

**Escuela Nacional
de
Agricultura y Ganadería**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE 5 METODOS PARA DETERMINAR
CIERTAS CONSTANTES FISICAS DEL SUELO**

T E S I S

por

René Castillo Urbina

Managua 1968 Nicaragua

**ESTUDIO COMPARATIVO DE 5 METODOS PARA DETERMINAR
CIERTAS CONSTANTES FISICAS DEL SUELO**

Por

René Castillo Urbina

Tesis

Presentada a la consideración del Honorable
Tribunal Examinador, como requisito parcial
para obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO

Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería

Managua, 1.968 Nicaragua, C. A.

**ESTUDIO COMPARATIVO DE 5 METODOS PARA DETERMINAR
CIERTAS CONSTANTES FISICAS DEL SUELO**

Por

René Castillo Urbina

Tesis

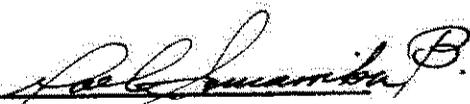
Presentada a la consideración del Honorable
Tribunal Examinador, como requisito parcial
para obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO

Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería

Managua, 1.968 Nicaragua, C. A.

Aprobada:



Fecha:

8 MAY 1968

DEDICATORIA

A MI MADRE:

Laura Urbina J.

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA:

Norma Vado Martínez

A MI HIJA

Katia Ninoska Castillo V.

A MIS FAMILIARES

A MIS COMPAÑEROS

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento a los señores: Ing. Juan Donald Vega G., Ing. Noel Somarriba B. e Ing. Humberto Tapia, por la valiosa asistencia y dirección prestada y a la Escuela de Agricultura y Ganadería por la facilidad suministrada para que se hiciera posible la realización de este trabajo.

El Autor

CONTENIDO

	Pág.
Indice de Cuadros.....	vi
Indice de Gráficas.....	viii
Introducción.....	1
Literatura Revisada.....	3
Materiales y Métodos.....	13
Metodología Estadística.....	21
Resultados.....	22
Discusión.....	25
Conclusiones.....	27
Resumen.....	28
Bibliografía.....	49

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Promedios de Porcentajes de Humedad a Capacidad de Campo, Coeficiente de Marchitez, Peso Volumétrico en g/cc. y Número de Días para alcanzar el Coeficiente de Marchitez, obtenidos con los diferentes métodos aplicados en el laboratorio y en los suelos de las Series de Esquipulas, Sábana Grande, Nejapa y Majada.....	30
2 Datos numéricos del Volúmen de agua en metros cúbicos obtenidos con los diferentes métodos de Capacidad de Campo aplicados en el laboratorio utilizando los promedios de los porcentaje de humedad a Capacidad de Campo, Coeficiente de Marchitez, Peso Volumétrico, área y profundidad en los suelos de las Series Esquipulas, Sábana Grande, Nejapa y Majada.....	31
3 Datos numéricos del porcentaje de Humedad Crítica obtenidos con los diferentes métodos de Capacidad de Campo aplicados en el laboratorio utilizando los promedios de porcentajes de humedad a Capacidad de Campo y Coeficiente de Marchitez en los suelos de las Series Esquipulas, Sábana Grande, Nejapa y Majada.....	32
4 Análisis de Variancia, promedios y Coeficientes de Variación calculados de los porcentajes de humedad a Capacidad de Campo de la serie de suelos de Esquipulas, obtenidos por los métodos del Tamiz, Bureta y Bomba de Vacío.....	33
5 Coeficiente de Marchitez, serie de Esquipulas, análisis estadístico de las dos pruebas hechas para esta determinación utilizando el método del Tomate. Peso Volumétrico, serie de Esquipulas, análisis estadístico de los pesos volumétricos obtenidos, utilizando el método de la Parafina.....	34
6 Regresión de los porcentajes de humedad respecto a los días transcurridos para que se presente la Marchitez Permanente en el suelo de Esquipulas. Análisis de Regresión.....	35
7 Análisis de Variancia, promedios y Coeficientes de Variación calculados de los porcentajes de Humedad a Capacidad de Campo de la serie de suelos de	

Cuadro	Página
Sábana Grande, obtenidos por los métodos del Tamiz, Bureta y Bomba de Vacío.....	36
8 Coeficiente de Marchitez, serie de Sábana Grande, análisis estadístico de las dos pruebas hechas para esta determinación utilizando el método del Tomate. Peso Volumétrico, serie de Sábana Grande, análisis estadístico de los pesos volumétricos obtenidos, utilizando el método de la Parafina.....	37
9 Regresión de los porcentajes de humedad respecto a los días transcurridos para que se presente la Marchitez Permanente en el suelo de Sábana Grande. Análisis de Regresión.....	38
10 Análisis de variancia, promedios y Coeficientes de Variación calculados de los porcentajes de humedad a Capacidad de Campo, de la serie de suelos de Nejapa, obtenidos por los métodos del Tamiz Bureta y Bomba de Vacío.....	39
11 Coeficiente de Marchitez, serie de Nejapa, análisis estadístico de las dos pruebas hechas para esta determinación utilizando el método del Tomate. Peso Volumétrico, serie de Nejapa, análisis estadístico de los pesos volumétricos obtenidos, utilizando el método de la Parafina.....	40
12 Regresión de los porcentajes de humedad respecto a los días transcurridos para que se presente la Marchitez Permanente en el suelo de Nejapa. Análisis de Regresión.....	41
13 Análisis de Variación, promedios y coeficientes de Variación calculados de los porcentajes de humedad a Capacidad de Campo, de la serie de suelos de Majada, obtenidos por los métodos del Tamiz, Bureta y Bomba de Vacío.....	42
14 Coeficiente de Marchitez, serie de Majada, análisis estadístico de las dos pruebas hechas para esta determinación utilizando el método del Tomate. Peso Volumétrico, serie de Majada, análisis estadístico de los pesos volumétricos obtenidos, utilizando el método de la Parafina.....	43
15 Regresión de los porcentajes de humedad respecto a los días transcurridos para que se presente la Marchitez Permanente en el suelo de Majada. Análisis de Regresión.....	44

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica	Página
1 Regresión de los porcentajes de humedad en relación al Número de Días que tarda el suelo de la Serie Esquipulas en alcanzar su punto de Marchitez Permanente, utilizando el método del Tomate.....	45
2 Regresión de los porcentajes de humedad en relación al Número de Días que tarda el suelo de la Serie Sábana Grande en alcanzar su punto de Marchitez Permanente, utilizando el método del Tomate.....	46
3 Regresión de los porcentajes de humedad en relación al Número de Días que tarda el suelo de la Serie Nejapa en alcanzar su punto de Marchitez Permanente, utilizando el método del Tomate.....	47
4 Regresión de los porcentajes de humedad en relación al Número de Días que tarde el suelo de la Serie Majada en alcanzar su punto de Marchitez Permanente, utilizando el método del Tomate.....	48

INTRODUCCION

Es obvio el aspecto de que el agua constituye el factor esencial para la vida del hombre y los animales, o en combinación con el suelo para su uso por las plantas. Desde tiempos muy remotos se ha conocido su importancia, para que las funciones de los organismos vivos se desarrollen a cabalidad, para que su combinación con el suelo en forma de agua de riego, de como resultado una mejora del estandard económico traducido en una mayor producción de cosechas.

La mayoría de las plantas cultivadas necesitan cantidades relativamente grandes de agua a fin de crecer y madurar debidamente. Estas necesidades deben ser satisfechas por la absorción de la humedad del suelo al alcance de las raíces de las plantas. Consecuentemente, las zonas radicales necesitan ser abastecidas con adecuadas cantidades de agua, desde la germinación de las semillas hasta el desarrollo y madurez satisfactorio de las plantas.

En Nicaragua, donde básicamente existen dos estaciones (húmeda y seca) Mayo a Noviembre y Diciembre a Mayo, respectivamente, y conociendo las variaciones que en estas etapas pueden presentarse, unas veces favorables en época húmeda y otras funestas, se hace indispensable adicionar durante la época húmeda y siempre en la época seca una cantidad determinada de agua al suelo, usando los métodos técnicos más eficientes y económicos para lograr una compensación o en otras condiciones, un beneficio máximo a las plantas y que los perjuicios al suelo se nulifiquen.

Uno de los medios con que podemos contar para hacer eficientes las aplicaciones del riego en nuestras regiones, es, utilizando las constantes físicas del suelo, las cuales trataremos de determinar en el presente trabajo.

Objetivos

La investigación se hizo para determinar las siguientes constantes físicas: a) Capacidad de Campo en porcentaje de humedad, b) Coeficiente de Marchitez en porcentaje de humedad, c) Peso Volumétrico en gramos por centímetro cúbico, d) Calibración del método para la determinación de la Capacidad de Campo, e) Considerar el procedimiento más adecuado para determinar el Volumen de Agua en metros cúbicos que hay que agregar a un suelo, para ser llevado a su Capacidad de Campo y el porcentaje de Humedad Crítica, f) El Número de Días que tarda un suelo al pasar de su Capacidad de Campo a su Coeficiente de Marchi-

tez.

Para la determinación de estas constantes, se consideró la utilización de los promedios derivados de un número de pruebas de cada método aplicado en dichas determinaciones, lo mismo que para el cálculo del volumen de agua utilizable y del porcentaje de Humedad Crítica.

Los trabajos se efectuaron en el laboratorio de suelos de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería con muestras tomadas a cincuenta centímetros de profundidad en una área de cuatro metros cuadrados en las zonas de Esquipulas, Sábana Grande, Nejapa y Majada del programa "Mapeo semidestallado de los suelos de la zona del Pacífico de Nicaragua" realizado por el Departamento de suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

L I T E R A T U R A R E V I S A D A

El agua es factor esencial para la vida. La adecuada combinación del agua y el suelo en el espacio y en el tiempo, establecerá los límites superiores de la capacidad de sostenimiento de la población de la tierra. (19).

En la mayor parte de las regiones cuya economía en gran parte se debe al agua de riego, el factor que sigue siendo más imprevisible e incontrolable es el clima (precipitación); con la irrigación, es posible hacer algo para mejorarlo ya que si la humedad se mantiene cerca de la óptima se puede obtener el máximo provecho de los demás factores de producción. (27).

El agua del suelo está sometida a diferentes fuerzas que disminuyen su energía libre, fuerzas que se pueden clasificar en dos grupos: la gravitacional, la hidrostática y la de superficie determinan la Tensión de Humedad; el otro grupo incluye únicamente a aquellas que dan lugar a la presión osmótica de la solución del suelo. (2).

Wadlig y Ayers mencionados por Kramer (18), propusieron el término Presión de Retención de Humedad para denominar la suma de Tensión de Humedad y Presión Osmótica.

Blair (5), estudió las propiedades físicas del suelo y define que en el riego hay que considerar el agua del suelo bajo dos constantes; una de origen fisiológico que es el Coeficiente de Marchitez y otra de origen físico que es la Capacidad de Campo.

Cerna (10), considera como agua gravitacional, aquella que está sometida únicamente a la acción de la gravedad, agua que llena poros de diámetro muy superior al capilar y que drena en 2 ó 3 días. Esta agua puede ser utilizada por las plantas, pero es más bien perjudicial que benéfica porque entorpece la aereación del suelo necesaria para el normal cumplimiento de las funciones de las raíces.

Luego que el agua gravitacional ha drenado, al contenido restante lo define como Capacidad de Campo, aceptándose que el agua al alcanzar este estado, se halla sometida a una tensión medida, aproximadamente, por el pF 2.7 (equivalente a poco más de 0.3 atmósferas). (10).

La Capacidad de Campo es la cantidad de agua que un suelo puede retener contra la gravedad cuando se le permite escurrir libremente y se expresa como el porcentaje de humedad del peso seco del suelo. (27).

