, se agitó manualmente y se regó el suelo en la maceta con la dilución así preparada. En el caso del fósforo, la aplicación fue semejante pero practicada a una profundidad de cinco centímetros de la superficie original del suelo en la maceta.

En el cuadro Nº2 aparecen las dosificaciones aplicadas, tanto del nutrimento como de la fuente por hectárea y por maceta. Al mismo tiempo se indica la composición de las soluciones madres y las cantidades de estas soluciones aplicadas por maceta.

4.3. Suelos estudiados

Los suelos que se utilizaron en el ensayo de invernadero

CUADRO Nº 2. Nutrimentos y fuente de los mismos; dosis de aplicación del nutrimento y de la fuente por hectárea y por maceta; composición de las soluciones madres y cantidades aplicadas por maceta.

Nutrimento	Fuente del nutrimento	DOSIFICACIONES				SOLUCIONES MADRES	
		Del Nutrimento		De la Fuente		Gramos de la fuente por litro de solución	Mililitros de solución por maceta
		kg/ha	mg/maceta	kg/ha	mg/maceta		
N	NH_4NO_3	308,0	115,5	880,0	330,0	33,0	10
P	$NaH_2PO_4.H_2O$	349,1	130,9	1.555,5	583,3	58,3	10
K	KCl	383,1	143,7	730,4	273,9	27,4	10
S	$Na_2SO_4.10H_2O$	134,0	50,3	1.346,5	504,9	50,5	10
Fe	$FeC_6H_5O_7.3H_2O$	11,5	4,3	61,6	23,1	2,3	10
Mn	$MnSO_4.H_2O$	14,6	5,5	44,8	16,8	1,7	10
Zn	$ZnSO_4.7H_2O$	5,1	1,9	22,4	8,4	0,8	10
Cu	$CuSO_4.5H_2O$	1,1	0,4	4,5	1,7	0,2	10
B	$Na_2B_4O_7.10H_2O$	0,1	0,05	4,5	1,7	0,2	10
Mo	$Na_2MoO_4.2H_2O$	1,8	0,7	4,5	1,7	0,2	10
Ca	$CaCl_2$	500,0	187,5	1.384,6	520,7	52,1	10
Mg	$MgCl_2.6H_2O$	250,0	93,8	2.090,2	783,8	78,4	10

corresponden a las diez series que existen en la cuenca en estudio, según la Carta Agrológica de la Costa Sur de Honduras (93). Siete de ellos son de origen aluvial formados por la sedimentación de materiales arrastrados por el río, siendo los tres restantes formados "in situ" a partir de materiales volcánicos.

Los suelos fueron los siguientes:

A) Suelos de textura gruesa, bien drenados, sin diferenciación, desarrollados sobre materiales aluviales (AA).

B) Suelos de textura fina, bien drenados, sin diferenciación, desarrollados sobre materiales aluviales (AB).

C) Suelos de textura fina, mal drenados, sin diferenciación, desarrollados sobre materiales aluviales (AM).

D) Choluteca franco arenoso fino. Suelos mal drenados, desarrollados sobre materiales aluviales depositados bajo aguas poco profundas (CH).

E) Tapatoca Arcilla. Suelos mal drenados, desarrollados sobre materiales aluviales muy finos depositados bajo agua (Ta).

F) Suelos sin diferenciación, de textura variable, drenaje y forma compleja, desarrollados sobre materiales aluviales (AS).

G) Sampile Franco Arenoso. Suelos profundos desarrollados sobre terrazas arenosas o deltas (Sp).

H) Moropocay Franco Limoso. Suelos someros desarrollados sobre materiales máficos (Mr).

I) Papalon Franco Arenoso. Suelos someros muy pedregosos, desarrollados sobre tobas volcánicas de color claro (Pp).

J) Samaria Franco Limoso. Suelos someros desarrollados sobre tobas volcánicas duras de grano grueso y colores claros (Sm).

En el trabajo de revisión de las unidades cartografiadas que actualmente lleva a cabo el Departamento de Suelos de Honduras*, se están introduciendo algunas modificaciones que afectarán las unidades mencionadas anteriormente.

Así, el sitio de donde se tomó la muestra del Suelo Moropocay (Mr) aparecerá mapeado como perteneciendo a una nueva Serie: suelo Langue. Los sitios de muestreo de los suelos Tapatoca (Ta), Choluteca (Ch) y Sampile (Sp) serán reunidos bajo la denominación de "Suelos de los valles sin diferenciación", con especificaciones sobre textura, drenaje, pendiente y pedregosidad. Por otro lado, ciertas unidades que en la "Carta Agrológica" aparecen como suelos Papalon (Pp) y Langue (La) pasarán a la unidad Samaria. Es por esta última razón, además de su área relativamente pequeña, que se eliminó la unidad mapeada como suelo Langue (La) con una superficie de solo 70 has comprendida dentro del mapa base, la cual se incluyó dentro de la Serie Samaria que es donde aparecerá en la revisión actualmente en marcha.

---

* CASTELLANOS, V. y SIMMONS, C. S. (Comunicación personal). Revisión de las unidades mapeadas en la Carta Agrológica de la Costa Sur de Honduras. 1967.

4.4. Conducción del experimento

La capacidad de las macetas utilizadas era de 1/4 de galón americano. El fondo de las mismas fue perforado varias veces y cubierto con aproximadamente 150 g de grava diorítica (lavada con H Cl) para facilitar el drenaje.

Una vez realizado el sorteo para determinar el suelo y el tratamiento de fertilizantes que iría en cada maceta, se pesaron 750 g de suelo seco y cernido para cada una de ellas, procediendo luego con la aplicación de las soluciones nutritivas (conjunto de elementos nutritivos suministrados en solución acuosa). Colocada cada maceta sobre un platillo hondo de plástico, se pasó a regarlas tratando de establecer un equilibrio de los nutrimentos dentro de cada maceta.

Cinco días después de la aplicación de las soluciones nutritivas se sembraron 30 semillas de tomate en cada maceta; durante las tres semanas siguientes se ralearon gradualmente las plántulas hasta el número uniforme de seis por maceta.

Durante el período de crecimiento de las plantas se regó invariablemente con agua desmineralizada, tratando siempre de mantener la humedad en el suelo lo más cercana posible a la capacidad de campo.

Durante este mismo período se mantuvo una observación constante sobre el grado de desarrollo que iban alcanzando las plantas en cada maceta y sobre los síntomas foliares de deficiencias que presentaban las mismas, efectuándose cada tres semanas una evaluación ocular del estado del experimento.

Las plantas se cosecharon a la edad de siete semanas en bolsas de papel y fueron luego secadas en una estufa de circulación forzada a 85ºC durante 60 horas, procediendo después con las pesadas para obtener los datos del peso seco.

5. Análisis de las plantas

La materia seca proveniente de las tres macetas que habían recibido tratamientos idénticos fue pasada por un molino marca Wiley con malla 40 y mezcladas en un mismo recipiente de manera que formaron muestras compuestas.

Con material proveniente de estas muestras medias se efectuaron las siguientes determinaciones:

5.1. Nitrógeno

Por el método Micro-Kjeldahl, según Müller (78).

5.2. Fósforo, potasio, calcio y magnesio

Fueron determinados en alícuotas o diluciones del extracto proveniente de la digestión de 100 mg de muestra en una mezcla de los ácidos nítrico y perclórico en la proporción 5:1. Tal extracto fue preparado diluyendo el residuo de la digestión a 100 ml con H_2O.

5.2.1. Fósforo

Se siguió el método del azul molibdofosfórico obtenido por reducción con ácido cloroestannoso en un sistema sulfúrico (58).

5.2.2. Potasio, calcio y magnesio

Se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica en diluciones del extracto original.

RESULTADOS

Los resultados a presentarse se refieren tanto al ensayo de invernadero como a las características pedológicas, físicas y químicas de los suelos de la cuenca, además de las cantidades de elementos nutritivos absorbidos por la planta indicadora.

Para una exposición ordenada de los mismos fue necesario considerarlos separamente, siguiendo lo que se consideró como la secuencia más lógica y racional. En líneas generales, este orden de exposición es el mismo seguido en el capítulo de Materiales y Métodos.

1. Mapa base del área

Como resultado de la delimitación de la cuenca se obtuvo el mapa base que aparece en la página 37 en donde también se incluye su localización dentro de la República de Honduras.

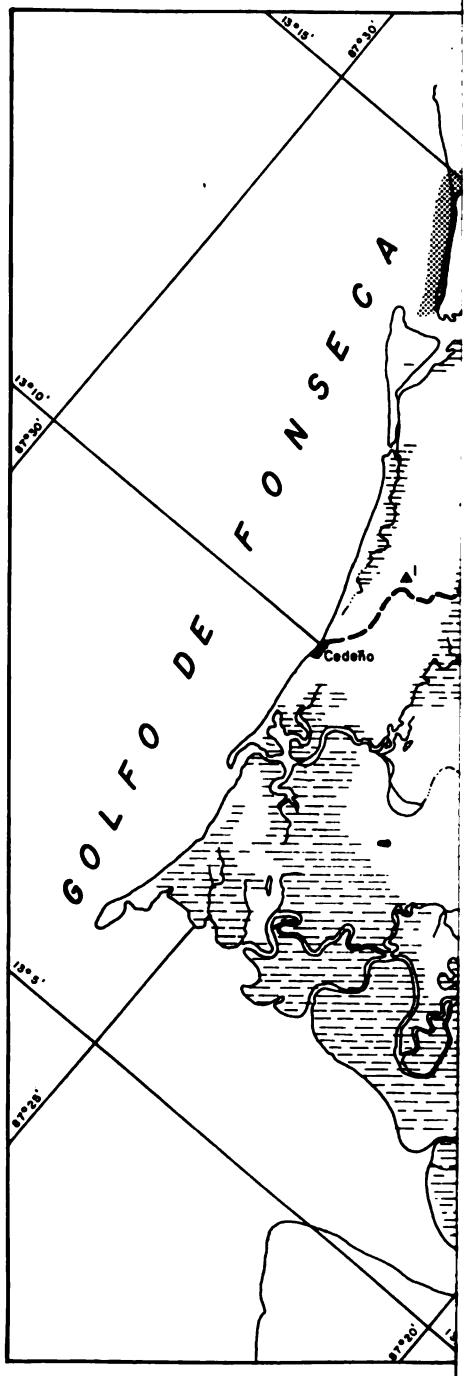
La superficie total de la misma fue de 677,3 Km^2, correspondiendo aproximadamente al 16 por ciento de la extensión del departamento de Choluteca dentro del cual ella se encuentra.

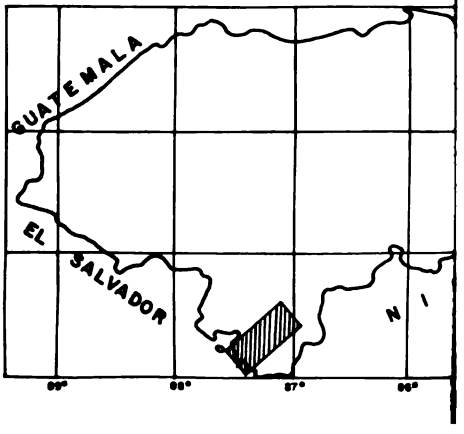
2. Descripción morfológica de las unidades

En el mapa de suelos de la página 38 se observa la distribución de las distintas unidades taxonómicas dentro de la cuenca, la superficie de cada una de ellas y la localización de los sitios de muestreo.

En él se puede apreciar que los suelos Mr y AB son los de distribución más amplia, ocupando conjuntamente más de la mitad del

CHOLUTECA, HONDURAS





ERTILI-DAD ATURAL	PROBLEMAS ESPECIALES DE MANEJO	USO RECOMENDADO	AREA (Has.)
ta	Ninguno	Cultivos intensivos con irrigación	900
ta	Mantención de friabilidad en la superficie, sujeto a inundaciones en muy pocos lugares	Cultivos intensivos con irrigación	13,500
IALES (RELIEVE PLANO)			
ta	Sujetos a encharcarse debido más bien a su falta de pendiente que a las crecidas del río	Cultivos intensivos con drenaje e irrigación	7,810
ALES (RELIEVE PLANO)			
derada	Roturación de sub-suelo, zonas gravosas caprichosas, y mejorar la friabilidad del sub-suelo	Pastos, cultivos bajos experimentación e irrigación	3,880
derada	Drenaje y aumento de la friabilidad en la superficie	Pastos, arroz, otros cultivos, experimentación e irrigación	7,538
VE PLANO)			
a o a	Drenaje, pedregosidad, sujeto a inundaciones, rápidas y caprichosas	Cultivos no permanentes y pastos. Requiere estudios más avanzados y levantamientos cartográficos más detallados	5,297
DOS			
lerada	Control de erosión	Cultivos propios del clima, a curva de nivel	530
O A FUERTE)			
erada	Pendientes muy fuertes	Bosques	20,765
	Pedregosidad y pendientes muy fuertes	Bosques	2,960
	Pendientes muy fuertes, pedregosidad	Bosques sobre terrenos de fuerte pendiente, cultivos permanentes sobre laderas menos inclinadas	4,550
			67,730

área de la cuenca (31,8 por ciento y 19,5 por ciento, respectivamente), en cuanto que los suelos AA y Sp son los de distribución más restringida, totalizando entre ambos menos del 3 por ciento de la superficie de la misma.

Los seis suelos restantes se distribuyen más o menos equitativamente, correspondiendo en promedio cerca de 8 por ciento del área para cada uno de ellos.

Las descripciones de los sitios y perfiles muestreados fueron las siguientes:

2.1. Suelos de textura gruesa, bien drenados, sin diferenciación, desarrollados sobre materiales aluviales (AA). Sitio Nº 1.

Localidad:	Aproximadamente a 41 Km de la ciudad de Choluteca sobre la carretera a Cedeño, en potrero a la derecha del camino.
Relieve y Pendiente:	Plano; 0 - 2 por ciento.
Altitud:	5 metros sobre el nivel del mar.
Vegetación actual:	Pastizal y bosque de segundo crecimiento.
Material original:	Materiales aluviales.

Capa	Profundidad (cm)	Descripción
1	0 - 10	-- Café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2 seco) y café muy oscuro (10YR 2/2 húmedo); arena gruesa; granular, débil, medio; suelto, suelto, no adherente, no plástico.

Capa	Profundidad (cm)	Descripción
2	10 - 30	-- Café grisáceo oscuro (10YR 4/2 seco) y café oscuro (7.5YR 3/2 húmedo); arena gruesa; granular, muy débil, medio; suelto, suelto, no adherente, no plástico.
3	30 - 50	-- Café (10YR 5/3 seco) y café oscuro (7.5YR 3/2 húmedo); arena gruesa; granular, muy débil, medio; suelto, suelto, no adherente, no plástico.

Observaciones: Raíces abundantes que penetran hasta los 50 cm de profundidad.

2.2. <u>Suelos de textura fina, bien drenados, sin diferenciación, desarrollados sobre materiales aluviales</u> (AB). <u>Sitio Nº 2</u>

Localidad: A 1 Km de los Llanos sobre la carretera a Piedra de Agua; a la izquierda del camino.

Relieve y pendiente: Plano; 0 - 2 por ciento.

Altitud: 10 metros sobre el nivel del mar.

Vegetación actual: Pastizal.

Material orginal: Materiales aluviales.

Capa	Profundidad (cm)	Descripción
1	0 - 15	-- Café grisáceo oscuro (10YR 4/2 seco) y café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2 húmedo); franco arcillo arenoso; masivo; duro, firme, ligeramente adherente y ligeramente plástico.
2	15 - 30	-- Café (10YR 5/3 seco) y café grisáceo muy oscuro (10YR 3/3 húmedo); franco areno limoso; blocoso sub-angular, débil, fino; ligeramente duro, friable, no adherente, ligeramente plástico.
3	30 - 50	-- Café grisáceo oscuro (10YR 4/2 seco) y café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2 húmedo); limo arcilloso; blocoso sub-angular, débil, medio; ligeramente duro, firme, adherente y plástico.

Observaciones: Raíces abundantes hasta los 30 cm. Presencia de pequeñas moteaduras en las capas 2 y 3. El área está sujeta a inundaciones esporádicas.

2.3. <u>Suelos aluviales de textura fina, mal drenados, sin diferenciación</u> (AM). <u>Sitio Nº 3</u>

Localidad: A 34 Km de la ciudad de Choluteca sobre el desvío a la Isla Ratón y a la izquierda de la vía. Propiedad de la Colonia Buena Vista.

Relieve y Pendiente: Plano; 0 - 2 por ciento.

Altitud: 10 metros sobre el nivel del mar.

Vegetación actual: Bosque primario de hoja ancha.

Material original: Materiales aluviales.

Capa	Profundidad (cm)	Descripción
1	0 - 20	-- Café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2 húmedo); franco arcilloso; blocoso subangular, moderado, medio; friable, ligeramente adherente, ligeramente plástico.
2	20 - 50	-- Café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2 húmedo); franco limoso; blocoso subangular, débil, medio; friable, adherente, ligeramente plástico.
3	> 50	-- Café oscuro (7.5YR 4/4 húmedo); franco limoso; blocoso, subangular, débil medio; friable, adherente, ligeramente plástico.

