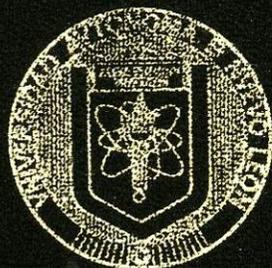


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE LAS CONSTANTES  
HIDRICAS (CC Y PMP) A PARTIR DE LA TEXTURA  
DE LA CAPA ARABLE DE LOS SUELOS DEL  
ESTADO DE NUEVO LEON

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA  
**Isidro Guzmán Cavazos**

MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1981

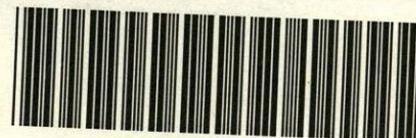
631

FA8

1981

38  
38  
4

## FE DE ERRATAS



1080061368

Pág.	Línea	Errata	Corrección
8	1	Profundidad	Lámina
8	11	b) Blucosa	b) Bloques
9	7		también contribuyen raíces y coloides
10	15	formado	deformado
13	4	tiempo discontinuo	discontinuidad
13	18	bordinado	bordeado
14	1	orgánica	borrar
14	7	de tiempo	borrar
18		en materiales incluir	membrana de celulosa y calgón
23	2	pesan.	pesan, hasta obtener peso constante
23	13	que se le facilite	borrar
27	17	5 A <sub>i</sub>	5 B <sub>i</sub>
41	6	arcilla limoso	arcillo limoso
43	4		en suelos arcillosos en %
44	4		en suelos francos en %
45	4		en suelos arcillosos en %
46	4		en suelos francos en %

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE LAS CONSTANTES  
HIDRICAS (CC Y PMP) A PARTIR DE LA TEXTURA  
DE LA CAPA ARABLE DE LOS SUELOS DEL  
ESTADO DE NUEVO LEON

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

Isidro Guzmán Cavazos

MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1981



Por un gran amor.

T  
S594  
G8

040.631  
FA 8  
1981



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad

F. TESIS



UANL  
FONDO

TESIS LICENCIATURA

**A MIS PADRES**

**JESUS GUZMAN ALANIS**

**ERNESTINA CAVAZOS DE GUZMAN**

**Con amor y gratitud, a sus esfuerzos  
y sacrificios que hicieron posible -  
la culminación de mi carrera.**

**A MIS HERMANOS**

**Consuelo**

**Rosa Marfa**

**Jesús Mario**

**Magda Elsa**

**Raymundo**

**Por su gran cariño y compren-  
ción que nos mantiene unidos.**

**A MI NOVIA**

**EMMA**

**Por su gran amor.**

**A MI ASESOR**

**ING. CARLOS HORACIO SANCHEZ SAUCEDO**

Con admiración y respeto por sus enseñanzas, consejos y la asesoría del presente trabajo.

Y en especial al ING. M.C. JORGE VILLARREAL G.  
por su participación.

**A MIS MAESTROS**

Con respeto y Agradecimiento.

**A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS**

Por el gran apoyo que me brindaron.

# I N D I C E

	<u>Página</u>
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	3
Suelo Agrícola.....	3
Componentes del Suelo.....	4
Composición en Volumen de los Suelos Minerales.....	4
Características Morfológicas.....	5
Textura.....	5
Estructura.....	8
Densidad Aparente.....	9
Espesor del Suelo.....	10
Consistencia.....	10
Sistema Agua-Suelo.....	11
Expresiones de la Humedad del Suelo:.....	11
Contenido de Humedad del Suelo.....	12
Constantes Hídricas.....	12

Capacidad de Campo.....	12
Determinación de la Capacidad de Campo.....	13
Punto de Marchitez Permanente.....	15
Determinación del Punto de Marchitez Permanente.....	16
<b>MATERIALES Y METODOS</b>	
Materiales.....	18
Metodología.....	19
RESULTADOS.....	30
DISCUSION.....	41
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES.....	48
RESUMEN.....	49
BIBLIOGRAFIA.....	51

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.-	Tres ecuaciones -vs- olla de presión para la.... estimación de la capacidad de campo en suelos ar cillosos en el Edo. de N. L.	43
2.-	Tres ecuaciones -vs- olla de presión para la.... estimación de la capacidad de campo en suelos de textura media del Edo. de N. L.	44
3.-	Tres ecuaciones -vs- membrana de presión pa.... ra estimar el punto de marchitez permanente de los suelos arcillosos del Edo. de N. L.	45
4.-	Tres ecuaciones -vs- membrana de presión pa.... ra estimar el punto de marchitez permanente de los suelos de textura media del Edo. de N. L.	46

## INTRODUCCION

Uno de los problemas más importantes en lo que respecta - al futuro de nuestro país, es el correspondiente al manejo de los recursos naturales básicos y el uso que de éstos se está - haciendo, el cuál algunas veces no es el más apropiado.

Considerando la posición preponderante que entre estos re- cursos ocupa el suelo y el uso más adecuado del mismo, se rea- lizó el presente trabajo, el cuál consiste en la predicción de las constantes hídricas (Capacidad de Campo Y Punto de Marchi- tez Permanente) a partir de la textura de la capa arable de -- los suelos del Estado de Nuevo León. Por lo que respecta a és- to en el Estado no hay trabajos sobre esto y en el país muy po- cos.

Sabiendo que el suelo y el agua son dos de los recursos - naturales de la tierra, más importantes para la existencia del hombre. El suelo puede ser agotado ó consumido por descuido en los métodos de cultivo ó seriamente dañado por la erosión del agua de escorrentía. Debido a que la vida animal depende de la vida de las plantas del suelo. Por lo tanto el hombre tiene -- que conservarlo para la productividad de las plantas que son - el sustento del mismo.

La relación entre suelo-planta-agua, está íntimamente li- gada a los coeficientes hídricos de un suelo, pues una planta necesita tener una relación adecuada de agua, así como estar - localizada en el suelo óptimo para un buen desarrollo.

La Capacidad de Campo y el Punto de Marchitez Permanente - son los coeficientes hídricos de los suelos que a la vez relacionados con la densidad aparente (D.a.) y la profundidad radicular (P.r.), afectan la cantidad de humedad de que pueden disponer las plantas.

Por lo tanto el objetivo principal de éste trabajo es la - de encontrar dos ecuaciones para estimar la Capacidad de Campo y el Punto de Marchitez Permanente con el tipo de suelo ó textura.

Con la obtención de éstas ecuaciones podremos determinar - en grandes áreas ó proyectos grandes con el contenido de Arena, Limo y Arcilla obtener la Capacidad de Campo y el Punto de Marchitez Permanente mediante las ecuaciones correspondientes.

## LITERATURA REVISADA

### Suelo Agrícola.

Suelo Agrícola.- Es un cuerpo natural intemperizado, de composición y dimensiones dinámicas, que proporciona el soporte y parte del sustento de las plantas, cuando contiene cantidades adecuadas de aire y agua. SARH (1980)

El suelo, como los organismos minerales, representa un -- "Cuerpo histórico-natural" (Dokuchaev), que condiciona la existencia y el desarrollo de la vida en la corteza terrestre de nuestro planeta. Siendo un producto de la vida, el suelo, sin embargo, condiciona el desarrollo de la misma. El suelo se desarrolla en el límite de contacto de la litósfera con la atmósfera y representa una de las más importantes partes de la biósfera

En general, el suelo puede ser considerado en dos aspectos:

- a).- Con vista a su origen como un producto bioquímico natural modificado por meteorización.
- b).- Como un medio para el desarrollo de las plantas.

