

ESTUDIO DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS EN SUELOS DE BARBACOAS,  
NARIÑO

Por

//  
RODRIGO CHILANGUAD NARVAEZ

Tesis de Grado presentada como requisito parcial  
para optar al título de  
INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis  
LUCIO LEGARDA BURBANO I. A., M. Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PASTO - COLOMBIA  
1975

T  
FIN  
631.43  
Ch 535  
Ed. 1

A. 00009

- II -

|                             |                 |       |          |
|-----------------------------|-----------------|-------|----------|
| UNIVERSIDAD DE NARIÑO       |                 |       |          |
| DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS |                 |       |          |
| PASTO - COLOMBIA            |                 |       |          |
| No.                         | <u>16859</u>    | Ej.   | <u>1</u> |
| Valor                       | <u>\$900 =</u>  | Val.  |          |
| Fecha                       | <u>01-13-75</u> | Don.  | <u>X</u> |
| Fact.                       | <u>Agencia</u>  | Canje |          |
| Librería                    | <u>Autar</u>    | Comp. |          |

" Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores ".

Art. 10. del Acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

AGRADECIMIENTOS A :

LEOCIO LEGARDA BARRANO I.A., M. Sc.

ANTONIO ARIAS HERNANDEZ I.A., M. Sc.

A MI PADRE

NIQUEL WILSONS SANCHEZ I.A.

A MI MADRE

ANA BRYTA VARGAS Delinquente Architecture

A MIS HERMANOS

Y AGUILERA RIANDOS

A MIS HERMANAS

Facultad de Ciencias Agrícolas de la  
Universidad de Heriño

Facultad de Ciencias Agrícolas de  
Valmira, Univer. Nacional

DEDICO :

RODRIGO CHILANGUAD NARVAEZ

Todas las personas que en uno u otro  
foco contribuyeron a la realización  
del presente trabajo.

CONTENIDO

Pág.

1

2

2

3

4

5

6

I.A.

10

10

10

10

10

10

10

13

14

14

14

14

14

14

14

14

14

14

14

14

LUCIO LEGARDA BURBANO I.A., M. Sc.

ANTONIO ARIAS HERNANDEZ I.A., M. Sc.

MIGUEL VIVEROS ZARAMA I.A.

ANA BERTA VARGAS Delineante Arquitectura

LUCY AGUILERA RIASCOS

Facultad de Ciencias Agrícolas de la  
Universidad de Nariño

Facultad de Ciencias Agropecuarias de  
Palmira, Universidad Nacional

Todas las personas que en una u otra  
forma contribuyeron a la realización  
del presente trabajo.

CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| I. INTRODUCCION . . . . .                       | 1    |
| II. REVISION DE LITERATURA . . . . .            | 2    |
| 2.1 Textura . . . . .                           | 2    |
| 2.2 Agregados estables al agua . . . . .        | 3    |
| 2.3 Densidades y porosidad . . . . .            | 4    |
| 2.4 Plasticidad . . . . .                       | 5    |
| 2.5 Capacidad de retención de humedad . . . . . | 6    |
| 2.6 Materia orgánica . . . . .                  | 8    |
| III. MATERIALES Y METODOS . . . . .             | 10   |
| 3.1 Area de estudio . . . . .                   | 10   |
| 3.1.1 Ubicación y extensión . . . . .           | 10   |
| 3.1.2 Clima . . . . .                           | 10   |
| 3.1.3 Ecología . . . . .                        | 10   |
| 3.1.4 Uso actual de la tierra . . . . .         | 10   |
| 3.1.5 Geología . . . . .                        | 13   |
| 3.2 Muestreo . . . . .                          | 13   |
| 3.3 Análisis de laboratorio . . . . .           | 14   |
| 3.3.1 Textura . . . . .                         | 14   |
| 3.3.2 Densidad aparente . . . . .               | 14   |
| 3.3.3 Densidad de las partículas . . . . .      | 14   |
| 3.3.4 Materia orgánica . . . . .                | 15   |
| 3.3.5 Porosidad . . . . .                       | 15   |
| 3.3.6 Reacción del suelo (pH) . . . . .         | 15   |
| 3.3.7 Límite plástico superior . . . . .        | 15   |
| 3.3.8 Límite plástico inferior . . . . .        | 15   |
| 3.3.9 Índice de plasticidad . . . . .           | 15   |
| 3.3.10 Constantes de humedad . . . . .          | 15   |
| 3.3.10.1 Coeficiente higroscópico . . . . .     | 15   |

TABLAS

|       |  | Pág. |
|-------|--|------|
| TABLA | I. Análisis textural (suelo) . . . . .   | 28   |
| TABLA | II. Análisis textural (subsuelo) . . . . .   | 29   |
| TABLA | III. Agregados estables al agua (suelo) . . . . .  | 30   |
| TABLA | IV. Agregados estables al agua (subsuelo) . . . . .  | 31   |
| TABLA | V. Densidad de partículas, densidad aparente y porosidad total (suelo) . . . . .   | 32   |
| TABLA | VI. Densidad de partículas, densidad aparente y porosidad total (subsuelo) . . . . .   | 33   |
| TABLA | VII. Límite de plasticidad y sus correspondientes índices expresados en porcentaje de humedad gravimétrica (suelo) . . . . .     | 34   |
| TABLA | VIII. Límite de plasticidad y sus correspondientes índices expresados en porcentaje de humedad gravimétrica (subsuelo) . . . . . | 35   |
| TABLA | IX. Algunos puntos críticos de humedad (suelo) . . . . .   | 36   |
| TABLA | X. Algunos puntos críticos de humedad (subsuelo) . . . . .   | 37   |
| TABLA | XI. Valores de retención de agua a diferentes tensiones expresadas en porcentaje de humedad gravimétrica (suelo) . . . . .       | 38   |
| TABLA | XII. Valores de retención de agua a diferentes tensiones expresadas en porcentaje de humedad gravimétrica (subsuelo) . . . . .   | 39   |

|       |   | Pág. |
|-------|---|------|
| TABLA | XIII. Valores de retención de agua a diferentes tensiones expresadas en porcentaje de humedad volumétrica (suelo) . . . . .   | 40   |
| TABLA | XIV. Valores de retención de agua a diferentes tensiones expresadas en porcentaje de humedad volumétrica (subsuelo) . . . . . | 41   |
| TABLA | XV. Lámina de agua aprovechable (AA) (suelo) . . . . .  | 42   |
| TABLA | XVI. Lámina de agua aprovechable (AA) (subsuelo) . . . . .  | 43   |
| TABLA | XVII. Valores de espacio aéreo a diferentes tensiones (suelo) . . . . .   | 44   |
| TABLA | XVIII. Valores de espacio aéreo a diferentes tensiones (subsuelo) . . . . .   | 45   |
| TABLA | XIX. Materia orgánica y pH (suelo) . . . . .  | 46   |
| TABLA | XX. Materia orgánica y pH (subsuelo) . . . . .  | 47   |
| TABLA | XXI. Resultados máximos, promedios y mínimos de las propiedades físicas estudiadas (suelo) . . . . .                          | 48   |
| TABLA | XXII. Resultados máximos, promedios y mínimos de las propiedades físicas estudiadas (subsuelo) . . . . .                      | 50   |
| TABLA | XXIII. Relación entre algunas propiedades físicas (suelo) . . . . .   | 52   |
| TABLA | XXIV. Relación entre algunas propiedades físicas (subsuelo) . . . . .   | 54   |
| TABLA | XXV. Medidas de variabilidad (suelo) . . . . .  | 56   |
| TABLA | XXVI. Medidas de variabilidad (subsuelo) . . . . .  | 58   |

ILUSTRACIONES

Pág.

TABLA XXVII. Medidas de variabilidad (subsuelo) . . . . . 60

TABLA XXVIII. Medidas de variabilidad (subsuelo) . . . . . 62

FIGURA 2. Localización de los sitios de muestreo en el Municipio de Barberosa . . . . . 17

FIGURA 3. Relación entre el contenido de arcillas y el índice de elasticidad . . . . . 44

FIGURA 4. Relación entre el contenido de arcillas y el límite plástico superior . . . . . 45

FIGURA 5. Relación entre la densidad aparente y el agua aprovechable . . . . . 48

FIGURA 6. Relación entre la densidad aparente y la porosidad . . . . . 49

FIGURA 7. Relación entre la capacidad de campo y la capacidad de campo determinada por el método de las columnas . . . . . 50

FIGURA 8. Relación entre la capacidad de campo a 0,3 bares y la humedad equivalente . . . . . 50

FIGURA 9. Relación entre la capacidad de campo a 0,3 bares y la humedad equivalente . . . . . 50

FIGURA 10. Relación entre el contenido en materia orgánica y la capacidad de campo . . . . . 51

FIGURA 11. Relación entre el contenido en materia orgánica y la porosidad total . . . . . 52

FIGURA 12. Relación entre el contenido de materia orgánica y el límite plástico inferior . . . . . 53

ILUSTRACIONES

|  | Pág. |
|--|------|
| FIGURA 1. Localización del Municipio de Barbacoas . . . . .  | 11   |
| FIGURA 2. Localización de los sitios de muestreo en el Municipio de Barbacoas . . . . .                                    | 12   |
| FIGURA 3. Relación entre el contenido de arcillas y el índice de plasticidad . . . . .                                     | 64   |
| FIGURA 4. Relación entre el contenido de arcillas y el límite plástico superior . . . . .                                  | 65   |
| FIGURA 5. Relación entre la densidad aparente y el agua aprovechable . . . . .   | 66   |
| FIGURA 6. Relación entre la densidad aparente y la porosidad . . . . .   | 67   |
| FIGURA 7. Relación entre la capacidad de campo y la capacidad de campo determinada por el método de las columnas . . . . . | 68   |
| FIGURA 8. Relación entre la capacidad de campo a 0,3 bares y la humedad equivalente . . . . .                              | 69   |
| FIGURA 9. Relación entre la capacidad de campo a 0,3 bares y la humedad equivalente . . . . .                              | 70   |
| FIGURA 10. Relación entre el contenido de materia orgánica y la capacidad de campo . . . . .                               | 71   |
| FIGURA 11. Relación entre el contenido de materia orgánica y la porosidad total . . . . .                                  | 72   |
| FIGURA 12. Relación entre el contenido de materia orgánica y el límite plástico inferior . . . . .                         | 73   |

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 13. Relación entre el contenido de materia orgánica y la densidad aparente . . . . . | 74 |
| FIGURA 14. Curva de retención de humedad en los suelos de Barba-coas . . . . .              | 75 |
| FIGURA 15. Curva de retención de humedad en los subsuelos de Bar-bacoas . . . . .           | 76 |

ESTUDIO DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS EN SUELOS DE BARBACOAS,  
NARIÑO (\*)

2.1 Textura

Voth y Miller (19) establecen la importancia de la determinación de la textura del suelo, cuando dicen que la magnitud y la velocidad de reacciones, tanto químicas como físicas que ocurren en el suelo están gobernadas por la textura, porque esta propiedad determina la superficie en que tiene lugar tales reacciones.