2.4. <u>Choluteca franco arenoso fino. Suelos mal drenados, desarrollados sobre materiales aluviales depositados bajo aguas poco profundas</u> (Ch). <u>Sitio Nº 4</u>

Localidad: A 1 Km de la nueva Hacienda Colama a la izquierda de la carretera de Choluteca a Marcovia.

Relieve y Pendiente: Plano; 0 - 2 por ciento.

Altitud: 25 metros sobre el nivel del mar.

Vegetación actual: Pastizal.

Material original: Materiales aluviales.

Capa	Profundidad: (cm)	Descripción
1	0 - 10	-- Café claro (10YR 6/2 seco) y café grisáceo oscuro (10YR 4/2 húmedo); franco arenoso; granular, débil, fino; duro, suelto, no adherente, no plástico.
2	10 - 25	-- Café grisáceo claro (10YR 6/2 seco) y café grisáceo oscuro (10YR 4/2 húmedo); franco arcilloso; blocoso sub-angular, medio, débil; duro, firme, ligeramente adherente y ligeramente plástico.
3	25 - 40	-- Café grisáceo oscuro (10YR 4/2 seco) y café oscuro (10YR 4/3 húmedo); arcilloso; masivo; muy duro, muy firme, muy adherente y muy plástico.

Observaciones: Raíces muy escasas, que penetran hasta los 30 cm. Durante las lluvias ocurre empozamiento del agua. Las capas 1 y 2 presentan moteaduras pequeñas y numerosas. La capa 2 contiene grava mediana. A partir de los 40 cm hay presencia de rocas en el perfil.

2.5. Tapatoca arcilla. Suelos mal drenados, desarrollados sobre materiales aluviales muy finos depositados bajo agua (Ta). Sitio Nº 5

Localidad: A 5 Km de la ciudad de Choluteca, sobre la carretera Panamericana a Jícaro Galán y a 800 metros a la izquierda de la vía.

Relieve y Pendiente: Ondulado; 0 - 4 por ciento.

Altitud: 50 metros sobre el nivel del mar.

Vegetación actual: Pastizal.

Material original: Materiales aluviales.

Capa	Profundidad (cm)	Descripción
1	0 - 30	-- Gris oscuro (N 3/ seco) y negro (N 2/ húmedo); arcilloso; masivo; muy duro, muy adherente y muy plástico.
2	> 30	-- Gris muy oscuro (10YR 3/1 seco) y negro (10YR 2/1 húmedo); arcilloso; masivo; muy duro, muy adherente y muy plástico.

Observaciones: Raíces escasas que penetran hasta los 10 cm. Hay presencia de rocas tanto en la superficie (menos de 5 por ciento) como en la capa 1. También hay formación de grandes grietas que pueden alcanzar hasta 50 cm de profundidad.

2.6. Suelos sin diferenciación, de textura variable, drenaje y forma compleja, desarrollados sobre materiales aluviales (AS).

Sitio Nº 6

Localidad:	A 50 metros de la margen izquierda del río Iztoca y a 100 metros al sur del puente del mismo nombre en la carretera de Choluteca a Jícaro Galán.
Relieve y pendiente:	Levemente ondulado; 0 - 3 por ciento.
Altitud:	30 metros sobre el nivel del mar.
Vegetación actual:	Campo de maíz en barbecho y dedicado al pastoreo.
Material original:	Materiales aluviales.

Capa	Profundidad (cm)	Descripción
1	0 - 10	-- Café grisáceo (10YR 5/2 seco) y café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2 húmedo); franco arcillo arenoso fino; granular, débil, fino; ligeramente duro, friable, no adherente y no plástico.
2	10 - 25	-- Café (7.5YR 4/2 seco) y café oscuro (10YR 3/2 húmedo); areno francoso grueso; granular, débil fino; suelto, suelto, no adherente y no plástico.

Capa	Profundidad (cm)	Descripción
3	25 - 40	-- Café (7.5YR 4/4 seco) y café amarillento oscuro (10YR 4/4 húmedo); franco arcillo arenoso; masivo; suave, friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico.
4	40 - 50	-- Café (7.5YR 4/2 seco) y café oscuro (7.5YR 3/2 húmedo); areno francoso grueso; granular, débil, fino; suelto, suelto, no adherente, no plástico.
5	> 50	-- Café (7.5YR 4/2 seco) y café oscuro (7.5YR 3/2 húmedo); franco arcillo arenoso; masivo; suave, friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico.

Observaciones: Raíces relativamente abundantes que penetran hasta los 15 cm de profundidad. Presencia de cantos rodados en las dos primeras capas, grava y arena gruesa en la capa 4.

2.7. Sampile franco arenoso. Suelos profundos, desarrollados sobre terrazas arenosas o deltas (Sp). Sitio Nº 7

Localidad: A 5 Km de la ciudad de Choluteca tomando el desvío de la carretera que sirve a la Hacienda Himitos; en el margen izquierdo del camino.

Relieve y Pendiente: Ondulado; 0 - 5 por ciento.

Altitud: 50 metros sobre el nivel del mar.

Vegetación actual: Bosque espinoso seco de segundo crecimiento.

Material original: Materiales aluviales.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0 - 15	— Café (10YR 5/3 seco) y café oscuro (7.5YR 3/2 húmedo); arena gruesa; blocoso angular, débil, medio; suave, friable, no adherente y no plástico.
A/C	15 - 35	— Café (7.5YR 5/4 seco) y café rojizo (5YR 4/3 húmedo); arena franca; granular, débil, medio; suelto, muy friable, no adherente y no plástico.
C	> 35	— Material gravoso.

Observaciones: Raíces abundantes que penetran hasta los 15 cm de profundidad.

2.8. <u>Moropocay franco limoso. Suelos someros desarrollados sobre materiales máficos</u> (Mr). <u>Sitio Nº 8</u>

Localidad: Falda norte de la colina conocida por el nombre de El Cerro; a 1,5 Km al este-sureste del caserío Los Mangles.

Relieve y Pendiente: Falda de colina; 15 - 25 por ciento.

Altitud: 50 metros sobre el nivel del mar.

Vegetación actual: Bosque de hoja ancha de segundo crecimiento.

Material original: Materiales máficos.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0 - 30	-- Café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2 húmedo); franco arcilloso; granular, moderado, medio; friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico.
B	30 - 60	-- Café rojizo oscuro (5YR 3/4 húmedo); arcillo limoso; blocoso sub-angular, débil, medio; firme muy adherente y muy plástico.
C	> 60	-- Café oscuro (7.5YR 4/4 húmedo); franco arcillo limoso; muestra tomada con el barreno por lo que no se determinó la estructura; suelto, adherente y ligeramente plástico.

Observaciones: Raíces abundantes que penetran hasta los 50 cm de profundidad. Gran cantidad de rocas en la superficie del suelo y en el perfil a partir de los 25 cm.

2.9. <u>Papalon franco arenoso. Suelos someros, muy pedregosos, desarrollados sobre tobas volcánicas de color claro</u> (Pp).

<u>Sitio Nº 9</u>

Localidad: Falda Sur del Cerro Ola. A 19 Km de la carretera Choluteca - Cedeño y 700 metros a la derecha de la vía.

Relieve y Pendiente: Falda de colina; 30 - 40 por ciento.

Altitud: 120 metros sobre el nivel del mar.

Vegetación actual: Pastizal natural.

Material original: Tobas volcánicas.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A/C	0 - 10	-- Gris (10YR 5/1 seco) y gris muy oscuro (10YR 3/1 húmedo); franco arcillo arenoso; granular, débil, fino; suelto, no adherente y no plástico.
C	> 10	-- Material parental no determinado.

Observaciones: Raíces escasas que penetran hasta los 15 cm de profundidad. Intenso afloramiento rocoso y fuerte pedregosidad en el perfil. Los suelos son superficiales y se presentan en manchas en medio de los afloramientos rocosos, por lo que la muestra tomada abarcó una superficie de casi dos metros cuadrados de área.

2.10. <u>Samaria franco limoso. Suelos someros, desarrollados sobre tobas volcánicas duras de grano grueso y colores claros</u> (Sm). <u>Sitio Nº 10</u>

Localidad: A 21 Km de la ciudad de Choluteca sobre la carretera a San Marcos; a la izquierda de la vía, en la localidad denominada Galeras.

Relieve y Pendiente: Falda de colina fuertemente disectada; 25 - 30 por ciento.

Altitud: 380 metros sobre el nivel del mar.

Vegetación actual: Vegetación espinosa y herbácea de segundo crecimiento.

Material original: Tobas volcánicas suaves.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A_{11}	0 - 15	-- Café grisáceo (10YR 5/2 seco) y café muy oscuro (10YR 2/2 húmedo); franco arcilloso; blocoso angular, moderado, medio; duro, friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico.
A_{12}	15 - 35	-- Café rojizo oscuro (5YR 3/3 seco) y café rojizo (2.5YR 3/4 húmedo); arcillo limoso; blocoso angular, moderado, medio; muy duro, friable, adherente y plástico.
R	> 35	-- Toba suave muy meteorizada.

Observaciones: Raíces escasas que penetran hasta los 30 cm. Alta rocosidad, tanto en la superficie como en los primeros 25 cm del perfil.

3. Análisis de laboratorio

A continuación serán presentados los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio. Aquellos correspondientes a los fosfatos en el suelo se presentan por separado por haber sido objeto de especial estudio.

3.1. Caracterización de los suelos

Los resultados del análisis mecánico y de los análisis químicos aparecen en el cuadro Nº 3 y en la figura Nº 3 se presentan los diagramas de distribución de partículas para los suelos estudiados.

Por no existir un patrón de comparación establecido para los suelos del área, la calificación de los valores encontrados para el pH, materia orgánica, C orgánico, N total, cationes intercambiables y las relaciones C/N, Ca/Mg, Mg/K y CaMg/K fue hecha en base a patrones establecidos por Hardy (44) para suelo tropicales de Trinidad y utilizados entre otros por Flor (36) para suelos de Costa Rica. En el caso de la capacidad total de cambio, suma de bases cambiables y grado de saturación de bases, esta calificación fue hecha por comparación de los valores de la unidad morfológica en estudio con los valores correspondientes de las otras unidades.

El resumen de estos resultados es el siguiente:

3.1.1. Suelo AA

La textura es arenosa con fuerte predominancia de la rena gruesa dentro de dicha fracción; constituye el suelo de textura más gruesa entre todos los estudiados.

La reacción es ligeramente ácida. El contenido de materia orgánica, de N total y la relación C/N pueden considerarse como medianos.

La capacidad total de intercambio y el valor S son bajos, mientras que el grado de saturación es mediano. Los contenidos de Ca y K cambiables son de medianos a bajos, en cuanto que el de Mg

SUELOS ARCILLOSOS

SUELOS FRANCO ARCILLOSOS

SUELOS FRANCO ARCILLO ARENOSOS

SUELOS FRANCO ARENOSOS

SUELOS ARENOSOS

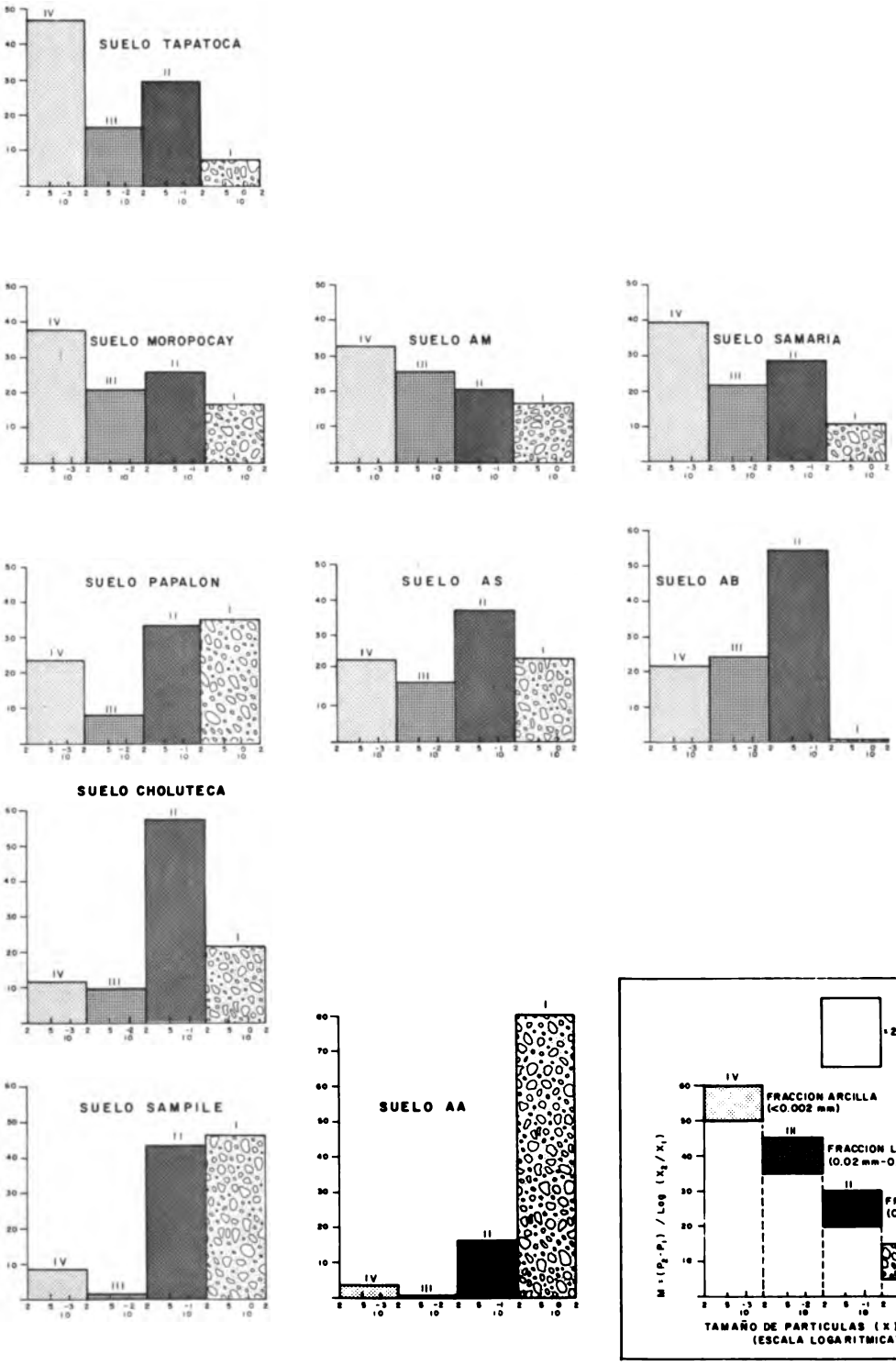


FIGURA N° 3.- DIAGRAMAS DE DISTRIBUCION DE FRACCIONES CONSTRUIDOS CON LOS DATOS DEL CUADRO N° 3.-

es decididamente bajo. La relación Ca/Mg cambiables es alta, Mg/K baja y Ca Mg/K mediana.

3.1.2. Suelo AB

La textura es franco arcillo arenosa con cierta predominancia de la arena fina dentro de la fracción de arenas.

El pH es medianamente alcalino. El contenido de materia orgánica y de N total son medianos y la relación C/N entre mediana y baja.

La capacidad total de intercambio y la suma de bases cambiables son medianas en cuanto que el grado de saturación de bases es alto, el más alto dentro de los suelos en estudio. Los contenidos en Ca y K cambiables son altos y en Mg es mediano. La relación Ca/Mg cambiables es alta, Mg/K muy baja y Ca Mg/K mediana.

3.1.3. Suelo AM

La textura es franco arcillosa.

El pH es medianamente alcalino, siendo el suelo de pH más alto entre los estudiados. El contenido de materia orgánica y de N total son altos y la relación C/N baja.

La capacidad total de cambio, la suma de las bases cambiables y el grado de saturación son altos. En la misma forma el Ca y el K cambiables son también altos, en cuanto que el Mg cambiable es entre mediano y bajo. La relación Ca/Mg cambiables es muy alta, Mg/K muy baja y Ca Mg/K baja.

3.1.4. Suelo Ch

La textura es franco arenosa con predominancia de la arena fina dentro de la fracción arenas.

El pH en agua es ligeramente ácido. El contenido de materia orgánica es de mediano a bajo y el de N total mediano; la relación C/N es de meidana a baja.

La capacidad total de intercambio y la suma de bases cambiables son bajas; el grado de saturación de bases es mediano. El Ca cambiable es mediano en cuanto que el K y el Mg cambiable son bajos. La relación Ca/Mg es muy alta, Mg/K baja y Ca Mg/K muy alta.

3.1.5. Suelo Ta

La textura es arcillosa, siendo este suelo el de textura más fina entre los estudiados.

El pH en agua es ligeramente ácido. Los contenidos de materia orgánica y N total y la relación C/N son medianos.

La capacidad total de intercambio, la suma de las bases cambiables y el grado de saturación de las mismas son altos. El contenido de Ca cambiable es alto, el de K entre mediano y alto y el de Mg muy alto. La relación Ca/Mg es baja, en cuanto que las relaciones Mg/K y Ca Mg/K son altas, las más altas dentro de los suelos estudiados.