Israelsen (15), dice que en la estación Experimental de Agricultura de Utah, se realizaron una serie de mediciones de la Capacidad de Campo en 12 suelos cultivables de la Granja

de Utah County, obteniéndose los siguientes porcentajes de humedad en los siguientes tipos de suelos:

Franco arenoso	25.9%
Franco arcilloso	33.4%
Franco	38.3%
Arcilloso	39.1%

La Capacidad de Campo depende terminantemente de la textura, estructura y contenido de materia orgánica del suelo. Aunque las propiedades dinámicas de la humedad del suelo hacen que la determinación exacta de la Capacidad de Campo sea muy difícil, es posible aproximarse a ella mediante determinaciones efectuadas sobre suelos vírgenes.

La capacidad en equilibrio es la humedad retenida cuando el movimiento ascendente del agua ha cesado. Puesto que el equilibrio tarda mucho en alcanzarse, se precisa elegir arbitrariamente un momento en el que el drenaje se hace despreciable y en este momento el contenido del agua del suelo se designa con el nombre de Capacidad de Campo. (15).

Richards y Weaver citados por Jarquín (17), dicen que en trabajos hechos sobre humedad de retención en suelos de riego con relación a las tensiones encontraron que la presión de difusión del agua del suelo a la Capacidad de Campo no es más de 0.1 atmósfera.

Hilgeman citado por Israelsen (15), utilizando parcelas experimentales cerca de Glendale en Arizona, en el valle del río Salt, sacó la conclusión de que la determinación de la Capacidad de Campo del suelo es difícil y está sujeta a errores considerables. Colman citado por Israelsen (15), indica que el porcentaje de humedad a $1/3$ de atmósfera, puede ser considerado como una medida para la determinación indirecta de la Capacidad de Campo a bajo costo.

Duchufour (11), dice que la Capacidad de Campo puede determinarse sometiendo al suelo a una succión de un tercio de atmósfera o por el método de los cilindros de infiltración.

Las plantas pueden utilizar fácilmente para su crecimiento el agua retenida a Capacidad de Campo, pero a medida que la consumen, el agua restante queda afectada por tensiones superiores en poros de diámetro decreciente y en forma de película que recubre las superficies de las partículas que forman las paredes de los poros ya drenados. El suelo llega luego a un estado de humedad en el que la planta no puede extraer agua en la cantidad y con la rapidez necesaria para continuar su crecimiento; entonces aparecen síntomas de marchitez. El contenido de agua cuando se alcanza ese estado se define como Porcentaje de Marchitez Permanente. La planta no recobra su turgencia al ser colocada en un ambiente húmedo.

Se acepta que el agua restante en este estado está sometida a presiones de retención correspondientes a pF 4.2 (equivalente a 15 atmósferas). (10).

Russel citado por Jarquín (17), en sus estudios del suelo con relación a las plantas encontró que el Coeficiente de Marchitez sucede cuando las raíces son incapaces de extraer agua en cantidad suficiente para mantener turgente a la totalidad de la planta en la mayor parte de las especies de gran cultivo, aún cuando se colocan en una atmósfera saturada.

Briggs y Shants (8) definen el Coeficiente de Marchitez como el porcentaje de humedad retenido por el suelo cuando las plantas que crecen en él han alcanzado la condición de marchitez permanente.

Hendrickson y Veihmeyer citados por Israelsen (15), afirman que las plantas obtienen algo de agua del suelo por debajo del grado de marchitez pero la velocidad a la que obtienen esta agua no es lo suficientemente elevada para mantener turgentes a las plantas.

Veihmeyer y Hendrickson citados por Baver (3), en estudios realizados en 1928 confirmaron que todas las plantas reducen la cantidad de humedad de un suelo dado casi al mismo valor, antes de que tome lugar el marchitamiento.

Richard y Weaver citados por Baver (3), al usar la técnica de la presión de membrana, hallaron que el primer Marchitamiento Permanente en plantas de girasol se verificó entre 5 a 13 atmósferas. El último marchitamiento tomó lugar entre 20 a 40 atmósferas.

Cerna (10), considera como agua utilizable a la que corresponde al intervalo comprendido entre el porcentaje de Marchitez Permanente y la Capacidad de Campo.

Richards (22), considera que el límite más alto de agua disponible dependerá ciertamente del período de tiempo en que la raíz de la planta puede extraer y usar el agua del suelo durante el período de humedad, tomando en cuenta que el clima, variedad y época de siembra influyen en el consumo.

Cerna (10), dice que ha habido discusión sobre si el agua es igualmente utilizable en todo el rango entre la Capacidad de Campo y el porcentaje de Marchitez Permanente, ya que, Hendrickson y Veihmeyer en sucesivas experiencias efectuadas entre los años 1927 y 1948. Kekina según Maximov 1929; Magness, Degman y Furr (1935); Doncen y MacGuillway (1943); Charter (1942), han concluido sobre la base de sus experiencias, que el crecimiento de las plantas, el desarrollo de las raíces, la transpiración y la germinación de las semillas no son afectadas por la disminución del contenido de humedad del suelo mientras éste no alcance el Porcentaje de Marchitamiento Permanente.

Lewis Work y Aldrich (1935), citados por Cerna; aceptan la posibilidad de que por causa de la desigual distribución de las raíces, puede suceder que las partes del suelo directamente en contacto con ellas, hayan alcanzado el Porcentaje de Marchitamiento Permanente, mientras que el resto todavía se halla en un estado de humedad más elevado. Como el valor determinado corresponde al promedio aparentemente la planta disminuye su crecimiento antes de que sea consumida toda el agua utilizable. (10).

Furr y Taylor (1939), citados por Cerna; estiman que algunas de las discrepancias en las conclusiones sobre la facilidad de la utilización de agua se deben a diferencias de juicio sobre qué debe considerarse Marchitamiento permanente, pues en algunos suelos arcillosos el resultado de la determinación puede variar entre 16.2% y 20.2% de humedad, según que se tome como punto final el marchitamiento de toda la planta o al del par basal de hojas empleando plantitas de girasol bien establecidas. (10).

Long en 1943, citado por Cerna, con plantas de tomate cultivadas en soluciones nutritivas, constató que si se eleva la Presión Osmótica de la solución a 4 atmósferas, con cloruro de sodio, las plantas se marchitarán severamente. Sugiere que si el agua fuese utilizable con igual facilidad mientras esté afectada con fuerzas de retención comprendida entre el rango de 1 a 15 atmósferas, las plantas no tendrían que resultar afectadas, en cuanto se refiere a la absorción del agua de la solución, por el hecho que la Presión Osmótica de ésta se eleva a 4 atmósferas. (10).

En suelos arenosos, la mayor parte del agua utilizable puede ser extraída empleando fuerzas inferiores a una atmósfera. Ello no puede ser en los suelos pesados, en los que un 50% del agua utilizable es retenida por tensiones superiores a una atmósfera. En estos suelos el crecimiento de las plantas resulta limitado antes de que el contenido de humedad se aproxime al Porcentaje de Marchitez Permanente. (10).

Para utilizar el agua las plantas deben superar a presiones de retención equivalentes a 6.5 atmósferas en el caso más favorable y que cuando han consumido la mitad del agua utilizable, estas tensiones alcanzan a 9 atmósferas, que afectarán desfavorablemente en toda época su crecimiento. (10).

Ha sido demostrado por Haise (14), y colaboradores, que bajo condiciones secas en las grandes llanuras, las plantas consumen agua del suelo, bajo una presión de 15 atmósferas y aún bajo presiones de 26 atmósferas.

Bernstein y Pearson (4), por incorporación de cloruro de sodio a soluciones nutritivas,

hallaron que comparando los crecimientos de plantas de pimiento y de tomate a 2 y 4 atmósferas de Presión de Retención de humedad, el crecimiento de las plantas de pimiento disminuye en 58.7% y el de las plantas de tomate en un 34.6% a 4 atmósferas.

Veihmeyer y Hendrickson (28), describen una experiencia muy ilustrativa. Hacían crecer en arena plantas de remolacha hasta que desarrollaran 4 ó 5 hojas, luego eran trasladadas sucesivamente a soluciones nutritivas cuyas Presiones Osmóticas se regulaban con azúcar desde 4 a 22 atmósferas; notando que se mantenían turgentes a 14 atmósferas y se marchitaban a superiores Presiones Osmóticas. En otra experiencia estos mismos autores con plantas de girasol encontraron resultados similares.

Brezeale y Mc. George (7), demuestran que las plantas pueden entregar agua a una porción de suelo cuando éste posee un contenido de humedad inferior al correspondiente al Porcentaje de Marchitamiento Permanente. Una vez que el suelo alcanza ese estado, las plantas no son capaces de entregarle más agua y elevar el contenido de humedad de esa porción de suelo, de manera de superar ese estado.

El Coeficiente de Marchitez puede determinarse por el método del girasol. (12).

Puede determinarse también ejerciendo una tensión de 15 atmósferas. (11).

La determinación directa del Porcentaje de Marchitamiento Permanente lleva de 3 a 4 semanas, exige ensayos paralelos, atención y lugar adecuados. (10).

A continuación se mencionan los métodos más usados en la determinación del Porcentaje de Marchitamiento Permanente, de acuerdo con los medios disponibles:

- a) Método Tonométrico.
- b) Método Dilatómetro.
- c) Método Biológico de Brezeale y Mc. George.

Israelsen (15), define el Peso Específico Aparente o Peso Volumétrico, como el cociente entre el peso de un volumen dado de suelo seco, incluido el espacio de poros y el peso de un volumen igual de agua y que el peso específico aparente está influenciado por la estructura, es decir por la posición de las partículas, por la textura y por la compactación del suelo. Es por esto que cuando se hace más compacto un suelo de peso específico fijo aumenta el peso aparente porque reduce el espacio entre las partículas del suelo y por lo tanto disminuye el volumen del espacio poroso.

Flooker (13), y colaboradores, en operaciones de compactación realizadas en suelos de la

serie de Yolo en Davis (aren-arcilloso) demuestran que el Peso Volumétrico del suelo cambió de 1.22 a 1.58 de 0—3 cms. de profundidad y de 1.29 a 1.54 de 3—6 cms. de profundidad, siendo las compactaciones desde ligera hasta severa.

Alway y Mc. Dole (1), verificaron trabajos en los cuales las determinaciones del Peso Volumétrico fueron hechas sobre muestras tomadas a 2 piés del tronco en un cultivo de naranjos. Las muestras tomadas bajo los árboles a 2 piés del tronco donde el suelo no ha sido cultivado por muchos años tenía un promedio de gravedad específica de 1.30 a un pié de profundidad (0 — 12 pulgadas) y 1.34 de las 12 a las 24 pulgadas de profundidad. Los valores correspondientes para las muestras tomadas cerca del punto donde la labranza ha sido frecuente fueron de 1.47 y 1.33 respectivamente. Lo que indica que en la superficie del suelo a un pié de profundidad hay mas compactación.

Una de las investigaciones más recientes para estudiar y dar una expresión numérica a la disminución del volumen del suelo fué hecho por Schübler. (25).

Tempany (26), reportó que la disminución del Peso Volumétrico del suelo húmedo sometido a un horno estaba directamente relacionado al contenido de arcilla del suelo (partículas menores de 0.01 mm. de diámetro).

Hardy mencionado por Ferrier (20), y colaboradores, demostró que la disminución del Peso Volumétrico en las arcillas y los suelos es causada solamente por la pérdida de agua de las partículas gelatinosas del suelo y que Lauritzen y Stewart hallaron que la disminución es dependiente de la manera en que la humedad está asociada con la materia del suelo y el espacio del poro en la masa del suelo.

Shipp (24), dice que el Peso Volumétrico está considerado como una característica física importante de los suelos, pero la presencia de apreciables cantidades de fragmentos gruesos en ciertos suelos complican su determinación. Esta es la causa de la determinación del Peso Volumétrico por métodos convencionales que pueden ser inexactos, frecuentemente impracticados y a veces imposibles.