Por

RODRIGO CHILANGUAD NARVAEZ

I. INTRODUCCION

El conocimiento de las propiedades físicas de los suelos, permite en parte, proyectar actividades agrícolas vitales, como la preparación de la tierra, el manejo en irrigación y drenajes, la fertilización y las relaciones agua - suelo - planta. Por medio de una evaluación conjunta de estas propiedades y el uso racional de los suelos, es posible obtener un incremento en la productividad.

El principal objetivo del presente estudio consistió en determinar y discutir las propiedades fisicoedáficas de los suelos de Barbacoas, tales como textura, agregados estables al agua, porosidad, densidades, plasticidad y capacidad de retención de humedad. Es de esperar que los datos obtenidos en este trabajo presenten una visión amplia y clara sobre las propiedades físicas y tengan una implicación práctica en el manejo de los suelos de esta Región. Igualmente, se pretende completar los conocimientos acerca de las propiedades físicas de los suelos del Departamento de Nariño.

---

(\*) Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Lucio Legarda Burbano I.A., M. Sc.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Textura

Foth y Miller (19) establecen la importancia de la determinación de la textura del suelo, cuando dicen que la magnitud y la velocidad de reacciones, tanto químicas como físicas que ocurren en el suelo están gobernadas por la textura, porque esta propiedad determina la superficie en que tiene lugar tales reacciones.

Las propiedades físicas de los suelos están determinadas en gran parte, por el tamaño y distribución de las partículas primarias relativamente grandes, en comparación con las que constituyen la fracción arcilla. El área de la superficie expuesta por las partículas en un suelo arenoso es mucho menor que el de un suelo arcilloso, razón por la cual el primero tiene una menor capacidad de absorción de nutrientes y retención de agua (6).

Mela (33) indica que la importancia de las propiedades físicas que exhiben las arcillas, tiene su origen en la gran superficie específica de sus partículas, la cual se halla en relación inversa con su diámetro.

Las arenas están formadas por cuarzo, razón por la cual tienen como características primordiales, baja cohesión y plasticidad casi nula, un bajo poder de retención de humedad. Los limos están compuestos de cuarzo y feldespatos, pero en una proporción menor que en las arenas, por lo tanto poseen una mayor plasticidad y capacidad de retención de humedad que éstas, pero menor con relación a las arcillas. Las arcillas debido a su estado coloidal, absorben mayores cantidades de agua, con más aumento de volumen, tienen propiedades adhesivas, alta cohesión y buena plasticidad (33).

## 2.2 Agregados estables al agua

Los agregados están formados por agrupación de partículas primarias y secundarias en proporciones variables, estos tienen la propiedad de disgregarse fácilmente o pueden ser de difícil disgregación, dependiendo de la presencia de cementantes, como las arcillas coloidales, la materia orgánica y óxidos de hierro y aluminio (6).

Bernades citado por Cavande (71), afirmó que la máxima concentración de r. Las diferencias del grado de estabilidad de los agregados se relaciona con la presencia de ciertos agentes cohesionantes del suelo. Es decir, que el tipo de arcilla tiene una acentuada influencia en la estabilidad, en suelos en que domine la montmorillonita son mucho más estables (20).

La mayor o menor efectividad de la materia orgánica para formar agregados, depende de las condiciones de aireación. Una adecuada aireación proporciona una buena estructura, pero de escasa estabilidad al agua, en cambio las condiciones anaeróbicas retardan el proceso de agregación, pero aumentan la estabilidad de los agregados al agua (35). Baver, Gardner y Gardner (6), señalan como el principal factor limitante en el desarrollo de

Las labores de cultivo destruyen los agregados por acción mecánica, y además, la continuada producción agrícola reduce considerablemente el porcentaje de materia orgánica. La acción destructiva llega a superar en muchos casos a la constructiva, siendo frecuente que los agregados disminuyen lentamente, pero se puede evitar restituyendo materia orgánica al suelo (37).

Mazurak (32) ha comprobado que algunos cultivos como alfalfa, aumenta la agregación. Igualmente la rotación con leguminosas mejora la agregación del suelo. Los fertilizantes químicos actúan como agentes de agregación, aunque no en la forma como influye la materia orgánica. Se dice que la cal tiene un efecto indirecto sobre la agregación al actuar como agente de descomposición de la materia orgánica.

La densidad aparente no es constante, ya que varía de acuerdo a los factores que afectan el aumento o disminución de la porosidad. Por lo

### 2.3 Densidad y Porosidad

Guerrero (26) resalta la importancia de la determinación de la porosidad porque es la que más directamente influye en la relación física - productividad, ya que dicha propiedad está relacionada con la mayor o menor disponibilidad de aire en la porción radical de la planta.

Bermudez citado por Gavande (21), afirma que la máxima concentración de raíces, especialmente raicillas, está directamente relacionada con el contenido de materia orgánica y con la porosidad total. El contenido de agua y la succión del suelo influyen en el espacio poroso lleno de aire, afectando así el estado de aireación de los suelos. La influencia de la succión del suelo en el espacio poroso, puede ser afectada por la compactación y el tamaño de los agregados.

Varios autores recalcan que el manejo del suelo influye notablemente en la porosidad. Así, Thompson (39) anota que se ha comprobado la pérdida del volumen de poros por efectos del cultivo. Baver, Gardner y Gardner (6), señalan como el principal factor limitante en el desarrollo radical la mala aireación, provocada por una baja porosidad.

González (23) afirma que la densidad aparente está correlacionada con el manejo del suelo. Todas las prácticas culturales que modifican la estructura del mismo, influyen en ella. Tales influencias se deben principalmente a sus efectos en la porosidad del suelo.

La densidad aparente de las arenas oscila entre 1,33 - 1,70 g/ml y la de las arcillas entre 1,10 - 1,35 g/ml (6). Forsythe (17) indica que en los Andept la densidad aparente oscila entre 0,45 - 0,75 g/ml, es decir es mucho más baja. Los suelos orgánicos poseen una menor densidad debido a su gran porosidad y a su menor peso.

La densidad aparente no es constante, ya que varía de acuerdo a los factores que afectan el aumento o disminución de la porosidad. Por lo

tanto la densidad aparente dependerá del contenido de materia orgánica, de la textura y del manejo del suelo (26).

Según Forsythe (17), la densidad aparente sirve para calcular la lámina de agua en el suelo. Además, se usa también para calcular la porosidad de los sólidos y estimar el peso de la capa arable. Esto es importante para poder interpretar correctamente los resultados de un análisis de laboratorio o pruebas en macetas para aplicarlos directamente en el campo.

#### 2.4 Plasticidad

Adams y Levy (1) citan a Atterberg para referirse a que la plasticidad está afectada por la naturaleza mineral del suelo, composición química de los coloides y por los iones intercambiables. Aquí el material coloidal actúa como lubricante entre las partículas gruesas y disminuye su fricción.

Bodman (8), acerca del presente tema, manifiesta que en la plasticidad tiene gran incidencia el tamaño, la forma y constitución de las partículas; las partículas gruesas no presentan plasticidad, propiedad que se incrementa con las partículas pequeñas. Sin embargo, el mismo autor afirma que aun los suelos arenosos muestran un pequeño índice de plasticidad.

Jofee citado por López (29) anota que en el perfil del suelo, la consistencia varía con los horizontes del mismo y está determinada por ciertos factores tales como estructura, textura, materiales cementantes y porosidad. Entre cementación y compactación existe una gran diferencia, ya que se considera un suelo compactado cuando sumergido en agua se fragmenta en unidades texturales o estructurales; en tanto que suelo cementado, sometido a las mismas condiciones del suelo compactado, permanece entero.

Según Jiménez (28) la utilidad práctica de los límites de plasticidad, tanto superior como inferior, se deriva de la acumulación de muchas

determinaciones que son suficientes para conocer el tipo de suelo y sus propiedades. Baver, Gardner y Gardner (6) también han establecido que los límites de plasticidad son un índice de la consistencia del suelo y del grado de acumulación de arcillas en el perfil del suelo.

Adams y Levy (1) indican que es necesario determinar la plasticidad porque da un índice aproximado del contenido de humedad a la cual un suelo puede ser cultivado sin perjuicio por el uso de maquinaria.

## 2.5 Capacidad de retención de humedad

Determinar la capacidad de campo es importante para realizar cálculos prácticos de la cantidad aprovechable de agua. El sistema dinámico de remoción de agua por medio de drenaje, evaporación y transpiración y el agua que se agrega por medio de riego y lluvia, son factores que impiden lograr el equilibrio entre la cantidad de agua del suelo y el campo de fuerza gravitacional. Existen otros factores que influyen en el equilibrio, tales como la textura, la estructura y temperatura del suelo (21).

La tensión en el punto de marchitamiento permanente varía entre 7 y 32 atmósferas, dependiendo de la textura del suelo, de la clase de cultivo, del estado de las plantas, de la cantidad de sales solubles y del clima. El rango de tensiones a que se produce el marchitamiento permanente, la variación en el contenido de humedad es muy pequeña, razón por la cual se utiliza el valor de 15 atmósferas para identificar el punto de marchitamiento permanente (24, 30).

Baver, Gardner y Gardner (6) afirman que los suelos de textura gruesa exhiben altos potenciales negativos a bajos contenidos de humedad; ocurre lo contrario con los suelos de textura fina. Esto se debe al gran número de contactos en los suelos finos, lo cual reduce la cantidad de humedad en cada uno de los puntos de contacto en el correspondiente descenso

en el radio de curvatura del mecanismo de agua en los poros.

Por lo expuesto anteriormente, el suelo normalmente drena un contenido de humedad a pacidad de campo, y la planta se marchita permanentemente en el punto de marchitamiento, se deduce que la cantidad de agua aprovechable por las plantas está representada por la diferencia entre estos dos puntos de equilibrio. Por tanto, la curva de un suelo dado dará una buena medida del agua que puede aprovecharla (6).