3.1.6. Suelo AS

La textura es franco arenosa predominando la arena fina dentro de la fracción arenas.

El pH es neutro. El contenido en materia orgánica y N total

son entre medianos y altos; lo mismo ocurre con la relación C/N.

La capacidad total de intercambio, la suma de las bases cambiables y el grado de saturación de las mismas son de altos a muy altos, sucediendo lo mismo con los contenidos en Ca, Mg y K cambiables. La relación Ca/Mg es alta, las relaciones Mg/K y Ca Mg/K son bajas.

3.1.7. Suelo Sp

La textura es arenosa con cierto equilibrio entre las fracciones arena gruesa y arena fina.

Es el suelo más ácido de todos los estudiados, siendo su pH ligeramente ácido. El contenido de materia orgánica y N total son de medianos a bajos, igualmente la relación C/N.

La capacidad total de intercambio, suma de bases cambiables y grado de saturación son de bajos a muy bajos. El Ca cambiable es de mediano a bajo, el K y el Mg cambiables muy bajos. La relación Ca/Mg es muy alta mientras que las relaciones Mg/K y Ca Mg/K son muy bajas.

3.1.8. Suelo Mr

La textura es franco arcillosa.

El pH es ligeramente ácido. El contenido de materia orgánica y N total son altos y la relación C/N de mediana a alta.

La capacidad total de intercambio, la suma de las bases cambiables y el grado de saturación de bases son altos, sucediendo lo mismo con el Ca, el K y el Mg cambiables. La relación Ca/Mg es alta, la relación Mg/K es baja y la relación Ca Mg/K es alta.

3.1.9. Suelo Pp

La textura es franco arcillo arenosa.

El pH es ligeramente ácido. El contenido de materia orgánica es alto, el más alto de los suelos estudiados y el N total es de mediano a alto; la relación C/N es alta.

La capacidad total de intercambio es mediana, la suma de bases cambiables es baja y el grado de saturación de bases muy bajo. El Ca cambiable es entre mediano y alto; el K cambiable muy alto, y el Mg cambiable es bajo. La relación Ca/Mg es la más alta entre los suelos estudiados; la relación Mg/K la más baja y Ca Mg/K es baja.

3.1.10. Suelo Sm

La textura es franco arcillosa.

El pH es ligeramente ácido. El contenido de materia orgánica y de N total son de medianos a altos, siendo la relación C/N alta.

La capacidad total de intercambio es alta, la suma de las bases cambiables es baja y el grado de saturación de las mismas muy bajo, siendo el menor de las muestras analizadas. El Ca cambiable es de mediano a alto, el K cambiables alto y el Mg cambiable mediano. La relación Ca/Mg cambiable es alta, la de Mg/K baja y la de Ca Mg/K mediana.

3.2. El contenido de fosfatos en los suelos

Los datos analíticos referentes al P total, a sus formas, a las fracciones del P inorgánico y a la capacidad de retención de fosfatos de los suelos de la cuenca aparecen en el cuadro Nº 4. En las figuras Nos. 4 y 5 están representadas las secuencias de

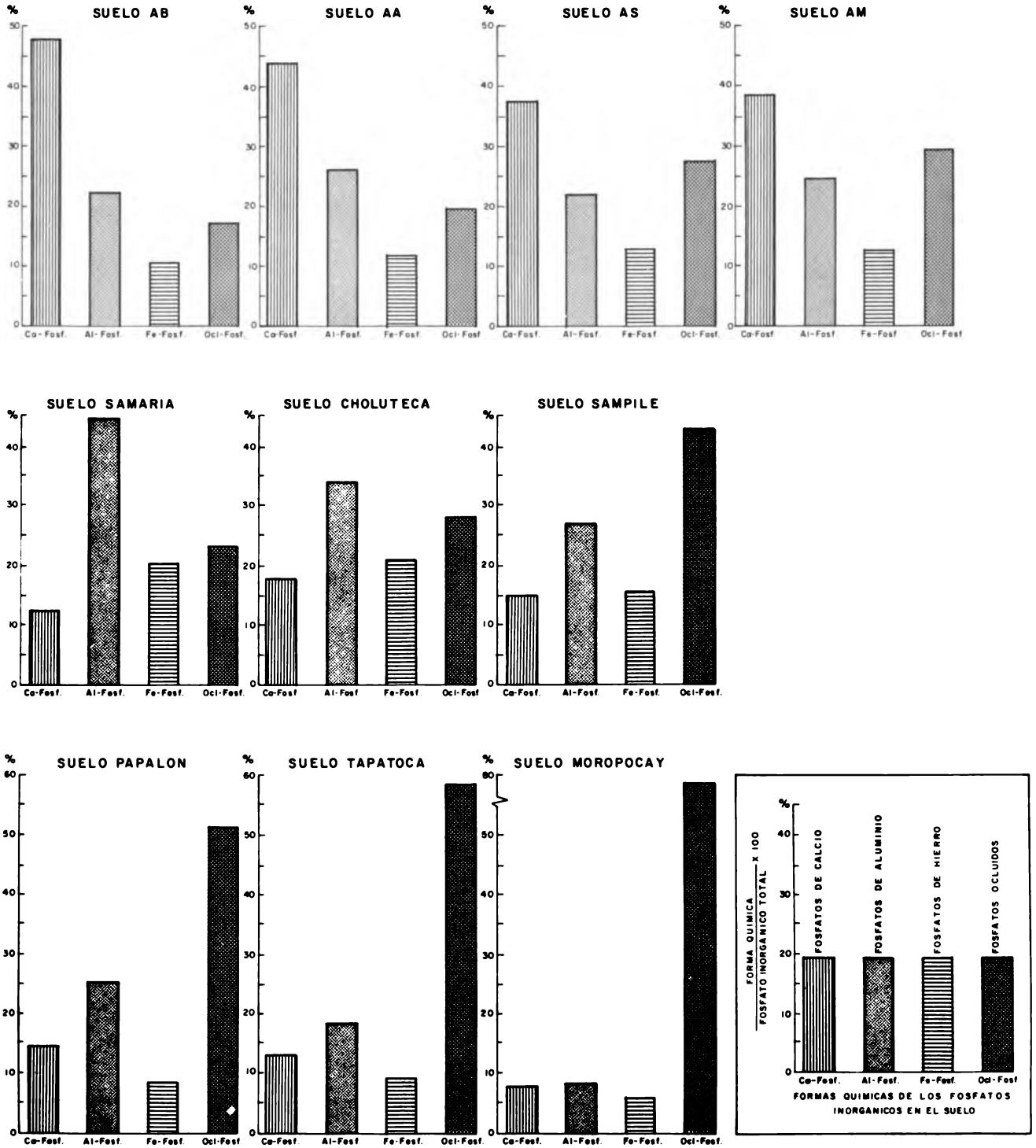


FIGURA No. 4.- GRADOS DE METEORIZACION QUIMICA, SEGUN LA DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS FORMAS DEL FOSFATO INORGANICO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

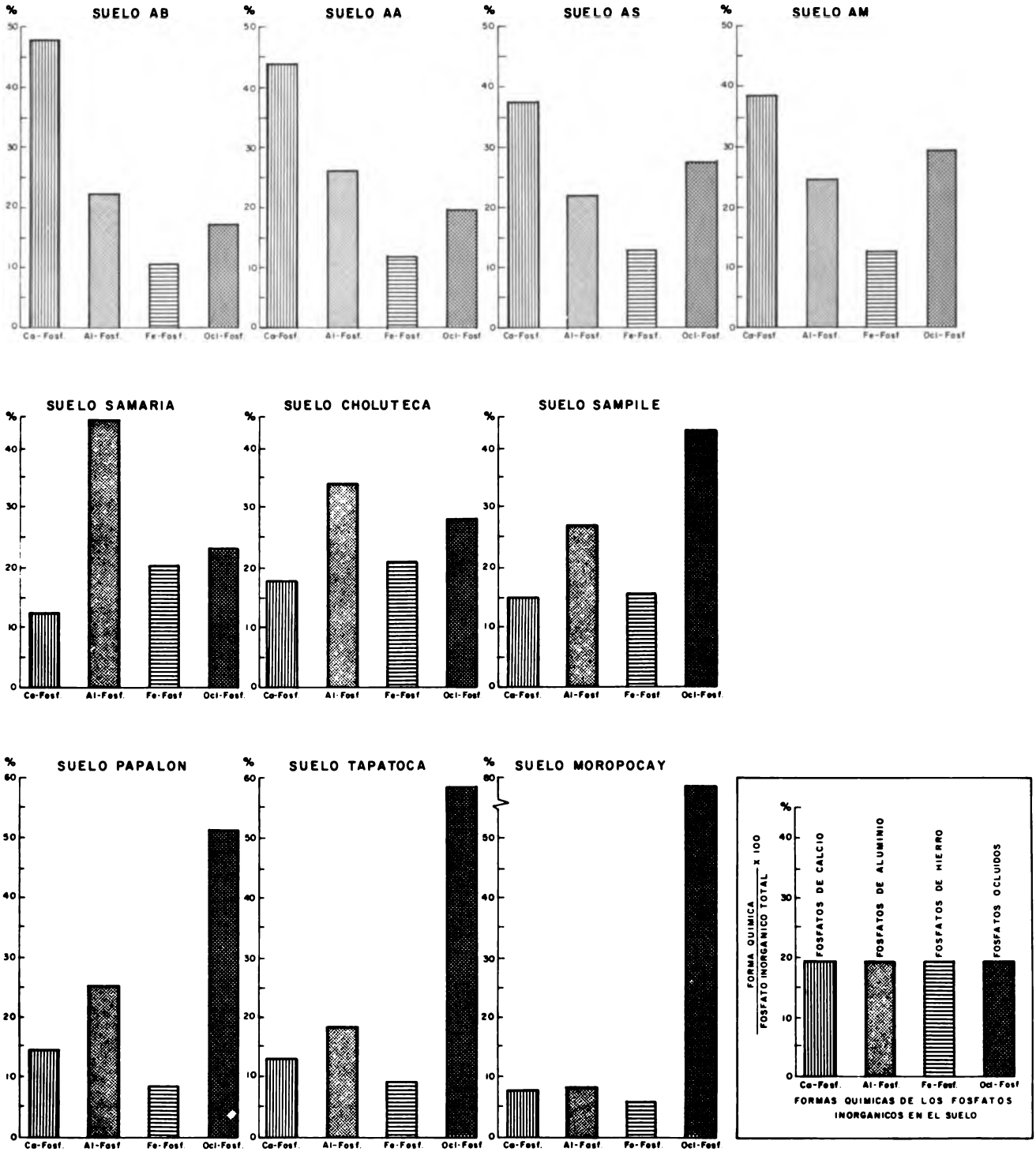


FIGURA No. 4.- GRADOS DE METEORIZACION QUIMICA, SEGUN LA DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS FORMAS DEL FOSFATO INORGANICO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

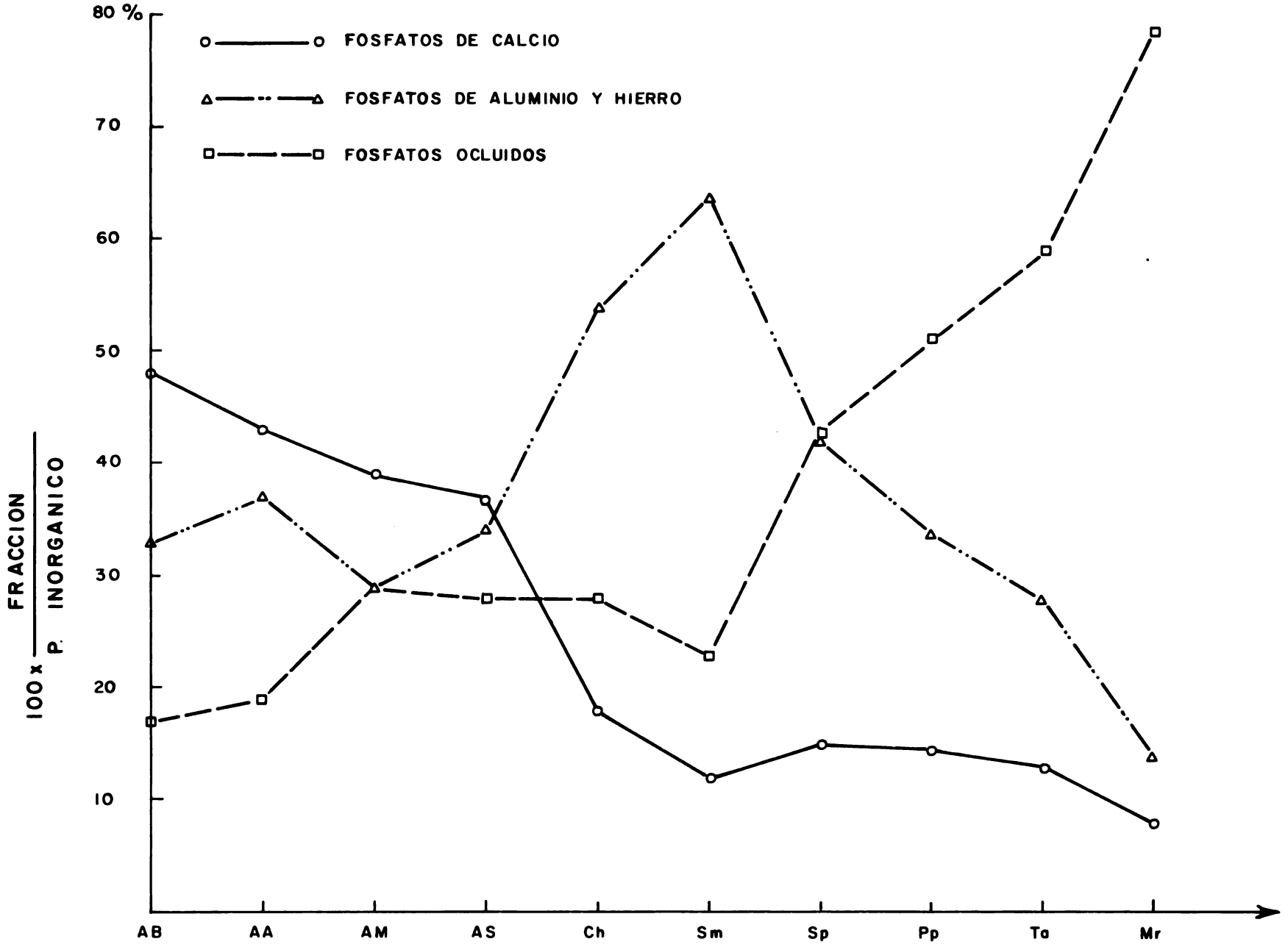


FIGURA: N° 5.- GRADO DE DESARROLLO DE LOS SUELOS DE LA CUENCA, ESTABLECIDOS EN BASE A LA DISTRIBUCION DE LAS FRACCIONES DEL FOSFORO INORGANICO.-

meteorización química y grado de desarrollo de los mismos en base a las fracciones del P inorgánico, respectivamente.

3.2.1. Fosfatos totales, orgánicos e inorgánicos en los suelos

El cuadro Nº 4 muestra que el P total oscila desde 293 ppm en el suelo Sp, hasta 1.110 ppm en el suelo AM. En media, es mayor para los suelos aluviales y menor para los desarrollados sobre materiales volcánicos, pero las variaciones son menores dentro de estos últimos.

En forma absoluta, el P orgánico varía entre 34 ppm para el suelo Mr y 369 ppm para el suelo AM, mientras que porcentualmente su participación dentro del P total oscila desde el 69 por ciento para el suelo Sm hasta 5 por ciento en el suelo Mr. En la mayoría de las unidades de la cuenca, la participación de los fosfatos orgánicos dentro del P total es menor que la del P inorgánico.

El P inorgánico, que como ya se dijo antes es la forma predominante dentro del P total, varía desde 139 y 131 ppm para los suelos Ch y Sm, hasta 664 y 740 ppm en los suelos Mr y AM respectivamente.

3.2.2. Las fracciones de los fosfatos inorgánicos en los suelos

El resultado del fraccionamiento de los fosfatos inorgánicos aparecen en el cuadro Nº 4.

Se aprecia claramente el hecho de que las distintas fracciones del fósforo inorgánico en la capa superficial de los suelos estudiados se distribuyen dentro de tres grupos relativamente bien definidos.

El primero está constituído por los suelos AB, AA, AS y AM en

donde la mayor parte del P se presenta como fosfatos de calcio, seguido en importancia por los fosfatos de aluminio o por los fosfatos ocluidos, y por último los fosfatos de hierro.

El segundo grupo es constituido por los suelos Pp, Ta y Mr en donde predominan los fosfatos ocluidos, principalmente solubles en reductores, seguidos en importancia por los fosfatos de aluminio, los fosfatos de calcio y por último, lo mismo que en el anterior, los fosfatos de hierro.

El tercer grupo está formado por los suelos Sp, Sm y Ch, en donde el P inorgánico se distribuye casi equitativamente en sus distintas formas, con ligera predominancia de los fosfatos de aluminio en los suelos Sm y Ch y de los fosfatos ocluidos en el suelo Sp. En los tres suelos, los fosfatos de hierro predominan ligeramente sobre los fosfatos de calcio.