Claro está que para los fines de las hidromelioraciones lo más importante será el estudio del suelo desde el punto de vista del desarrollo de las plantas superiores, considerando las diversas propiedades de los suelos con vista a la producción de cosechas. Aunque en la asignatura "Suelo" se estudian

ampliamente todos los problemas relacionados con el mismo (su origen, composición, clasificación, propiedades, fertilidad -- etc.) Kirilova y Pavón (1976)

#### Componentes del Suelo.

El suelo tiene cuatro mayores componentes que son:

Materias minerales, materias orgánicas, agua y aire, que están en un fino estado de subdivisión e íntimamente mezclados. En efecto, su contacto es tan cerrado que, frecuentemente su separación es muy difícil, y por eso al estar íntimamente mezclados y por ello favorece las reacciones, unas sencillas y -- otras complejas entre sí y permite un medio ideal para el crecimiento de las plantas. Buckman y Brady (1977)

#### Composición en Volúmen de los Suelos Minerales.

La composición volumétrica aproximada de un suelo agrícola de aluvión, en las mejores condiciones para el cultivo de vegetales. Que contiene aproximadamente el 50% de espacios porosos (aire y agua). El espacio sólido está constituido por un 45% de materia mineral y un 5% de materia orgánica. Con la humedad óptima para el desarrollo de una planta, el 50% del es pacio poroso contenido en el ejemplo citado de margas de alu-- víón, está dividido más o menos por la mitad; un 25% de espa-- cio acuoso, y el 25% restante de aire. La proporción de aire y agua está desde luego sujeta a grandes fluctuaciones en las condiciones naturales, dependiendo del tiempo atmosférico y de otros factores (Figura #1). El aire y el agua de un suelo son

muy variable. Y su proporción determina en alto grado su conveniencia para el desarrollo de las plantas.

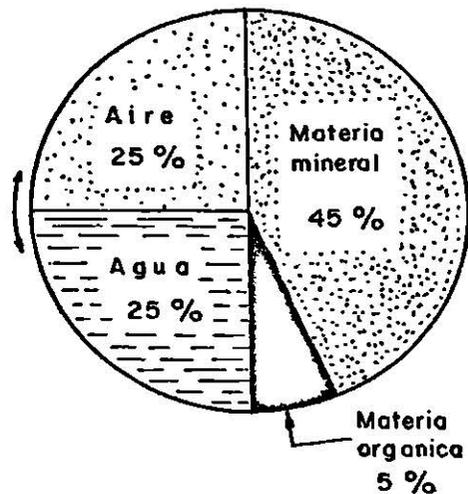


Fig.1 Composición en volumen de un suelo franco limoso en buenas condiciones para el crecimiento vegetal.

Como puede suponerse, la composición en volumen de los -- subsuelos es bastante diferente de lo anterior. Comparados con el suelo superficial, los subsuelos son más bajos en contenido orgánico y tiene la tendencia a ser más compactos, así como a contener mayor porcentaje de poros pequeños. Esto conduce a -- que posean un mayor tanto por ciento de minerales y agua y un contenido considerablemente menor de materia orgánica y aire.- Buckman y Brady (1977)

### Características Morfológicas.

#### Textura.

La Textura es la disposición y proporción de los diferentes tamaños de partículas de que se compone un suelo. Para expresarla se puede utilizar la clasificación del Departamento -

de Agricultura de los Estados Unidos y la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, propuesto últimamente por:

A. Atteberg.

Este procedimiento analítico por el cuál las partículas - son así separadas, se llama análisis mecánico o granulométrico. Es realmente una determinación de la distribución de los tamaños de las partículas, como se presenta en la siguiente tabla:

TABLA. Clasificación de las partículas del suelo según el Departamento de Agricultura de E.E.U.U. y la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.

FRACCION DEL SUELO	SISTEMA DEL DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE E.U.	SISTEMA INTERNACIONAL
	Diámetros límites en mm.	Diámetros límites en mm.
Arena muy gruesa	2.00 - 1.00	
Arena gruesa	1.00 - 0.50	2.00 - 0.20
Arena Media	0.50 - 0.25	
Arena Fina	0.25 - 0.10	0.20 - 0.02
Arena muy fina	0.10 - 0.05	
Limos	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Arcilla	Menos de 0.002	Menos de 0.002

Las piedras y las gravas no entran en el análisis de las fracciones de la tierra fina. Sus cantidades son valoradas normalmente por separado. La proporción de materia orgánica total, se valora generalmente también por separado, pues ésta nos da una idea de la probable naturaleza física del suelo.

La arena cuando es dominante, forma un suelo de textura ordinaria con propiedades de suelos arenosos o ligeros, siendo fácilmente arable.

Al contrario los suelos de textura fina están formados por gran cantidad de limo y arcilla y su plasticidad y dureza indican la dificultad para ser trabajado (Suelo pesado). El uso de las palabras "ligero y pesado" se refiere a la facilidad de ser trabajado el suelo y no a su densidad.

La textura tiene su origen principalmente con la roca madre, el suelo tendrá indiscutiblemente una tendencia congénita a ser arcilloso, limoso, arenoso ó calcáreo según sea la roca madre. Buckman y Brady (1977).

Los arenosos son pobres en elementos nutritivos, tienen buena permeabilidad pero poca capacidad de retención del agua mientras que los suelos arcillosos tienen elementos nutritivos suficientes y mayor capacidad de retención.

La textura del suelo tiene una influencia muy grande en el movimiento del agua del suelo, la circulación del aire y la velocidad de transformaciones químicas, que son de gran importancia para la vida vegetal. El tamaño de las partículas de --

suelo condicionan en gran parte la profundidad de agua que puede almacenar un espesor dado de suelo. Israelsen (1975)

#### Estructura.-

Estructura es la propiedad que tienen los suelos de estabilizar los agregados que posee y es la forma como se agrupan las partículas constitutivas del suelo.

Su descripción incluye: forma, tamaño, grado de estabilidad y las cavidades presentes.

Las principales formas de estructura son:

- a) Esferoidal
- b) Blucosa
- c) Prismática
- d) Laminar
- e) Granular (la mejor de todas)

En general la descripción, estimación y clasificación de la estructura se hace directamente sobre el perfil del suelo, en el estado de más natural posible. Resalta el hecho de que puede existir el caso en que se manifiesta una estructura generalizada y grande (estructura primaria) que al recibir una presión externa le aparezcan líneas de debilidad que producen otro tipo de estructura más pequeña (estructura secundaria). Ejemplo: prismas que se rompen en bloques. SARH (1980)

El tamaño de los agregados varía según su forma

Abreviatura	Descripción	Angular	Granular
M. F.	Muy Fina	Menor de 15 mm	Menor de 1 mm
M.	Media	10-20 mm	2.5 mm
M. G.	Muy Grande	Mayor de 50 mm	Mayor de 10 mm

Las condiciones que contribuyen fundamentalmente a la formación de la estructura del suelo son la sequía, la humedad, - las heladas, aumentos de temperatura y combinación de éstas. Israelsen (1975)

#### Densidad Aparente (Da):

En relación del peso de un volumen dado del suelo seco -- (secado a la estufa), incluido el espacio de poros, entre el - peso de un volumen igual de agua. Se expresa mediante la si--- guiente ecuación.

$$Da = \frac{P. S. S.}{Vt \times P.e.}$$

P.S.S. = Peso del volumen de suelo seco.

Vt. = volumen total (cm<sup>3</sup>).

P. e. = Peso específico del agua a 4°C = 1.0 gr/cm<sup>3</sup>

Da. = Densidad aparente (adimensional).

En general la Da. de los suelos adquieren valores, entre 0.7 y 2.0; los valores superiores a 1.8 se considera que reflejan condiciones de compactación.

Los métodos para su determinación varían con el grado de precisión deseado, pero los más usuales incluyen; terrón para- finado, cilindros inalterados, excavado, radiación etc.

### Espesor del suelo (Pr):

Se denomina suelo propiamente dicho desde el punto de vista del desarrollo de cultivos de riego, aquella parte del perfil donde se desarrollan las raíces.

El espesor del suelo depende de los siguientes factores: origen, roca, clima, organismos, relieve y tiempo. Debiendo -- agregarse que con fines de riego éste debe limitarse además -- por condiciones especiales tales como: presencia de capas impermeables, presencia de niveles freáticos elevados y patrones -- del desarrollo radicular de los cultivos. Este se expresa en -- medida de longitud y su valor con relación al riego se determinna de la interpretación conjunta de los patrones radiculares -- del cultivo y las limitaciones físicas de los suelos.

### Consistencia:

Es la propiedad del suelo de resistirse a ser formado o -- manipulado. Esta es una función del contenido de humedad, textura, contenido de humus, etc.

Su caracterización se efectúa generalmente en el campo y en las condiciones siguientes: en seco (al aire), húmedo (capacidad de campo) y mojado (saturación).