Rey (37) anota que si se quiere remover agua del suelo se debe realizar una cantidad dada de trabajo (fuerza por espacio). Esto significa que el agua está siendo retenida en el suelo mediante una fuerza contra la cual se debe realizar el trabajo necesario para removerla; esta fuerza se llama tensión o succión. La magnitud de la tensión depende de la cantidad de agua presente en el suelo y del tamaño de los poros del mismo, es decir, de la textura. Entre menor sea el contenido de agua en un suelo, mayor será la tensión conque aquella es retenida; entre menor sea el tamaño de los poros del suelo mayor será la tensión a la cual está sometida el agua. Así se ve que el suelo arcilloso retiene una mayor cantidad de agua que un suelo arenoso sometidos a la misma tensión; de la misma forma, para un mismo contenido de agua, la tensión es mayor en un suelo arcilloso.

Para Grassi (24), la retención de agua en el suelo es la resultante de la interacción de varios tipos de fuerza, tales como la adhesión y la cohesión. Otro componente de la tensión es el debido a las sales disueltas en el agua del suelo. El efecto de las sales se manifiesta mediante un incremento de la presión osmótica de la solución del suelo, lo cual refleja un aumento en la cantidad de trabajo que las plantas deben efectuar para absorber agua; es decir, un aumento en tensión. Entre más alta sea la concentración de sales, mayor será la presión osmótica de la solución.

Analizando los conceptos de Veihmeyer y Hendrickson, de que el agua está igualmente disponible desde la capacidad de campo hasta el punto

de marchitamiento, Daker (12) ha comprobado que el crecimiento de las plantas responde diferentemente a varios niveles de humedad dentro de este rango, restando importancia al punto de marchitamiento. Debe tenerse en cuenta además, el uso que se dará al cultivo. Se ha demostrado que la producción descende cuando la humedad baja a ciertos puntos de tensión, por ejemplo : el cultivo de la caña de azúcar a 2 bares; la papa, el maíz y la remolacha a 3 bares; la alfalfa a 4 bares; para algunas hortalizas a 2 bares. En frijol, si la tensión sube a 2,4 bares la producción baja a 46%, si alcanza la tensión de 4,4 bares la producción baja a 0%.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que para reiniciar el riego a bajos niveles de tensión, esto es, cuando el contenido de humedad es alto, la frecuencia aumenta. Es decir, debe determinarse la tensión más favorable. Conocida ésta para cada planta se determina la curva con las siguientes condiciones : 0 - 0,1 - 0,3 - 1,0 - 5,0 - 10,0 - 15,0 bares. Una vez determinados estos datos y la evapotranspiración, la profundidad radical, la densidad aparente por la eficiencia de riego, se puede determinar la frecuencia y el volumen (37).

## 2.6 Materia orgánica

La materia orgánica es importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo porque promueve la agregación de las partículas, incrementa la capacidad de retención de agua y forma un medio más apropiado; además constituye una fuente de energía para los microorganismos y de nutrientes para las plantas (6).

Kramer (27) realizó una comparación de la materia orgánica con las arcillas, en lo que se refiere al aspecto coloidal y a la superficie de exposición. Anota que la mayor actividad física y química de la materia orgánica, se refleja en cuanto ésta incrementa la capacidad de retención de humedad en suelos arenosos y la aireación en los arcillosos.

La ausencia de materia orgánica produce el estancamiento de toda actividad biológica en el suelo, por ser la principal fuente de energía para los microorganismos. El proceso de erosión es el causante de la remoción de las partículas más finas del suelo y de materia orgánica, con lo cual la fertilidad decrece enormemente. Las pérdidas son evaluadas sobre el efecto de la erosión en las características físicas y químicas del suelo (6, 9).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Area de estudio

##### 3.1.1 Ubicación y extensión

La zona en estudio está localizada en el Departamento de Nariño, Sur-oeste de Colombia (Figura 1); pertenece su mayor parte a la Llanura del Pacífico, a excepción de una pequeña zona al noroeste que se encuentra en la Vertiente Occidental de la cordillera del mismo nombre (34).

Coordenadas geográficas del centro de la zona de estudio son :  $1^{\circ} 48' 23''$  de Latitud Norte y  $78^{\circ} 08' 21''$  de Longitud Oeste de Greenwich (14).

##### 3.1.2 Clima

La altura sobre el nivel del mar oscila entre los 120 - 250 m, con un promedio de precipitación anual de 6.959 mm. La temperatura anual media es de  $30^{\circ}\text{C}$  (14).

##### 3.1.3 Ecología

Según el sistema de Holdridge, la zona en estudio se encuentra en su mayor parte en el denominado bosque muy húmedo tropical (bmh-T) con una zona de transición perteneciente al bosque pluvial tropical (bp-T). Se caracteriza por lluvias abundantes a través de todo el año. Esta precipitación se acentúa a medida que se acerca a la zona de transición. Así, Tumaco acusa una precipitación anual de 2.683 mm; Bucheli, a 18 Km de la costa, 3.194 mm; Espriella a 40 Km de la costa, 3.266 mm y Mongón en el Río Telembí al noreste de Barbacoas, 8.359 mm (15).

##### 3.1.4 Uso actual de la tierra

Según Erazo y Ortiz (15) la región registra una baja producción agrícola, siendo los principales productos : arroz (Oriza sativa L.),

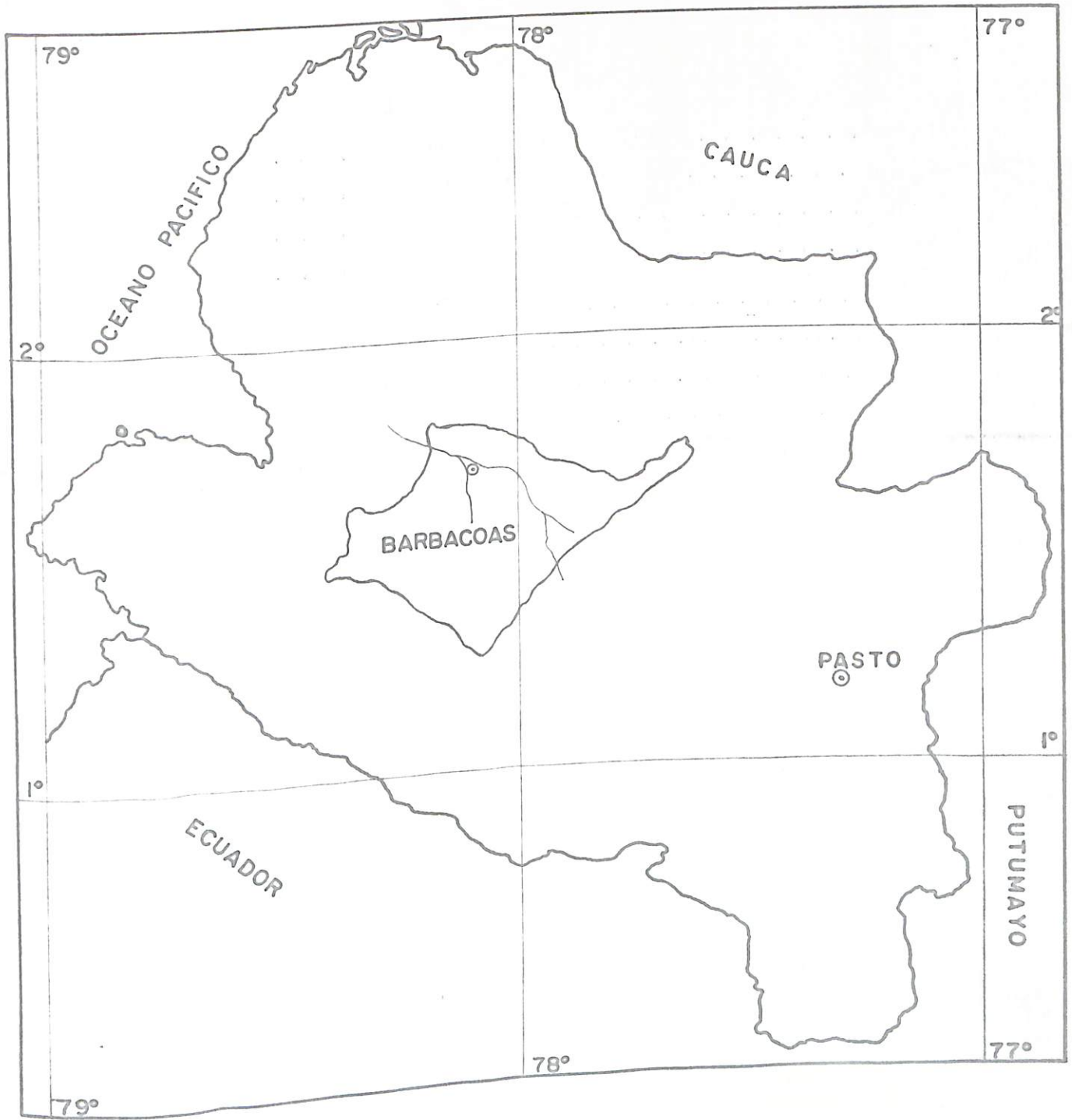


Fig. 1 LOCALIZACION DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. TOMADO DE ERAZO Y ORTIZ (15)