El suelo de Arendsville formado por cascajo limo-arcilloso, el suelo de Hartseils de consistencia fina areno-arcilloso, Laurenceville limo-arcilloso y dos suelos moriscos muy pedregosos limoarcillosos fueron examinados. Varios métodos para la determinación del Peso Volumétrico fueron usados. Estos métodos fueron la Parafina y Terrón revestido 2 y 3 pulgadas en la parte central, el bloque de suelo medido y los métodos de excavación en línea de (Saran-Lined). Los valores del Peso Volumétrico obtenidos por la excavación de Sa-

ran-Lined fueron mucho más bajos que los valores obtenidos de la Parafina y Terrones revestidos. La medida por el método del Bloque del suelo no fué considerada realizable por la dificultad de la determinación exacta del volumen. Los valores corregidos del Peso Volumétrico para el contenido de fragmentos gruesos fueron pequeños y menos variables que los valores no corregidos. En general, la gran variación del pequeño Peso Volumétrico de las muestras se debió al contenido de fragmentos gruesos. Los valores del Peso Volumétrico corregidos fueron mostrando ser dependientes de la densidad y la cantidad de fragmentos gruesos contenidos dentro de las muestras. Los valores del Peso Volumétrico basados en la medida de las densidades de los fragmentos gruesos fueron 0.01 a 0.09 g/cc. más grandes que los valores basados en una densidad supuesta de fragmentos gruesos de 2.65 g/cc. (24).

Bovver y Goertzen mencionado por Richards (23), y colaboradores, describieron el siguiente método para determinar el efecto del contenido de agua de muestras de suelo, sobre el Peso Volumétrico.

- 1) Muestras de suelo fueron tomadas en los campos.
- 2) Todas las muestras fueron almacenadas y puestas en aire seco.
- 3) Al mismo tiempo que el período por vía seca, cuando los suelos fueron separados sin deformación plástica, las muestras fueron presionadas con la mano continuamente en un tamiz de 2 mm. de diámetro.
- 4) Para el tratamiento de precompactación, aproximadamente 600 gms. de suelo fueron colocados sobre una pared cerámica porosa a presión por la membrana del equipo.
- 5) La muestra fué mojada despacio hasta una capa libre de agua cubierta de suelo.
- 6) Se obtuvo un valor de succión a esta presión y luego se aplicó calor.
- 7) Cuatro submuestras de este suelo fueron pesadas afuera para ser echadas sucesivamente en el compactador del suelo.
- 8) En un cilindro de 5 cms. de diámetro por 5 cms. de alto fué mantenida la muestra, cerrada y colocada en el fondo con un pedazo de paño de lino.
- 9) Cinco centímetros de extensión de la muestra mantenida fueron estudiados.
- 10) Después de pesada la muestra de suelo fué transferida al cilindro a 10 cm de fundidad.
- 11) Un plato circular (aproximadamente d: 200 gms.) fué aplicado en la parte superior

de la superficie de la muestra.

- 12) Este conjunto de piezas fué sujetado fuertemente a un plato de metal.
- 13) El plato y el conjunto de piezas del cilindro fueron abollonados.
- 14) Con un cuentagotas se pusieron aproximadamente 120 gotas sobre un periodo de 2 minutos.
- 15) Las partes de la muestra fueron disociadas y el suelo no compactado fué cortado en dirección opuesta con una espátula.
- 16) La muestra y mantenedor fueron entonces pesados para la determinación del Peso Volumétrico.

El volumen total del suelo estaría a su máximo cuando la cantidad de humedad estuviera a Capacidad de Campo. De lo contrario estaría a un mínimo y los poros del suelo a un máximo bajo las condiciones del suelo seco. (30).

Para determinar la manipulación de las afecciones de la cobertura vegetativa en un suelo mojado, 8 porciones de terreno fueron puestas en experimentación en un bloque de 50 acres en el Coastal Plain de New Jersey, 4 en Lakeland y 4 en Lakehurst. Cada porción de terreno de tamaño cerca de 1/100 de acre fué subdividido en 3 subporciones, cada una de las cuales fué muestreada gravimétricamente 42 veces sobre un período de 3 estaciones cultivadas. Una relación entre el Peso Volumétrico y la profundidad del suelo más el contenido de piedras fué revelado. De esto el Peso Volumétrico fué estimado para cada muestra en cinco capas de un pié de profundidad. El contenido de humedad por peso para cada capa de un pié fué convertido a un contenido de humedad por volumen para cada una de las capas situadas al pié de profundidad. (2).

Bourget (9), dice que bloques mojados de yeso fueron examinados en el laboratorio en sus irrompibles partes centrales de suelo, estas partes centrales fueron puestas a Capacidad de Campo y colocadas en una cesta de suelo. Tres tipos de suelo fueron usados. El examen fué establecido en las curvas obtenidas de las partes centrales del suelo puesto en las cestas y que fueron diferentes a las obtenidas de las partes irrompibles. Esto indica que la separación de la estructura del Peso Volumétrico fué influenciada por el examen de los bloques de yeso. Los efectos fueron mayores en la textura fina que en la textura gruesa de los suelos. La influencia del Peso Volumétrico no fué importante en el suelo areno-arcilloso. Las variaciones obtenidas en el suelo mojado fluctúan entre 1 a 6 por ciento dentro del rango aprovechable de agua.

Israelsen (15), dice que el Peso Especifico Aparente es un dato que debe conocerse para cada suelo en sus condiciones naturales. La medida del Peso Especifico Aparente de distintos tipos de suelo en sus condiciones naturales en el valle del Sacramento, dió los siguientes resultados:

Tipos de Suelos	Peso Especifico Aparente
Franco Arenosos	1.15 g/cc.
Franco Limosos	1.31 "
Franco Arcillosos	1.35 "
Arcillosos	1.69 "

Es necesario cuando se trabaja con suelos de regadío, conocer el Peso Especifico Aparente, para calcular el agua de riego, puesto que es imposible medir por medios directos el volumen de agua que existe en forma de humedad del suelo, en un volumen dado del mismo. Es necesario calcular el peso del agua en un peso dado de suelo, observando las pérdidas de peso con el secado y después transformar el tanto por ciento en Peso Especifico Aparente, de esta forma se puede determinar el volumen de agua contenido en un volumen dado de suelo.

Según Duchufour (11), el Peso Volumétrico puede determinarse usando cilindros de volúmenes conocidos y aplicando las fórmulas específicas para este método.

Igualmente puede determinarse por el método de la Parafina. (16).

Según Israelsen (15), para calcular la cantidad de agua que se debe aplicar a un suelo, ésta no debe ser mayor que la que la planta puede consumir. De modo que habrá que analizar cuánto es el agua que la planta puede consumir. Consecuentemente la cantidad de agua que puede utilizar una planta, conocida como Humedad Aprovechable (H. A.), está determinada por los límites característicos de cada suelo y vale:

$$H.A. = C.C. - C.M.$$

$$C.C. = \text{Capacidad de Campo}$$

$$C.M. = \text{Coeficiente de Marchitez}$$

Cuando los límites C.C. y C.M. se expresan en % de agua con respecto al peso del suelo seco, la H.A. (Humedad Aprovechable) estará dada en las mismas unidades. Así para determinar la cantidad de agua aplicada y no exceder a la utilizable, ésta se puede calcular como sigue:

La cantidad de agua por aplicar (V_a) será la parte que corresponde a un % de Humedad Aprovechable del peso seco (P_s); éste a su vez será igual al volumen de suelo por su densidad.

$$P_s = V_s \cdot D_s$$

$V_s = \text{Area } (A_s) \times \text{profundidad del suelo } (p_s)$; esta profundidad corresponde a la profundidad de las raíces del cultivo que se quiere desarrollar. Así:

$$P_s = A_s \cdot D_s \cdot p_s$$

$$\text{Luego } V_a = H.A. \times A_s \times D_s \times p_s$$

El porcentaje de Humedad Crítica es el límite entre el contenido de agua en el que la humedad del suelo resulta ser altamente disponible y los otros contenidos por los cuales esa disponibilidad es considerablemente más baja. (16).

El contenido de Humedad Crítica aparente puede ser utilizada para caracterizar el estado de disponibilidad de humedad del suelo dada una serie de condiciones. Además, en la práctica puede servir de base para determinar la medida óptima de aplicaciones particulares de agua en que se dividan los requerimientos de agua de toda la estación. La Humedad Crítica varía con la profundidad de la zona de las raíces. Cuanto mayor es el porcentaje de humedad del suelo tanto mayor es la Humedad Crítica. (16).

Blair (5), y Mc. Lane (6), en trabajos relacionados con la humedad aprovechable por las plantas en diferentes suelos, han encontrado que después que éstas han consumido el 85% del agua aprovechable en un suelo, su crecimiento normal es reducido por el hecho de que se les dificulta extraer el 15% del agua restante y si el riego no es atendido al llegar a este punto crítico, el suelo entrará a su Coeficiente de Marchitez.

MATERIALES Y METODOS

Aparatos:

Tamiz
 Bureta
 Bomba de Vacío
 Cilindros de diferentes Volúmenes
 Balanza
 Estufa
 Termómetro
 Probeta

Procedimiento

Muestreo:

Se usaron muestras tomadas a 50 cms. de profundidad en un área de cuatro metros cuadrados, de cuatro tipos de suelos localizados en las hojas geodésicas Las Mercedes y Tipitapa, del programa "Mapeo Semidetallado de los suelos de la zona del Pacífico de Nicaragua" del Departamento de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

El clima de las regiones estudiadas es en general semi-árido, monzónico, comprendido entre 24 a 30 grados centígrados. La precipitación corresponde a un promedio anual de 1.210 mm. y en los meses de noviembre a mayo caen de 385 mm. o sea el 25% del total. La humedad relativa en todas las épocas del año, corresponde a más de un 50%.

A continuación se describen los perfiles típicos de cada una de las series estudiadas.

"SERIE ESQUIPULAS"

A0 de 2 a 0 cm.	Horizonte de material orgánico ya alterado, su límite inferior es suave
A1 de 0 a 13 cm.	De color YR3/3 pardo oscuro en húmedo, franco con gravillas que en seco pasan a un color 10 YR 2/2 pardo muy oscuro, de estructura migajosa, de consistencia blanda en seco, friable en húmedo, poco plástico y poco adhesivo en mojado. Tiene mucha porosidad, gran cantidad de pequeñas raíces, el pH es de 6.4 y su límite inferior es claro y ondulado.
AC de 13 a 57 cm.	De color 10 YR 5/4 pardo amarillento en seco, franco are-

noso fino con gravillas y que en húmedo pasa a un color 7.5 YR 3/2 pardo muy oscuro, de estructura en bloques subangulares débiles de consistencia blanda, friable, poco plástico y poco adhesivo, hay presencia de gran cantidad de raíces y vetas de material de escoria basáltica, el pH es de 6.2 y su límite inferior es claro y ondulado.

Cl de 57 a 97 cm.

De color 10 YR 6/6 amarillo parduzco en seco, franco arenoso muy fino con grava y que en húmedo pasa a un color 7.5 YR 4/2 pardo oscuro, sin estructura definida, el material es blando, friable poco plástico y poco adhesivo, hay raíces pero en menor cantidad, en su límite inferior aparece y a veces en capas de espesor apreciable una capa de material coluvial de escoria basáltica endurecida.

IIC2 a más de 97 cm

Capa de material de escoria basáltica muy consolidada.

"SERIE SABANA GRANDE"

A de 0 a 45 cm.

De color 10 YR 4/4 pardo oscuro amarillento, arenoso franco que en húmedo pasa a un color 10 YR 3/2 pardo muy oscuro, su estructura es de grano simple de consistencia débil, friable, ni plástico ni adhesivo tiene gravillas de escoria, pocas raíces, pH 6.4 pasando por un límite claro y suave.

CL de 45 a 90 cm.

De color 10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro, arenoso franco que en húmedo pasa a un color 10 YR 3/3 pardo oscuro, la estructura es de masivo a grano suelto, de consistencia blanda friable ni plástico, ni adhesivo, incluye gravas de escoria algunas capas de material compactado, no hay raíces, el pH es de 6.6 ésta pasa por un límite gradual y suave.