De acuerdo con la hipótesis de Chang y Jackson (19), quienes consideran la determinación de las formas inorgánicas del fósforo del suelo como un medio para medir cuantitativamente la meteorización química de los mismos, en la figura Nº 4 se representan gráficamente los grados de meteorización de los suelos estudiados.

Obsérvese, en primer lugar, que no se siguió el sistema de representación de curvas exponenciales usado por los autores antes mencionados; en cambio se representan las formas de fosfatos inorgánicos como columnas, lo cual se justifica porque las diferentes formas no son variables matemáticas de valores ascendentes y la representación usada resulta más adecuada.

En segundo lugar se observa que los suelos menos meteorizados

aparecen reunidos en el grupo superior (suelo AB, AA, AS y AM); los intensamente meteorizados en el grupo inferior (suelos Pp, Ta y Mr) mientras que los suelos en etapas intermedias de meteorización química aparecen en el grupo del centro (suelo Sm, Sp, y Ch).

Los resultados del fraccionamiento del P inorgánico también han sido utilizados como criterio para decidir la posición de los suelos dentro de una cronosecuencia, determinada en base al grado de desarrollo de los mismos, según procedimientos propuestos en trabajos de Syer (89). En la figura Nº 5 aparece el orden establecido para los suelos de la cuenca siguiendo los mismos procedimientos.

Se puede observar, que el orden de los suelos en base al grado de desarrollo concuerda con el orden de los mismos en base al grado de meteorización química contenido en la figura Nº 4.

También en el cuadro Nº 4 se puede apreciar que a medida que la acidez de los suelos disminuye, ocurre una tendencia para encontrar valores mayores en la fracción fosfatos de calcio y menores en la de fosfatos de hierro. Esta tendencia es mayor para la primera fracción mencionada que para la segunda y la asociación es menos estrecha con el pH medido en cloruro de calcio que con el pH medido en agua.

El mismo cuadro muestra que la capacidad de retención de fosfatos varía de 37,6 por ciento para el suelo AM hasta 61,1 por ciento para el suelo Sm. En líneas generales, es mayor para los suelos más ácidos de la cuenca, principalmente aquellos desarrollados sobre materiales volcánicos, y menor para los suelos aluviales recientes, de reacción neutra o ligeramente alcalina.

4. Análisis estadístico del experimento

Los resultados del experimento de invernadero y el análisis estadístico de los mismos se presentan en los cuadros Nos. 5 y 6.

El coeficiente de variación para parcelas fue de 22,8 por ciento y para subparcelas de 26,8 por ciento, ambos inferiores al límite crítico que para muchos autores se encuentran al nivel de 30 por ciento, por lo que la precisión del experimento, medida por medio de este parámetro (el coeficiente de variación, C. V.) puede considerarse como aceptable (41).

El análisis de variancia de los datos del peso de la mteria seca (cuadro Nº 6) reveló la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos de fertilizantes, de suelos y en las interacciones entre ambas variables.

Al comparar por la prueba de Tukey* las medias de los tratamientos de fertilizantes en los diez suelos estudiados se observó lo siguiente:

a) La aplicación del tratamiento Elementos Mayores resultó, en la mayoría de los suelos, en un aumento significativo en el peso de la materia seca comparada con el tratamiento Testigo.

b) Con el tratamiento Elementos Mayores y Menores no se logró un aumento estadísticamente significativo del peso de la materia seca, en comparación con la producción del tratamiento Elementos Mayores.

---

*Nota: Siempro que no se exprese lo contrario, debe entenderse que toda comparación fue efectuada al nivel de significancias del 1%.

c) En algunos casos se obtuvieron rendimientos más altos en los tratamientos Menos K y Menos Ca Mg, resultando en algunos suelos superiores estadísticamente al obtenido con el tratamiento de Elementos Mayores.

d) En la mayoría de los suelos, los tratamientos Menos N, Menos P y Menos S, condujeron a una disminución significativa en la producción de materia seca, comparada con la producción del tratamiento Elementos Mayores.

Al comparar por la misma prueba las medias de los tratamientos de suelos en las ocho aplicaciones de fertilizantes se observó que:

a) Los suelos AM y Pp presentaron el mismo grado de fertilidad entre sí, significativamente mayor al de todos los restantes con excepción del suelo Mr, que aunque inferior al suelo AM no difiere estadísticamente del suelo Pp.

b) Los suelos AB, Sp, Ta, Ch y Sm presentaron grados de fertilidad estadísticamente iguales entre sí y significativamente menores que la de los restantes que participaron en el ensayo.

c) Los suelos AS y AA mostraron grados intermedios de fertilidad entre los extremos descritos anteriormente.

En vista de que la interacción entre fertilizantes y suelos resultó altamente significativa, se estudió el comportamiento de los suelos en cada tratamiento de fertilizantes y el efecto de estos últimos en cada suelo.

Al comparar los diferentes suelos dentro de un mismo tratamiento de fertilizantes, se observó lo siguiente:

A. Elementos Mayores:

Pp Mr AM AA AS Ch Sp AB Ta Sm*

B. Menos Nitrógeno:

AM Pp Mr AS Sp AA Ch AB Sm Ta : al nivel de significancia de 0,05

y AM Pp Mr AS Sp AA Ch AB Sm Ta : al nivel de significancia de 0,01

C. Menos Fósforo:

AM AB AS Mr Ta AA Pp Ch Sp Sm

D. Menos K:

AM Pp Mr AS AA Ta AB Sm Ch Sp

E. Menos Azufre:

AM AS Pp Mr Ta Sp AB AA Ch Sm

F. Menos Calcio Magnesio:

Pp AM Mr Sm AA Sp AS AB Ch Ta

G. Elementos Mayores y Menores:

Mr Pp AM AA Ch AS Sp Ta AB Sm

---

* Las barras unen suelos que no difieren significativamente entre sí.

H. Testigo

Mr AS Pp AM AA Sm Ch Sp AB Ta

Finalmente, al comparar el comportamiento de los diferentes tratamientos de fertilizantes dentro de un mismo suelo, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Suelo AA:

-K[1] -CaMg E.M.[2] E.M.M.[3] -S -P T[4] -N[#]

2. Suelo AB:

-CaMg -P -K E.M. E.M.M. -S T -N

3. Suelo AM:

-K -CaMg -P E.M. E.M.M. -S -N T

4. Suelo Ch:

-K E.M.M. E.M. -CaMg -S -P T -N

5. Suelo Ta:

-K -S E.M. E.M.M. -CaMg -P T -N

---

[1] La presencia de la señal - indica ausencia del nutrimento.

[2] E.M. representa al tratamiento Elementos Mayores.

[3] E.M.M. representa al tratamiento Elementos Mayores y Menores.

[4] T representa al tratamiento Testigo.

[#] Las barras unen tratamientos de fertilizantes que no difieren significativamente entre sí.

6. Suelo AS:

-K -S -CaMg E.M. E.M.M. -P -N T

7. Suelo Sp:

-CaMg E.M. E.M.M. -K -S -P -N T

8. Suelo Mr:

-K E.M.M. E.M. -CaMg -S -P -N T

9. Suelo Pp:

-CaMg -K E.M. E.M.M. -S -N T -P

10. Suelo Sm:

-CaMg -K E.M. E.M.M. -S T -N -P

5.5. Análisis de las plantas

El contenido en elementos nutritivos de la parte áerea del tomate se utilizó, igual que la producción de materia seca, como índice de respuesta de las plantas a los suelos en que crecieron y a los tratamientos de fertilizantes aplicados. Los resultados obtenidos aparecen en el cuadro Nº 7, expresados como valores promedio por maceta.

Se puede apreciar que, dentro de un mismo tratamiento de fertilizante, las cantidades fueron diferentes según el tipo de suelo que se considere, y que dentro de un mismo suelo, esos valores difirieron según el tratamiento de fertilizantes en estudio.

Para los cinco nutrimentos analizados y para los diez suelos sin excepción, el total de nutrimentos absorbidos por las plantas que recibieron el tratamiento Elementos Mayores superó ampliamente el valor correspondiente de las plantas del tratamiento Testigo.

Al considerar en forma individual cada elemento nutritivo estudiado se observa lo siguiente:

a) Nitrógeno: en todos los suelos, sin excepción, los valores para el tratamiento Menos N fueron siempre considerablemente inferiores en relación con los tratamientos Elementos Mayores.

En algunos de los suelos estudiados, el valor para los tratamientos Menos K, Menos S y Menos CaMg fue superior al del tratamiento Elementos Mayores y este último fue equivalente al del tratamiento Elementos Mayores y Menores.

Para el tratamiento Menos N, los valores más altos correspondieron a los suelos Pp, AM, Mr y AS y los más bajos a los suelos Ta, Sp, AA y AB.

b) Fósforo: las cantidades absorbidas por las plantas del tratamiento Elementos Mayores fueron siempre superiores, en todos los suelos, a las del tratamiento Menos P. En los suelos AB y AM las diferencias entre estos dos tratamientos fueron considerablemente menores, en comparación con las diferencias encontradas para los suelos restantes.

En muchos de los suelos en estudio, los valores correspondientes a los tratamientos Menos K y Menos CaMg superaron a los del tratamiento Elementos Mayores.

Para el tratamiento Menos P, los menores valores correspondieron a los suelos Sm, Sp, Ch y Pp y los mayores para los suelos AM, AB, AS y Mr.

c) Potasio: el tratamiento Elementos Mayores condujo a una mayor absorción de K en los suelos AA, Ch, Sp y Pp, en comparación con el tratamiento Menos K, ocurriendo lo contrario en los suelos restantes.

Los mayores valores para el tratamiento Menos K correspondieron a los suelos AM, Pp, Mr y AS y los menores para los suelos Ch, Sp, Ta y AA.

d) Calcio y magnesio: en los suelos AA, Ch, Ta y Mr, las plantas del tratamiento Elementos Mayores absorbieron más Ca que las plantas del tratamiento Menos CaMg pero en los demás suelos sucedió lo contrario.

El comportamiento del Mg fue similar al del Ca, con excepción del suelo Sp donde la situación se invirtió.

Para ambos elementos, los mayores valores para el tratamiento Menos CaMg correspondieron a los suelos AM, Pp, Mr y AS y los menores para los suelos Ch y Ta.

5.6. Apreciación cualitativa visual del experimento

5.6.1. Desarrollo vegetativo

La calificación del desarrollo vegetativo de las plantas cultivadas en cada uno de los suelos estudiados, se efectuó según las tres categorías siguientes:

A. Plantas con buen desarrollo

B. Plantas con desarrollo regular

C. Plantas con desarrollo deficiente, categorías éstas que fueron establecidas principalmente en base al desarrollo vegetativo de las plantas del tratamiento Elementos Mayores.

De acuerdo con estos grados de desarrollo, los suelos comprendidos en cada categoría fueron los siguientes:

A. Suelos AM, Pp, Mr y AS

B. Suelos AA y AB

C. Suelos Sp, Sm, Ch y Ta

De manera general se pudo observar que la ausencia de K y de la combinación CaMg no condujeron a una disminución del desarrollo vegetativo de las plantas, como se podía haber esperado. Al contrario, en muchos suelos las plantas se desarrollaron más en ausencia de los nutrimentos arriba mencionados.

También se pudo apreciar la deficiencia generalizada de N y P en la gran mayoría de los suelos, representada por el desarrollo deficiente de las plantas de los tratamientos Menos N y Menos P.

5.6.2. Síntomas de deficiencia

Las deficiencias mostradas por las plantas se refieren principalmente a observaciones efectuadas en el tratamiento Menos Nutrimento y fueron determinadas en base a la sintomatología descrita en la literatura al respecto (76, 77, 78).

Nitrógeno Todas las plantas, inclusive aquellas que recibieron el tratamiento Elementos Mayores,

mostraron síntomas típicos de deficiencia de nitrógeno, con clorosis general de la planta, principalmente de las hojas maduras y viejas.

Fósforo — Solamente las plantas que crecieron sobre los suelos AB, AS y AM, no mostraron síntomas de deficiencia de fósforo. Las plantas que crecieron sobre los siete suelos restantes presentaron tallos de color verde púrpura y hojas pequeñas, encorvadas, con el envés también de color púrpura.

Potasio — Las plantas del suelo Sm fueron las únicas que presentaron una sintomatología de deficiencia, aún cuando no bien definida. En sus características presentaban cierta semejanza con la de potasio, sin embargo pudo deberse a otros elementos.

Azufre — Las plantas que crecieron sobre los suelos AM, AS y Ta no mostraron síntomas de deficiencia de azufre. En los siete suelos restantes las plantas mostraron una clorosis en forma de moteado y una reducción del desarrollo vegetativo.

DISCUSION

1. Análisis de laboratorio y experimento de invernadero

Los datos analíticos revelan gran variabilidad en las características físicas y químicas de las unidades estudiadas, variabilidad que es el resultado de diferencias principalmente en el grado de meteorización y en el material parental de los mismos.

Los resultados del análisis mecánico muestran que la granulometría de los suelos en sus capas superficiales se distribuye ampliamente dentro del triángulo de texturas, con predominancia de las unidades francas y arenosas. Las series Ta y Sm con 47 por ciento y 40 por ciento de arcilla presentan las texturas más finas mientras que las más gruesas corresponden a los suelos Sp y AA con 90 por ciento y 97 por ciento de arena, respectivamente.

Estas diferencias en la textura unidas a las variaciones en la estructura y consistencia reveladas por las descripciones morfológicas, comunican a los suelos estudiados diferencias en sus propiedades físicas entre otras: la capacidad de retención de agua, el drenaje y la aeración; por lo tanto, son de esperarse cambios en sus capacidades productivas independientes, hasta cierto grado, de las características químicas que puedan presentar.

Los valores encontrados para el pH están dentro de los límites considerados adecuados para el buen desarrollo de la mayoría de los cultivos de la zona (73). Si a lo anterior adicionamos el hecho de que el Ca es relativamente abundante dentro del complejo de cambio, sucediendo lo mismo aunque en menor grado con el Mg, se puede decir

que el encalado no es una práctica indispensable en estos suelos, con posibles excepciones en las series Sp y AA.

Excluyendo las series Sp y Ch en donde se presentan en niveles bajos, el contenido de materia orgánica y N total en las restantes unidades es de mediano a alto. La relación C/N próxima a 10 es indicadora de una mineralización adecuada de la materia orgánica en la mayoría de los suelos; se exceptuan las unidades Sm y Pp en donde los valores superiores a 11,6 indican que, no obstante el alto contenido en materia orgánica la mineralización de la misma es muy lenta o se ha detenido y el suelo AM cuya relación de 8,5 señala una mineralización acelerada de la misma (90).

La capacidad de intercambio de cationes es baja para los suelos AA, Ch y Sp y alta en las demás unidades. Esta situación es consecuencia del bajo contenido en materia orgánica y alto porcentaje de arena presentados por los tres suelos arriba mencionados, ya que de acuerdo con Wirklander (111), la arcilla y la materia orgánica son los principales constituyentes del complejo de cambio. Lo anterior explicaría también las correlaciones altamente significativas encontradas entre estas variables (ver cuadro Nº 8).

El porcentaje de saturación de bases concuerda hasta cierto punto con los grados de meteorización química y de desarrollo establecidos para los suelos de la cuenca. A medida que la intensidad de meteorización aumenta, el índice de saturación generalmente disminuye (37) de aquí que las series Pp, Sp y Sm presenten los menores porcentajes y las series AB, AS y AM los mayores.

El estudio de las bases cambiables indica que exceptuando el

suelo Sp, en las demás el calcio se encuentra presente en niveles adecuados, constituyendo en promedio 85 por ciento de las bases cambiables; en las series AS, Mr y especialmente AM, dicho contenido es aún mayor que el valor considerado como alto por el patrón de comparación empleado. Situación semejante a la anterior presenta el K cambiable: en todas las unidades los contenidos encontrados son de medianos a altos o muy altos, ocurriendo en los suelos AS, AM y AB en cantidad tres veces mayor que la del nivel considerado como adecuado. No sucede lo mismo con el Mg, el cual se presenta en cantidades inferiores al nivel adecuado en las series AM, Ch, Sp y Pp, como también se encuentra en desequilibrio frente al Ca y al K en muchos de los suelos en estudio.

El desbalance a que se alude en el párrafo anterior se hace más evidente al estudiar las relaciones entre los cationes cambiables del suelo. En líneas generales, la relación Ca/Mg es alta y Mg/K baja, indicando un desequilibrio debido al contenido alto de Ca y K y bajo por parte del Mg. Además, en los suelos AS y AM los valores bajos para la relación CaMg/K señalan la predominancia relativa del K frente a sus antagónicos Ca y Mg.

La ineficacia mostrada por el método utilizado para determinar los sulfatos en el suelo puede ser indicadora de la pobreza del S en algunas de las series (10). Esta deficiencia, corroborada por los resultados obtenidos en el experimento de invernadero, señalan la necesidad de desarrollar un método adaptado a los niveles de azufre en los suelos de la cuenca.