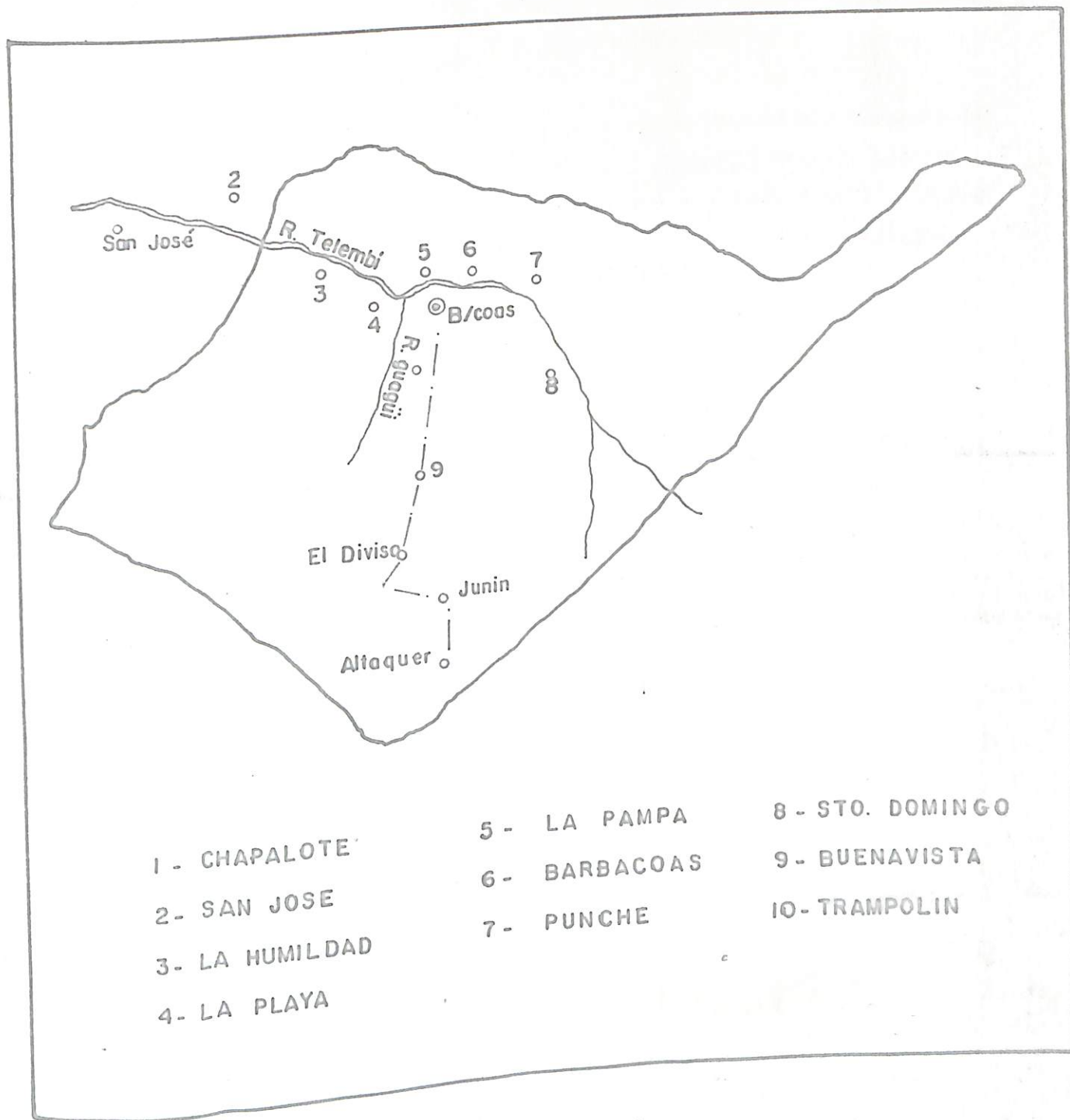


Fig.2. LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN EL MUNICIPIO DE BARBACOAS. - TOMADO DE ERAZO Y ORTIZ (15)

plátano (Musa sapientum L.), cacaco (Theobroma cacao L.), coco (Cocos nucifera L.), caña (Saccharum officinarum L.), maíz (Zea mays L.)

Posee buena reserva forestal, las especies más importantes son: cedro (Cedrela sp.), cuángare (Iryanthera jorvensis Warb.), tangare (Carapa guianensis Aubl.), sande (Brosimum utile HBK Oken), chachojo (Aniba perutilis Hems.), peine de mono (Apeiba aspera Aubl.), monteco (Gustavia occidentalis Cuatr.), guayacan (Miconia punctata Sleumer) (15).

### 3.1.5 Geología

Las formaciones aluviales del Río Telembí y sus afluentes, se originaron durante el Cuaternario, tuvieron lugar tres movimientos tectónicos. Algunos otros aluviones ya compactados y que forman parte de terrazas antiguas, pertenecen a un período más antiguo comprendido en el día lluviam, como el caso típico de los aluviones auríferos que se encuentran en "La Florida" (15).

Grosse (25) afirma que las rocas que sirven de basamento a los aluviones del Telembí consisten en tobas andesíticas, clasificados de tipo neo-volcánico.

### 3.2 Muestreo

Se tomaron muestras en 10 sitios (Figura 2), los cuales se consideraron como los más representativos de los suelos del Municipio de Barbacoas. En cada lugar se tomaron muestras del suelo y subsuelo y la correspondiente descripción del perfil.

Los sitios de muestreo son:

- Perfil 1 : Chafalote
- Perfil 2 : San José

Perfil 3 : La Humildad

Perfil 4 : La Playa

Perfil 5 : La Pampa

Perfil 6 : Barbacoas

Perfil 7 : Punche

Perfil 8 : Santo Domingo

Perfil 9 : Buenavista

Perfil 10 : Trampolín

### 3.3 Análisis de laboratorio

Las determinaciones se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño y en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, Universidad Nacional de Colombia. Cada determinación se efectuó por duplicado.

#### 3.3.1 Textura

Se determinó por el método del hidrómetro de Bouyoucos, descrito por González (23).

#### 3.3.2 Densidad aparente

Se tomaron las muestras del suelo directamente sobre el sitio y sin disturbar; luego se almacenaron en forma individual en bolsas de polietileno plástico. Luego se llevaron a la estufa (105 - 110°C). Se utilizaron cilindros de PVC cuyas medidas son : altura 6,5 cm, diámetro 6,0 m, con un volumen promedio de 169,65 cc.

#### 3.3.3 Densidad de las partículas

Se obtuvo por el método del picnómetro, según la descripción de Silva (38).

3.3.4 Materia orgánica de marchitamiento

Se empleó el método de titulación volumétrica de Walkley-Black, descrito por Silva (38). (23).

3.3.5 Porosidad Equivalente de humedad

Esta determinación se obtuvo en base a la densidad real y aparente. (23).

3.3.6 Reacción del suelo (pH)

Se utilizó el potenciómetro tipo Beckman N-2, tomando una mezcla suelo-agua en proporción 1:1 (23).

3.3.7 Límite plástico superior

Se determinó por el método descrito por Bodman (8) usando el aparato de "Casagrande".

3.3.8 Límite plástico inferior

Se siguió el método descrito por Bayer, Gardner y Gardner (6).

3.3.9 Índice de plasticidad

Se obtuvo por diferencias entre los límites plástico superior y plástico inferior.

3.3.10 Constantes de humedad

3.3.10.1 Coeficiente higroscópico

Se determinó por el método descrito por Guerrero

### 3.3.10.2 Punto de marchitamiento

Se obtuvo por el método de los platos de presión (15 bares), descrito por González (23).

### 3.3.10.3 Equivalente de humedad

Por el método de centrifugación descrito por González (23).

### 3.3.10.4 Capacidad de campo

Se determinó por el método de las ollas de presión (0,3 bares) descrito por González (23). También por el método de las Columnas de Chapingo, utilizado por Arias y Guerrero (3).

### 3.3.10.5 Punto de saturación

Se obtuvo por el método descrito por González (23).

### 3.3.11 Humedad volumétrica (Hv)

Se calculó mediante la fórmula siguiente :

$$\% \text{ Hv} = \frac{\% \text{ Humedad gravimétrica} \times \text{Densidad aparente}}{\text{Densidad del agua}}$$

### 3.3.12 Lámina de agua aprovechable (AA)

Se calculó en base a la capacidad de campo (CC), punto de marchitamiento (PM), la densidad aparente (DA) y la profundidad del suelo (ps). La fórmula aplicada fue :

$$\text{AA} = \frac{(\text{CC} - \text{PM}) \times \text{Da} \times \text{Ps}}{100} ; \text{AA y Ps en cm.}$$

### 3.3.13 Espacio aéreo

Se calculó para 0,3 y 15 bares de succión, empleando la diferencia entre el contenido de humedad volumétrica y la porosidad.

### 3.3.14 Agregados estables al agua

Se determinó por el método descrito por Tiulin y modificado por Yoder, utilizando el aparato diseñado por Woodruff adaptado por Adams y Levy (1).

### 3.3.15 Curvas de retención de agua

Por el método de ollas y platos de presión se encontraron los valores en porcentaje del agua que es retenida por el suelo a diferentes succiones. Una vez obtenidos estos datos se trazaron en papel semilogarítmico las curvas de los valores promedios, indicando en las ordenadas las humedades volumétricas y en las abscisas las succiones expresadas en bares.

## 3.4 Análisis estadístico

Se realizó teniendo en cuenta las diferentes propiedades físicas en estudio para suelo y subsuelo. Se determinó el coeficiente de correlación y el de confiabilidad. La regresión fue de tipo lineal simple. Además, se calculó la varianza, desviación media, rango, desviación estandar, coeficiente de variación y límites de confianza al nivel del 95%.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente estudio aparecen en las Tablas I a XXVIII y en las Figuras 3 a 15.

##### 4.1 Textura

En las Tablas I y II se indican los valores de los separados arenas, limos y arcillas. En la gran mayoría de los suelos estudiados predominan las arenas con promedios de  $56,12\% \pm 8,99\%$  para el suelo y  $52,54\% \pm 6,89\%$  para el subsuelo. Por su parte, los limos registraron valores intermedios de  $32,95\% \pm 7,54\%$  y  $31,90\% \pm 6,91\%$  para las dos capas, respectivamente. Y los valores más bajos se presentaron en las arcillas con  $10,91\% \pm 2,93\%$  para el suelo y  $15,54\% \pm 6,91\%$  para el subsuelo.

Por lo anterior se demuestra que la clase textural predominante en la primera capa es la franco arenosa. Igual tendencia se presenta en la segunda capa.

En general, se encontró que el contenido de arcillas fue mayor en la segunda capa, debido posiblemente al lixiviado de arcillas, producto de la elevada precipitación, es decir, se forman horizontes iluviales de acumulación de arcillas. Esta misma tendencia se ha observado en varias investigaciones llevadas a cabo en otros suelos del Departamento de Nariño (3, 13, 16, 22, 36).

Es sabido que las fracciones de arena y limo contienen muchos minerales primarios de importancia considerable para la intemperización, desarrollo y la composición química de los suelos. Algunos tienen efectos directos sobre la naturaleza mineralógica de los minerales de arcilla formados en el proceso de intemperismo. Sin embargo, por la escasa superficie expuesta por unidad de peso, por su baja plasticidad, baja cohesión y bajo poder de retención de humedad, su influencia en las propiedades físicas del

suelo, las cuales están normalmente asociadas con fenómenos de superficie, es bastante limitada o pueden tener un efecto indirecto en las mismas, condición que se cumple en el presente estudio, pues las pobres condiciones de drenaje que presenta la zona, elimina el posible efecto de las arenas en este sentido.