Los tipos de consideración más empleados son:

Seco	Húmedo	Mojado
0 - Suelto	0 - Suelto	0 - no plástico
1 - Suave	1 - Muy friable	1 - Ligeramente plástico

2 - Ligeramente duro	2 - Friable	2 - Plástico
3 - Duro	3 - Firme	3 - Muy plástico
4 - Muy duro	4 - Muy firme	
5 - Extremadamente duro	5 - Extremadamente firme	

## Sistema Agua - Suelo

Con el objeto de lograr una mejor comprensión de la relación que existe entre agua-suelo es necesario el conocimiento de algunos conceptos básicos tomando en cuenta la cantidad de agua que un suelo puede proporcionar para la vida y crecimiento de las plantas.

### Expresiones de la Humedad del Suelo.

Esta se refiere a la clasificación basada en la disponibilidad de agua con relación a los vegetales.

**Agua Gravitacional.** Agua que se drena por acción de la gravedad de la zona radicular de los cultivos; éste drenaje es más rápido en suelos arenosos que en los arcillosos.

**Agua no Disponible.** Es el agua que se encuentra retenida por la fuerza capilar y que a las plantas se les dificulta mucho su aprovechamiento.

**Agua Disponible ó Humedad Aprovechable.** Es el agua que puede ser aprovechada por la planta y se define como la diferencia entre el agua de gravitación y la no disponible. Aguilera (1980)

### Contenido Humedad del Suelo.

La cantidad de agua contenida en una capa de suelo en un momento dado, determinada por cualquier método se denomina humedad del suelo.

Entre un suelo saturado y un suelo seco, existe una variación muy considerable en su contenido de humedad; éste contenido se expresa generalmente en porcentaje respecto al peso del suelo seco, es decir, la relación de peso de agua contenida a peso de suelo seco, multiplicada por cien. Aguilera (1980)

El contenido de humedad se expresa por medio de la siguiente ecuación:

$$\%H = p_s = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} 100$$

$$P_s = \frac{P_{sh}}{P_{ss}} - 1 \quad 100$$

Donde:  $P_s$  ó  $\%H$  = contenido de humedad, %

$P_{ss}$  + Peso de suelo seco, gr.

$P_{sh}$  = Peso de suelo húmedo, gr.

### Constantes Hídricas del Suelo.

La clasificación anterior, puede realizarse con base en dos constantes de la humedad del suelo: la primera es capacidad de campo, que tiene origen físico, y la segunda punto de marchitez permanente, que tiene origen fisiológico. Bleir (1965)

#### Capacidad de Campo, CC.

Es el contenido de humedad del suelo inmediatamente después de que ha dejado de eliminar agua por acción de la gra

vedad.

El agua está retenida a 0.3 de atmósfera aproximadamente ya que no puede ser determinada con precisión debido a que no existe tiempo discontinuo en la curva. No obstante, el concepto de capacidad de campo es de gran utilidad para la estimación de la cantidad de agua contenida en el suelo, de que puede disponer la planta. Israelsen (1975), SARH (1980), Vega - - (1976).

La capacidad de campo se obtiene entre los 2 y 5 días después del riego y es una constante característica para cada suelo: depende fundamentalmente de la textura, contenido de materia orgánica y grado de compactación de éste. Aguilera (1980) Pissani (1975)

#### Determinación de la Capacidad de Campo.

Método directo de Campo. La capacidad de campo puede ser medida mediante la determinación del contenido de humedad de un terreno después de un riego pesado o el humedecimiento de un terreno preparado de 1.00 X 1.00 m. por lado bordinado y la lámina de agua de 20-30 cm. Este es un método sencillo y de fácil determinación sin embargo presenta algunas dificultades prácticas. Israelsen (1965)

Método de la Olla de Presión. Es el método más desarrollado pues permite hacer la determinación del valor de capacidad de campo de un gran número de muestras en corto tiempo, consiste en aplicar aire a presión a 1/3 de atmósfera a mues

tras de suelo orgánica. Aguilera (1980)

Humedad Equivalente. La humedad equivalente es en realidad un coeficiente arbitrario que se define con el porcentaje de humedad que queda en una muestra de suelo de peso definido, después de que ésta ha sido sometida a una fuerza centrífuga - de mil veces mayor que la fuerza de la gravedad, por un período determinado de tiempo.

Se ha encontrado que el equivalente de humedad es una medida bastante precisa de la Capacidad de Campo para los suelos de textura fina, pero tiene algunas restricciones. Aguilera - ( 1980 )

Los coeficientes determinados tienen valores aproximados para la mayoría de los suelos, aún cuando se observan diferencias apreciables en los suelos arenosos.

Aguilera (1980) estima en términos generales que:

Suelos Arenosos  $He < CC$

Suelos Francos  $He = CC$

Suelos Arcillosos  $He > CC$

Roe citado por Blair (1965) propone una fórmula para determinar la CC en base a la humedad equivalente. Esta fórmula produce valores de CC suficientemente aproximados para todos los tipos de suelos:

$$CC = 0.865 He + 2.62$$

El principal defecto de éste método es que los aparatos - utilizados para la determinación de la He son bastante costosos y no sirven cuando se tienen altos contenidos de materia -

orgánica. Aguilera (1980)

Método de la Textura. La capacidad de campo puede ser estimada a partir del análisis granulométrico. Este método se -- puede utilizar para investigaciones, pero puede ocuparse con - fines de planeación de grandes áreas. Aguilera (1980) Palacios (1980) SARH (1980)

Las ecuaciones son:

$$CC = 0.593 (AR) + 0.4 (L) + 0.21 (A)$$

$$CC = 0.233 \left[ 0.53 (AR) + 0.25 (L) + 0.23 (A) \right]^{1.45}$$

donde: CC = Capacidad de Campo

AR = % Arcilla

L = % Limo

A = % Arena

Método de las columnas de suelo, éste es uno de los métodos más utilizados para determinar la capacidad de campo en el laboratorio establecido por Colman .

Es un tubo de vidrio de 20 cm. de longitud y un diámetro de 1" se divide en 4 partes, 3 de las cuáles serán ocupadas -- por la muestra de suelo tamizado y 1 por agua, posteriormente a las 16 horas se saca la muestra del tercio medio de suelo ob-- teniendo su contenido de humedad siendo éste contenido de hume-- dad el valor de capacidad de campo. FAUANL (1979)

Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Es el contenido de humedad que presenta un suelo en el mo

mento que se marchitan las plantas que están desarrollándose - en el, sin reponerse aunque sean trasladadas a un medio de condiciones de transpiración mínima.

Este factor es considerado como fisiológico ya que depende de las plantas se considera que para las plantas cultivadas el punto de marchitez permanente es más o menos 15 atmósferas de presión sin embargo se sabe que esto varía considerablemente dependiendo de la especie y la etapa fenológica FAUANL (1979)

#### Determinación del Punto de Marchitez Permanente.

Método fisiológico o del girasol, consiste en cultivar -- una planta de girasol en una muestra de suelo al suspender el agua cuando se presentan 4 pares de hojas y se observa diariamente y en el momento que se presenta la marchitez en las ho-- jas se lleva a un lugar o cámara húmeda y si no se recupera -- calcule su contenido de humedad y ese será el valor de PMP. Es te es uno de los métodos más usados. Aguilera (1980)

#### Membrana de Presión o Método de Richards.

Es uno de los métodos más conocidos a una muestra de suelo se le somete a una presión de 15 atmósferas durante 24 ho-- ras calcular posteriormente su contenido de humedad y éste será el punto de marchitez permanente. Los valores obtenidos por este procedimiento son muy usados en investigación.

Método de Textura al igual que la capacidad de campo éste

concepto también se puede calcular a partir del análisis granulométrico.

Textura	PMP (Ps)
Arenas	3 - 8
Migajón arenoso	6 - 12
Francos	8 - 17
Migajón arcilloso	13 - 20
Arcilla	17 - 40

$$PMP = 0.428 \cdot (A) + 0.21 (L)$$

donde: PMP = Punto de marchitez permanente (Ps)

A = % Arena

L = % Limo

Otros métodos, desde el punto de vista práctico y con fines de proyecto el punto de marchitamiento permanente puede obtenerse de las formas siguientes.

$$PMP = \frac{1}{2} CC$$

$$PMP = \frac{1}{2.4} CC$$

$$PMP = \frac{CC}{1.87}$$

## MATERIALES Y METODOS

Los Materiales y Métodos que se utilizaron para el presente trabajo fueron los siguientes:

Materiales.-

Olla de Presión

Membrana de Presión

Anillo de retención de suelo húmedo  
de 1 cm. de alto X 6 cm. de diámetro

Plato de Cerámica

Bureta y Soporte

Estufa de Secado

Recipientes para Secado

Muestras de Suelo tamizada a través de  
una malla de 2 mm. de agujeros redondos.