Las relaciones entre algunas propiedades de los suelos fueron

estudiadas a través de análisis de regresión y correlación, y los resultados obtenidos se muestran en el cuadro Nº 8. Se observa que el pH en H_2O (proporción suelo-líquido 1:2) presentó una correlación altamente significativa con el pH en $CaCl_2$ 0,01 M y en promedio fue mayor en 0,56 unidades de pH a este último; Peech (81) considera que es de esperarse una diferencia de 0,50 entre estas dos lecturas del potencial de hidrógeno. El índice o porcentaje de saturación correlacionó al nivel de significancia del 1 por ciento con el grado de acidez de los suelos, en concordancia con los resultados comunicados, entre otros, por Catani y Gallo (16) y por Laroche (69). Las correlaciones significativas encontradas entre la capacidad de intercambio catiónica y el contenido en materia orgánica y arcilla ya fueron discutidas anteriormente, cuando se analizó la capacidad de intercambio catiónico de las unidades de la cuenca.

También se encontraron correlaciones significativas entre el contenido de materia orgánica y de N total con el por ciento de arcilla en los suelos al igual que entre el N total y el contenido de materia orgánica, relaciones estas comparables a las encontradas por Pritchet y colaboradores (83) al estudiar el nitrógeno en suelos minerales de Florida.

El reconocimiento de la fertilidad de los suelos, efectuado en base al experimento en macetas en condiciones de invernadero, pone de manifiesto diferencias notables en la capacidad productiva de las series estudiadas y simultaneamente, revela deficiencias peculiares de nutrimentos dentro de las mismas.

En la mayoría de los tratamientos de fertilizantes, los suelos

AM, Pp y Mr llevaron a producciones de materia seca mayores que las unidades AS y AA y estas por su vez mayores a las producciones de las series restantes: AB, Sp, Ta, Ch y Sm.

La baja producción de materia seca obtenida con el tratamiento Menos N y el aspecto clorótico mostrado por las plantas del ensayo, ponen en evidencia una de las características generales de los suelos del área; la deficiencia en nitrógeno. Aun cuando el análisis químico mostró contenidos altos de N total y materia orgánica en varias unidades, las producciones en ausencia de este nutrimento fueron iguales a las del tratamiento Testigo. Numerosos estudios también han encontrado que tales análisis no evaluan correctamente el potencial de los suelos en suplir N, mostrándose de poca ayuda en la determinación de prácticas inmediatas de fertilizaciones nitrogenadas (55, 63, 79, 83).

Las respuestas al tratamiento Menos P indican que después del nitrógeno, el fósforo es el elemento más deficiente en los suelos de la cuenca. Con excepción de las series AB, AM, AS, Ta y Sm, el tratamiento Elementos Mayores condujo a producciones de materia seca superiores a las obtenidas con el tratamiento Menos P. El cuadro Nº 4 explica el comportamiento de los suelos arriba mencionados: las series AB, AM y AS presentaron los menores porcentajes de retención de P como también los contenidos más altos en P total, P inorgánico, fosfatos solubles en agua y fosfatos de calcio, formas y fracciones estas que correlacionaron directamente con la producción del tratamiento Menos P. En el caso de los suelos Ta y Sm, la falta de respuesta a la fertilización fosfatada a pesar de su bajo

contenido en este nutrimento, se debe posiblemente a su alta capacidad de retención de P.

En contraste con el contenido en N y en P de los suelos, los niveles de K presentes se revelaron suficientes para una elevada producción de materia seca en condiciones de ausencia de este nutrimento en el tratamiento de fertilizantes. Así lo comprueban los rendimientos en peso seco del tratamiento Menos K que en ningún suelo se mostró inferior al rendimiento del tratamiento Elementos Mayores. Por el contrario, parece ser que las series AM y AS se encuentra en cantidades excesivas, como lo demuestra el hecho de que con el tratamiento Menos K se obtuvo un aumento significativo sobre el tratamiento Elementos Mayores. El contenido de K cambiable en los suelos mencionados, de 1,1 y 1,2 meq/100 g de suelo respectivamente, explican este comportamiento: ambos valores son tres veces superiores al nivel considerado como adecuado por el patrón de comparación usado.

La baja producción de materia seca obtenida con el tratamiento Menos S, revela la deficiencia de este nutrimento en los suelos AA, Ch, Mr y Pp. Lo contrario sucede en la serie AS en donde la ausencia de este elemento condujo a un rendimiento mayor al obtenido con el tratamiento Elementos Mayores. En las unidades restantes, las respuestas de las plantas parecen indicar un nivel adecuado del azufre. Estas condiciones de exceso y deficiencias encontradas, aumentan la necesidad de contar con un método químico para medir el azufre, adaptado a las condiciones de los suelos de la región.

Los elevados rendimientos de materia seca obtenidos con el

tratamiento Menos Ca Mg parecen indicar que ellos no constituyen factores limitantes de la producción de los suelos del área. En las unidades AM y Sm el tratamiento deficitario llevó a una producción superior a la del tratamiento Elementos Mayores y en las demás series estos tratamientos no difirieron significativamente. Por haber aplicado en forma combinada al Ca y al Mg no es posible aislar el efecto individual de estos nutrimentos, pero los resultados del análisis químico discutido en párrafos anteriores, parecen indicar un desequilibrio del Mg frente al Ca y al K. De lo que se deduce la necesidad de estudiar por separado el comportamiento del Mg, en futuros ensayos de fertilidad con los suelos de la región.

La aplicación de la mezcla de Elementos Menores no condujo a un aumento en la producción, cuando comparada con la obtenida mediante el tratamiento Elementos Mayores, indicando que el contenido de aquellos en los suelos es adecuado.

Las respuestas a las aplicaciones de fertilizantes encontradas dentro de los suelos estudiados, se presentan en forma resumida en el cuadro Nº 9. En el se aprecia claramente que los nutrimentos deficientes en la cuenca son en orden descendente de frecuencia: N, P y S. Los demás se presentan a niveles adecuados y en algunos suelos en exceso.

Las cantidades de nutrimentos absorbidos por las plantas reveladas por el análisis químicos de las mismas, coinciden con el análisis de variancia del peso seco de las plantas del tomate. Generalmente, variaciones en el contenido de nutrimentos en el vástago correspondieron a variaciones en el rendimiento de materia seca de

las plantas, y las correlaciones entre estas variables fueron más estrechas que las obtenidas entre la producción de materia seca con el contenido de nutrimentos en el suelo (ver cuadro Nº 8). Los resultados anteriores concuerdan con los postulados de Lundergordh (72) quien considera que el crecimiento de las plantas depende principalmente de la distribución y contenido de los nutrimentos dentro de las mismas.

La baja precisión del experimento es atribuible principalmente al tamaño de las macetas utilizadas, a los cambios en la relación-número de plantas/superficie de macetas - y al efecto de la defoliación natural del tomate sobre la producción de materia seca. Armiger y colaboradores (6) trabajando con diferentes tamaños de macetas, encontraron que los mayores coeficientes de variación correspondieron a recipientes de 1/4 de galón, semejantes a los utilizados en el presente estudio. En el trabajo que aquí se reporta, la muerte de algunas plantas dentro de las macetas que recibieron los tratamientos deficitários (Menos Nutrimento) y Testigo alteraron la relación-número de plantas/superficie del suelo - y Armiger y Fried (7) reportaron que cambios en esta relación traían como consecuencia, variaciones en la producción de materia seca por maceta. La defoliación natural que ocurrió durante el ciclo vegetativo del tomate, alteró la producción de materia seca principalmente dentro de tratamientos iguales, ya que según Contreiras y colaboradores (26) el grado de defoliación varía de una planta a otra.

2. El fósforo en los suelos

Los suelos en donde se procedió el estudio de las formas del P total y de las fracciones del P inorgánico son en su mayoría de origen aluvial. De estos, por lo menos dos están sujetos a procesos de rejuvenecimientos periódicos (suelos AB y AS), en cuanto que el suelo Sp ha podido desarrollar un perfil más o menos bien definido.

Tres de ellos, los suelos Sm, Pp y Mr, se desarrollaron a partir de materiales volcánicos y ocupan las zonas de mayor pendiente y más altas del área.

Por su vez el clima y sus elementos parecen ser semejantes a lo largo de toda la cuenca, con ligera disminución de la temperatura y precipitación en las partes altas de la misma.

Los resultados obtenidos para el P total, sus formas y fracciones del P inorgánico concuerdan hasta cierto punto con los valores consignados en la literatura al respecto. Así encontramos que el contenido promedio del P total para las unidades estudiadas: 0,056 por ciento coincide con el valor 0,05 por ciento que Jackson (59) considera como el más común para suelos inorgánicos y los valores extremos encontrados: 0,03 por ciento y 0,11 por ciento se encuentran dentro del rango de variación considerado normal por el mismo autor: 0,02 por ciento a 0,50 por ciento. Los valores encontrados se asemejan a las cantidades de P total reportadas en algunos suelos de India por Kenwar y Grewal (65), en suelos cañeros de México por García (39), y en suelos del trópico lluvioso y seco de

El Salvador por Dahnke y colaboradores (29). Sin embargo, son sensiblemente inferiores a los contenidos de P total reportados por Fassbender (34) y Chaverri (21) para suelos aluviales de Costa Rica. Por el contrario, resultan en su mayoría superiores a los encontrados por Vieira (102) en los suelos amazónicos de deposición reciente y a los de Bates y Baker (11) para suelos tropicales de Nigeria.

La predominancia encontrada de la forma inorgánica sobre la orgánica, es explicable en base a la reacción de los suelos, su textura y grado de desarrollo y a la temperatura de la cuenca.

El pH, que varía de ligeramente ácido a ligeramente alcalino para la mayoría de los suelos, determina una disminución en la forma orgánica del fósforo, posiblemente por acelerar la velocidad de mineralización de la misma y disminuir su adsorción por las arcillas (9, 91, 110).

Entre otros, Awan (9) encontró que al aumentar el pH se intensificaba la mineralización del fósforo orgánico y consecuentemente ocurría una disminución del mismo. Thompson y colaboradores (91) reportaron que el fósforo orgánico disminuyó después del encalado, a consecuencia de disminuir la estabilidad de la mineralización del mismo y disminuir su adsorción por las arcillas; Williams y colaboradores (11) reportan que en suelos con pH entre 7,0 y 7,5 la participación del P orgánico dentro del total era menor que en suelos más ácidos.

La mayoría de los suelos de la cuenca presentan textura franca, franco arenosa o arenosa, fracciones en donde el fósforo inorgánico predomina sobre el orgánico (11, 64, 109). Kaila (64) encontró que

los suelos arcillosos tendían a ser más ricos en fósforo orgánico que los suelos de textura gruesa. Williams y Saunders (109) encontraron que en las fracciones arenosas predominaba el fósforo inorgánico y resultados semejantes fueron encontrados por Bates y Baker (11).

El efecto del grado de desarrollo de los suelos sobre el contenido del fósforo orgánico, explica el comportamiento de los suelos Sm y Mr, que muestran los valores relativos extremos para las formas del P total. Las unidades mencionadas ocupan dentro de la secuenca de meteorización química y de desarrollo de los suelos, (figuras Nos. 4 y 5) una posición intermedia y extrema, respectivamente. Walker (106) considera que en estos grados de desarrollo, el P orgánico es máximo y mínimo, respectivamente. Por su parte, Dahnke y colaboradores (29) verificaron que el P inorgánico predominaba en los suelos de mayor desarrollo de la región tropical lluviosa seca de El Salvador.

Las temperaturas de la cuenca, altas durante todo el año, tienden a disminuir el fósforo orgánico al aumentar la intensidad y velocidad de mineralización de esta fracción, como ha podido verificar Acquaye (1) en sus trabajos sobre el efecto de la incubación sobre el fósforo orgánico del suelo y principalmente Cunningham (28) al estudiar el efecto de la tala de los bosques sobre algunas propiedades de los suelos en los cuales crecían.

La falta de correlación entre el P orgánico y C y N (ver cuadro Nº 10) se explicaría por la menor participación del P orgánico deltro del P total. Correlaciones no significativas entre estas

variables han sido comunicadas por otros investigadores, entre ellos Chai y Caldwell (17) en suelos de Minnesota, Dahnke y colaboradores (29) en suelos de El Salvador, Kaila (64) en suelos de Finlandia y Vieira (102) en suelos amazónicos.

Aún cuando la formación y predominancia de las fracciones del P inorgánico se relacionan con diversos factores entre ellos: pH, cationes predominantes, productos de solubilidad de los distintos fosfatos, grado de meteorización química y otros, parece ser que en los suelos estudiados el pH jugó el papel predominante. El cuadro Nº 4 muestra que en los suelos medianamente alcalinos y neutros, los fosfatos de calcio predominan sobre las otras fracciones, ocurriendo lo contrario en los suelos ligeramente ácidos, donde aquella fracción se encuentra en minoría. El estudio de la regresión de las fracciones sobre el pH en agua y de las correlaciones entre estas variables apoyan lo antes expuesto. Como se puede concluir del análisis del cuadro Nº 10, a medida que los suelos se vuelven más ácidos ocurre una disminución marcada en el contenido de los fosfatos solubles en H_2SO_4, un aumento notable de los fosfatos solubles en NaOH y menos marcado para los solubles en NH_4F. El coeficiente de correlación disminuye en valores absolutos en el orden antes citado, indicando ser los fosfatos de aluminio menos afectados por el pH que los de hierro y éstos a su vez menos que los de calcio.

Diversos autores han verificado la estrecha asociación existente entre el pH y la predominancia de una u otra fracción del P inorgánico (17, 20, 31, 34, 56, 108). Hsu y Jackson (56) encontraron que

las transformaciones de los fosfatos inorgánicos en los suelos están reguladas principalmente por el pH. Chang y Juo (20) consideran que el pH puede reflejar indirectamente el patrón de distribución de los fosfatos inorgánicos. Fassbender (34) indica que el proceso de acidificación promueve la transformación de los fosfatos cálcicos a fosfatos de hierro y aluminio y Du Plesis y Du T. Burger (31) verificaron que el agrupamiento de los suelos según las fracciones predominantes puede efectuarse simplemente en base a la acidez de los mismos. Chai y Caldwell (17) encontraron que los fosfatos de calcio predominaron en suelos alcalinos y los fosfatos de aluminio y hierro en suelos ácidos y Westing y Buntley (108) trabajando con suelos cuyo pH varió de 6,0 a 7,8, constataron la predominancia de los fosfatos cálcicos en todas las unidades estudiadas.

Las ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación del cuadro Nº 10 ofrecen información valiosa sobre las relaciones suelo-planta para las condiciones del estudio; en la figura Nº 6 se representan algunas de estas asociaciones. Por medio de estos análisis se han relacionado diferentes categorías de fosfatos en el suelo con los datos de cosecha y absorción de P por las plantas. Los datos del cuadro indican que, en orden decreciente de importancia, los fosfatos solubles en NH_4Cl, los fosfatos de aluminio y los fosfatos de calcio, fueron los principales responsables de la producción de materia seca y contenido de fósforo en la parte aérea de las plantas que recibieron el tratamiento Menos P. Siendo las fracciones de fosfatos de calcio y aluminio predominantes en el P inorgánico y total éstas también correlacionaron con la absorción y

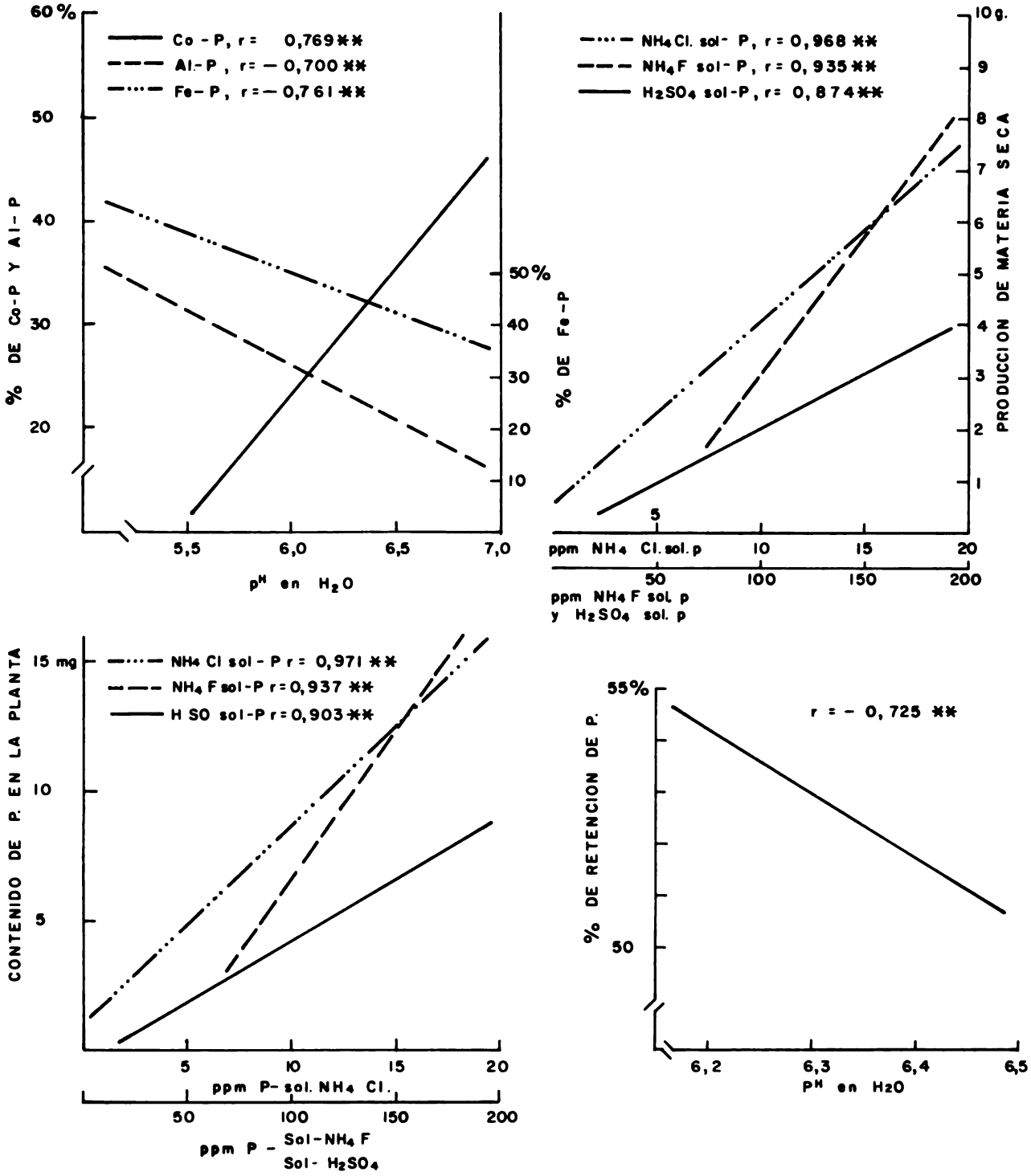


FIGURA N° 6.- EJEMPLOS DE CORRELACIONES ENTRE FOSFATOS INORGANICOS Y OTRAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS.-

contenido de fósforo en las plantas, aún cuando los datos disponibles no permiten explicar por qué la correlación fue mayor con el P total que con el P inorgánico, cuando era de esperarse lo contrario.