Por ser suelos aluviales, con materiales de arrastre y transportados por las avenidas de los ríos Telembí y Guagüf, presentan bajos contenidos de la fracción arcilla y altos de arena.

Las relaciones obtenidas entre el contenido de arcillas y materia orgánica fue negativa, lo cual era de esperarse. Igualmente las relaciones obtenidas entre arcillas y la densidad aparente y porosidad total deben considerarse como normales.

La relación entre el contenido de arcillas y porcentajes de agregados mayores de 2 mm no fue estadísticamente significativa en las dos capas, aunque positiva, lo cual denota la influencia que tienen las arcillas en la agregación. Los lugares de Buenavista y El Trampolín en el subsuelo presentan los mayores porcentajes de arcillas y por lo tanto tienen mayor estabilidad en su agregación.

Al comparar los valores obtenidos de arcilla en este estudio con los reportados en otras regiones del Departamento de Nariño, se observa que aquellos son inferiores, tanto en el suelo como en el subsuelo, a los del Altiplano de Pasto (16), Altiplano de Ipiñales (13), Guachucal (29) y Suelos de Clima Medio (4). Lo anterior puede atribuirse al origen aluvial de los suelos de Barbacoas.

#### 4.2 Agregados estables al agua

Los resultados se presentan en las Tablas III y IV. Los valores promedios de los agregados mayores de 2 mm fueron 84,14%  $\pm$  16,01% y 83,89%  $\pm$  8,03%; entre 2 mm y 1 mm 10,78%  $\pm$  4,15% y 10,29%  $\pm$  6,86% para el suelo y subsuelo respectivamente; entre 1 mm y 0,5 mm 2,57%  $\pm$  1,88% para el suelo

y 4,07%  $\pm$  3,34% para el subsuelo; entre 0,5 mm y 0,25 mm 1,27%  $\pm$  1,20% y 0,41%  $\pm$  0,38% para las dos capas y para agregados estables al agua menores de 0,25 mm se encontró para las dos capas 0,98%  $\pm$  1,17% y 1,17%  $\pm$  0,74%.

Estos resultados indican que los suelos estudiados presentan un alto índice de estabilidad en su agregación y son similares a los obtenidos en otras investigaciones en suelos de Narifio, como los suelos de Clima Medio (4) cuyo promedio fue de 79,53%; a los suelos del Altiplano de Pasto (16) con promedio de 80,68%; a los suelos de Guachucal (29) con 79% aproximadamente; a los suelos del Valle de Sibundoy (5) con un promedio del orden del 85%.

Es posible que estos suelos ofrezcan condiciones estructurales aceptables que faciliten el desarrollo radical de las plantas, puesto que según criterio de Adames y Levy (1) los agregados mayores de 2 mm son los determinantes de una mejor formación estructural del suelo, ya que en promedio, las dos capas superan ampliamente el 50% de agregación, valor que se considera como crítico.

La tendencia reportada por la literatura consultada, de que la proporción de agregados estables al agua mayores de 2 mm, aumentan con el incremento de la materia orgánica, no se evidencia en los suelos estudiados, debido posiblemente a que las arcillas pueden enmascarar el efecto agregante de la materia orgánica (16).

En lo que respecta al mayor porcentaje de agregación que se presenta en el suelo con respecto al subsuelo es muy probable que las labores culturales hayan incidido en la mejor agregación de esta capa y la cobertura vegetal, especialmente de tipo gramínea que aumenta la agregación.

En los sitios tales como Chafalote, San José, La Humildad, La Playa, La Pampa y Barbacooas, donde se encuentran cultivos de arroz, plátano, etc. la estabilidad es menor (80,89%) que en los sitios Punche, Santo Domingo, Buenavista y Trampolín donde existe vegetación natural (88,88%); es decir que los suelos bajo condiciones naturales tienen una estabilidad ligera-

mente superior que los suelos cultivados; no obstante, al realizar la prueba de T (ver Apéndice) se encontró que no existe predominio de los suelos no cultivados sobre los cultivados.

#### 4.3 Densidades y porosidad

En las Tablas V y VI se registran los valores promedios obtenidos para densidad aparente, densidad de partículas y porosidad. Los resultados de la densidad aparente fueron en promedio para el suelo y subsuelo respectivamente  $1,00 \text{ g/ml} \pm 0,083 \text{ g/ml}$  y  $1,05 \text{ g/ml} \pm 0,065 \text{ g/ml}$ ; para la densidad de las partículas  $2,56 \text{ g/ml} \pm 0,054 \text{ g/ml}$  y  $2,59 \text{ g/ml} \pm 0,056 \text{ g/ml}$ .

Los resultados obtenidos sobre la densidad de partículas son similares a los encontrados en trabajos realizados en suelos de Nariño como el Altiplano de Túquerres (22) con  $2,54 \text{ g/ml}$  y  $2,60 \text{ g/ml}$ ; de Guachucal (29) con  $2,40 \text{ g/ml}$  y  $2,59 \text{ g/ml}$ ; de Clima Medio (4) con  $2,51 \text{ g/ml}$  y  $2,51 \text{ g/ml}$ ; del Altiplano de Ipiales (13) con  $2,61 \text{ g/ml}$  y  $2,65 \text{ g/ml}$ ; del Altiplano de Pasto (16) con  $2,42 \text{ g/ml}$  y  $2,48 \text{ g/ml}$  y con los suelos de La Unión (36) con  $2,54 \text{ g/ml}$  y  $2,54 \text{ g/ml}$ .

Los resultados encontrados en este estudio pueden considerarse normales, ya que se encuentran dentro del rango usual de  $2,40 \text{ g/ml}$  a  $2,70 \text{ g/ml}$ . La razón estriba en el hecho de que los minerales componentes del suelo, como cuarzo, feldespatos, ortoclasas, hornblenda, etc., se encuentran en aquellos límites; además es muy posible que algunos de estos minerales se encuentren en diversas proporciones en estos suelos.

En términos generales, la densidad de las partículas es ligeramente superior en la segunda capa, lo cual es posible que ello se deba a la menor acumulación de materia orgánica en el subsuelo.

La densidad de partículas no presentó mayor variación en ninguna de las dos capas, por lo tanto los valores de la desviación estandar y el coeficiente de variación no presentaron mayor variación. Se observó que en lugares que presentan altos contenidos de la fracción arena, tanto en el suelo

como en el subsuelo (Perfiles 2, 3, 6 y 9) la densidad de partículas fue la más elevada en razón del mayor peso de esta fracción.

En general, se puede apreciar que los valores de la densidad aparente son un poco mayores en el subsuelo que en el suelo, presentando por lo tanto en esa capa un coeficiente de variabilidad amplio; así mismo los límites de confianza al nivel del 95% de probabilidad fluctúan entre 1,08 g/ml y 0,92 g/ml.

Se encontró una relación estadísticamente significativa y negativa entre la densidad aparente y la materia orgánica, resultado que era de esperarse por el menor peso por unidad de volumen que tienen los materiales orgánicos.

En relación a la porosidad se obtuvieron los siguientes promedios para el suelo  $60,46\% \pm 2,52\%$  y  $59,20\% \pm 5,80\%$  para el subsuelo. El mayor porcentaje de porosidad en la primera capa era de esperarse debido al mayor contenido de materia orgánica. Esta observación se corrobora al haber encontrado una correlación altamente significativa entre estas dos variables. El coeficiente de regresión indica que al incrementar en 1% el contenido de materia orgánica, el porcentaje de porosidad se aumenta en 0,66 para la primera capa.

Igualmente se encontró una correlación altamente significativa en las dos capas entre la densidad aparente y la porosidad, resultado que puede considerarse como normal porque la porosidad depende de aquella.

#### 4.4 Espacio aéreo

Los valores del porcentaje de espacio aéreo, tanto a capacidad de campo como a punto de marchitamiento se registran en las Tablas XVII y XVIII. A 0,3 bares el promedio del espacio aéreo en el suelo fue de 17,07%  $\pm 6,68\%$  y en el subsuelo fue de 16,92%  $\pm 6,91\%$ . A 15 bares estos promedios para las dos capas fueron respectivamente 43,92%  $\pm 3,48\%$  y 39,62%  $\pm 3,61\%$ .

Es sabido que el espacio aéreo influye en la difusividad del aire del suelo y así en la aireación de las raíces. Cuando el espacio aéreo del suelo es pequeño, menor del 10%, la experiencia general indica que la difusión de oxígeno es restringida, limitando por lo tanto el crecimiento de las plantas. Esta condición o requisito se cumple parcialmente en algunos suelos estudiados, teniendo en cuenta la capacidad de campo y el punto de marchitamiento.

No obstante lo anterior, la aireación es deficiente, debido principalmente a la elevada precipitación pluvial, por cuanto la zona estudiada se encuentra en su mayor parte en el bosque muy húmedo tropical, con una zona de transición perteneciente al bosque pluvial tropical (15), lo que hace que el nivel freático sea superficial y se presenten problemas de drenaje y mala aireación. Esta situación se presenta en los sitios La Pampa, Punche y Trampolín donde el porcentaje de espacio aéreo es inferior al 10%.

Al observar los coeficientes de variación para las tensiones analizadas, se puede constatar que los porcentajes cambian considerablemente en ambas capas, lo cual implica que algunos perfiles presenten problemas de aireación.

Los valores de porosidad indican que los poros no están cerrados, por lo cual el suelo puede absorber y conducir el agua a horizontes inferiores a través de un sistema continuo; sin embargo, debido al escaso contenido de materia orgánica, a los altos contenidos de arena, que por su mayor peso tienden a unirse hasta ocupar el máximo espacio disponible y a la elevada precipitación propia del bosque pluvial se presentan problemas del mal drenaje.

#### 4.5 Plasticidad

Los resultados se presentan en las Tablas VII y VIII. Los valores promedios del límite plástico inferior para las dos capas fueron: 35,63%  $\pm$  5,76 y 34,29%  $\pm$  2,98%; los del límite plástico superior fueron 50,99%  $\pm$  6,98% y 47,55%  $\pm$  4,45% y en el mismo orden los promedios del índice plástico fueron 15,36%  $\pm$  0,95 y 13,26%  $\pm$  4,41%

De acuerdo a los criterios expuestos por Adames y Levy (1) los suelos estudiados, según su plasticidad se pueden clasificar así :

| <u>Clasificación</u>  | <u>Indice de Plasticidad</u> | <u>Plasticidad</u> |
|-----------------------|------------------------------|--------------------|
| No plásticos          | Menos de 14%                 | 40%                |
| Ligeramente plásticos | De 14 a 19%                  | 50%                |
| Plásticos             | De 19 a 24%                  | 10%                |
| Muy plásticos         | Más del 24%                  | - -                |

Por lo anterior se puede afirmar que alrededor del 90% de los suelos no presenta problemas para el laboreo agrícola.