Tanque de Aire de Presión (a más de 15 Kg. X cm<sup>2</sup>)

Agua Destilada

Bandeja de Plástico y Pipeta

Hidrómetro de Bouyoucos escala - 2 a 60 g/L.

Hidrómetro sensible escala 0-10 g/L.

Probetas Bouyoucos de 1,130 y 1,205 ml.

Batidora Eléctrica con vaso metálico

Agitador Manual

Termómetro de mercurio de -10° a 120°C

Balanza Granataria

Espátula

Parrilla Eléctrica

Agitadores de Vidrio

Vasos de Precipitado

Probetas de 100 mls.

Pizetas

Cronómetros

Cartas Topográficas (Detenal)

Vehículo

Calculadora

Cubetas de plástico

Bolsas de plástico, de papel grueso ó de manta

Etiquetas

Crayones ó marcadores (resistentes al agua)

Barra

Libreta de Campo

Tamices de 2mm y de N° 20.

Metodología

Muestreo en el Campo.

El criterio utilizado para la toma de muestras en el campo fué el siguiente: Se procedió a ver las cartas topográficas que comprenden el Estado de Nuevo León y si la carta es completa se tomarán 3 muestras, 2 por 66% de la carta y 1 por el 33%. Como se muestra en la figura 2

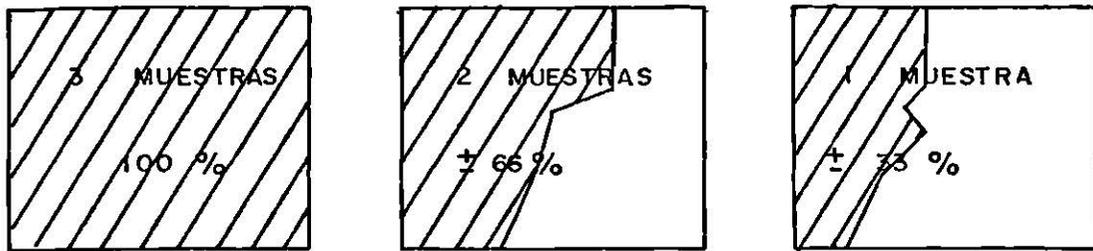


Fig. 2 Relación del número de muestras que deben tomarse en el campo en función del área cubierta en la carta topográfica.

Para ésto se contaba con muestras de todo el Estado de -- Nuevo León y en el archivo procedí a organizar y sacar todas -- las muestras que existen y ver las que faltaban para extraer-- las del lugar señalado en la Carta Detena].

Las muestras fueron extraídas en el terreno a estratos de 30 cm. por medio de una barra y posera con un promedio de 2Kg. de tierra por muestra.

Para qué después se llevasen al laboratorio para obtener los análisis correspondientes de Capacidad de Campo y Punto de Marchitamiento Permanente y Textura.

#### Metodología de Laboratorio.

Determinación de la Textura del Suelo por el Método del -- hidrómetro.

- a.- Pese 60 grs. de suelo en un vaso de precipitado de -- 250 ó 400 mls.
- b.- Agrega 80 mls. de  $H_2O_2$  agite con varilla de vidrio --

hasta que no haya efervescencia.

- c.- Colocar sobre la parrilla eléctrica hasta que seque completamente.
- d.- Tome solo 50 grs. y desheche el resto de la muestra ya seca, agregue 50 mls. de Hexametafosfato de Na. -- usando el mismo vaso lavado ya, ponga aprox. 100 mls, de  $H_2O$ , agite.
- e.- Pase el contenido del vaso al de la agitadora mecánica y agregue  $H_2O$  destilada cuidando que toda la tierra pase al vaso de metal hasta aprox. 4cms. antes del borde superior.
- f.- Agite 15 minutos.
- g.- Pasarlo a una probeta cap. 1000 - 1300 mls. y con el hidrómetro adentro ponerle 1130 mls. (buscar la marca).
- h.- Saque el hidrómetro y agite con el agitador manual -- por un minuto sáquelo cuente 20 seg. e introduzca el hidrómetro y al total de 40 seg. haga la lectura y su correspondiente temp. anótelas.
- i.- Sin mover ya las probetas a las 2 horas haga la 2a. - lectura con el hidrómetro y su correspondiente temperatura.
- j.- Lave sus probetas y haga cálculos. Ver Manual de Prácticas.

Determinación de la Capacidad de Campo por el Método de la Olla de Presión.

- a).- En un plato de cerámica que no tenga perforaciones -

- en la parte de hule de éste, se colocan los anillos cuidando que estén bien numerados de tal manera que no den lugar a confusiones posteriores y se les agrega suelo evitando llenarlos hasta el borde superior.
- b).- Colocar el plato en una bandeja, saturar el suelo colocado en los anillos y se dejan en reposo durante - aproximadamente 12 horas.
- c).- Después de haber saturado las muestras durante el -- tiempo requerido, se pasa a la olla de presión.
- d).- Se ponen las muestras a una presión de 0.3 atm. 0.3/ Kgs/cm<sup>2</sup>.
- e).- Se coloca la manguerita del plato de cerámica dentro de la bureta que está sostenida por el soporte y se observará que empieza a fluir agua por la manguerita y se habrá obtenido la capacidad de campo cuando el nivel de agua se mantiene constante en la bureta.
- f).- Para abrir la olla se procede a quitar la presión cerrando las válvulas y purgar la olla hasta que los - manómetros estén en cero.
- g).- No se intentará abrir la olla si todos los manómetros no están marcando 0. Una vez tomando las precauciones anteriores se sacan las muestras de suelo y se pasan al frasco previamente tapado y etiquetado, se pesan - nuevamente con la muestra húmeda y se colocan en la -

estufa por espacio de 24 Hrs. a temperatura de 110°C. aproximadamente, se sacan y se pesan.

Cálculos:

$$\% \text{ de humedad a CC} = \frac{\text{Peso de suelo húmedo}}{\text{Peso de suelo seco}} - 1 \cdot 100$$

Determinación del Punto de Marchitamiento Permanente por el método de la Membrana de Presión.

Los materiales que se utilizaron para la determinación del P.M.P. fueron los mismos que para la C.C., excepto la olla de presión; qué en el caso del P.M.P. se incluyeron la membrana de presión, una membrana semipermeable.

- a).- Se destapa la membrana quitándole los tornillos y se quita el anillo interior se hace un círculo con la -- membrana semipermeable que se le facilite y se le coloca en el plato de abajo (plato con tela de alambre) que habrá sido sumergido en agua previamente por un período de una hora para facilitar su manejo.

Se coloca la membrana de plástico evitando se formen arrugas y revisando que no tenga perforaciones, se -- pone el anillo y se sujeta con los dos tornillos que para efecto tiene por los lados cuidando que los empaques de hule estén bien colocados.

- b).- Se colocan las muestras de suelo en los anillos de -- hule que deberán estar bien numerados para evitar confusiones posteriores. Se agrega agua en exceso por -- afuera de los anillos para saturar las muestras -----

y se dejan en reposo por lo menos 4 horas, pasando - éste tiempo se quita el exceso de agua con una pipeta, teniendo cuidado de no romper la membrana semi--permeable. Se procede a tapar la membrana colocando los tornillos de ensamble en sus posiciones, ajustándolos con una presión de 15 libras usando el maneral.

c).- Cuando se halle perfectamente cerrada se procede a - ponerle la presión.

Las válvulas se deben de abrir lentamente hasta obtener una presión de 15 atmósferas en el manómetro de la membrana de presión.

d).- Una vez que esté funcionando la membrana se conecta la manguerita del plato, que sale por abajo de la - placa inferior, dentro de la bureta que está sostenida por el soporte. Se observará que empieza a fluir agua por la manguerita y cuando deje de subir en la bureta, es que ya se eliminó el exceso de agua de -- las muestras; esta operación tarda de 5 a 6 horas -- aproximadamente.

e).- Después se procederá a introducir presión entre las muestras o presión diferencial, se abre la válvula - un poco hasta tener la presión requerida y se deja - así 24 horas mínimo.

f).- Después de pasado éste tiempo se procede a abrir la membrana, quitando la presión de la siguiente manera:

no se abrirá la membrana hasta que todos los manómetros estén marcando cero.