Pack y Gómez (79) también encontraron correlaciones altamente significativas entre el P absorbido y el P del suelo soluble en agua. Al-Abbas y Barber (3) verificaron que las plantas de mijo absorbieron principalmente P soluble en NH_4Cl y P soluble en NaOH. Alban y colaboradores (4) informaron que el contenido de P en plantas de avena y trébol correlacionó significativamente con los fosfatos de aluminio y calcio y Payne y Hanna (80) encontraron que el contenido de P en las plantas correlacionó principalmente con los fosfatos de aluminio.

La producción de materia seca del tratamiento Menos P correlacionó estrechamente con el contenido de P en la planta. Resultados semejantes fueron encontrados al estudiar los nutrimentos N, K, Ca, y Mg y las razones expuestas al discutir el ensayo de invernadero son también válidas para explicar los resultados obtenidos con el fósforo.

Los datos obtenidos sobre las formas de fosfatos inorgánicos permiten establecer secuencias del grado de desarrollo y meteorización química de estos suelos, las cuales concuerdan con la información disponible sobre la edad geológica de las rocas madres y el relieve de la cuenca.

De esta forma los suelos Pp y Mr que aparecen como los más intensamente meteorizados y de mayor desarrollo, se han originado a partir de las rocas volcánicas más viejas del área y ocupan las

partes más altas de la cuenca. Los suelos AB, AS, AA y AM, que constan como los más jóvenes de la zona, se desarrollan sobre rocas sedimentarias del Cuaternario, ocupan el plano o terraza de inundación de la llanura costanera y los dos primeros son periódicamente rejuvenecidos por inundaciones durante la época lluviosa. Los suelos Ch y Sp, aunque con características semejantes a las del grupo anterior, ocupan la terraza alta de la zona costanera, lo cual les ha permitido alcanzar un grado de desarrollo tal que la unidad Sp muestra una estratificación de horizontes genéticos y así se explicaría la posición que ocupan dentro de los suelos con meteorización química y grado de desarrollo intermedio.

Como se ha discutido anteriormente, otros autores (19, 29, 34) han utilizado datos de presencia de fosfatos inorgánicos en suelos para explicar su desarrollo y meteorización química, estableciendo secuencias dentro de los mismos y Syer (89) informa que los mismos criterios han servido en algunas ocasiones, para decidir la posición dentro de la secuencia de suelos que mostraban grados de desarrollo semejantes.

Los valores encontrados para la capacidad de retención de fosfatos en los suelos de la cuenca se asemejan a los comunicados por Fassbender (32) para diversos suelos aluviales de Costa Rica pero resultan ligeramente superiores a los valores encontrados por el mismo autor (33) para suelos amazónicos del Brasil. Se encontró una estrecha correlación (ver cuadro Nº 10) entre la cpacidad de retención y el grado de acidez de los suelos: aquellos que más fijaron P fueron los más ácidos ocurriendo lo contrario con los suelos

neutros y alcalinos. No fue significativa la correlación entre la retención de fosfatos y el contenido de arcilla en los suelos, concordando con los resultados encontrados por Franklin y Reisenauer (37) en los suelos estudiados por ellos.

De la información obtenida del experimento de invernadero y del estudio del fósforo, se pueden esperar respuestas apreciables a la fertilización fosfatada en la mayoría de los suelos de la cuenca, especialmente cuando aplicada como materiales de alta concentración y solubilidad en agua. También es de esperarse que aquellos métodos que utilizan extractores débiles, entre otros el de Bingham y el de Olsen, determinen en forma más adecuada el fósforo disponible y consecuentemente correlacionen mejor con las necesidades de fertilizantes y las respuestas a la aplicación de los mismos. No obstante, experimentos para verificar estas espectativas deberían ser iniciados.

CONCLUSIONES

El reconocimiento de los recursos físicos de la cuenca efectuado en base a la información encontrada en la literatura y los datos ganados a través de observaciones directas en el campo, permiten las conclusiones siguientes:

1. El clima es tropical lluvioso seco con una temperatura promedio anual superior a los 25ºC y una precipitación anual que varía en torno de los 1.600 mm. La estación seca presenta una duración de seis meses, siendo más prolongada en la parte superior de la cuenca que en la llanura costanera.
2. La formación vegetal presente es el bosque seco tropical con predominancia de especies vegetales caducifolias. En la actualidad, casi la totalidad del área se encuentra dedicada a actividades agropecuarias.
3. Los dos aspectos morfológicos principales lo constituyen las faldas de cerros y las colinas de la parte superior de la cuenca y la llanura costanera; esta última es constituída por el plano o terraza baja de inundación y por una terraza más alta, geológicamente más antigua.
4. Los suelos derivados de rocas sedimentarias del Cuaternario y desarrollados sobre las terrazas y conos aluviales, predominan sobre los suelos de las colinas y faldas de los cerros, desarrollados "in situ" a partir de materiales de origen volcánico de fines del Terciario o del Cuaternario reciente.

La evaluación de los resultados de los análisis de laboratorio y del experimento en macetas para determinar la capacidad

productiva de las diez series de suelos cartografiados en la cuenca, permiten arribar a las siguientes conclusiones.

1. La fertilidad natural de los suelos es baja. En algunas series se debe a la pobreza general en nutrimentos, en otras unidades a la deficiencia marcada en uno o más de los elementos básicos de la nutrición vegetal - N, P y S - y en otros suelos al desequilibrio con respecto a Ca Mg y K.
2. Los suelos Mr, AS, AM y Pp se agruparon como las series de mayor fertilidad natural. No obstante, las diferencias no fueron significativas con respecto a las demás series.
3. La respuesta a la aplicación de fertilizantes fue variable. La efectividad de la misma dependió tanto del suelo en consideración como de la combinación de nutrimentos aplicados.
4. El nitrógeno se reveló como el nutrimento más deficiente en los suelos de la cuenca. Solamente las series AB, AS y Sm no respondieron a la fertilización nitrogenada.
5. Los suelos AA, Ch, Sp, Mr y Pp manifestaron deficiencias en fósforo; por esta razón las plantas indicadoras respondieron significativamente a la aplicación del fertilizante fosfatado.
6. Los suelos no mostraron deficiencias en K, Ca, Mg y Elementos Menores. En la serie AM la aplicación de K y de CaMg provocaron una disminución de la producción; lo mismo sucedió con el suelo AS al aplicar K y en la unidad Sm al adicionar CaMg.
7. Los suelos AA, Ch, Mr y Pp mostraron deficiencia de azufre, respondiendo a la aplicación de este nutrimento en el tratamiento de fertilizantes. Por el contrario en la serie AS, la ausencia

del S condujo a las mayores producciones de materia seca por las plantas indicadoras.

El estudio especifico de los fosfatos en los suelos del área, realizado por ser este nutrimento uno de los factores más limitantes en la productividad de los mismos permite derivar las siguientes conclusiones:

1. El P total es en promedio mayor para los suelos aluviales que para los suelos desarrollados sobre materiales volcánicos.
2. También en valores promedios, la forma inorgánica del P total predominó sobre la forma orgánica.
3. El P orgánico no correlacionó con el contenido de materia orgánica ni con el N total.
4. Los fosfatos de calcio son altos, predominando sobre las otras fracciones inorgánicas en los suelos aluviales recientes. Los fosfatos ocluidos son altos y predominan en los suelos de formación "in situ" desarrollados sobre materiales volcánicos. Los fosfatos de aluminio predominan sobre los fosfatos de hierro en todos los suelos estudiados.
5. Los grados de meteorización química y de desarrollo establecidos en base a las fracciones del P inorgánico son aplicables para los suelos de la cuenca.
6. Los fosfatos cálcicos correlacionaron significativamente y en forma directa con el pH de los suelos. Esta correlación fue también significativa pero inversa en el caso de los fosfatos férricos y alumínicos.

7. La capacidad de retención de fosfatos es mediana y correlacionó con el pH de los suelos: las unidades más ácidas fijaron más P que las neutras o ligeramente alcalinas.

8. La producción de materia seca por las plantas correlacionó significativamente con el contenido de P total, P inorgánico total y sus fracciones solubles en NH_4Cl, NH_4F y H_2SO_4.

RESUMEN

Por considerar que la base principal para el desarrollo agropecuario de la zona lo constituyen sus recursos edafológicos, el presente estudio tuvo como objetivo fundamental la evaluación de la capacidad productiva de los suelos de la Cuenca Baja del Río Choluteca, localizada en el departamento del mismo nombre de la República de Honduras.

Simultaneamente y como objetivo secundario del trabajo, se estudiaron y describieron otros recursos físicos del área cuyo conocimiento se consideró como información complementaria útil para la planificación del desarrollo de la cuenca.

Finalmente, en vista que la mayoría de los suelos estudiados presentaron deficiencias notables de fósforo, se procedió a un análisis más detallado de este nutrimento.

El trabajo fue programado y ejecutado en cuatro etapas:

1. Trabajo de gabinete, durante el cual se procedió a la recopilación y estudio de la información bibliográfica y cartográfica disponible, a la delimitación del área física de la cuenca y a la determinación de las zonas de muestreo.
2. Trabajo de campo, comprobando y complementando la información ganada por medio del trabajo de gabinete, efectuando observaciones y descripciones de los suelos, determinando los sitios de muestreo, pasando luego a describir los perfiles y a tomar las muestras de los suelos necesarias para los trabajos subsiguientes.

3. Trabajo de laboratorio, en el cual los suelos muestreados fueron caracterizados en sus propiedades químicas y físicas, y

4. Trabajo de invernadero, durante el cual se procedió a la evaluación de la capacidad productiva de los diferentes suelos de la cuenca, por medio de un ensayo en macetas usando el tomate como planta indicadora. Se probaron ocho tratamientos de fertilizantes en los cuales intervinieron: N, P, K y S en forma individual, Ca y Mg en forma combinada y una mezcla de los elementos menores: Fe, Zn, B, Mo, Cu y Mn; en la determinación de los tratamientos de fertilizantes a probarse se siguió el método substractivo o del elemento faltante, con ligeras modificaciones; los suelos estudiados corresponden a las diez series cartografiadas en la cuenca en estudio. El diseño experimental empleado fue el de parcelas subdivididas con tres repeticiones de cada tratamiento. Los datos del peso seco de la parte aérea fueron analizados estadísticamente y el análisis químico del vástago reveló las cantidades de nutrimentos absorbidas por las plantas. También se observó el desarrollo de las plantas y la manifestación de síntomas de deficienca durante el ciclo vegetativo de las mismas.

El clima de la cuenca es tropical lluvioso seco con una temperatura promedio anual superior a los 25º C y una precipitación anual en torno de los 1.600 mm; la evapotranspiración potencial normalmente iguala o supera a la precipitación, presentando la estación seca

una duración de seis meses o mayor. La formación vegetal presente es el bosque seco tropical, con predominancia de especies caducifolias. Se distinguen dos aspectos morfológicos principales: las faldas de cerros y las colinas de la parte superior de la cuenca y la llanura costanera, esta última de mayor potencial agrícola. Los suelos desarrollados sobre terrazas y conos aluviales a partir de rocas sedimentarias del Cuaternario, predominan sobre los suelos desarrollados "in situ" a partir de materiales de origen volcánico de fines del Terciario o del Cuaternario reciente. La fertilidad natural de estos suelos es baja, lo que en algunas series se debe a la pobreza general en nutrimentos, en otras unidades a la deficiencia marcada en uno o más de los nutrimentos N, P y S, mientras que en otros suelos esta situación es consecuencia del desbalance con respecto al Ca, Mg y K. Los suelos Mr, AS, AM y Pp se mostraron como las series con fertilidad natural más alta y con excepción de la unidad AS, fueron quienes respondieron más vigorosamente a la aplicación de fertilizantes. El N constituyó el nutrimento más deficiente en los suelos de la cuenca, siendo seguido en orden de importancia por el P y el S. El P total es mayor en los suelos desarrollados a partir de materiales aluviales que en aquellos derivados de materiales volcánicos. Dentro del P total, la forma inorgánica predominó sobre la orgánica. Los fosfatos de calcio son altos en los suelos aluviales recientes, mientras que los fosfatos ocluidos predominan en los suelos de formación "in situ" desarrollados sobre materiales volcánicos. Se establecieron los grados de meteo-

rización química y de desarrollo de los suelos de la cuenca en base a la distribución de las fracciones del fósforo inorgánico. La capacidad de retención de fosfatos es mediana y correlacionó inversamente con el pH de los suelos. La producción de materia seca por las plantas correlacionó significativamente con el contenido de P total, P inorgánico total y sus fracciones solubles en NH_4Cl, NH_4F y H_2SO_4.

SUMMARY

It is considered that the principal base for agricultural development of the study area is its soils resources, and as such, the present study had as its fundamental objective the evaluation of the productive capacity of soils in the lower basin of the Choluteca River. The study area is located in the Choluteca Department of Honduras.

Simultaneously, and as a secondary objective of the study, other physical resources of the area were studied and described. Knowledge of such other resources is considered useful complementary information for planning development of the basin.

Finally, in view of the fact that most of the soils studied show notable phosphorus deficiencies, a more detailed analysis was undertaken for this nutrient.

The work was programmed and carried out in four stages:

1. Work in the office, during which the available cartographical and bibliographical information was collected and studied. Also during this stage, the physical boundaries of the basin were determined.
2. Field checking and complementing of data gathered at the office. This was done through soil observations, descriptions, determination of sampling sites and later through soil profile description and soil sampling necessary for subsequent stages.

3. Laboratory work. During this stage the soils were described as to their chemical and physical properties.

4. Greenhouse work. During this stage the productive capacity of the different soils was evaluated through pot-tests, with tomatoes as test plants. Eight fertilizer treatments were tested and N, P, K and S were used in individual form, Ca and Mg were used jointly, and also a mixture of minor elements including Fe, Zn, B, Mo, Cu, Mn. With slight variations, in determining the fertilizer treatment to be tested, the lacking element method was followed. The soils studied correspond to the ten series mapped in the river basin. The experimental design used consisted of randomized split-plots, with three replications. Data from dry weight of the aerial parts of the plant was analyzed statistically. The chemical analysis of the aerial parts revealed the nutrient quantities absorbed by the plants. During the period of plant growth, their development was observed,as well as any symptoms of nutritional deficiencies.

The climate of the basin is wet and dry tropical, with a mean annual temperature above 25ºC and an annual precipitation of approximately 1.600 mm. Potential evapotranspiration is usually equal to or greater than precipitation, and the dry season lasts six months or longer.

Vegetation is classified as tropical dry forest, composed mostly of decidous species.

Geomorphologically, there are two distinguishing features: the mountain slopes with the hills on the upper part of the river basin, and the coastal plain which has the highest agricultural potential. Soils developed from Cuaternary sedimentary rocks, over terraces and aluvial fans, are more common than those developed "in situ" from volcanic material of the Terciary and recent Cuaternary periods.

The natural fertility of these soils is low in some series, due to a marked deficiency of one or more of the nutrients: N, P, and S. In others, this low fertility is a consequence of an imbalance in reference to Ca, Mg, and K.

Soils series Mr, AS, AM and Pp had the highest natural fertility and, with the exception of AS, they responded vigorously to fertilizer application.