C2 de 90 cm. a más

De color 5Y 4/1 gris oscuro, arenoso que en húmedo presenta un color 5Y 2/1 negro de estructura masiva, consistencia suelta, ésta incluye arenisca y trozos de arenisca ligeramente alterada, el pH es de 6.6

"SERIE NEJAPA"

- O2 de 2 a 0 cm. Horizontes de material orgánico alterado, su límite inferior es suave.
- A11 de 0 a 25 cm. De color en húmedo 10 YR 3/2 pardo. grisáceo muy oscuro, franco arcillo arenoso que en seco pasa a 10YR 4/3 pardo, de estructura en bloques subangulares medios; cuya consistencia en seco es blanda, friable en húmedo, poco plástico y poco adhesivo en mojado; presenta numerosas raicillas e elementos de actividad microbiana; tiene un pH de 5.8 a 6.0; su límite inferior es suave a ondulado y claro.
- A12 de 25 a 46 cm. De color en húmedo 10 YR 3/2.5 pardo grisáceo muy oscuro a pardo oscuro; de textura franca con gravillas, que en seco pasa a 10 YR 4/3 pardo; de estructura en bloques sub-angulares medios; cuya consistencia en seco es blanda friable en húmedo, ligeramente plástico y poco adhesivo en mojado; presenta inclusiones de trozos de talpetate; tiene un pH de 6.6; a través de un límite suave y ondulado pasa luego al de color en húmedo 10 YR 3/3,5 pardo oscuro; de textura franco arcilloso, que en seco pasa a 10 YR 4/4 amarillento oscuro; de estructura en bloques sub-angulares medios que se rompen a finos blando en seco friable en húmedo, plástico y adhesivo en mojado; presenta trozos de talpetate que se manifiestan en forma de vetas, también con gravillas; presenta un límite gradual.
- A3 de 46 a 58 cm. De color en húmedo 10 YR 3/3.5 pardo oscuro de textura franco arcillosa a franco arcillo arenoso con gravillas, que en seco pasa a 10 YR 5/4 pardo amarillento; con estructura en bloques sub-angulares medios a gruesos; de consistencia blanda en seco, friable en húmedo, plástica y adhesiva en mojado, presenta abundantes gravillas con un pH de 6.6 pasando a través de un abrupto y ondulado.
- B2 de 58 a 76 cm.

- B3x de 76 a 110 cm. De color húmedo 10 YR 5/6 pardo amarillento y que en seco pasa a 2.5y 7/4 amarillo pálido, incluye la capa de talpetate profunda a veces atravezada por raíces, con manifestaciones de sesquióxidos; de pH 6.8; el talpetate en seco tiene un color 10 YR 6/8 amarillo parduzco y que en húmedo pasa a lo YR 5/8 pardo amarillento. El horizonte B3x presenta un límite abrupto y ondulado.
- CI de 110 a 132 cm. De color en húmedo 10 YR 3/3.5 pardo oscuro de textura franco arenosa con gravas, que en seco pasan de 10 YR 5/4 pardo amarillento de estructura masiva, materiales de origen coluvial presentan numerosas raíces, con límite abrupto y ondulado.
- IIC2 de 132 a 160 cm. Horizonte formado por capas alternadas de materiales basálticos y coluviales.

"SERIE MAJADA"

- A11 de 0 a 30 cm. De color en seco 5 YR 3.5/4 de pardo rojizo oscuro que en húmedo pasa a 5YR 3/3 pardo rojizo de textura franco de estructura en bloque subangular medio rompiendo a granular cuya consistencia en seco es blanda, friable en húmedo ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. Presenta abundancia de raíces y poros y elevado contenido de materia orgánica, su límite inferior es claro y ondulado.
- A12 de 30 a 40 cm. De color en seco 5 YR 4/8 rojo amarillento que en húmedo pasa a 5 YR 3/4 pardo rojizo oscuro de textura franco limoso y estructura en bloque subangular medio rompiendo a granular fino cuya consistencia en seco es blanda friable en húmedo y no plástico, no adhesivo en mojado. Presenta muchas raíces, trozos de talpetate y poros finos. El espesor es 10 cms. y tiene un límite claro y ondulado.
- AC de 40 a 55 cm. De color en seco 7.5 YR 5/8 pardo intenso que en húmedo pasa a 5 YR 3/3 pardo rojizo oscuro de textura franco limoso con gravillas de estructuras de bloque subangular me-

dio cuya consistencia en seco es blanda, friable en húmedo y no plástico, no adhesivo en mojado. Tiene escasas raicillas y abundantes poros finos su límite es difuso y suave y su espesor es de 15 cms.

C1 de 55 a 115 cm. De color en seco 7.5 YR 5/6 pardo intenso que en húmedo pasa a 7.5 YR 4/4 de pardo a pardo oscuro, de franco arenoso muy fino, estructura en bloque angular a subangular medio cuya consistencia en seco es firme, friable en húmedo y no plástico, no adhesivo en mojado. Presenta mayor cantidad de talpetate y escasés de poros y raíces a medida que aumenta la profundidad. Su límite es neto y su espesor es de 60 cms.

IIC2 de 115 a más cm. De color en seco 2.5 y 5/2 pardo grisáceo que en húmedo pasa a 2.5 y 3/2 pardo grisáceo oscuro, de textura arenosa gruesa con grava, con estructura masiva, cuya consistencia en seco muy dura, muy friable en húmedo y no plástico, no adhesivo en mojado. Este material es conocido localmente como cantera, la cual es una masa muy dura empleada como material de construcción, contiene lentes de materiales y concreciones de otro tipo.

Laboratorio

Técnicas usadas para la determinación de la Capacidad del Campo

1— Método del Tamiz.

- a) En un tamiz de malla del 1 m.m. cuyo peso se conoce (P), colocar un peso de suelo cualquiera.
- b) Saturar a exceso con agua.
- c) Dejar el tamiz en reposo hasta que toda el agua de drenaje haya filtrado.
- d) Pesar tamiz más suelo a Capacidad de Campo. (P1).
- e) Peso del suelo a Capacidad de Campo ($P1 - P = P2$).
- f) Poner el tamiz más suelo húmedo en la estufa a 105 grados centígrados.
- g) Pesar suelo seco más tamiz (P3).

- h) Peso de suelo seco (P3 - P).
- i) Determinar el porcentaje de humedad.
- j) Verificar cinco pruebas.

2— Método de la Bureta.

- a) Tomar un terrón de cualquier tamaño que no haya perdido su estructura y colocarlo en una cajueleta de porcelana.
- b) Gotear 10 cc. de agua por medio de una bureta.
- c) Si el suelo es arenoso, a los 10 minutos después de haber depositado las gotas, tomar una muestra de la parte húmeda y determinar su porcentaje de humedad.
- d) Si el suelo es franco, hacer lo mismo pero a los 15 minutos.
- e) Si el suelo es arcilloso hacer lo mismo pero a los 20 minutos.
- f) Verificar 10 pruebas.

3— Método de la Bomba de Vacío.

- a) Someter el suelo a una succión de 5 libras por pulgada cuadrada aproximadamente $1/3$ de atmósfera.
- b) Sacar muestra del suelo sometido a esta succión y determinar su porcentaje de humedad.
- c) Verificar 10 pruebas.

Técnica usada para la determinación del Coeficiente de Marchitez y el Número de Días que tarda en alcanzarlo

- a) Bolsas plásticas de 8 pulgadas de alto por 5 de ancho.
- b) Suelo hasta 7 pulgadas de alto de las bolsas.
- c) Plantas de tomate crecidas en las bolsas.
- d) Suministro de agua en cantidad suficiente para mantener un estado de humedad satisfactorio, hasta que las plantas alcancen 6 pulgadas de altura.
- e) Una vez alcanzada esta altura, interrumpir el suministro de agua y pasarlas al laboratorio.
- f) Tomar día de por medio dos bolsas y extraer de cada una de ellas en la zona cercana a la raíz de la planta una muestra de tierra, las que separan en lo posible, determinándoles el porcentaje de humedad alcanzado.

- g) Así se seguirá procediendo hasta que se presenten los síntomas de Marchitamiento Permanente.
- h) Se comprobará este punto alcanzado agregando agua a las bolsas y si las plantas no recuperan, quedará determinado.
- i) Verificar dos pruebas.

Técnicas usadas para la determinación del Peso Volumétrico del suelo

1— Método de la Parafina

- a) Tomar dos muestras de suelo (dos terrones) sin alterar su estructura.
- b) Determinar a uno de ellos su porcentaje de humedad.
- c) Al segundo restante pesarlo (peso P).
- d) Por medio de un hilo introducirlo previamente en parafina a 60 grados centígrados.
- e) Pesar el suelo impregnado de parafina (peso P1).
- f) Introducir el terrón en un recipiente especial para determinar el volumen de agua desalojado (volumen V).
- g) Determinar el peso de la parafina $(P1 - P) = p$.
- h) Determinar el volumen de la parafina $\frac{p}{0.656}$; 0.656 = densidad de la parafina.
- i) Determinar el volumen de agua desalojado sólo por el suelo (V1).
- j) Transformar el peso del suelo P en base a suelo seco a 105 grados centígrados (P2).
- k) Determinar el peso volumétrico:

$$PV = \frac{\text{Peso del suelo seco}}{\text{Peso del volumen de agua desalojada}} = \frac{P2}{V1}$$

- i) Verificar cinco pruebas para cada suelo.

2 — Método del Cilindro

- a) Introducir un cilindro de dimensión estándar en el suelo, con la ayuda de un mazo.
- b) Introducir luego en la parte inferior un palín para extraer el suelo sin que pierda su estructura.
- c) Alisar la superficie de suelo expuesta en el cilindro por medio de una espátula.
- d) El peso de la tierra seca a estufa a 150 grados centígrados contenida en el cilindro, multiplicado por 4 y dividido por mil da el Peso Volumétrico en caso de cilindros de 250 centímetros cúbicos.
- e) Para cilindros de 500 centímetros cúbicos se multiplicó por 2 y se dividió por mil.
- f) Esta prueba se verificó solamente una vez en suelos arenosos.

Para la determinación de la cantidad de agua en metros cúbicos que hay que agregar al suelo que teniendo una humedad cualquiera se lo lleve a su Capacidad de Campo, se utilizó las cifras promedio de Capacidad de Campo, Coeficiente de Marchitez y Peso Volumétrico, así como el área del Suelo y profundidad del mismo obtenido del estudio realizado.

Para determinar el porcentaje de Humedad Crítica se consideró como constante el 85% del rango comprendido entre la Capacidad de Campo y el Coeficiente de Marchitez.

En nuestro caso este porcentaje se calculó basándose en los promedios obtenidos de Capacidad de Campo y Coeficiente de Marchitez, de los suelos sometidos al estudio.

M E T O D O L O G I A E S T A D I S T I C A

A) Para el porcentaje de humedad a Capacidad de Campo, se realizaron los puntos siguientes:

1. Análisis de los métodos aplicados, como parcelas al azar con un número de observaciones diferentes.
2. Cálculo de las Medias y sus Errores Típicos correspondientes.
3. Cálculo de los Coeficientes de Variabilidad.

B) Para el Coeficiente de Marchitez y Peso Volumétrico, se realizaron los puntos siguientes:

1. Cálculo de las Medias y sus Errores Típicos correspondientes.
2. Cálculo del Coeficiente de Variabilidad.

Para la realización de estos puntos, se transformaron los valores a grados Bliss.

C) Se calculó para los porcentajes de humedad en relación a los días transcurridos para alcanzar la Marchitez Permanente, los Coeficientes de Regresión, su Significación y la Ecuación de Predicción.