- g).- Se procede a abrir la membrana quitando los tornillos de ensamble, se levanta lentamente la tapa para fijarse que los anillos o las muestras no se hallan -- quedado adheridas a ésta; se sacan las muestras y se pasan a un frasco previamente tapado y etiquetado, - se ponen en la estufa por un tiempo de 24 horas aproximadamente a una temperatura de 110°C. se sacan y - se pesan nuevamente, la diferencia entre pesadas es la humedad o contenido de agua de las muestras.

CALCULOS:

$$\% \text{ Humedad a P.M.P.} = \frac{\text{Peso de Suelo Húmedo} - 1}{\text{Peso de Suelo Seco}} \times 100$$

Ecuación de Predicción C.C. y P.M.P.

Una vez obtenido los datos de textura para cada punto de muestreo se procedió a determinar una ecuación para C.C., partiendo de la siguiente ecuación

$$C.C. = b_1(A) + b_2(L) + b_3(AR)$$

donde: C.C. = capacidad de campo, %

$b_1, b_2, b_3$  son las constantes para cada región.

A = Arena, %

L = Limo, %

AR= Arcilla, %

La ecuación presentada es de una regresión lineal múltiple y para eso se utiliza el método de doolittle abreviado. Este es un método que sirve para resolver ecuaciones simultáneas cuyos coeficientes forman una matriz simétrica. Este método es muy -- útil cuando solamente se dispone de calculadoras de escritorio, incorpora características de autocomprobación que permiten la - verificación de la exactitud de los cálculos aritméticos en ca- da etapa. Basándonos en el método de mínimos cuadrados como se muestra a continuación

$$Y = b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$$

donde:  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  son los contenidos de arena, limo y ar- cilla en % respectivamente.

$b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$  son los coeficientes desconocidos.

Para resolverlos es necesario reducir las ecuaciones nor- males.

$$X_1: b_1 \Sigma X_1^2 + b_2 \Sigma X_1 X_2 + b_3 \Sigma X_1 X_3 = \Sigma X_1 Y$$

$$X_2: b_1 \Sigma X_2 X_1 + b_2 \Sigma X_2^2 + b_3 \Sigma X_2 X_3 = \Sigma X_2 Y$$

$$X_3: b_1 \Sigma X_3 X_1 + b_2 \Sigma X_3 X_2 + b_3 \Sigma X_3^2 = \Sigma X_3 Y$$

Suma de Productos y Coeficientes de las ecuaciones norma- les quedarán de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} \Sigma X_1^2 & \Sigma X_1 X_2 & \Sigma X_1 X_3 \\ & \Sigma X_2^2 & \Sigma X_2 X_3 \\ & & \Sigma X_3^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma X_1 Y \\ \Sigma X_2 Y \\ \Sigma X_3 Y \end{bmatrix}$$

A
B
G

Entonces la ecuación quedará  $AB=G$

Pero como lo que se desconoce son los valores que se encuentran en la matriz  $B$  entonces la ecuación quedará de la siguiente manera:  $B = A^{-1} G$

El Método de Doolittle es un procedimiento tabular para descubrir el inverso de la matriz de  $A$  ó el inverso de  $A$ .

La mecánica del Método de Doolittle se ilustra en la siguiente tabla:

Instrucción Renglón		Matriz A			Matriz G	Comprobación
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	Y	
1	$X_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$g_1$	$S_1$
2	$X_2$		$a_{22}$	$a_{23}$	$g_2$	$S_2$
3	$X_3$			$a_{33}$	$g_3$	$S_3$
4	$A_{1i}$	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{13}$	$A_{1Y}$	$A_{1C}$
5	$A_{1i}$	1	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{1Y}$	$B_{1C}$

6	$A_{2i}$	$A_{22}$	$A_{23}$	$A_{2y}$	$A_{2c}$
7	$B_{2i}$	1	$B_{23}$	$B_{2y}$	$B_{2c}$
8	$A_{3i}$		$A_{33}$	$A_{3y}$	$A_{3c}$
9	$B_{3i}$		1	$B_{3y}$	$B_{3c}$

Pasos para la solución:

Los renglones del (1) (2) (3) se ponen tal y como están la matriz A y G.

$$\text{Renglón (4)} = (1)$$

$$\text{Renglón (5)} = (4)/A_{11}$$

$$\text{Renglón (6)} = (2) - A_{12} (5)$$

$$\text{Renglón (7)} = (6)/A_{22}$$

$$\text{Renglón (8)} = (3) - A_{13} (5) - A_{23} (7)$$

$$\text{Renglón (9)} = (8) + A_{33}$$

Los valores desconocidos de  $b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$  se obtendrán a partir de la tabla del Método de Doolittle de la siguiente forma:

$$b_3 = B_{3y}$$

$$b_2 = B_{2y} - B_{23} b_3$$

$$b_1 = B_{1y} - B_{12} b_2 - B_{13} b_3$$

Determinación del coeficiente de Regresión  $r^2$  a partir - de las siguientes fórmulas se obtendrán los valores de  $r^2$ .

$$r^2 = \frac{\text{S.C. Regresión}}{\text{S.C. Totales}}$$

$$\text{S.C. Reg.} = b_1 \Sigma X_1 Y + b_2 \Sigma X_2 Y + b_3 \Sigma X_3 Y$$

$$\text{S.C. Tot} = \Sigma Y^2$$

Para la estimación de punto de marchitez permanente se -- utilizó el mismo procedimiento que el anterior y además dos va -- riables quedando la ecuación como sigue:

$$\text{PMP} = b_1(A) + b_2(L)$$

Donde: PMP punto de marchitez permanente, %

A = Arena, %

L = Limo, %

Quedando la mecánica para el método de Doolitté como se ilustra a continuación:

Renglon		$X_1$	$X_2$	
(1)	$X_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$g_1$
(2)	$X_2$		$a_{22}$	$g_2$
(3)	$A_1 i$	$A_{11}$	$A_{12}$	$A_{1y}$
(4)	$B_1 i$	1	$B_{12}$	$B_{1y}$
(5)	$A_2 i$		$A_{22}$	$A_{2y}$
(6)	$B_2 i$		1	$B_{2y}$

## RESULTADOS

Se analizaron 204 muestras, 115 y 89 para suelos arcillosos y francos respectivamente.

MUESTRA No.	CLAVE CARTA      DETENAL	MUNICIPIO	ZONA
1	G-14      C-39	GRAL. TERAN	CENTRO
2	G-14      C-66	GALEANA	SUR
3	G-14      C-37	GRAL. TERAN	CENTRO
4	G-14      C-65	GALEANA	SUR
5	G-14      C-27	CADEREYTA	CENTRO
6	G-14      A-26	DR. ARROYO	SUR
7	G-14      C-77	ARAMBERRI	SUR
8	G-14      C-27	CADEREYTA	CENTRO
9	G-14      C-65	GALEANA	SUR
10	F-14      A-36	MIER Y NORIEGA	SUR
11	G-14      C-85	DR. ARROYO	SUR
12	F-14      A-26	DR. ARROYO	SUR
13	G-14      C-49	GRAL. TERAN	CENTRO
14	G-14      C-85	DR. ARROYO	SUR
15	F-14      A-16	DR. ARROYO	SUR
16	F-14      A-36	MIER Y NORIEGA	SUR
17	G-14      C-86	DR. ARROYO	SUR
18	G-14      C-77	ARAMBERRI	SUR
19	F-14      A-35	DR. ARROYO	SUR
20	G-14      C-46	MONTEMORELOS	CENTRO

( continuación )