La materia orgánica produce un efecto interesante en la plasticidad del suelo. En las Tablas VII y VIII se aprecia que los promedios de los límites plástico superior, inferior e índice de plasticidad presentan contenidos de humedad mayores en la primera capa. Este efecto está asociado con la presencia de mayor cantidad de materia orgánica en el suelo. La anterior afirmación se corrobora al encontrar una alta significación entre estas dos variables en la primera capa.

Como la plasticidad es una función de las fracciones más finas del suelo, estas poseen diversos grados de plasticidad según la cantidad de arcilla que contienen. Así el incremento en el porcentaje de arcilla aumentó el índice de plasticidad, lo cual se puede observar en las regresiones entre las arcillas y el índice de plasticidad (Tablas XXIII y XXIV). Es decir que el contenido de arcilla determina la superficie disponible para la adsorción de agua, regulando en cierto grado el número de películas que contribuyen a la cohesión y plasticidad, aumentando como consecuencia la humedad del suelo.

En general, los resultados del límite plástico son inferiores a los obtenidos en los suelos de la Sabana de Túquerres (22), a los del Altiplano de Pasto (16), a los encontrados en los suelos de La Unión (36), de Clima Medio (4) y a los del Altiplano de Ipiales (14), debido posiblemente al tipo de textura predominante que es la franco arenosa.

#### 4.6 Retención de humedad materia orgánica y la capacidad de campo a

0,3 bares muestra una gran asociación en ambas capas, lo cual se debe a la capacidad. Los resultados obtenidos sobre las constantes de humedad y los puntos de succión se encuentran registrados en las Tablas IX a XII. En las Tablas XIII y XIV se observan los valores de humedad volumétrica.

Los valores promedios para el suelo y subsuelo fueron respectivamente : punto de saturación 84,40%  $\pm$  14,73% y 83,58%  $\pm$  14,92%; humedad equivalente 41,88%  $\pm$  8,16% y 37,82%  $\pm$  5,18%; capacidad de campo a 0,3 bares 43,52%  $\pm$  6,14% y 39,87%  $\pm$  3,79%; capacidad de campo por el método de las columnas 46,79%  $\pm$  13,10% y 42,68%  $\pm$  8,38%; punto de marchitamiento 18,39%  $\pm$  3,77% y 18,70%  $\pm$  3,41%; coeficiente higroscópico 8,54%  $\pm$  1,85% y 8,48%  $\pm$  1,62% y agua aprovechable 25,07%  $\pm$  6,55 y 22,70%  $\pm$  4,23%. Los valores promedios de humedad volumétrica para suelo y subsuelo, respectivamente, fueron para 0,3 bares 43,39%  $\pm$  6,82% y 42,27%  $\pm$  5,19%; para 0,5 bares 34,65%  $\pm$  5,60% y 34,34%  $\pm$  3,81%; para 1 bar 32,15%  $\pm$  5,85% y 31,77%  $\pm$  3,52%; para 5,0 bares 25,79%  $\pm$  5,13% y 26,63%  $\pm$  3,50%; para 10,0 bares 22,90%  $\pm$  4,15% y 22,71%  $\pm$  3,00% y para 15,0 bares 17,07%  $\pm$  3,41% y 19,56%  $\pm$  3,05%.

Estos resultados son considerablemente inferiores a los encontrados en suelos volcánicos de Chile, Nicaragua, Ecuador, Las Antillas y Costa Rica (2, 7, 11, 18) donde los altos contenidos de retención de humedad se deben posiblemente a los bajos valores de densidad aparente y altos contenidos de materia orgánica.

Al efectuar el análisis estadístico entre la capacidad de campo a 0,3 bares y la humedad equivalente, se encontró una correlación altamente significativa tanto en el suelo ( $r = 0,775^*$ ) como en el subsuelo ( $r = 0,842^{**}$ ) el coeficiente de regresión indica que al incrementarse la capacidad de campo del suelo y subsuelo en 1%, la humedad equivalente se aumenta al 1,04% y 1,14% respectivamente. Estos resultados concuerdan con varias investigaciones llevadas a cabo en suelos de Nariño (4, 16, 22, 36), lo que quiere decir que puede emplearse cualquiera de los dos métodos para determinar la capacidad de campo.

La relación entre la materia orgánica y la capacidad de campo a 0,3 bares muestra una gran asociación en ambas capas, lo cual se debe a la capacidad de absorción de humedad que tiene la materia orgánica.

Una gran parte de los investigadores han determinado para la capacidad de campo una succión equivalente a 0,3 bares, lo cual es válido para la mayoría de los suelos. Teniendo en cuenta la alta correlación encontrada entre la capacidad de campo y el método de las columnas se puede aceptar que el método de las columnas es una buena técnica para determinar la capacidad de campo en el laboratorio, sin dejar de tener en cuenta el contenido de materia orgánica, el tipo de arcillas y otros factores que pueden afectar esta determinación.

Los porcentajes de agua aprovechable son similares a los obtenidos en suelos volcánicos de Nariño, como los de Clima Medio (4), Altiplano de Pasto (16) y Altiplano de Ipiales (13).

La desviación estandar y los porcentajes del coeficiente de variación de los valores de retención de humedad a diferentes succiones fueron amplios debido a los descensos de humedad que varían entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento.

En relación a la capacidad de retención de humedad, al punto de saturación, capacidad de campo y punto de marchitamiento, debe considerarse de una manera general, que los valores se pueden considerar como normales para las dos capas.

#### 4.7 Materia orgánica

Los resultados obtenidos sobre la materia orgánica están registrados en las Tablas XIX y XX.

El promedio para la primera capa fue de 5,30%  $\pm$  2,83%, valor que encuadra dentro del rango de 2 a 6% y donde se sitúa la mayoría de los suelos cultivados. No obstante, este resultado puede considerarse inferior, en com-

paración a los encontrados en otros suelos de Nariño (16, 22, 29, 36). A su vez, el subsuelo presentó un promedio de 3,07%  $\pm$  2,80% que, igualmente es bajo con relación a otros suelos. El mayor contenido de materia orgánica en el suelo se debe a la mayor incorporación de residuos orgánicos en su superficie.

Los contenidos de materia orgánica, deben interpretarse de acuerdo con el clima, porque lo normal es que se encuentren contenidos mayores a medida que la temperatura disminuye. Teniendo en cuenta lo anterior, Frye, mencionado por Burbano (10), señala que en los suelos de clima cálida, cuando el porcentaje de materia orgánica supera el 3% se puede considerar como adecuado. Esta condición o requisito se cumple en los suelos estudiados, posiblemente debido a la alta precipitación pluvial, que trae como consecuencia condiciones de anaerobismo, atenuando la descarboxilación microbiana.

La importancia de la materia orgánica es explicable por el influjo que tiene sobre las propiedades físicas, tal como se ha manifestado a través de la discusión; es decir, influye notoriamente sobre la plasticidad, capacidad de retención de humedad, porosidad, densidad aparente.

#### 4.8 Reacción del suelo

Los resultados obtenidos sobre el pH se presentan en las Tablas XIX y XX. El promedio para la primera fue de 5,73  $\pm$  0,31 y para la segunda capa fue 5,68  $\pm$  0,36.

Era lógico esperar que la reacción del suelo fuera muy ácida, si se tiene en cuenta que por causas de la abundante precipitación pluvial, estos suelos están sometidos a un lavado drástico.

TABLA I

ANALISIS TEXTURAL (SUELO)

| Perfil          | Arenas (%) | Limos (%) | Arcillas (%) | Textura |
|-----------------|------------|-----------|--------------|---------|
| 1 Chafalote     | 56,17      | 36,23     | 7,60         | F-A     |
| 2 San José      | 58,83      | 34,50     | 6,67         | F-A     |
| 3 La Humildad   | 71,99      | 19,87     | 8,14         | F-A     |
| 4 La Playa      | 63,20      | 28,21     | 8,52         | F-A     |
| 5 La Pampa      | 33,58      | 50,93     | 15,49        | F-L     |
| 6 Barbacoas     | 70,47      | 23,00     | 6,53         | F-A     |
| 7 Punche        | 41,02      | 42,05     | 16,92        | F       |
| 8 Santo Domingo | 45,11      | 45,40     | 9,49         | F       |
| 9 Buenavista    | 61,35      | 23,78     | 14,87        | F-A     |
| 10 Trampolín    | 59,49      | 25,56     | 14,95        | F-Ar    |
| Promedio        | 56,12      | 32,95     | 10,91        |         |

F = Franco  
A = Arenoso  
L = Limoso  
Ar = Arcilloso

TABLA II

AGREGADOS ESTABLES AL AGUA (SUELO)  
ANALISIS TEXTURAL (SUBSUELO)

| Perfil          | Mayor<br>2 mm<br>(%) | Arenas<br>(%) | Entre<br>1-2 mm<br>(%) | Limos<br>(%) | Entre<br>0,5-1 mm<br>(%) | Arcillas<br>0,25 mm<br>(%) | Textura<br>(%) |
|-----------------|----------------------|---------------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|----------------|
| 1 Chafalote     | 91,3                 | 60,35         | 7,06                   | 33,62        | 0,38                     | 6,03                       | F-A 14         |
| 2 San Jose      | 83,7                 | 59,88         | 8,08                   | 31,88        | 4,16                     | 8,24                       | F-A 16         |
| 3 La Humildad   | 76,7                 | 67,84         | 21,96                  | 27,51        | 1,04                     | 4,65                       | F-A 04         |
| 4 La Playa      | 72,8                 | 41,55         | 8,92                   | 48,86        | 8,12                     | 9,59                       | F 4,74         |
| 5 La Pampa      | 90,0                 | 39,02         | 6,70                   | 47,34        | 2,32                     | 13,64                      | F 9,06         |
| 6 Barbacoas     | 71,7                 | 51,48         | 16,46                  | 32,47        | 5,74                     | 16,05                      | F 3,38         |
| 7 Punche        | 92,8                 | 46,77         | 6,40                   | 26,66        | 0,44                     | 26,57                      | F-Ar-A         |
| 8 Santo Domingo | 89,5                 | 60,68         | 7,64                   | 28,57        | 2,08                     | 10,75                      | F-A 18         |
| 9 Buenavista    | 93,5                 | 54,06         | 6,20                   | 18,16        | 0,08                     | 27,78                      | F-Ar-A         |
| 10 Trampolín    | 79,6                 | 43,86         | 18,38                  | 24,02        | 1,34                     | 32,12                      | F-Ar 0         |
| Promedio        | 84,1                 | 52,54         | 10,78                  | 31,90        | 2,57                     | 15,54                      | 0,98           |