RESULTADOS

En el cuadro número 1, se presentan los valores promedios obtenidos para la determinación de la Capacidad de Campo, el Coeficiente de Marchitez y el Peso Volumétrico con los diferentes métodos empleados para cada una de las series de suelo estudiadas y el Número de Días que tardan estos suelos en alcanzar la Marchitez Permanente.

Como puede observarse, los porcentajes promedios de humedad para la Capacidad de Campo, variaron con cada método aplicado en un mismo suelo y la variabilidad entre cada suelo estuvo de acuerdo a la textura y estructura de los suelos examinados. Puede notarse para la serie de Esquipulas, que el promedio del porcentaje de humedad a Capacidad de Campo para el método del Tamiz fué de 50.46% estando este promedio para el método de la Bureta a un porcentaje de humedad de 39.10% y para el método de la Bomba de Vacío 36.39% de humedad.

Como puede verse en este mismo cuadro, los promedios del porcentaje de humedad al punto de Marchitez Permanente que fueron obtenidos utilizando el método del Tomate en todos los suelos, variaron en relación al tipo de suelo estudiado. Similarmente, el número de días que tardó cada suelo en alcanzar este límite de humedad, estuvo relacionado a esta misma causa.

El Peso Volumétrico presentó discrepancias de acuerdo a los métodos usados y a las características texturales y estructurales de los diferentes suelos examinados.

El cuadro número 2, contiene los datos numéricos de las cantidades de agua en metros cúbicos que hay que agregar a estos suelos que teniendo una humedad cualquiera quieran ser llevados a su Capacidad de Campo; para esta determinación se usó la fórmula $Va = \frac{CC - CM}{100} \times PV \times \text{Area} \times \text{profundidad}$; en donde (Va), corresponde al Volumen de Agua, (CC) a la Capacidad de Campo, (CM) al Coeficiente de Marchitez y (PV) al Peso Volumétrico. Esta fórmula es dada por Israelsen.

En este mismo cuadro, usando los promedios de Capacidad de Campo obtenidos por el método del Tamiz y los promedios de (CM), (PV), Area y profundidad en los diferentes suelos la cantidad de agua en metros cúbicos es mayor para la serie de Esquipulas, siguiéndole en orden decreciente las series Majada, Nejapa y Sabana Grande, con 0.96, 0.91, 0.87 y 0.79 respectivamente.

Utilizando los promedios de Capacidad de Campo con el método de la Bureta y los pro-

medios de (CM), (PV), Area y profundidad, se ve que la cantidad de agua en metros cúbicos es mayor para los suelos de Sabana Grande, siguiendo en orden decreciente Nejapa, Esquipulas y Majada con 0.89, 0.72, 0.70. y 0.61 respectivamente.

Empleando los promedios de Capacidad de Campo obtenidos con el método de la Bomba de Vacío y los promedios de (CM), (PV), Area y profundidad; la cantidad de agua en metros cúbicos es mayor para los suelos de Esquipulas, siguiendo en orden decreciente Majada, Nejapa y Sabana Grande con 0.64, 0.53, 0.51 y 0.41, respectivamente.

El cuadro número 3, contiene los diferentes porcentajes de Humedad Crítica de los suelos sometidos al análisis. Para su determinación se consideraron los promedios de Capacidad de Campo, Coeficiente de Marchitez y el límite crítico de 85% considerado como constante. En este mismo cuadro, el Porcentaje de Humedad Crítica usando los promedios de Capacidad de Campo obtenidos con el método del Tamiz fué mayor para el suelo de Esquipulas siguiendo en orden decreciente Majada, Nejapa, y Sabana Grande con 35.66% 30.41%, 29.89% y 27.70% de Humedad Crítica respectivamente. El porcentaje de Humedad Crítica utilizando los promedios de Capacidad de Campo obtenidos con el método de la Bureta fué mayor para el suelo de Sabana Grande, siguiendo en orden decreciente Esquipulas, Nejapa y Majada con 31.16%, 26.01%, 24.70% y 20.29% respectivamente. Usando los promedios de Capacidad de Campo obtenidos empleando el método de la Bomba de Vacío, el porcentaje de Humedad Crítica fué mayor para el suelo de la serie de Esquipulas, siguiendo en orden decreciente Majada, Nejapa y Sabana Grande con 23.70%, 17.73%, 17.51% y 14.46% de humedad a este límite respectivamente.

Los cuadros 4, 7, 10 y 13, contienen el análisis de Variancia de los métodos del Tamiz, Bureta y Bomba de Vacío, resultando diferencias altamente significativas al nivel de 1% de probabilidad de error, presentan además los promedios y sus Errores Típicos correspondientes, el Coeficiente de Variabilidad promedio y los Coeficientes de Variabilidad para cada método los cuales estuvieron comprendidos entre 4.66% para el método del Tamiz y 1.61% para el método de la Bomba de Vacío en el suelo de Esquipulas; entre 4.80% para el método del Tamiz y 2.20% para la Bomba de Vacío en el suelo de Sabana Grande; entre 7.11% para el método de la Bureta y 2.94% para el método de la Bomba de Vacío en el Suelo de Nejapa; entre 7.31% para el método de la Bureta y 2.39% para el método del Tamiz en el suelo de Majada.

Los cuadros 5, 8, 11 y 14, contienen el análisis estadístico de las dos pruebas hechas pa-

ra la determinación del Coeficiente de Marchitez con el método del Tomate y el análisis estadístico de los Pesos Volumétricos obtenidos utilizando los métodos de la Parafina y del Cilindro. Para el suelo de Esquipulas, los Coeficientes de Variabilidad para el Coeficiente de Marchitez fueron 30.52% y 27.98% respectivamente, siendo el Coeficiente de Variabilidad de este mismo suelo para el Peso Volumétrico de 6.47%. Para el suelo de Sabana Grande el valor de los Coeficientes de Variabilidad para la Marchitez Permanente, fué de 31.21% y 25.31%, para el Peso Volumétrico el Coeficiente de Variabilidad fué de 3.45%. Para el suelo de Nejapa estos valores fueron de 26.81% y 20.47% para la Marchitez y 11.59% para el Peso Volumétrico. Para el suelo de Majada estos valores fueron de 22.67% y 23.56% para el Punto de Marchitez y 14.68% para el Peso Volumétrico.

Los cuadros 6, 9, 12 y 15 presentan los Coeficientes de Regresión, Ecuación de Predicción y el Análisis de Regresión. En estos cuadros la significación de los Coeficientes de Regresión obtenidos resultaron ser altamente significativos al nivel de 1% de probabilidad de error, siendo los valores de estos Coeficientes de -1.75 para el suelo de Esquipulas, -1.77 para Sabaan Grande, -1.80 para Nejapa y -1.54 para Majada.

Las gráficas 1, 2, 3 y 4, muestran la línea de Regresión y la de Dispersión de los valores promedios del Número de Días y porcentajes de humedad correspondientes a la determinación del Coeficiente de Marchitez. Ellas indican que a medida que van transcurriendo los días, la humedad del suelo va disminuyendo en -0.875% por día, para el suelo de Esquipulas, -0.885% por día, para el suelo de Sabana Grande, -0.95% por día para el suelo de Nejapa y -0.77% por día para el suelo de Majada.

DISCUSION

Porcentaje de humedad a Capacidad de Campo

Como puede observarse, el método del Tamiz no presentó mucha variación en los suelos de Esquipulas, Sabana Grande y Nejapa, ya que los valores de sus Coeficientes de Variabilidad fueron de 4.66%, 4.80% y 4.35% respectivamente. Para el suelo de la serie Majada, este método fué menos variable que para los otros tres suelos ya que su Coeficiente de Variabilidad es de 2.39%, es decir, presentó un valor casi dos veces menor que los valores de cada uno de los coeficientes de los otros suelos. En cuanto al método de la Bureta en los suelos de Esquipulas y Sabana Grande no presentó variación de consideración, pues los valores de sus Coeficientes de Variabilidad fueron de 3.92% y 3.99% es decir, sensiblemente iguales. En los suelos de Nejapa y Majada, la variación tampoco fué considerable con este mismo método pues sus Coeficientes de Variabilidad fueron de 7.11% y 7.31% respectivamente, como puede observarse este método de la Bureta, fué más variable para los suelos de Nejapa y de Majada. En cuanto al método de la Bomba de Vacío, fué menos variable para el suelo de Esquipulas y más variable para el suelo de Majada ya que los Coeficientes de Variabilidad fueron de 1.61% para Esquipulas, 2.20% para Sabana Grande, 2.94% para Nejapa y 3.98% para Majada respectivamente. De lo anterior se infiere que, de los tres métodos empleados en esta determinación el menos variable de todos en cada suelo fué el método de la Bomba de Vacío y que las diferencias de variación obtenidas entre estos métodos para cada suelo fueron altamente significativas al nivel de 1% de probabilidad de error estando relacionadas a la clase estructural y textural de cada suelo en particular.

Porcentaje de humedad al punto de Marchitez Permanente.

Las diferencias obtenidas al emplear el método del Tomate en la determinación del Coeficiente de Marchitez Permanente, fueron sensiblemente iguales pues como puede observarse, los valores de los Coeficientes de Regresión fueron de — 1.75 para Esquipulas, — 1.77 para Sabana Grande, — 1.80 para Nejapa y — 1.54 para Majada respectivamente, no obstante la cantidad de días que duró cada suelo en alcanzar este límite está relacionado a la textura y estructura de cada suelo en particular.

Peso Volumétrico

El método de la Parafina empleado en la determinación del Peso Volumétrico en los suelos de Esquipulas, Nejapa y Majada, se comportó más variable en los suelos de

Nejapa y Majada, siendo menos variable para el suelo de Esquípuas ya que sus Coeficientes de Variabilidad fueron de 14.68%, 11.59% y 6.47% respectivamente; en el suelo de Sabana Grande, para el que se usó el método del Cilindro, la variación fué menor que para los otros suelos en los cuales se usó el método de la Parafina, ya que su Coeficiente de Variabilidad es de 3.45%. Las diferencias en esta determinación fueron debidas más que a los métodos empleados, a la textura y a la agregación de las partículas de cada suelo estudiado.

El volumen de agua calculado para cada suelo, así como su porcentaje de Humedad Crítica, varió de acuerdo a las cantidades obtenidas de Capacidad de Campo, Coeficiente de Marchitez y Peso Volumétrico, así como a la cantidad de agua obtenida o retenida por cada suelo en base a sus características estructurales y texturales, de modo que, las posibilidades de riego en cada suelo estarán relacionadas, a los promedios de los valores obtenidos en estas determinaciones.

CONCLUSIONES

Basándose en los resultados obtenidos de estas determinaciones, que se realizaron bajo condiciones de laboratorio y con muestras de los suelos antes mencionados, podemos sacar las siguientes conclusiones:

1) De los tres métodos aplicados en la determinación de la Capacidad de Campo, el menos variable en cada suelo fué el método de la Bomba de Vacío.

2) Las diferencias encontradas al emplear el método del Tomate en la determinación del Coeficiente de Marchitez Permanente fueron sensiblemente iguales.

3) La cantidad de días que duró cada suelo en alcanzar el Coeficiente de Marchitez está relacionado a la textura y estructura de cada suelo en particular.

4) Las diferencias encontradas en la determinación del Peso Volumétrico fueron debidas más que a los métodos empleados, a la textura y a la agregación de las partículas de cada suelo estudiado.

5) La cantidad de agua en metros cúbicos calculada para cada suelo, está relacionada directamente a cada una de las constantes físicas determinadas.

6) Similarmente, el porcentaje de Humedad Crítica está relacionado directamente a las constantes Capacidad de Campo y Coeficiente de Marchitez Permanente.

7) El método de la Bomba de Vacío, parece ser el más indicado para proceder al cálculo del Volumen de Agua y el Porcentaje de Humedad Crítica.

Por tanto podemos concluir diciendo que:

8) Toda serie de suelo que presente las características texturales y estructurales de las series sometidas a estas determinaciones, pueden ser consideradas con valores similares a los valores de cada una de las constantes obtenidas y que sus posibilidades de riego, estarán directamente relacionadas a los promedios de los valores encontrados.