MUESTRA No .	CLAVE CARTA      DETENAL	MUNICIPIO	ZONA
21	G-14      C-86	ARAMBERRI	SUR
22	G-14      C-26	CADEREYTA	CENTRO
23	G-14      C-37	MONTEMORELOS	CENTRO
24	G-14      C-38	GRAL. TERAN	CENTRO
25	F-14      A-17	ZARAGOZA	SUR
26	G-14      C-38	GRAL. TERAN	CENTRO
27	G-14      C-66	GALEANA	SUR
28	G-14      C-87	ARAMBERRI	SUR
29	G-14      C-47	MONTEMORELOS	CENTRO
30	G-14      C-47	MONTEMORELOS	CENTRO
31	G-14      C-86	ARAMBERRI	SUR
32	G-14      C-47	MONTEMORELOS	CENTRO
33	G-14      C-75	GALEANA	SUR
34	G-14      C-76	GALEANA	SUR
35	F-14      A-17	ZARAGOZA	SUR
36	F-14      A-26	DR. ARROYO	SUR
37	G-14      C-26	CADEREYTA	CENTRO
38	G-14      C-64	GALEANA	SUR
39	G-14      C-48	GRAL. TERAN	CENTRO
40	F-14      A-17	ZARAGOZA	SUR

( continuación )

MUESTRA No.	CLAVE CARTA      DETENAL	MUNICIPIO	ZONA
41	G-14      C-87	ARAMBERRI	SUR
42	G-14      C-47	MONTEMORELOS	CENTRO
43	G-14      C-87	ARAMBERRI	SUR
44	G-14      C-75	GALEANA	SUR
45	G-14      C-36	ALLENDE	CENTRO
46	G-14      C-77	ARAMBERRI	SUR
47	G-14      C-65	GALEANA	SUR
48	G-14      C-66	GALEANA	SUR
49	G-14      C-55	GALEANA	SUR
50	G-14      C-55	GALEANA	SUR
51	F-14      A-25	DR. ARROYO	SUR
52	G-14      C-76	GALEANA	SUR
53	G-14      C-75	GALEANA	SUR
54	G-14      C-27	CADEREYTA	CENTRO
55	F-14      A-27	DR. ARROYO	SUR
56	F-14      A-16	DR. ARROYO	SUR
57	G-14      C-46	RAYONES	CENTRO
58	G-14      C-48	GRAJ. TERAN	CENTRO
59	G-14      C-56	GALEANA	SUR
60	G-14      C-45	GALEANA	SUR

( continuación )

MUESTRA No .	CLAVE CARTA      DETENAL	MUNICIPIO	ZONA
61	G-14      C-56	GALEANA	SUR
62	G-14      C-44	GALEANA	SUR
63	G-14      C-45	GALEANA	SUR
64	G-14      C-45	GALEANA	SUR
65	G-14      C-54	GALEANA	SUR
66	G-14      C-76	GALEANA	SUR
67	F-14      A-17	ZARAGOZA	SUR
68	G-14      C-38	GRAL. TERAN	CENTRO
69	G-14      C-56	GALEANA	SUR
70	G-14      C-47	MONTEMORELOS	CENTRO
71	G-14      C-36	SANTIAGO	CENTRO
72	F-14      A-27	DR. ARROYO	SUR
73	G-14      C-55	GALEANA	SUR
74	F-14      A-36	MIER Y NORIEGA	SUR
75	G-14      C-77	ARAMBERRI	SUR
76	F-14      A-15	DR. ARROYO	SUR
77	G-14      C-48	MONTEMORELOS	CENTRO
78	G-14      C-85	DR. ARROYO	SUR
79	G-14      C-49	GRAL. TERAN	CENTRO
80	F-14      A-15	DR. ARROYO	SUR

( continuación )

MUESTRA No.	CLAVE CARTA      DETENAL	MUNICIPIO	ZONA
81	G-14      C-39	CHINA	NORTE
82	G-14      D-21	CHINA	NORTE
83	G-14      D-31	CHINA	NORTE
84	G-14      A-64	MINA	NORTE
85	G-14      A-77	VALLECILLO	NORTE
86	G-14      C-28	LOS RAMONES	NORTE
87	G-14      D-21	CHINA	NORTE
88	G-14      A-86	SALINAS VICTORIA	NORTE
89	G-14      A-86	SALINAS VICTORIA	NORTE
90	G-14      D-31	CHINA	NORTE
91	G-14      D-21	CHINA	NORTE
92	G-14      C-39	CHINA	NORTE
93	G-14      A-86	SALINAS VICTORIA	NORTE
94	G-14      A-74	MINA	NORTE
95	G-14      A-74	MINA	NORTE
96	G-14      A-74	MINA	NORTE
97	G-14      A-66	SABINAS HIDALGO	NORTE
98	G-14      A-73	MINA	NORTE
99	G-14      C-15	ESCOBEDO	NORTE
100	G-14      A-84	MINA	NORTE

( continuación )

MUESTRA No .	CLAVE CARTA      DETENAL	MUNICIPIO	ZONA
101	G-14      A-65	BUSTAMANTE	NORTE
102	G-14      A-85	SALINAS VICTORIA	NORTE
103	G-14      A-85	MINA	NORTE
104	G-14      A-67	VALLECILLO	NORTE
105	G-14      A-85	MINA	NORTE
106	G-14      A-84	MINA	NORTE
107	G-14      C-15	VILLA DE GARCIA	NORTE
108	G-14      A-67	VALLECILLO	NORTE
109	G-14      A-37	ANAHUAC	NORTE
110	G-14      A-77	SABINAS HIDALGO	NORTE
111	G-14      A-55	LAMPAZOS	NORTE
112	G-14      A-67	VALLECILLO	NORTE
113	G-14      A-77	VALLECILLO	NORTE
114	G-14      A-37	ANAHUAC	NORTE
115	G-14      A-35	ANAHUAC	NORTE
116	G-14      A-75	VILLALDAMA	NORTE
117	G-14      A-65	BUSTAMANTE	NORTE
118	G-14      A-66	SABINAS HIDALGO	NORTE
119	G-14      A-76	SABINAS HIDALGO	NORTE
120	G-14      A-66	SABINAS HIDALGO	NORTE

( continuación )

MUESTRA No.	CLAVE CARTA      DETENAL	MUNICIPIO	ZONA
121	G-14      A-65	BUSTAMANTE	NORTE
122	G-14      A-64	MINA	NORTE
123	G-14      C-15	VILLA DE GARCIA	NORTE
124	G-14      A-26	ANAHUAC	NORTE
125	G-14      A-75	VILLALDAMA	NORTE
126	G-14      A-75	VILLALDAMA	NORTE
127	G-14      A-76	SABINAS HIDALGO	NORTE
128	G-14      A-27	COLOMBIA	NORTE
129	G-14      A-55	LAMPAZOS	NORTE
130	G-14      A-26	ANAHUAC	NORTE
131	G-14      A-56	LAMPAZOS	NORTE
132	G-14      A-35	ANAHUAC	NORTE
133	G-14      C-28	LOS RAMONES	NORTE
134	G-14      C-28	LOS RAMONES	NORTE
135	G-14      A-26	ANAHUAC	NORTE
136	G-14      D-31	CHINA	NORTE
137	G-14      C-29	CHINA	NORTE
138	G-14      C-29	CHINA	NORTE
139	G-14      C-16	APODACA	NORTE
140	G-14      A-45	LAMPAZOS	NORTE

( continuación )

MUESTRA No .	CLAVE CARTA      DETENAL	MUNICIPIO	ZONA
141	G-14      A-44	LAMPAZOS	NORTE
142	G-14      A-45	LAMPAZOS	NORTE
143	G-14      D-11	GRAL. BRAVO	NORTE
144	G-14      C-19	GRAL. BRAVO	NORTE
145	G-14      A-57	VALLECILLO	NORTE
146	G-14      D-11	GRAL. BRAVO	NORTE
147	G-14      C-16	SAN NICOLAS	NORTE
148	G-14      C-19	GRAL. BRAVO	NORTE
149	G-14      C-16	APODACA	NORTE
150	G-14      C-29	CHINA	NORTE
151	G-14      C-19	GRAL. BRAVO	NORTE
152	G-14      D-11	GRAL. BRAVO	NORTE
153	G-14      A-57	VALLECILLO	NORTE
154	G-14      A-57	VALLECILLO	NORTE
155	G-14      A-78	PARAS	NORTE
156	G-14      C-18	LOS RAMONES	NORTE
157	G-14      C-18	LOS HERRERAS	NORTE
158	G-14      C-18	LOS HERRERAS	NORTE
159	G-14      A-78	AGUALEGUAS	NORTE
160	G-14      A-46	ANAHUAC	NORTE

( continuación )