N was the most deficient nutrient in the soils of the basin, followed in order of importance by P and S. Total P is higher in soils developed from aluvial materials than in those derived from volcanic materials. Within total P, the inorganic form was predominant over the organic form. Calcium phosphates are high in recent aluvial soils while occluded phosphates predominate in soils of in situ formation developed over volcanic materials.

Chemical weathering and the degree of development were established for the soils of the river basin on the basis of the distribution of inorganic P fractions.

Phosphate retention capacity is fair, and is correlated inversely with soil pH. Dry matter production was significantly correlated with total P content, total inorganic P, and with its soluble fractions in NH_4Cl NH_4F and H_2SO_4.

LITERATURA CITADA

1. ACQUAYE, D. K. Some significance of soil organic phosphorus mineralization in the phosphorus nutrition of cacao in Ghana. Plant and Soil 19(1):65-80. 1963.

2. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. Análisis regional de recursos físicos; Centro América y Panamá. AID/RIC, GIPR Nº 4. 1965. p. irr.

3. AL-ABBAS, A. H. y BARBER, S. A. A soil test for phosphorus based upon fractionation of soil phosphorus. I. Correlation of soil phosphorus fractions with plant available phosphorus. Soil Science Society of America Proceedings 28(2):218-221. 1964.

4. ALBAN, L. A., VACHAROTAYAN, S. y JACKSON, T. L. Phosphorus availability in reddish brown lateric soils. I. Laboratory studies. Agronomy Journal 56(6):555-558. 1964.

5. ALLISON, L. E. Organic carbon. In Black, C. A. ed. Methods of soil analysis. Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1367-1400.

6. ARMIGER, W. H. et al. Effect of size and tipe of pot on relative precision,yields, and nutrient uptake in greenhouse fertilizer experiments. Agronomy Journal 50(5):244-247. 1958.

7. _____ y FRIED, M. Effect of pot size and shape on yield and phosphorus uptake of millet. Agronomy Journal 50(8): 462-465. 1958.

8. AUBREVILLE, E. A. Conferencias sobre ecología forestal. Traducción de J. M. Montoya Maquin y G. Budowski. Turrialba, IICA, Programa de Desarrollo Forestal y Programa de Recursos para el Desarrollo, 1965. 74 p. (mimeografiado).

9. AWAN, A. B. Effect of lime on availability of phosphorus in Zamorano soils. Soil Science Society of America Proceedings 28(5):672-673. 1964.

10. BARTLET, F. D. y NELLER, J. R. Turbidimetric determination of sulfate sulfur in soil extracts. Soil Science 90(3): 201-204. 1960.

11. BATES, J. A. R. y BAKER, T. C. N. Studies on a Nigerian forest soil. II. The distribution of phosphorus in the profile and in various soil fractions. Journal of Soil Science 11(2):257-265. 1960.

12. BILENKO, P. YA. y LOGOVINENKO, O. A. Degree of fertility of the lower layer of a chestnut soil and their influence on plants. Soviet Soil Science 4:432-440. 1963.

13. BLANCO, H. G. et al. Fertilidade de alguns solos de varzea do vale do Paraíba. Bragantia (Brasil) 23(6):55-63. 1964.

14. BORNEMISZA, E. El fósforo orgánico en suelos tropicales. Turrialba (Costa Rica) 16(1):33-38. 1966.

15. BREMNER, L. M. Total nitrogen. In Black, C. A., ed. Methods of soil analysis. Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. v. 2. pp. 1159-1176.

16. CATANI, R. A. y GALLO, J. R. Avaliação da exigencia em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação de bases. Revista de Agricultura (Brasil) 30(1,2,3,):49-60. 1955.

17. CHAI, M. C. y CALDWELL, A. C. Forms of phosphorus and fixation in soil. Soil Science Society of America Proceedings 23(6):458-460. 1959.

18. CHANG, S. C. y JACKSON, M. L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Science 84(2):133-144. 1957.

19. _____ y JACKSON, M. L. Soil phosphorus fractions in some representative soils. Journal of Soil Science 9(1): 109-119. 1958.

20. _____ y JUO, S. R. Available phosphorus in relation to forms of phosphates in soils. Soil Science 95(2):91-96. 1963.

21. CHAVERRI, G. R. Informe anual de la labor realizada en 1958. STICA, Proyecto 30, Laboratorio Químico de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José. p. 19. 1958. (mimeografiado)

22. CHESNIN, L. y YIN, C. H. Turbidimetric determination of available sulfates. Soil Science Society of America Proceedings 15:149-151. 1950.

23. CHILE. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Exploración de deficiencias nutritivas. In Segunda Memoria Anual, 1965-66. Santiago, 1966. pp. 46-47.

24. _____ Análisis estandard de muestras de suelo. In Segunda Memoria Anual, 1965-66. Santiago, 1966. p. 50.

25. CLINE, M. G. Methods of collecting and preparing soil samples. Soil Science 59:3. 1945.

26. CONTREIRAS, J. et al. Estudo da fertilidade de alguns solos de Sao Tomé. I. Ensaio em vasos pelo método substractivo. Estudios Agronomicos 1(2):125-183. 1960.

27. CORREA, V. J. Estudio comparativo de la fertilidad de seis series de suelos de Colombia, bajo condiciones de invernadero. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 1(2):61-98. 1957.

28. CUNNINGHAM, R. K. The effect of clearing a tropical soil. Journal of Soil Science 14(2):334-345. 1963.

29. DAHNKE, W. C., MALCOLM, J. L. y MENENDEZ, M. E. Phosphorus fractions in selected soil profiles of El Salvador as related to their development. Soil Science 90(1):33-38. 1964.

30. DAY, P. R. Particle fractionation and particle size analysis. In Black, C. A., ed. Methods of soil analysis. Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 545-567.

31. DU PLESSIS, S. F. y DU T. BURGER, R. The availability of different phosphate fractions. South Africa Journal of Agricultural Science 9:331-340. 1966.

32. FASSBENDER, H. W. Phosphate transformations in Costa Rican soils. I. Phosphate retention and its different chemical forms under laboratory conditions for 14 soil. Soil Science. (En prensa).

33. _____ Retención y transformación de fosfatos en 8 latosoles de la Amazonia del Brasil. In Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, 7a., Caracas, Venezuela, 1967. (En prensa)

34. _____ Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la meseta central y de las llanuras atlánticas de Costa Rica. Fitotecnia Latinoamericana (Costa Rica) 3(1-2):187-202. 1966.

35. _____ y IGUE, K. Comparación de métodos radiométricos y colorimétricos en estudios sobre retención y transformación de fosfatos en el suelo. Turrialba (Costa Rica) 17(3): 284-287. 1967.

36. FLOR I., J. A. Prueba de la fertilidad de cuatro tipos de suelo de la finca experimental "La Lola". Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1963. 94 p. (mimeografiada)

37. FRANKLIN, W. T. y REISENAUER, H. M. Chemical characteristics of soils related to phosphorus fixation and availability. Soil Science 90:192-200. 1960.

38. FRIEND, M. I. y BIRCH, H. F. Phosphate responses in relation to soil tests and organic phosphorus. Journal of Agricultural Science 54:341-347. 1960.

39. GARCIA, L. R. Phosphorus fractionation and phosphorus fixation capacity in calcareous sugar cane soils in Mexico. In International Society of Sugar Cane Technology Second Congress. Proceedings. pp. 111-115. 1963.

40. GARGANTINI, H. Levantamento da fertilidade de solos da Estação Experimental de Pindamonhangaba. Bragantia (Brasil) 17(13):177-193. 1958.

41. GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. Piracicaba, Brasil, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1963. 328 p.

42. GOODALL, D. W. y GREGORY, F. G. Chemical composition of plants as an index of their nutritional status. East Malling Imperial Bureau of Horticulture and Plantation Crops. Technical Communication No. 17. 1947. 147 p.

43. HARDY, F. Phosphate deficiency in some West Indian soils as revealed by pot test. Tropical Agriculture (Trinidad) 26(7-12):85-92. 1949.

44. _____ Provisional standards for assesing results of soils chemical analysis. (notas de clase)

45. _____ y BAZAN, R. Studies in Costa Rican soils I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1963-66. (Informes mimeografiados)

46. _____, HARPER, A. S. y CRIPPS, E. G. Assesment of fertility of abnormal soils: B. ferruginous red soils. Tropical Agriculture (Trinidad) 18(12):238-243. 1941.

47. _____ y HARPER, A. S. Assement of fertility of abnormal soils: A. Rendsina or humus carbonate soil. Tropical Agriculture (Trinidad) 18(2):214-221. 1941.

48. _____ y JORDAN, J. W. Soil fertility of some peasant land in Trinidad. Tropical Agriculture (Trinidad) 23(1): 12-19. 1946.

49. HAUSENBUILLER, R. L. y WEAVER, W. H. A comparison between greenhouse and field procedures in phosphate fertilizer testing. Soil Science 90(4):298-301. 1960.

50. HONDURAS. SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. PROGRAMA DE FERTILIZANTES. Resultados de campo obtenidos en 1961, 62, 63 y 64. 1964. 69 p.

51. HONDURAS. SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. Almanaque hondureño 1966. 24 p.

52. _____ Mapa de isohietas anuales en milímetros. 1966.

53. HONDURAS. MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES. Mapa de clasificación forestal provisional. 1965.

54. HOLDRIDGE, L. Mapa ecológico de Honduras. In Unión Panamericana, Informe oficial de la Misión 105 de asistencia técnica directa a Honduras sobre Reforma Agraria y desarrollo agrícola. Washington, 1963. v. 2.

55. HORN, M. E. et al. Chemical properties of the coastal aluvial soils of the Republic of Guinea. Soil Science Society of America Proceedings 31(1):108-114. 1967.

56. HSU, P. H. y JACKSON, M. L. Inorganic phosphate transformations by chemical weathering in soils as influenced by pH. Soil Science 90(1):16-24. 1960.

57. IGUE, K y SCHMIDT, N. C. Estudo de fertilidade em solos da serie pinhão. Bragantia (Brasil) 21(41):743-753. 1962.

58. JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. Englewood Cliff, Prentice Hall, 1958. 380 p.

59. _____ Chemical composition of soils. In Bear, F. E., ed. Chemistry of the soil. 2nd ed. New York, Reinhold Publishing Corporation, 1964. pp. 71-134.

60. JENNY, H. Nutrient level determination by greenhouse and field methods of studying fertilizer needs. Unpublished work, 1944. (Original no consultado; citado en Vandecaveye, S. C. Biological methods of determining nutrient in soils. In Kitchen, H. B. ed. Diagnostic techniques for soils and crops. Washington, American Potash Institute, 1948. pp. 199-230.

61. _____, VLAMIS, J. y MARTIN, W. E. Greenhouse assay of fertility of California soils. Hilgardia 20(1):1-8. 1950.

62. JENNY, H. et al. Estudio sobre la fertilidad de ocho suelos colombianos. Boletín Técnico de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia 1(9):1-16. 1953.

63. JONES, W. W. Nitrogen. In Chapman H. D., ed. Diagnostic criteria for plants and soils. University of California, Division of Agriculture Science, 1966. pp. 324-361.

64. KAILA, A. Organic phosphorus in finnish soils. Soil Science 95(1):38-44. 1963.

65. KENWAR, J. S. y GREWAL, J. S. Forms of phosphorus in Punjab soils. Journal of the Indian Society of Soil Science 7:135-142. 1959. (Original no consultado; citado en Fassbender, H. W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la meseta central y de las llanuras atlánticas de Costa Rica. Fitotecnia Latinoamericana (Costa Rica) 3(1-2):187-202. 1966)

66. KILMER, V. J. y ALEXANDER, L. T. Methods of making mechanical analysis of soils. Soil Science 68(1):15-24. 1949.

67. KITCHEN, H. B. Diagnostics techniques for soils and crops. Washington, American Potash Institute, 1948. 308 p.

68. LAGUNOVA, YE. P. Fertility of the genetic horizons of transvolga soils and methods of their restoration. Soviet Soil Science 7:816-824. 1966.

69. LAROCHE, F. A. Efeitos da calagem sobre o complexo de troca de um latosolo tropical e os teores de cations absorvidos pelo tomate. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1966. 76 p. (mimeografiado)

70. LE CLERG, E. L., LEONARD, W. H. y CLARK, A. G. Field plot technique. Minneapolis, Minnesota Burgers, 1962. 372 p.

71. LOTT, W. L., Mc CLUNG, A. C. y MEDCALF, J. C. Deficiencia de enxofre no cafeeiro. IBEC Research Institute. Boletim No. 22. 1960. 23 p.

72. LUNDERGARDH, H. H. The triple-analysis method of testing soil fertility and probable crop reaction to fertilization. Soil Science 45:447-454. 1938.

73. MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. Adubos e adubação. São Paulo, Editora Agronomica "Ceres", 1949. 487 p.

74. MCCLUNG, A. C., FREITAS, L. C. DE M. y LOTT, W. L. Analysis of several brasilian soils in relation to plant responses to sulfur. Soil Science Society of America Proceedings 23(3):221-224. 1959.

75. _____ et al. Alguns estudos preliminares sobre possiveis problemas de fertilidade em solos de diferentes campos cerrados de Sao Paulo e Goiás. Bragantia (Brasil) 17(3): 29-44. 1958.

76. MCMURTREY, J. E. Visual symptom of nutrition in plants. In Kitchen, H. B., ed. Diagnostic techniques for soils and crops. Washington, D. C. American Potash Institute, 1948. pp. 231-289.

77. MILLAR, C. E. Soil fertility. New York, Willey, 1955. 436 p.

78. MULLER, L. E. Deficiencia de azufre en algunos suelos de Centro América. Turrialba (Costa Rica) 15(3):208-215. 1965.

79. PACK, M. R. y GOMEZ, R. S. Correlations between plants analyses and soil tests in New Mexico. Soil Science Society of America Proceedings 20(4):529-531. 1956.

80. PAYNE, H. y HANNA, W. J. Correlations among soil phosphorus fractions, extractable phosphorus and plant content of phosphorus. Journal of Agricultural and Food Chemistry 13(4):322-326. 1965.

81. PEECH, M. Hidrogen-ion activity. In Black, C. A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pp. 914-926.

82. _____ y REED, J. F. Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U.S. Department of Agriculture. Circular Nº 757. 1947.

83. PRITCHET, W. L., ENO, C. F. y MALIK, M. N. The nitrogen status of the mineral soils of Florida. Soil Science Society of Agronomy Proceedings 23(2):127-130. 1959.

84. REED, J. F. Sampling soils for chemical tests; a general survey of procedures. Better Crops with Plant Food 31: 13-19. 1953.

85. ROBERT, R. I. y IRVING, E. M. Mineral deposits of Central America. International Cooperation Administration, U.S. Department of State. Geological Bulletin Nº 1034. 1957. 205 p.

86. RUSSEL, E. W. Soil conditions and plant growth. 9th ed. London, Longmans, 1961. 688 p.

87. SMITH, R. W. y ACQUAYE, D. K. Fertilizer responses on peasant cocoa farms in Ghanna; a factorial experiment. Empire Journal of Experimental Agriculture 31(122):115-123. 1963.

88. STEPHENSON, R. E. y SCHUSTER, C. E. Laboratory greenhouse and field methods of studying fertilizer needs. Soil Science 52:137-153. 1941.

89. SYER, J. K. Inorganic phosphorus transformations with time. New Zeland, Soil News 1:11-18. 1967. (Comunicación personal)

90. THOMPSON, L. M. Soils and soil fertility. New York, Mc Graw Hill, 1952. 339 p.

91. _____, BLACK, C. A. y ZOELNER, J. A. Occurrence and mineralization of organic phosphorus in soils with particular reference to association with nitrogen carbon and pH. Soil Science 77(3):185-196. 1954.

92. ULRICH, B., HEMPLER, K. y BENZLER, J. H. Zur analitischen bestimmung von gesamtphosphorsäure und laktatlöslicher phosphorsäure in bodenproben. Die phosphorsäure 20: 344-347. 1960.

93. UNION PANAMERICANA. Informe oficial de la Misión 105 de asistencia técnica directa a Honduras sobre reforma agraria y desarrollo agrícola. Washington, 1963. v. 1. 185 p.

94. _____. Honduras. Indice anotado de los trabajos aerofotográficos y los mapas topográficos y de recursos naturales. Washington, 1965. 11 p.

95. URIBE, G. E. Regionalización y programación agropecuaria del área Nicoya-Puerto Jesús, Provincia de Guanacaste, Costa Rica, en base de sus recursos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 156 p.

96. U.S. ARMY. NATURAL RESOURCES DIVISION. Proposed agricultural water resources development in Honduras. Fort Clayton, Canal Zone, 1964. 25 p.

97. U.S. BUREAU OF PLANT, SOILS AND AGRICULTURE ENGINEERING. Soil survey manual by Soil Survey Staff, Washington, D. C. 1951. 503 p.

98. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Soil. Yearbook of Agriculture, 1957. Washington, 1957. 784 p.

99. U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE. Soil classification; a comprehensive system. Soil survey staff. Washington, 1960. 265 p.

100. VANDERCAVEYE, S. C. Biological methods of determining nutrients in soil. In Kitchen, H. B., ed. Diagnostic techniques for soils and crops. Washington, American Potash Institute, 1948. pp. 199-230.