R E S U M E N

En el presente trabajo, se estudió la comparación de cinco diferentes métodos aplicados en la determinación de la Capacidad de Campo en porcentaje de humedad, Coeficiente de Marchitez en porcentaje de humedad, Peso Volumétrico en gramos por centímetro cúbico, la calibración del método para la determinación de la Capacidad de Campo, se consideró el procedimiento más adecuado para determinar el Volumen de Agua en metros cúbicos que hay que agregar a un suelo, para ser llevado a su Capacidad de Campo, el porcentaje de Humedad Crítica, y el Número de Días que tarda un suelo al pasar de su Capacidad de Campo a su Coeficiente de Marchitez.

Se usaron muestras de diferentes suelos, pertenecientes a las series Esquipulas, Sabana Grande, Nejapa y Majada; se usaron los métodos del Tamiz, Bureta y Bomba de Vacío para la determinación de la Capacidad de Campo, el método del Tomate para la determinación del Coeficiente de Marchitez y los métodos de la Parafina y el Cilindro, para la determinación del Peso Volumétrico.

Se consideró para la determinación de la Capacidad de Campo en porcentaje de humedad, el promedio deducido de un número de cinco pruebas realizadas al emplear el método del Tamiz, y el promedio deducido de un número de diez pruebas hechas, utilizando los métodos de la Bureta y de la Bomba de Vacío respectivamente. Similarmente, se consideró para la determinación del Coeficiente de Marchitez, el promedio resultante de la repetición de dos veces la misma prueba en cada suelo. En la determinación del Peso Volumétrico en g/cc., se consideró igualmente, el promedio obtenido de cinco pruebas hechas en los suelos de las series de Esquipulas, Nejapa y Majada utilizando el método de la Parafina y el promedio obtenido de siete pruebas realizadas en el suelo de la serie de Sabana Grande usando 4 cilindros de 500 cc., 2 cilindros de 150 cc. y un cilindro de 100 cc., empleando en esta prueba consecuentemente el método del Cilindro.

Para la determinación del Volumen de agua en metros cúbicos, se consideró la utilización de los promedios de la Capacidad de Campo, Coeficiente de Marchitez y Peso Volumétrico. Se empleó para este cálculo la fórmula $V_a = \frac{(CC-CM)}{100} \times PV \times \text{Area} \times \text{profundidad}$, en donde (V_a) corresponde al Volumen de agua, (CC) a la Capacidad de Campo, (CM) al Coeficiente de Marchitez, (PV) al Peso Volumétrico, (Area) a la superficie en metros cuadrados a que se tomaron las muestras y (profundidad) corresponde a la profundidad a que se tomaron las muestras de suelo.

Para la determinación del porcentaje de Humedad Crítica, se consideró los datos promedios de Capacidad de Campo y Coeficiente de Marchitez, así como el límite crítico de 85% considerado como constante.

Se realizó análisis estadístico de los métodos usados para cada suelo, se calculó la Regresión de los porcentajes de humedad sobre los días transcurridos para alcanzar la Marchitez Permanente, se calculó la Ecuación de Predicción y la Significación del Coeficiente de Regresión.

El método de la Bomba de Vacío fué el menos variable de los métodos usados en la determinación de la Capacidad de Campo y suele ser el más indicado para el cálculo del Volumen de agua y el porcentaje de Humedad Crítica.

Las características texturales y estructurales de los suelos estudiados fué determinante en la variabilidad de los métodos usados.

Se concluyó diciendo que toda serie de suelo que presente las características texturales y estructurales de las series sometidas a estas determinaciones, pueden ser consideradas con valores similares a los valores de cada una de las constantes obtenidas y que sus posibilidades de riego, estarán directamente relacionadas a los promdios de los valores encontrados.

C U A D R O N° 1

Promedios de Porcentajes de Humedad a Capacidad de Campo, Coeficiente de Marchitez, Peso Volumétrico en gramos /cc. y el Número de Díaz para alcanzar el Coeficiente de Marchitez obtenidos con los diferentes métodos aplicados en el laboratorio y en los suelos de las Series de Esquipulas, Sabana Grande, Nejapa y Majada.

Constantes Físicas	Promedio de Capacidad de Campo en Porcentaje de Humedad			Coeficiente de Marchitez Método del Tomate		Peso Volumétrico en gramos por cc.	
	Método del Tamiz	Método de la Bureta	Método de la Bomba de Vacío	Promedio de Porcentaje de Humedad.	N° de días para alcanzar la Marchitez Permanente	Método de la Parafina	Método del Cilindro
ESQUIPULAS Franco	50.46	39.10	36.39	8.50	18	1.15	
SABANA GRANDE Franco Arenoso	37.75	41.82	22.18	5.16	12		1.22
NEJAPA Franco Arcilloso	46.80	40.70	23.23	11.63	16	1.24	
MAJADA Arcilloso Rojo	44.42	32.51	29.50	8.63	14	1.28	

C U A D R O N° 2

Datos numéricos del Volumen de agua en metros cúbicos obtenidos con los diferentes Métodos de Capacidad de Campo aplicados en el laboratorio utilizando los promedios de los porcentajes de humedad a Capacidad de Campo, Coeficiente de Marchitez, Peso Volumétrico, Area y profundidad, en los suelos de las Series de Esquipulas, Sabana Grande, Nejapa y Majada.

Series	Método del Tamiz	Método de la Bureta	Método de la Bomba de Vacío
ESQUIPULAS Franco	0.96	0.70	0.64
SABANA GRANDE Franco Arenoso	0.79	0.89	0.41
NEJAPA Franco Arcilloso	0.87	0.72	0.51
MAJADA Arcilloso Rojo	0.91	0.61	0.53

C U A D R O N° 3

Datos numéricos del Porcentaje de Humedad Crítica obtenidos con los diferentes Métodos de Capacidad de Campo aplicados en el laboratorio, utilizando los promedios de porcentajes de humedad a Capacidad de Campo y Coeficiente de Marchitez en los suelos de las Series de Esquipulas, Sabana Grande, Nejapa y Majada.

Series	Método del Tamiz	Método de la Bureta	Método de la Bomba de Vacío
ESQUIPULAS Franco	35.66	26.01	23.70
SABANA GRANDE Franco Arenoso	27.70	31.16	14.46
NEJAPA Franco Arcilloso	29.89	24.70	17.51
MAJADA Arcilloso Rojo	30.41	20.29	17.73

C U A D R O N° 4

Análisis de Variancia, promedios y Coeficientes de Variación calculados de los porcentajes de humedad a Capacidad de Campo, de la serie de suelos de Esquipulas, obtenidos por los métodos del Tamiz, Bureta y Bomba de Vacío.

Análisis de Variancia

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de independencia	Cuadrado Medio	Fc	Ft. 05	Ft. 01
Total	271.70	24				
Método	229.76	2	114.88	64.46**	3.44	5.72
Error	41.94	22	1.90			

<u>Métodos</u>	<u>Promedios</u>	<u>Coefficiente de Variabilidad promedio</u>	<u>Coefficiente de Variabilidad</u>
Tamiz	45.26 <small>+-</small> 0.94	3.2	4.66
Bureta	38.69 <small>+-</small> 0.48		3.92
Bomba de Vacío	37.10 <small>+-</small> 0.19		1.61

** altamente significativo

C U A D R O N° 5

Coefficiente de Marchitez, serie de Esquipulas, análisis estadístico de las dos pruebas hechas para esta determinación utilizando el método del Tomate.

Pruebas	Número de Observaciones	Promedio	Coefficiente de Variabilidad
P1	10	27.52 \pm 2.65	30.52
P2	10	25.41 \pm 2.25	27.98

Peso Volumétrico, serie de Esquipulas, análisis estadístico de los pesos volumétricos obtenidos, utilizando el método de la Parafina

Número de Observaciones	Promedio	Coefficiente de Variabilidad
5	6.18 \pm 0.17	6.47

C U A D R O N° 6

Regresión de los porcentajes de humedad respecto a los días transcurridos para que se presente la Marchitez Permanente en el suelo de Esquipulas.

Coeficiente de Regresión	Ecuación de Predicción
- 1.75	$Y = 38.30 - 1.75 X$

Análisis de Regresión

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Independencia	Cuadrado Medio	F _c	F _{t. 05}	F _{t. 01}
Total	1.125.35	9				
Regresión	1.016.86	1	1.016.86	74.98**	5.32	11.26
Desviación	108.49	8	13.56			

** altamente significativo

C U A D R O N° 7

Análisis de Variancia, promedios y Coeficientes de Variación calculados de los porcentajes de humedad a Capacidad de Campo, de la serie de suelos de Sabana Grande, obtenidos por los métodos del Tamiz, Bureta y Bomba de Vacío.

Análisis de Variancia

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de independencia	Cuadrado Medio	Fc	Ft. 05	Ft. 01
Total	837.03	24				
Método	790.54	2	395.27	187.33**	3.44	5.72
Error	46.49	22	2.11			

<u>Métodos</u>	<u>Promedios</u>	<u>Coefficiente de Variabilidad promedio</u>	<u>Coefficiente de Variabilidad</u>
Tamiz	37.90 ± 0.81	3.9	4.80
Bureta	40.30 ± 0.50		3.99
Bomba de Vacío	28.10 ± 0.19		2.20

** altamente significativo

C U A D R O N° 8

Coeficiente de Marchitez, serie de Sabana Grande, análisis estadístico de las dos pruebas hechas para esta determinación utilizando el método del Tomate.

Pruebas	Número de Observaciones	Promedio	Coeficiente de Variabilidad
P1	7	23.0 \pm 2.71	31.21
P2	7	22.71 \pm 2.17	25.31

Peso Volumétrico, serie de Sábana Grande, análisis estadístico de los pesos volumétricos obtenidos, utilizando el método del Cilindro

Número de Observaciones	Promedio	Coeficiente de Variabilidad
7	6.38 \pm 0.08	3.45

C U A D R O N° 9

Regresión de los porcentajes de humedad respecto a los días transcurridos para que se presente la Marchitez Permanente en el suelo de Sabana Grande.

Coeficiente de Regresión	Ecuación de Predicción
- 1.77	$Y = 28.23 - 1.77 X$

Análisis de Regresión

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Independencia	Cuadrado Medio	F _c	F _{t. 05}	F _{t. 01}
Total.....	365.27	6				
Regresión.....	353.93	1	353.93	156.60**	6.61	16.26
Desviación.....	11.34	5	2.26			

** altamente significativo

C U A D R O N° 10

Análisis de Variancia, promedios y Coeficientes de Variación calculados de los porcentajes de humedad a Capacidad de Campo, de la serie de suelos de Nejapa, obtenidos por los métodos del Tamiz, Bureta y Bomba de Vacío.

Análisis de Variancia

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Independencia	Cuadrado Medio	Fc	Ft. 05	Ft. 01
Total.....	369.62	24				
Métodos.....	274.21	2	137.10	31.66**	3.44	5.72
Error.....	95.41	22	4.33			

<u>Métodos</u>	<u>Promedios</u>	<u>Coefficiente de Variabilidad promedio</u>	<u>Coefficiente de Variabilidad</u>
Tamiz	43.16 ± 0.84	5.2	4.35
Bureta	39.66 ± 0.89		7.11
Bomba de Vacío	34.59 ± 0.32		2.94

** altamente significativo

C U A D R O N° 11

Coeficiente de Marchitez, serie de Nejapa, análisis estadístico de las dos pruebas hechas para esta determinación utilizando el método del Tomate.

Pruebas	Número de Observaciones	Promedio	Coeficiente de Variabilidad
P1	9	29.65 \pm 2.58	26.81
P2	9	25.50 \pm 1.74	20.47

Peso Volumétrico, serie de Nejapa, análisis estadístico de los pesos Volumétricos obtenidos, utilizando el método de la Parafina

Número de Observaciones	Promedio	Coeficiente de Variabilidad
5	6.38 \pm 0.33	11.59

C U A D R O N° 12

Regresión de los porcentajes de humedad respecto a los días transcurridos para que se presente la Marchitez Permanente en el suelo de Nejapa.