F = Franco  
A = Arenoso  
Ar = Arcilloso

TABLA III

AGREGADOS ESTABLES AL AGUA (SUELO)

| Perfil          | Mayores<br>2 mm<br>(%) | Entre<br>1-2 mm<br>(%) | Entre<br>0,5-1 mm<br>(%) | Entre<br>0,5-0,25 mm<br>(%) | Entre<br>0,25-0,12 mm<br>(%) |
|-----------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 Chafalote     | 91,32                  | 7,06                   | 0,38                     | 0,16                        | 0,14                         |
| 2 San José      | 83,22                  | 8,08                   | 4,16                     | 4,18                        | 0,16                         |
| 3 La Humildad   | 76,74                  | 21,96                  | 1,04                     | 0,08                        | 0,04                         |
| 4 La Playa      | 72,82                  | 8,92                   | 8,12                     | 4,10                        | 4,74                         |
| 5 La Pampa      | 90,00                  | 6,70                   | 2,32                     | 0,88                        | 0,06                         |
| 6 Barbacoas     | 71,78                  | 16,46                  | 5,74                     | 2,54                        | 3,38                         |
| 7 Punche        | 92,88                  | 6,40                   | 0,44                     | 0,20                        | 0,8                          |
| 8 Santo Domingo | 89,56                  | 7,64                   | 2,08                     | 0,34                        | 0,18                         |
| 9 Buenavista    | 93,50                  | 6,20                   | 0,08                     | 0,04                        | 0,06                         |
| 10 Trampolín    | 79,60                  | 18,38                  | 1,34                     | 0,24                        | 0,30                         |
| Promedio        | 84,14                  | 10,78                  | 2,57                     | 1,27                        | 0,98                         |

TABLA IV

AGREGADOS ESTABLES AL AGUA (SUBSUELO)

| Perfil          | Mayores<br>2 mm<br>(%) | Entre<br>1-2 mm<br>(%) | Entre<br>0,5-1 mm<br>(%) | Entre<br>0,5-0,25 mm<br>(%) | Entre<br>0,25-0,12mm<br>(%) |
|-----------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 Chafalote     | 72,78                  | 12,44                  | 12,36                    | 0,42                        | 1,80                        |
| 2 San José      | 88,34                  | 6,72                   | 4,44                     | 0,22                        | 0,26                        |
| 3 La Humildad   | 92,18                  | 6,90                   | 0,86                     | 0,02                        | 0,02                        |
| 4 La Playa      | 87,18                  | 10,28                  | 0,46                     | 0,04                        | 2,02                        |
| 5 La Pampa      | 92,92                  | 3,38                   | 0,88                     | 0,56                        | 1,86                        |
| 6 Barbacoas     | 68,42                  | 19,44                  | 7,52                     | 1,24                        | 3,14                        |
| 7 Punche        | 86,16                  | 1,76                   | 11,38                    | 0,40                        | 0,24                        |
| 8 Santo Domingo | 64,12                  | 33,20                  | 1,00                     | 0,28                        | 1,20                        |
| 9 Buenavista    | 94,02                  | 2,44                   | 1,65                     | 0,68                        | 1,13                        |
| 10 Trampolín    | 92,82                  | 6,38                   | 0,24                     | 0,40                        | 0,10                        |
| Promedio        | 83,89                  | 10,29                  | 4,07                     | 0,41                        | 1,17                        |

TABLA V

DENSIDAD DE PARTICULAS, DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD TOTAL (SUELO)

| Perfil          | Densidad de Partículas (g/ml) | Densidad Aparente (g/ml) | Porosidad Total (%) |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1 Chafalote     | 2,51                          | 0,95                     | 62,16               |
| 2 San José      | 2,68                          | 0,92                     | 65,68               |
| 3 La Humildad   | 2,62                          | 0,96                     | 63,46               |
| 4 La Playa      | 2,64                          | 1,00                     | 62,13               |
| 5 La Pampa      | 2,44                          | 1,04                     | 57,38               |
| 6 Barbacoas     | 2,66                          | 1,12                     | 54,14               |
| 7 Punche        | 2,46                          | 0,98                     | 60,16               |
| 8 Santo Domingo | 2,51                          | 1,00                     | 60,16               |
| 9 Buenavista    | 2,64                          | 0,98                     | 62,88               |
| 10 Trampolín    | 2,53                          | 1,10                     | 56,53               |
| Promedio        | 2,56                          | 1,00                     | 60,46               |

TABLA VI

DENSIDAD DE PARTICULAS, DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD TOTAL (SUBSUELO)  
EXPRESADOS EN PORCENTAJES DE HUMEDAD GRAVIMETRICA  
(SUELO)

| Perfil          | Densidad de Particulas (g/ml) | Densidad Aparente (g/ml) | Porosidad Total (%) |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1 Chafelote     | 2,45                          | 0,97                     | 60,50               |
| 2 San José      | 2,53                          | 0,93                     | 63,30               |
| 3 La Humildad   | 2,67                          | 0,97                     | 63,70               |
| 4 La Playa      | 2,68                          | 1,15                     | 57,10               |
| 5 La Pampa      | 2,63                          | 1,20                     | 54,40               |
| 6 Barbacoas     | 2,63                          | 1,15                     | 56,30               |
| 7 Pünche        | 2,61                          | 1,03                     | 61,00               |
| 8 Santo Domingo | 2,64                          | 1,10                     | 58,40               |
| 9 Buenavista    | 2,65                          | 0,99                     | 62,10               |
| 10 Trampolín    | 2,45                          | 1,10                     | 55,20               |
| Promedio        | 2,59                          | 1,05                     | 59,20               |

TABLA VII

LIMITE DE PLASTICIDAD Y SUS CORRESPONDIENTES INDICES,  
EXPRESADOS EN PORCENTAJES DE HUMEDAD GRAVIMETRICA  
(SUELO)

| Perfil          | Límite Plástico Superior (%) | Límite Plástico Inferior (%) | Índice de Plasticidad (%) |
|-----------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1 Chafalote     | 52,60                        | 35,38                        | 17,22                     |
| 2 San José      | 65,21                        | 47,14                        | 18,07                     |
| 3 La Humildad   | 60,33                        | 47,24                        | 13,09                     |
| 4 La Playa      | 38,24                        | 26,82                        | 11,42                     |
| 5 La Pampa      | 55,47                        | 35,71                        | 19,76                     |
| 6 Barbacoas     | 38,15                        | 25,83                        | 12,32                     |
| 7 Punche        | 61,13                        | 43,85                        | 17,28                     |
| 8 Santo Domingo | 51,82                        | 35,34                        | 16,48                     |
| 9 Buenavista    | 42,53                        | 30,28                        | 12,25                     |
| 10 Trampolín    | 44,50                        | 28,77                        | 15,73                     |
| Promedio        | 50,99                        | 35,63                        | 15,36                     |

TABLA VIII

LIMITE DE PLASTICIDAD Y SUS CORRESPONDIENTES INDICES,  
EXPRESADOS EN PORCENTAJES DE HUMEDAD GRAVIMETRICA  
(SUBSUELO)

| Perfil          | Límite Plástico Superior (%) | Límite Plástico Inferior (%) | Indice de Plasticidad (%) |
|-----------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1 Chafalote     | 50,50                        | 40,70                        | 9,80                      |
| 2 San José      | 35,70                        | 29,78                        | 5,92                      |
| 3 La Humildad   | 40,42                        | 31,66                        | 8,76                      |
| 4 La Playa      | 48,20                        | 32,24                        | 14,96                     |
| 5 La Pampa      | 50,61                        | 32,45                        | 18,16                     |
| 6 Barbacoas     | 48,30                        | 30,29                        | 18,01                     |
| 7 Punche        | 49,70                        | 28,73                        | 20,97                     |
| 8 Santo Domingo | 42,63                        | 38,13                        | 4,50                      |
| 9 Buenavista    | 54,12                        | 43,72                        | 10,40                     |
| 10 Trampolín    | 65,40                        | 34,20                        | 21,20                     |
| Promedio        | 47,55                        | 34,29                        | 13,26                     |

TABLA IX

ALGUNOS PUNTOS CRITICOS DE HUMEDAD (SUELO)

| Perfil          | P. S.<br>(%) | H. E.<br>(%) | C. C.<br>(%) | C. H.<br>(%) |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 Chefalote     | 20,34        | 46,97        | 59,51        | 12,06        |
| 2 San José      | 105,18       | 50,75        | 51,36        | 10,22        |
| 3 La Humildad   | 113,96       | 40,67        | 50,93        | 12,00        |
| 4 La Playa      | 77,40        | 30,14        | 38,52        | 7,00         |
| 5 La Pampa      | 88,95        | 49,08        | 40,63        | 6,63         |
| 6 Barbacoas     | 59,75        | 22,56        | 36,42        | 4,35         |
| 7 Punche        | 104,19       | 60,55        | 53,09        | 9,41         |
| 8 Santo Domingo | 79,43        | 29,69        | 41,58        | 5,72         |
| 9 Buenavista    | 86,42        | 43,74        | 53,73        | 9,33         |
| 10 Trampolín    | 88,36        | 44,32        | 42,19        | 8,70         |
| Promedio        | 84,40        | 41,88        | 46,79        | 8,54         |

P. S. = Punto de saturación  
H. E. = Humedad equivalente  
C. C. = Capacidad de campo (columnas)  
C. H. = Coeficiente higroscópico