101. VERA, L. Técnicas de inventario de la tierra agrícola. Washington, Unión Panamericana, 1964. 136 p. (Manuales Técnicos 10)

102. VIEIRA, L. S. Ocorrencia e forma de fósforo em solos da amazonia, Brasil. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1966. 110 p. (mimeografiada)

103. VLAMIS, J. Growth of lettuce and barley as influenced by degree of calcium saturation of soil. Soil Science 67(6): 453-466. 1949.

104. _____, STONE, E. C. y YOUNG, C. L. Nutrient status of brushlands soils in Southern California. Soil Science 78(1):51-55. 1954.

105. VOLK, V. V. y MCLEAN, E. O. The fate of applied phosphorus in four Ohio soils. Soil Science Society of America Proceedings 27(1):53-58. 1963.

106. WALKER, T. W. The significance of phosphorus in pedogenesis. In Hallswort, E. C. y Crawford, D. V., ed. Experimental Pedology. Proceedings of the Eleventh Easter School in Agricultural Science. University of Nottingham, London, Butterworths, 1965. pp. 295-315.

107. WALTER, H. y LIETH, H. Klimadiagramm Weltatlas. Jena Deutschen Demokratisshen Republik, Gustav Fisher Verlag, 1960. p. irr.

108. WESTING, F. C. y BUNTLEY, G. J. Soil phosphorus in South Dakota; I inorganic phosphorus fractions of some soil series. Soil Science Society of Agronomy Proceedings 30(2):245-247. 1966.

109. WILLIAMS, E. G. y SAUNDERS, W. M. H. Distribution of phosphorus in profiles and particle size fractions of some Scottish soils. Journal of Soil Science 7(1):90-108. 1956.

110. WILLIAMS, S. H., WILLIAMS, E. C. y SCOTT, N. M. Carbon nitrogen, sulfur and phosphorus in some Scottish soils. Journal of Soil Science 11(2):334-346. 1960.

111. WIRKLANDER, L. Cation and anion exchange phenomena. In Bear, F. E., ed. Chemistry of the soil. 2nd ed. New York, Reinhold Publi. Corp., 1964. pp. 175-218.

A P E N D I C E

CUADRO Nº 3. Análisis físico y químico de los suelos.

Suelos	Análisis Granulométrico (%) Arena gruesa I	Arena fina II	Limo III	Arcilla IV	Textura	pH en H_2O	pH en $CaCl_2$	Totales % Materia orgánica	C	N	C/N
					Suelos desarrollados sobre materiales aluviales						
AA	80,7	16,1	tr.	3,2	A.	6,5	5,7	3,4	2,0	0,20	10,0
AB	0,3	54,3	24,0	21,4	F.Ac.A	7,4	6,7	3,3	1,9	0,21	9,1
AM	16,7	20,2	30,3	32,8	F.Ac.	7,5	7,2	5,9	3,4	0,40	8,5
Ch	21,3	57,3	9,6	11,8	F.A.	6,5	5,7	2,6	1,5	0,16	9,4
Ta	7,7	29,5	16,3	46,5	Ac.	6,4	5,9	3,5	2,0	0,19	10,5
AS	23,4	36,9	16,6	23,0	F.Ac.A	6,7	6,6	4,7	2,7	0,26	10,4
Sp	46,4	43,4	1,7	8,6	A.	6,1	5,3	2,1	1,2	0,13	9,2
					Suelos desarrollados sobre materiales volcánicos						
Mr	16,3	25,8	20,6	37,4	F.Ac.	6,5	6,3	6,0	3,5	0,33	10,6
Pp	35,0	33,4	7,9	23,7	F.Ac.A	6,2	5,5	6,7	4,0	0,34	11,8
Sm	10,4	28,2	21,7	39,7	F.Ac.	6,3	5,6	5,3	3,1	0,26	11,9

Continuación CUADRO Nº 3.

Cationes					Cambiables			
Ca	K	Mg	S	T	G.S.	Relaciones		
	meq/100 g de suelo				%	Ca/Mg	Mg/K	CaMg/K
10,7	0,3	1,4	12,4	24,5	50,6	7,6	4,7	40,4
24,1	1,0	3,2	28,3	44,8	63,3	7,5	3,2	27,3
31,9	1,1	2,6	35,6	59,1	60,2	12,6	2,4	31,4
12,9	0,2	1,3	14,4	27,2	53,0	9,9	6,5	71,0
25,7	0,4	7,5	33,6	59,0	57,0	3,4	18,8	83,0
26,7	1,2	5,0	32,9	52,8	62,4	5,4	4,2	26,4
7,9	0,3	0,7	8,9	20,0	44,5	11,3	2,3	28,7
28,7	0,6	5,0	34,3	59,0	58,2	5,7	8,3	51,1
18,2	0,7	1,1	20,0	45,0	44,4	16,5	1,6	27,6
17,9	0,5	3,1	21,5	50,0	43,1	5,8	6,2	42,0

P luido	%	Capacidad de Retención %
,5	19,3	42,4
,0	17,2	39,2
,5	29,4	37,6
,3	27,8	59,3
,8	58,5	53,6
,5	27,8	42,4
,3	42,5	49,3
0	78,5	53,6
3	51,1	52,6
0	23,0	61,1

CUADRO Nº 5. Peso de la materia seca de la parte aérea del tomate. Valores promedios en gramos por maceta.

SUELOS	FERTILIZANTES							
	Elementos mayores	Menos N	Menos P	Menos K	Menos S	Menos Ca Mg	Elementos mayores y menores	Testigo
AA	4,9	0,4	1,1	5,2	1,9	5,2	3,6	0,5
AB	2,4	0,3	3,9	3,7	2,0	4,2	2,2	0,4
AM	6,6	2,7	8,4	9,9	6,2	9,2	6,2	0,8
Ch	3,3	0,4	0,7	3,4	1,1	2,4	3,4	0,5
Ta	2,4	0,2	1,4	4,1	2,9	2,1	2,3	0,3
AS	3,3	1,6	2,8	6,1	6,0	4,4	3,2	1,0
Sp	3,2	0,4	0,5	2,9	2,1	4,4	3,0	0,4
Mr	6,7	1,6	1,8	7,8	3,1	6,2	6,9	1,3
Pp	8,6	2,7	0,7	9,0	3,6	10,5	6,5	0,8
Sm	2,0	0,3	0,1	3,6	0,8	5,7	1,6	0,5

Valor Δ al nivel de 0,01 para contrastes entre suelos = 2,65

Valor Δ al nivel de 0,01 para contrastes entre fertilizantes = 2,19

CUADRO Nº 6. Análisis de variación del peso de la materia seca de la parte áerea del tomate.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Desviación estándard	
Bloques	2	20,90			
Fertilizantes	7	740,25	105,75	10,28	13,85**
Error (a)	14	7,69	0,55	0,74	
Parcelas	23	768,84			
Suelos d. Elementos Mayores	9	138,58	15,40	3,92	4,51**
" " Menos N	9	26,76	2,97	1,72	1,98**
" " " P	9	165,98	18,44	4,29	4,93**
" " " K	9	171,58	19,06	4,37	5,02**
" " " S	9	93,32	10,37	3,22	3,70**
" " " CaMg	9	192,63	21,40	4,63	5,32**
" " Elementos Mayores y Menores	9	101,21	11,25	3,35	3,85**
" " Testigo	9	2,58	0,29	0,54	0,62
Error (b)	144	109,64	0,76	0,87	
Total	239	1.771,12			

** Significativo al nivel de 0,01

C. V. para parcelas = 22,8% C. V. para subparcelas = 26,8%

CUADRO Nº 7. Contenido de elementos nutritivos en la parte aérea del tomate. Cifras en miligramos del elemento por maceta, por tratamiento de fertilizantes y por suelo.

FERTILIZANTES	SUELOS AA					AB					AM				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Elementos Mayores	48	16	189	107	25	19	12	105	69	11	54	22	276	165	21
Menos N	4	2	17	10	2	3	2	11	11	2	22	13	107	86	10
Menos P	29	1	62	26	9	33	10	158	114	18	92	17	374	230	34
Menos K	49	16	144	119	30	33	18	152	100	15	103	36	433	274	37
Menos S	48	12	71	52	12	32	12	67	67	10	85	26	214	193	23
Menos CaMg	52	20	184	81	17	33	25	176	85	12	92	36	388	200	30
Elementos Mayores y Menores	37	15	161	74	19	20	12	99	63	10	53	30	259	186	24
Testigo	5	1	22	13	3	5	2	17	17	2	7	4	35	26	3

FERTILIZANTES	AS					Sp					Mr				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Elementos Mayores	31	13	156	84	15	36	10	143	60	16	60	20	253	153	31
Menos N	14	8	62	42	8	4	1	16	16	3	13	6	57	45	9
Menos P	34	6	145	88	16	13	0	29	15	4	47	4	80	50	14
Menos K	61	23	231	182	28	31	11	79	67	18	72	20	352	214	52
Menos S	54	24	255	153	28	29	7	71	45	10	67	14	100	104	20
Menos CaMg	40	21	176	95	17	37	17	161	66	13	55	21	210	115	24
Elementos Mayores y Menores	29	13	134	82	15	35	8	120	56	14	56	18	254	131	28
Testigo	10	3	39	25	4	5	1	17	15	2	15	2	54	37	6

Continuación CUADRO Nº 7.

FERTILIZANTES	SUELOS									
	Ch					Ta				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Elementos Mayores	33	10	129	81	19	27	6	97	57	13
Menos N	5	2	19	12	3	3	1	9	11	2
Menos P	16	0	32	16	5	25	2	73	38	9
Menos K	42	13	56	74	19	36	16	124	88	20
Menos S	35	6	42	31	7	29	9	112	66	13
Menos CaMg	19	9	71	49	6	18	9	81	38	8
Elementos Mayores y Menores	35	9	130	69	16	27	6	93	52	11
Testigo	6	1	16	15	2	3	1	10	7	1

FERTILIZANTES	Pp					Sm				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Elementos Mayores	82	35	422	161	41	42	12	133	47	10
Menos N	27	19	137	54	14	7	1	13	8	2
Menos P	24	1	47	16	5	--	0	1	1	0
Menos K	90	35	397	168	42	61	22	197	91	20
Menos S	94	29	161	99	19	36	7	47	28	6
Menos CaMg	189	44	434	175	43	55	22	218	94	17
Elementos Mayores y Menores	73	30	331	120	31	42	10	104	36	8
Testigo	11	1	39	22	4	6	1	23	15	2

CUADRO Nº 8. Ecuaciones de regresión y grado de asociación entre características del suelo, de la planta y relaciones suelo-planta.

X	Y	Ecuación de regresión	r
pH H_2O	pH $CaCl_2$	Y = - 1,75 + 1,18.x	0,910 **
pH $CaCl_2$	Grado de saturación de bases	Y = -11,79 + 10,82.x	0,870 *
"	Capacidad de cambio de cationes	Y = -46,70 + 15,02.x	0,620 **
Materia orgánica	"	Y = 15,60 + 6,56.x	0,690 *
Arcilla	"	Y = 19,04 + 1,03.x	0,991 **
Arcilla	Materia orgánica	Y = 2,03 + 0,11.x[1]	0,830 **
Materia orgánica	N	Y = 0,02 + 0,052.x	0,928 **
Arcilla	N	Y = 0,12 + 0,05.x[1]	0,705 *
N	M.S. (-N)[2]	Y = - 1,50 + 10,24.x	0,880 **
Materia orgánica	"	Y = - 1,16 + 0,51.x	0,804 **
Ca/Mg cambiables	M.S. (-CaMg)[2]	Y = 1,40 + 0,47.x	0,704 **
N	mg N (-N)[3]	Y = -11,19 + 86,50.x	0,857 **
Materia orgánica	"	Y = - 9,79 + 4,65.x	0,781 **
mg N (-N)[3]	M.S. (-N)[2]	Y = - 0,088 + 0,11.x	0,975 **
mg K (-K)[3]	M.S. (-K)[2]	Y = 2,60 + 13,60.x	0,721 **
mg CaMg (-CaMg)[3]	M.S. (-CaMg)[2]	Y = 0,43 + 4,18.x	0,978 **
mg Ca (-CaMg)[3]	"	Y = 0,49 + 4,93.x	0,956 **
mg Mg (-CaMg)[3]	"	Y = 0,80 + 0,24.x	0,972 **

1 = No incluye los valores del suelo Ta
2 = Producción de materia seca del tratamiento Menos Nutrimento.
3 = Contenido del elemento nutritivo en las plantas del tratamiento Menos Nutrimento.

CUADRO Nº 9. Estado de los nutrimentos en los suelos, según respuesta a los tratamientos de fertilizantes.

SUELO	NUTRIMENTO					
	N	P	K	S	CaMg	M.E.[1]
AA	-	-	*	-	*	*
AB	*	*	*	*	*	*
AM	-	*	+	*	+	*
Ch	-	-	*	-	*	*
Ta	-	*	*	*	*	*
AS	*	*	+	+	*	*
Sp	-	-	*	*	*	*
Mr	-	-	*	-	*	*
Pp	-	-	*	-	*	*
Sm	*	*	*	*	+	*

1 = Elementos Menores

* = Adecuado

- = Deficiente

+ = Exceso

CUADRO Nº 10. Ecuaciones de regresión y grado de asociación entre características del P en el suelo y en la planta.

X	Y	Ecuación de regresión	r
pH-H_2O	% Ca-P[1]	Y = -121,61 + 24,16.x	0,769**
pH-H_2O	% Al-P[1]	Y = 138,28 - 14,75.x	-0,700*
pH-H_2O	% Fe-P[1]	Y = 88,36 - 10,37.x	-0,761*
pH-H_2O	% Retención	Y = 132,92 - 12,68.x	-0,725*
Materia Orgánica	ppm P orgánico	Y = 0,55 - 2,02.x	0,382 N.S.
M.S.(-P)[2]	ppm NH_4Clsol-P	Y = 0,55 + 0,35.x	0,968**
"	ppm Al-P	Y = -2,05 + 5,19.x	0,935**
"	ppm Ca-P	Y = -0,048 + 2,82.x	0,874**
"	ppm Pi[3]	Y = -1,15 + 8,87.x	0,808**
"	ppm Pt[4]	Y = -2,69 + 8,02.x	0,887**
mg P(-P)[5]	ppm NH_4Clsol-P	Y = 0,97 + 0,77.x	0,971**
"	ppm Al-P	Y = -4,89 + 11,58.x	0,937**
"	ppm Ca-P	Y = -0,56 + 4,79.x	0,903**
"	ppm Pi[3]	Y = -3,15 + 20,54.x	0,841**
"	ppm Pt[4]	Y = -6,56 + 18,32.x	0,911**
M.S. (-P)[2]	mg P(-P)[5]	Y = 0,17 + 0,44.x	0,989**

[1] Por ciento del P inorgánico "activo", según Hsu y Jackson (56).

[2] Producción de materia seca por las plantas del tratamiento Menos P.

[3] P inorgánico total.

[4] P total.

[5] Contenido de P en el vástago de las plantas del tratamiento Menos P

Date Due

	OCT 3 '72		
JAN 3 '68	OCT 9 '72		
FEB 3 '68	OCT 24 '72		
	NOV 8 '72		
MAR 11 '68	5 FEB. 1975		
[illegible]	5 JUNE. 1976		
Biblioq	15 JUNE. 1976		
MAR 18 '69	~~NOV 15 1985~~		
APR 14 '69	20 JUL. 1988		
[illegible]	3 - AGO. 1988		
[illegible]	17 AGO. 1988		
OCT 3 '72	DEVUELTO		
DEC 30 '70	21 FEB 1992 DEVUELTO		
JAN 26 '71	01 SEP 1994		
cat	DEVUELTO 18 SEP 1994		
SEP 20 '72	DEVUELTO		
	14 OCT 1994 DEVUELTO		

Date Due

00912

Thesis
M857 MORILLO ZUÑIGA M.R.

Autor

Título Evaluación de los recursos edafologicos de la...

Fecha Devolución	Nombre del solicitante
14 OCT 1994	Edafología

00912

Date Due

	OCT 3 '72		
JAN 31 '69	OCT 9 '72		
FEB 3 '69	OCT 24 '72		
	NOV 8 '72		
MAR 11 '69	8 FEB. 1975		
SEP 3 '70	9 ENE. 1976		
13.bkig	19 ENE. 1976		
MAR 18 '69	~~NOV 15 1985~~		
APR 14 '69	20 JUL. 1988		
[illegible]	3 - AGO. 1988		
[illegible]	17 AGO. 1988 DEVUELTO		
OCT 3 '70	21 FEB 1992		
DEC 30 '70	DEVUELTO		
JAN 26 '71	01 SEP 1994		
cat	DEVUELTO 18 SEP 1994		
SEP 20 '72	DEVUELTO		
14 OCT 1994 DEVUELTO			

Date Due

00912

Thesis
M857 MORILLO ZUÑIGA M.R.

Autor

Título Evaluación de los recursos edafologicos de la...

Fecha Devolución	Nombre del solicitante
14 OCT 1994	DEVUELTO Edafología

00912