Coeficiente de Regresión	Ecuación de Predicción
- 1.80	$Y = 38.36 - 1.80 X$

Análisis de Regresión

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de independencia	Cuadrado Medio	Fc	Ft. 05	Ft. 01
Total.....	858.50	8				
Regresión.....	800.30	1	800.30	96.30**	5.59	12.25
Desviación.....	58.20	7	8.31			

** altamente significativo

C U A D R O N° 13

Análisis de Variancia, promedios y Coeficientes de Variación calculados de los porcentajes de humedad a Capacidad de Campo, de la serie de suelos de Majada, obtenidos por los métodos del Tamiz, Bureta y Bomba de Vacío.

Análisis de Variancia

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de independencia	Cuadrado Medio	Fc	Ft. 05	Ft. 01
Total	336.56	24				
Métodos	272.56	2	136.28	46.99**	3.44	5.72
Error	64.0	22	2.90			

<u>Métodos</u>	<u>Promedios</u>		<u>Coefficiente de Variabilidad promedio</u>	<u>Coefficiente de Variabilidad</u>
Tamiz	41.82	0.44	4.9	2.39
Bureta	34.73	0.80		7.31
Bomba de Vacío	32.91	0.41		3.98

** altamente significativo

C U A D R O N° 14

Coeficiente de Marchitez, serie de Majada, análisis estadístico de las dos pruebas hechas para esta determinación utilizando el método del Tomate.

Pruebas	Número de Observaciones	Promedio	Coeficiente de Variabilidad
P1	8	24.61 \pm 1.98	22.67
P2	8	25.16 \pm 2.10	23.56

Peso Volumétrico, serie de Majada, análisis estadístico de los pesos volumétricos obtenidos, utilizando el método de la Parafina.

Número de Observaciones	Promedio	Coeficiente de Variabilidad
5	6.40 \pm 0.42	14.68

C U A D R O N° 15

Regresión de los porcentajes de humedad respecto a los días transcurridos para que se presente la Marchitez Permanente en el suelo de Majada.

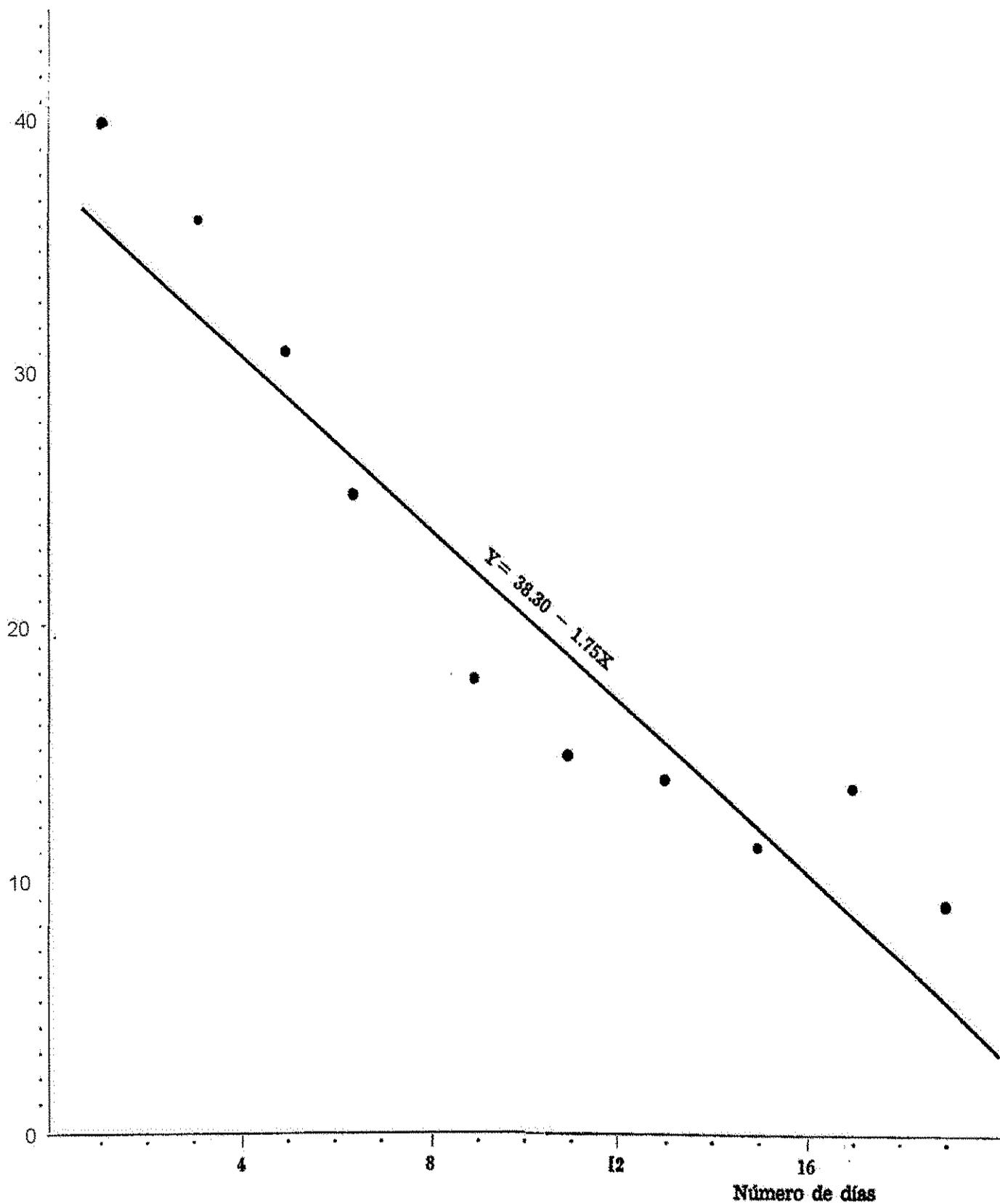
Coeficiente de Regresión	Ecuación de Predicción
- 1.54	$Y = 30.54 - 1.54 X$

Significación de la función de Regresión

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Independencia	Cuadrado Medio	F _c	F _{t. 05}	F _{t. 01}
Total.....	439.46	7				
Regresión.....	403.49	1	403.49	67.36**	5.99	13.74
Desviación.....	35.97	6	5.99			