MJESTRA No .	CLAVE CARTA      DETENAL	MUNICIPIO	ZONA
161	G-14      A-88	CERRALVO	NORTE
162	G-14      A-46	ANAHUAC	NORTE
163	G-14      A-46	ANAHUAC	NORTE
164	G-14      D-22	CHINA	NORTE
165	G-14      C-17	DR. GONZALEZ	NORTE
166	G-14      A-88	CERRALVO	NORTE
167	G-14      A-88	GRAL. TREVIÑO	NORTE
168	G-14      A-36	ANAHUAC	NORTE
169	G-14      A-47	ANAHUAC	NORTE
170	G-14      A-47	VALLECILLO	NORTE
171	G-14      A-47	ANAHUAC	NORTE
172	G-14      A-36	ANAHUAC	NORTE
173	G-14      A-36	ANAHUAC	NORTE
174	G-14      A-89	LOS ALDAMAS	NORTE
175	G-14      A-89	LOS ALDAMAS	NORTE
176	G-14      C-57	HUALAHUISES	CENTRO
177	G-14      C-57	HUALAHUISES	CENTRO
178	G-14      C-57	LINARES	CENTRO
179	G-14      C-58	HUALAHUISES	CENTRO
180	G-14      C-58	HUALAHUISES	CENTRO

( continuación )

MUESTRA No.	CLAVE CARTA      DETENAL	MUNICIPIO	ZONA
181	G-14      C-58	LINARES	CENTRO
182	G-14      C-59	LINARES	CENTRO
183	G-14      C-67	LINARES	CENTRO
184	G-14      C-67	LINARES	CENTRO
185	G-14      C-67	LINARES	CENTRO
186	G-14      C-68	LINARES	CENTRO
187	G-14      D-41	CHINA	NORTE
188	G-14      C-35	SANTIAGO	CENTRO
189	G-14      C-25	SANTA CATARINA	CENTRO
190	G-14      C-25	GARZA GARCIA	CENTRO
191	G-14      C-25	GARZA GARCIA	CENTRO
192	G-14      C-26	VILLA DE JUAREZ	CENTRO
193	G-14      A-68	PARAS	NORTE
194	G-14      A-68	PARAS	NORTE
195	G-14      C-14	VILLA DE GARCIA	CENTRO
196	G-14      B-81	DR. COSS	NORTE
197	G-14      A-87	DR. GONZALEZ	NORTE
198	G-14      A-56	SABINAS HIDALGO	NORTE
199	G-14      C-17	MARIN	NORTE
200	G-14      A-56	VALLECILLO	NORTE



## DISCUSION

### Textura

Se agruparon los suelos en tres clases pesado, medio y ligero, quedando comprendido dentro de éste grupo las siguientes clases de textura.

- a) Pesada:     Arcilla Arenosa  
                  Arcilla Limoso  
                  Arcilla
  
- b) Media :     Migajón Arenoso  
                  Franco  
                  Migajón Limoso  
                  Migajón Arcilloso-Arenoso  
                  Migajón Arcillo-Limoso  
                  Migajón Arcilloso
  
- c) Ligera:     Arena  
                  Arena Migajonosa

Los suelos predominantes por orden fueron Pesados 56.4%, Medios 43.6%, de los ligeros no obtuvo ninguna muestra.

### Constantes Hídricas.-

Las ecuaciones obtenidas para cada tipo de suelo se muestran a continuación:

Suelos Francos

$$CC = 0.1738 (A) + 0.3126 (L) + 0.2679 (AR)$$

$$r^2 = 0.917$$

$$\text{PMP} = 0.1098 (A) + 0.2834 (L)$$

$$r^2 = 0.877$$

### Suelos Pesados

$$\text{CC} = 0.2102 (A) + 0.3055 (L) + 0.2625 (AR)$$

$$r^2 = 0.967$$

$$\text{PMP} = 0.2635 (A) + 0.3135 (L)$$

$$r^2 = 0.902$$

donde: CC = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

A = % de Arena

L = % de Limo

AR = % de Arcilla

### Calibración de las Ecuaciones.

Se seleccionaron 20 muestras de cada uno de los tipos de suelos analizados y se compararon los resultados - para laboratorio, ecuaciones citadas por la literatura y las obtenidas en este trabajo, como se muestra en los cuadros 1, 2, 3 y 4.

Cuadro 1 Comparación de 3 ecuaciones de predicción para estimar capacidad de campo y la olla de presión. Estimación de -- las constantes hídricas en función de la textura del suelo pa ra el Edo., de N. L.

ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LABORATORIO	ECUACION 1	ECUACION 2	ECUACION OBTENIDA
24	34	42	18.6	43.3	34.3	26.4
12	32	56	19.9	48.4	45.4	26.9
52	10	38	21.4	36.9	23.1	23.9
24	34	42	23.8	43.3	34.3	26.4
44	02	54	24.7	41.6	35.5	24.0
42	14	44	25.0	40.0	28.9	24.6
30	40	30	28.0	39.7	27.1	26.4
22	34	44	28.9	44.0	35.9	26.5
40	10	50	30.3	41.6	32.1	24.5
18	38	44	35.5	44.8	37.9	26.9

$$\text{ECUACION 1} = \text{CC} = 0.593 (\text{AR}) + 0.4 (\text{L}) + 0.21 (\text{A})$$

$$\text{ECUACION 2} = \text{CC} = 0.233 \left[ 0.53 (\text{AR}) + 0.25 (\text{L}) + 0.23 (\text{A}) \right]^{1.45}$$

$$\begin{aligned} \text{ECUACION} \\ \text{OBTENIDA} \end{aligned} = \text{CC} = 0.2102 (\text{A}) + 0.3055 (\text{L}) + 0.2625 (\text{AR})$$

Cuadro 2 Comparación de 3 ecuaciones de predicción para estimar capacidad de campo y la olla de presión. Estimación de las constantes hídricas en función de la textura del suelo para el Edo., de N. L.

ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LABORATORIO	ECUACION 1	ECUACION 2	ECUACION OBTENIDA
28	45	27	14.5	39.6	26.2	26.1
39	32	29	17.2	37.7	24.2	24.5
57	15	28	17.2	34.0	17.8	22.0
66	10	24	23.9	31.4	13.8	21.0
24	40	36	25.7	42.1	31.7	22.0
39	24	37	26.9	39.3	26.9	24.1
32	40	28	27.8	39.0	25.5	25.5
56	12	32	30.6	34.9	21.2	22.0
27	37	36	35.2	41.5	30.6	25.9
56	16	28	35.3	34.2	18.1	22.2

$$\text{ECUACION 1} = \text{CC} = 0.593 (\text{AR}) + 0.4 (\text{L}) + 0.21 (\text{A})$$

$$\text{ECUACION 2} = \text{CC} = 0.233 \left[ 0.53 (\text{AR}) + 0.21 (\text{L}) + 0.23 (\text{A}) \right]^{1.45}$$

$$\begin{aligned} \text{ECUACION} \\ \text{OBTENIDA} &= \text{CC} = 0.1738 (\text{A}) + 0.3126 (\text{L}) + 0.2679 (\text{AR}) \end{aligned}$$

Cuadro 3 Comparación de 3 ecuaciones de predicción punto de --  
marchitez permanente y la membrana de presión. Estimación de -  
las constantes hídricas en función de la textura del suelo pa-  
ra el Edo., de N. L.

ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LABORATORIO	ECUACION 1	ECUACION 2	ECUACION OBTENIDA
24	34	42	12.3	17.4	18.3	16.9
42	14	44	12.6	20.9	15.4	15.4
12	32	56	13.2	11.8	24.2	13.1
52	10	38	13.8	24.3	12.3	16.8
40	10	50	14.9	19.2	17.1	13.6
44	02	54	15.4	19.2	18.9	12.2
22	34	44	16.4	16.5	19.1	16.4
30	40	30	17.3	21.2	14.4	20.4
18	38	44	18.4	15.6	20.2	16.6
24	34	42	21.8	17.4	18.3	16.9

ECUACION 1 = PMP = 0.428 (A) + 0.21 (L)

ECUACION 2 = PMP = 0.1462 (A) + 0.02154 (L) + 0.1326  
(AR)

ECUACION  
OBTENIDA = PMP = 0.2635 (A) + 0.3135 (L)

Cuadro 4 Comparación de 3 ecuaciones de predicción punto de --  
marchitez permanente y la membrana de presión. Estimación de --  
las constantes hídricas en función de la textura del suelo pa--  
ra el Edo., de N. L.

ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LABORATORIO	ECUACION 1	ECUACION 2	ECUACION OBTENIDA
39	32	29	8.1	23.4	12.9	16.4
57	15	28	9.1	27.5	9.5	15.2
56	12	32	10.8	26.4	11.3	15.0
28	45	27	12.5	21.4	14.0	17.3
66	10	24	14.0	30.3	7.3	14.9
32	40	28	14.5	22.0	13.6	17.0
27	37	36	15.6	19.3	16.3	16.9
39	24	37	16.6	21.7	14.3	15.7
24	40	36	17.1	18.6	16.9	16.8
56	16	28	20.9	27.3	9.6	15.3

$$\text{ECUACION 1} = \text{PMP} = 0.428 (A) + 0.21 (L)$$

$$\text{ECUACION 2} = \text{PMP} = 0.1462 (A) + 0.02154 (L) + 0.1326 (AR)$$

$$\text{ECUACION OBTENIDA} = \text{PMP} = 0.1098 (A) + 0.2834 (L)$$

## C O N C L U S I O N E S

De acuerdo a los resultados obtenidos y a la metodología utilizada en la elaboración del presente trabajo se concluye:

- 1.- Los porcentajes de suelo predominantes en el área son como sigue: 56.4% por suelos arcillosos, 43.6% suelos francos y 0.0% para suelos arenosos. Los suelos ligeros son raros en el área de estudio probablemente debido al proceso de eluviación.
- 2.- En cuanto a las ecuaciones obtenidas en éste trabajo se observa que los coeficientes de determinación para capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente son más altos para los suelos pesados.

De la ecuación para punto de marchitez permanente se eliminó el contenido porcentual de arcilla.

- 3.- Al hacer la comparación de las ecuaciones citadas en la literatura con los obtenidos en éste trabajo se observó lo siguiente:
  - a) En todos los casos las ecuaciones citadas dan valores mayores que la de calibración y que las obtenidas.
  - b) Al variar el contenido de limo hace la diferencia en el resultado final de las ecuaciones obtenidas.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados del presente trabajo se recomienda lo siguiente:

- 1.- En estudios de grandes áreas de cultivo ó programas de Distritos o unidades considero conveniente el empleo de las ecuaciones obtenidas.
- 2.- Ver el grado de confiabilidad de éstas ecuaciones en condiciones de llanuras costeras del Golfo de México o del Océano Pacífico, donde las condiciones de suelo y clima sean similares.
- 3.- Considérese que éstas muestras son para la capa arable que comprende los primeros 30 cms. sin embargo es conveniente hacer estudios para estratos más profundos.
- 4.- El empleo de éstas ecuaciones es importante en los estudios de lluvia efectiva desde el punto de vista agronómico dado que en éstos se contemplan las constantes hídricas límites de la humedad disponible para las plantas cultivables.

## R E S U M E N

El presente trabajo se llevó a cabo en el Estado de Nuevo León, muestreando según las cartas topográficas DETENAL, utilizando el criterio de 1 muestra por cada tercio de la carta; teniendo como objetivo principal obtener las ecuaciones para las constantes hídricas Capacidad de Campo y Punto de Marchitez -- Permanente para estudios de gran visión.

Se determinaron los contenidos, porcentuales de Arena, Limo y Arcilla por el método del hidrómetro de boyucos, así como también los valores de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente en la Olla y en la Membrana de Presión respectivamente; todo ésto se hizo en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

El modelo matemático de las ecuaciones de una Regresión - Lineal Múltiple para la cual se utilizó el método de Doolittle abreviado.

Se obtuvieron 204 muestras de las cuales 115 son suelos arcillosos, 89 suelos francos, los suelos arenosos no se encuentran en el área de estudio.

Las ecuaciones presentaron mayor aproximación cuando se trata de suelos arcillosos tanto para Capacidad de Campo como punto de Marchitez Permanente.

Los valores obtenidos utilizando las ecuaciones obtenidas

son más cercanos a los de calibración al ser comparadas con -- las ecuaciones citadas por la literatura tanto para Capacidad de Campo como para Punto de Marchitez Permanente.

Lo obtenido en el presente trabajo es de confiarse cuando se trata de estudios de proyectos o programas donde son considerados superficies relativamente grandes.

Probablemente estos resultados deben ser calibrados para regiones con características de suelo y clima similares a las del estudio. También deben ser calibradas para estratos más -- profundos del perfil del suelo.

Es de considerable importancia utilizar los resultados -- del presente trabajo en los estudios de lluvia efectiva, dado que en esto se contemplan las constantes hídricas, límites de la humedad disponible para las plantas cultivadas.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- AGUILERA CONTRERAS, MAURICIO Y MARTINEZ ELIZONDO, RENE. Relaciones, agua, suelo, plantas, atmósfera, Chapingo, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Irrigación, 1980.
- 2.- AGUIRRE COSSIO, JUAN ENRIQUE. Prácticas de campo y laboratorio para análisis de suelo. Monterrey, N.L., UANL, Facultad de Agronomía, 1979.
- 3.- BLAIR, F. ENRIQUE 1965. Manual de riegos y avenamientos. - Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la Organización de los Estados Americanos. Zona Andina Proyecto - 39. Programa de Cooperación Técnica. Lima, Perú.
- 4.- BUCKMAN, HARRY O. Naturaleza y propiedades de los suelos salinos y sódicos; texto de edafología para la enseñanza. Barcelona, Montaner y Simón, 1970.
- 5.- CARMONA RUIZ, GILDARDO. Manual de laboratorio para edafología y fertilidad del suelo. Monterrey, N.L., UANL. Facultad de Agronomía, 1976.
- 6.- E.U. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA., ed. Relación entre suelo-planta-agua. México, Diana, 1972.
- 7.- ESTRADA BELLMANN, PEDRO CARLOS. Estudio comparativo de diferentes métodos para la determinación de la capacidad de campo, construcción y manejo de la mesa de tensión. Monterrey, N.L., UANL Facultad de Agronomía, 1975. (Tesis)

- 8.- GAVANDE, SAMPAT. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, Limusa, 1972.
- 9.- ISRAELSEN, ORSON W. Y HANSEN, VAUGHN E. Principios y aplicaciones del riego. 2 ed. Barcelona, Reverté, 1965.
- 10- KIRILOVA TZENOVA, LILIANA Y PAVON MILANEZ, CARLOS. Hidromelioraciones de riego (primera parte ciencias agropecuarias) La Habana, Cuba, Centro de Información Científica y Técnica, No. 18, 1976.
- 11- KRAMER, PAUL J. Relaciones hídricas de suelo y plantas. México, Edutex, 1974.
- 12- MEXICO. DIRECCION GENERAL DE DISTRITO DE RIEGO, DIRECCION DE ESTADISTICA Y ESTUDIOS ECONOMICOS. Cuanto, cuando y como regar; memorándum técnico Núm. 195. México, 1963.
- 13- MEXICO. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. Operación de distritos de riego nivel técnico superior. 5 ed. México, 1980. Tomo II.
- 14- OSTLE, BERNARD. Estadística aplicada; técnicas de la estadística moderna, cuándo y dónde aplicarlas. México, Limusa 1979.
- 15- PALACIOS VELEZ, ENRIQUE Y JASPEADO, JOSE LUIS G. Método para estimar la tensión del suelo en función de su contenido de humedad. Chapingo, Universidad Autónoma de Chapingo, -- Depto. de Irrigación 1980.

- 16- SALINAS SERNA, ALFREDO. Determinación de la C.C. y P.M.P. DE UN SUELO. Por el método de la olla y membrana de presión (Laboratorio) Monterrey, N.L., UANL. Fac. de Agronomía, -- 1977. (Tesis)
- 17- SANCHEZ SAUCEDO, CARLOS HORACIO. Un Método para la obtención de monolitos de suelo de textura fina y media. Monterrey, N.L., UANL. Fac. de Agronomía, 1979.. (Tesis)
- 18- STEEL, ROBERT G. D. Y TORRIE, JAMES H. Principles and procedures of statistics; with special reference to the biological sciences. New York, Mc.Graw-Hill, 1960.
- 19- UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON. FACULTAD DE AGRONOMIA Apuntes del laboratorio de suelos. Marín, N.L.
- 20- VEGA G, JAN D. Curso de uso y manejo del agua. Monterrey, N.L., ITESM, 1976.