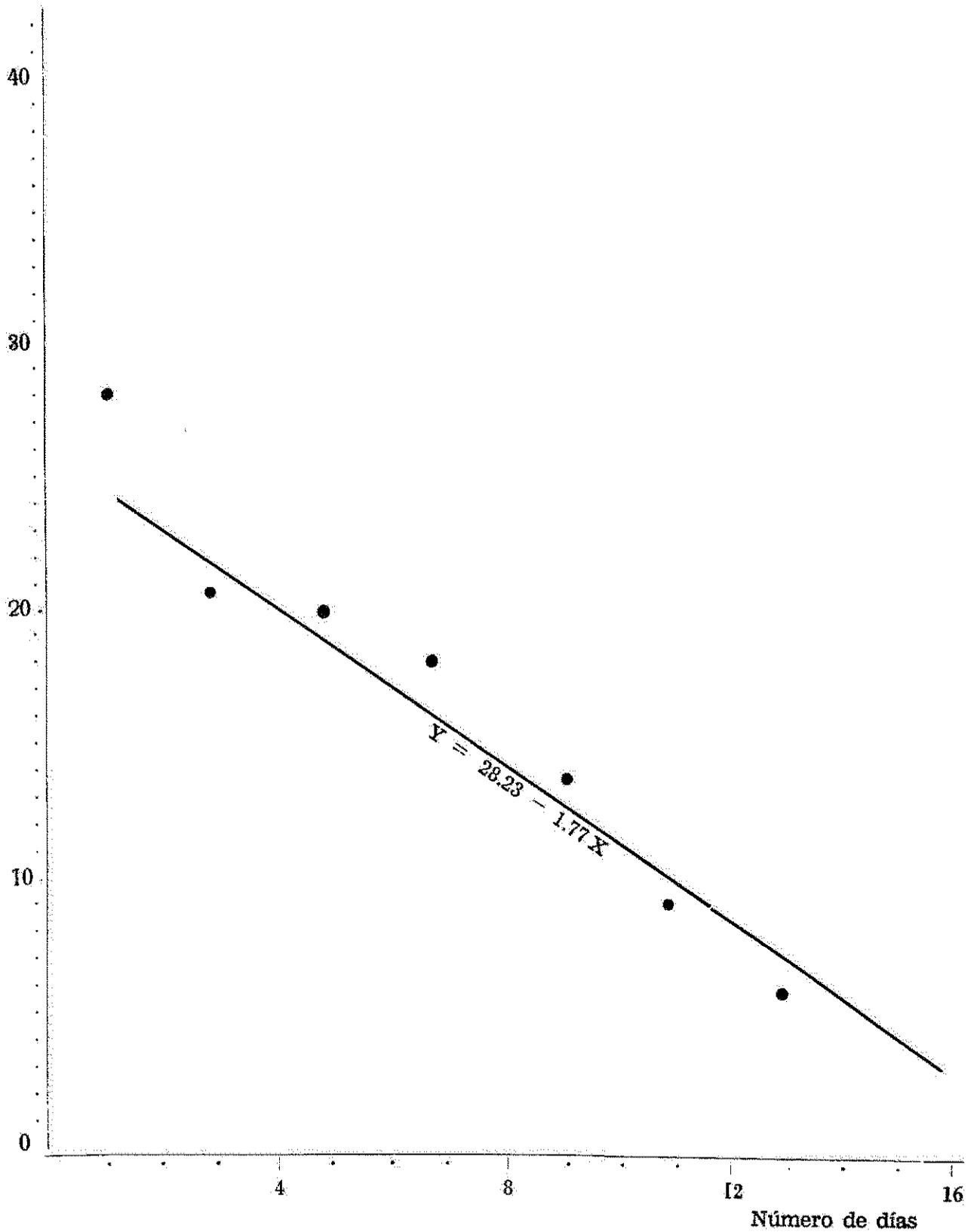
** altamente significativo

Porcentaje de humedad



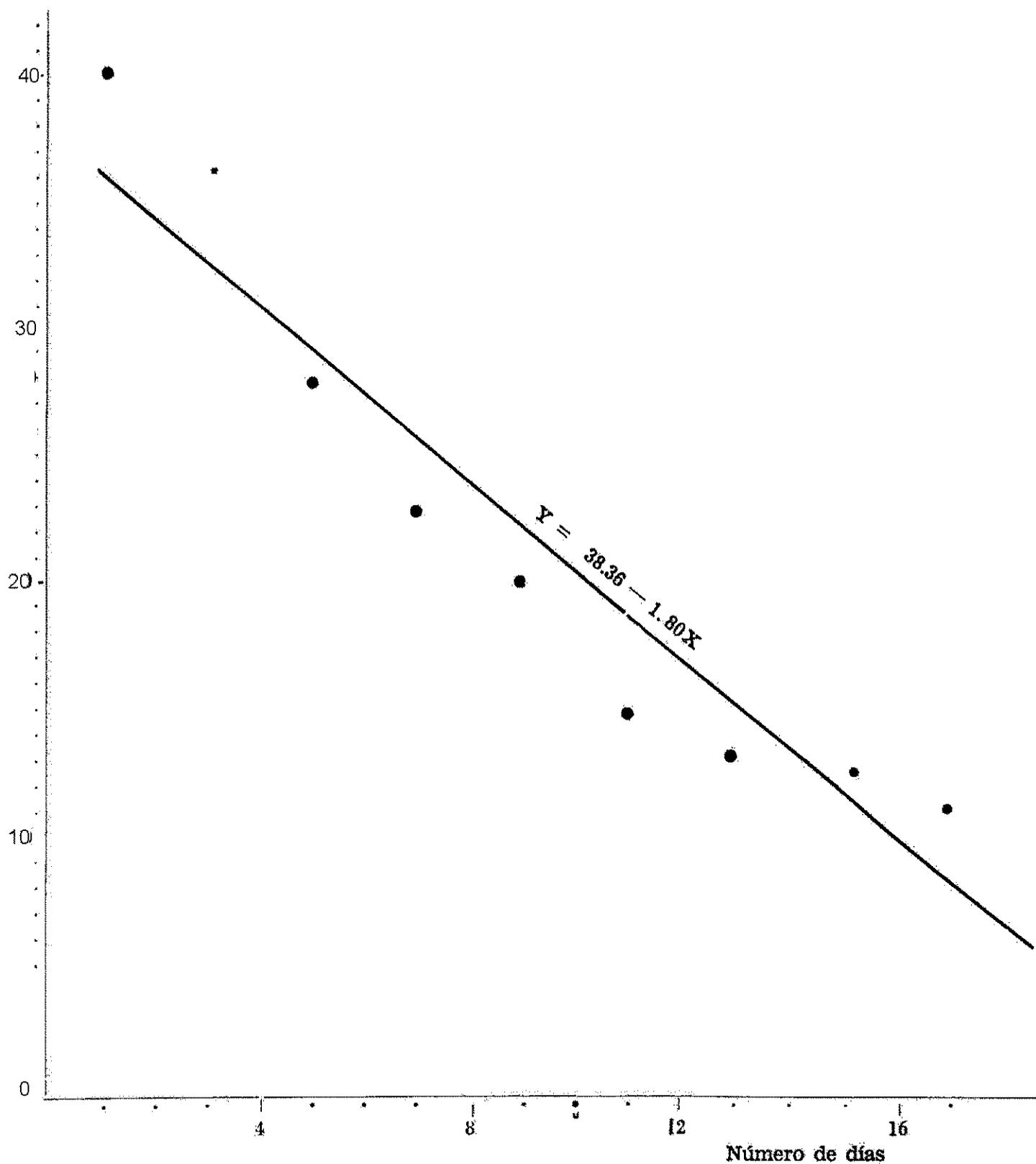
Gráfica N° 1 Regresión de los porcentajes de humedad en relación al Número de Días que tarda el suelo de la Serie Esquipulas en alcanzar su punto de Marchitez Permanente, utilizando el método del Tomate.

Porcentaje de humedad

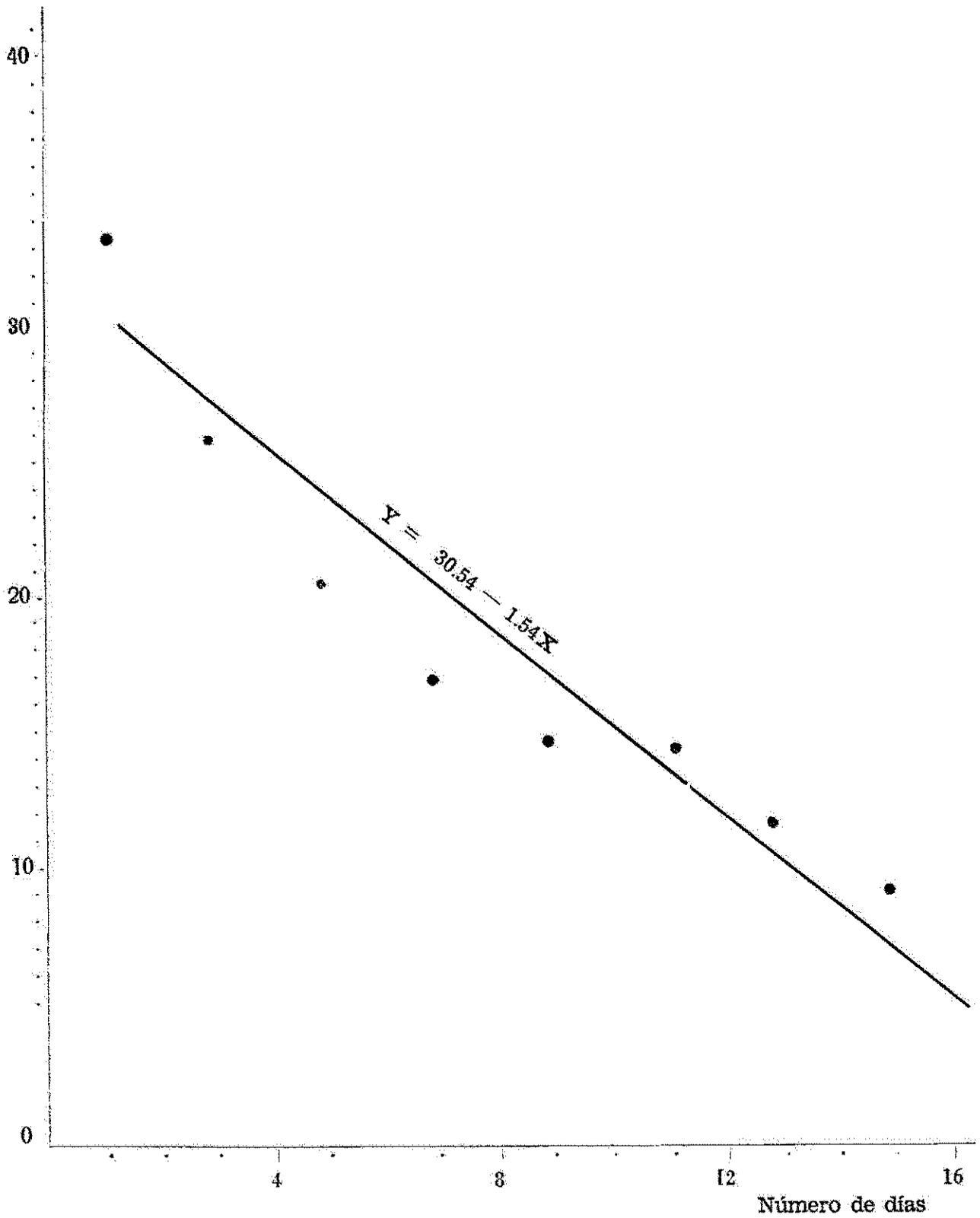


Gráfica N° 2 Regresión de los porcentajes de humedad en relación al Número de Días que tarda el suelo de la Serie Sabana Grande en alcanzar su punto de Marchitez Permanente, utilizando el método del Tomate.

porcentaje de humedad



Gráfica N° 3. Regresión de los porcentajes de humedad en relación al Número de Días que tarda el suelo de la Serie Nejapa en alcanzar su punto de Marchitez Permanente, utilizando el método del Tomate.



Gráfica Nº 4 Regresión de los porcentajes de humedad en relación al Número de Días que tarda el suelo de la Serie Majada en alcanzar su punto de Marchitez Permanente, utilizando el método del Tomate.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ALWAY, F. J., and Mc DOLE, G. R. Relation of the water retaining capacity of a soil to its hygroscopic coefficient. Jour: Agr. Res 9: 27 — 71. 1917.
- 2) BEVER. Soil Physics (1940).
- 3) BAVER. Soil Moisture Constante. In _____ Soil Physics. New York, Wiley, Pp. 283 — 289. 1956.
- 4) BERNSTEIN and PEARSON _____ Influence of integrated moisture stress achieved by varying the osmotic pressure of culture solutions on growth of tomato and pepper plants. Soil Sci. 77: 335 — 367. 1954.
- 5) BLAIR, E. Propiedades físicas del suelo. Curso Internacional de Métodos y Prácticas de Riego. Conferencia en Chillan y Santiago de Chile. F.A.O.. pp.66 — 70. 1956.
- 6) BLAIR, E. and J. W. Mc LANE. The moisture equivalent of soils U. S. Bureau soils. Bull N° 45. 1907.
- 7) BREAZEALE E. Mc GEORGE W. T. — A new technic for determining wilting porcentaje of soils. Soil Sci. 68: 371 — 374. 1949.
- 8) BRIGGS. L. J. and H. L. SHANTS. The wilting coefficient for Diferents Plants and its Indirect Determination. U. S. Department of Agriculture. Bureau of Plant Industry. Bulletin N° 230. 1912.
- 9) BOURGET, S. J. Influence of bulk Density and Field estructura of soil on the calibration curves of gypsum moisture block. Canadian Journal of Soil Science 39 (1): 12 — 19. 1959.
- 10) CERNA, L. A. Estudio experimental sobre el porcentaje de marchitamiento permanente; clasificación de los suelos alcalinos. 2ª Ed. Santa Fé, Argentina, 1959. 75 p.
- 11) DUCHUFOUR, D. Preccis de Pedología. Maison & Cía. Editeurs, París, pp 86 — 91. 1960.
- 12) ECHAVERRY SILVIO. Curso de Irrigación. ENAG. 1963. (mimeografiado). 50 p.
- 13) FLOCKER, W. J. VOMOCIL, J. A. y VITTUM, M. T. Responce of winter cover crops to soil Compaction. Soil Science Society of America. Proceedings 22: 181 — 184. 1958.
- 14) HAISE, H. R. HAAS, H. J., and JENSEN, L. R. Soil moisture studies of some Great Plains. Soils: Field capacity as related to 1/3 atmosphere porcentaje and "minimun point" as related to 15 and 26 atmosphere porcentaje.

- Soil Sci. Amer Proc. 19: 20 — 25. 1955.
- 15) ISRAELSEN, O. W. Principios y Prácticas del Riego. Editorial Reverté, S. A. España, pp. 150 — 183. 1943.
 - 16) ISRAEL. Servicio de Campaña para irrigación en Zonas Áridas. 1964.
 - 17) JARQUIN, G. "Ensayo Preliminar sobre Aplicación de Láminas de Agua en Tomate, Variedad San Manzano", Tesis N° 19, Nicaragua, pp. 3 — 9. 1964.
 - 18) KRAMER J. P. Plant and soil water relationships. pp. 80 — 88. 1949.
 - 19) OLIVER, HENRY "Riegos y Clima". Nuevos métodos para la planeación y desarrollo de los recursos hidráulicos. México 22, D. F. p. 13. Octubre. 1963.
 - 20) PERRIER, E. R. NIELSEN, D. R. Y DOAN, J. E. Adjustment of bulk density to an oven dry volume basis. Soil Science 88 (5): 291 — 293. 1959.
 - 21) REIGNER, I. C. y PHILLIPS, J. L. Variations in bulk density and moisture content within the New Jersey Coastal plain soils, Lakeland and Lakehurst sands. Soil Science Society of America. Proceedings 28: 287 — 289. 1964.
 - 22) RICHARDS, L. A. Water content changes following the wetting of bare soil in the fields. Soil Science Society of Florida. Proceedings 15: 142 — 148. 1955.
 - 23) RECHARDS, S. J. WEEKS, L. V. y WARMKE, J. E. Compacted bulk density and Hydraulic conductivity for indicating the structural status of Soils, International Congress of Soil Science, 7th. Transactions 1 : 249 — 255. 1960.
 - 24) SHIPP, R. F. Bulk Density and coarse fragment determination on some Pennsylvania Soils. Dissertation Abstracts 23: 4063 — 4064. 1963.
 - 25) SCHUBLER, G. Grundsätze der Agrikulturchemie, 2nd edition Leipzig, 1838.
 - 26)) TEMPANY, H. A. The Shrinkage of soils. J. Agr. Sci. 8: 312 — 330. 1956.
 - 27) THORNE, D. W. "Técnica del Riego". CECSA. 1963.
 - 28) VEIHMEYER, F. J. HENDRICKSON A. H. Methods of measuring field capacity and permanent wilting porcentaje of soils Sci. 28: 75 — 84. 1949.
 - 29) WADLIG, C. H. The integrated soil moisture stress upon a root system in a large container of saline soil. Soil Sci. 61: 225 — 238. 1945.
 - 30) WHITE, E. M. Volume changes in some clay soils. Soil Science 94: 168 — 172. 1962.