TABLA X

ALGUNOS PUNTOS CRITICOS DE HUMEDAD (SUBSUELO) ONES  
EXTRACADAS EN POSCENTAJE DE HUMEDAD GRAVIMETRICA  
(SUELO)

| Perfil          | P. S.<br>(%) | H. E.<br>(%) | C. C.<br>(%) | C. H.<br>(%) |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 Chafalote     | 77,90        | 34,92        | 44,14        | 8,01         |
| 2 San José      | 94,62        | 35,00        | 50,82        | 11,14        |
| 3 La Humildad   | 137,82       | 49,71        | 47,61        | 10,00        |
| 4 La Playa      | 82,00        | 43,14        | 35,98        | 6,96         |
| 5 La Pampa      | 79,54        | 41,25        | 45,36        | 6,40         |
| 6 Barbacoas     | 63,20        | 31,87        | 45,87        | 4,74         |
| 7 Punche        | 74,00        | 37,54        | 33,59        | 7,30         |
| 8 Santo Domingo | 70,00        | 22,92        | 38,36        | 12,00        |
| 9 Buenavista    | 72,55        | 36,04        | 38,46        | 8,93         |
| 10 Trampolín    | 84,18        | 43,67        | 43,64        | 9,33         |
| Promedio        | 83,58        | 37,82        | 42,68        | 8,48         |

P. S. = Punto de saturación  
H. E. = Humedad equivalente  
C. C. = Capacidad de campo (columnas)  
C. H. = Coeficiente higroscópico

TABLA XI

VALORES DE RETENCION DE AGUA A DIFERENTES TENSIONES  
EXPRESADAS EN PORCENTAJE DE HUMEDAD GRAVIMETRICA  
(SUELO)

| Perfil          | Tensión en bares |       |       |       |       |       |
|-----------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | 0,3              | 0,5   | 1,0   | 5,0   | 10,0  | 15,0  |
| 1 Chafalote     | 49,28            | 36,27 | 32,19 | 28,06 | 25,06 | 20,09 |
| 2 San José      | 56,76            | 51,00 | 40,63 | 33,14 | 30,03 | 24,66 |
| 3 La Humildad   | 40,38            | 34,58 | 32,57 | 29,84 | 25,26 | 20,04 |
| 4 La Playa      | 30,49            | 24,58 | 22,39 | 16,70 | 15,93 | 13,55 |
| 5 La Pampa      | 52,04            | 34,79 | 30,12 | 27,41 | 25,37 | 16,79 |
| 6 Barbacoas     | 22,34            | 18,38 | 17,28 | 12,12 | 11,35 | 9,93  |
| 7 Punche        | 52,32            | 50,00 | 49,95 | 33,80 | 30,26 | 27,28 |
| 8 Santo Domingo | 43,38            | 38,69 | 29,51 | 18,43 | 16,98 | 14,96 |
| 9 Buenavista    | 43,72            | 37,27 | 35,94 | 29,65 | 23,96 | 15,88 |
| 10 Trampolín    | 44,58            | 40,09 | 32,40 | 31,42 | 26,13 | 20,82 |
| Promedio        | 43,52            | 36,56 | 32,29 | 26,05 | 23,03 | 18,39 |

TABLA XII

VALORES DE RETENCION DE AGUA A DIFERENTES TENSIONES  
EXPRESADAS EN PORCENTAJES DE HUMEDAD GRAVIMETRICA  
(SUBSUELO)

| Perfil          | Tensión en bares |       |       |       |       |       |
|-----------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | 0,3              | 0,5   | 1,0   | 5,0   | 10,0  | 15,0  |
| 1 Chafalote     | 37,14            | 28,13 | 24,57 | 18,46 | 17,82 | 14,70 |
| 2 San José      | 33,55            | 23,80 | 26,71 | 20,07 | 18,00 | 17,69 |
| 3 La Humildad   | 50,00            | 38,69 | 34,70 | 30,45 | 28,54 | 25,12 |
| 4 La Playa      | 44,60            | 24,79 | 33,26 | 22,55 | 15,77 | 15,10 |
| 5 La Pampa      | 44,53            | 35,91 | 30,99 | 25,63 | 18,07 | 14,85 |
| 6 Barbacoas     | 34,56            | 26,24 | 24,59 | 22,85 | 20,35 | 12,35 |
| 7 Punche        | 37,37            | 32,43 | 30,10 | 27,17 | 22,67 | 22,15 |
| 8 Santo Domingo | 35,46            | 33,67 | 31,01 | 30,07 | 23,63 | 17,96 |
| 9 Buenavista    | 38,95            | 36,14 | 35,88 | 29,04 | 21,35 | 26,64 |
| 10 Trampolín    | 42,61            | 29,78 | 28,51 | 25,26 | 22,79 | 20,47 |
| Promedio        | 39,87            | 32,45 | 30,03 | 25,15 | 21,59 | 18,70 |

TABLA XIII

VALORES DE RETENCION DE AGUA A DIFERENTES TENSIONES  
EXPRESADAS EN PORCENTAJES DE HUMEDAD VOLUMETRICA  
(SUELO)

| Perfil          | Tensión en bares |       |       |       |       |       |
|-----------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | 0,3              | 0,5   | 1,0   | 5,0   | 10,0  | 15,0  |
| 1 Chafalote     | 46,81            | 36,35 | 30,58 | 26,65 | 23,80 | 19,08 |
| 2 San José      | 52,21            | 37,72 | 37,37 | 30,48 | 23,80 | 13,47 |
| 3 La Humildad   | 38,76            | 33,19 | 31,26 | 28,64 | 27,62 | 24,70 |
| 4 La Playa      | 30,49            | 24,58 | 22,39 | 16,70 | 15,93 | 13,64 |
| 5 La Pampa      | 54,12            | 36,18 | 31,32 | 28,50 | 26,38 | 23,26 |
| 6 Barbacoas     | 25,02            | 20,58 | 19,35 | 13,57 | 12,71 | 9,12  |
| 7 Punche        | 51,27            | 49,00 | 48,95 | 33,12 | 29,65 | 18,89 |
| 8 Santo Domingo | 43,38            | 32,69 | 29,51 | 18,43 | 16,98 | 16,78 |
| 9 Buenavista    | 42,84            | 36,52 | 35,22 | 29,05 | 23,48 | 20,04 |
| 10 Trampolín    | 49,03            | 39,70 | 35,64 | 34,56 | 28,74 | 17,50 |
| Promedio        | 43,39            | 34,65 | 32,15 | 25,97 | 22,90 | 17,07 |

TABLA XIV

VALORES DE RETENCION DE AGUA A DIFERENTES TENSIONES  
EXPRESADAS EN PORCENTAJE DE HUMEDAD VOLUMETRICA  
(SUBSUELO)

| Perfil          | Tensión en bares |       |       |       |       |       |
|-----------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | 0,3              | 0,5   | 1,0   | 5,0   | 10,0  | 15,0  |
| 1 Chafalote     | 36,02            | 27,28 | 23,83 | 17,90 | 17,28 | 14,25 |
| 2 San José      | 31,20            | 26,78 | 24,84 | 18,66 | 16,74 | 16,45 |
| 3 La Humildad   | 48,50            | 37,52 | 33,65 | 29,53 | 27,68 | 24,36 |
| 4 La Playa      | 51,29            | 40,00 | 38,24 | 25,93 | 18,13 | 17,36 |
| 5 La Pampa      | 53,43            | 43,09 | 37,18 | 30,75 | 21,69 | 17,82 |
| 6 Barbacoas     | 39,74            | 30,17 | 28,27 | 26,27 | 23,40 | 14,20 |
| 7 Punche        | 38,11            | 33,07 | 30,70 | 27,71 | 23,12 | 22,59 |
| 8 Santo Domingo | 39,00            | 37,03 | 34,11 | 33,02 | 25,99 | 19,75 |
| 9 Buenavista    | 38,56            | 35,77 | 35,53 | 28,74 | 28,06 | 26,37 |
| 10 Trampolín    | 46,87            | 32,72 | 31,36 | 27,78 | 26,06 | 22,51 |
| Promedio        | 42,27            | 34,34 | 31,77 | 26,63 | 22,71 | 19,56 |

TABLA XV

LAMINA DE AGUA APROVECHABLE (AA) (SUELO)

| Perfil          | A. A.<br>(% Hv) | Profundidad<br>cm | A. A.<br>(cm/capa) | A. A.<br>(m <sup>3</sup> /Ha/capa) |
|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|
| 1 Chafalote     | 27,73           | 0 - 20            | 5,54               | 554                                |
| 2 San José      | 29,53           | 0 - 20            | 5,90               | 590                                |
| 3 La Humildad   | 19,53           | 0 - 20            | 3,90               | 390                                |
| 4 La Playa      | 16,94           | 0 - 15            | 2,54               | 254                                |
| 5 La Pampa      | 36,60           | 0 - 25            | 9,16               | 916                                |
| 6 Barbacoas     | 13,90           | 0 - 20            | 2,78               | 278                                |
| 7 Punche        | 24,58           | 0 - 20            | 4,91               | 491                                |
| 8 Santo Domingo | 28,42           | 0 - 20            | 5,68               | 568                                |
| 9 Buenavista    | 27,28           | 0 - 25            | 6,82               | 682                                |
| 10 Trampolín    | 26,13           | 0 - 25            | 6,53               | 653                                |
| Promedio        | 25,07           | 21                | 5,37               | 537                                |

TABLA XVI

LAMINA DE AGUA APROVECHABLE (AA) (SUBSUELO)

| Perfil          | A. A.<br>(% Hv) | Profundidad<br>cm | A. A.<br>(cm/capa) | A. A.<br>(m <sup>3</sup> /Ha/capa) |
|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|
| 1 Chafalote     | 21,77           | 20 - 40           | 4,35               | 435                                |
| 2 San José      | 14,75           | 20 - 40           | 2,95               | 295                                |
| 3 La Humidad    | 24,14           | 20 - 40           | 4,82               | 482                                |
| 4 La Playa      | 33,93           | 15 - 30           | 6,78               | 678                                |
| 5 La Pampa      | 35,61           | 25 - 40           | 8,90               | 890                                |
| 6 Barbacoas     | 25,54           | 20 - 50           | 5,10               | 510                                |
| 7 Punche        | 15,52           | 20 - 40           | 3,10               | 310                                |
| 8 Santo Domingo | 19,25           | 20 - 40           | 3,85               | 385                                |
| 9 Buenavista    | 12,19           | 25,- 35           | 3,04               | 304                                |
| 10 Trampolín    | 24,36           | 25 - 40           | 6,09               | 609                                |
| Promedio        | 22,70           | 21                | 4,89               | 489                                |

TABLA XVIII

VALORES DE ESPACIO AEREO A DIFERENTES TENSIONES (SUBSUELO)

| Perfil          | Materia orgánica (%) | Tensión en bares | pH       |
|-----------------|----------------------|------------------|----------|
|                 | 0,3 (%)              |                  | 15,0 (%) |
| 1 Chafalote     | 24,48                |                  | 46,25    |
| 2 San José      | 32,10                |                  | 46,85    |
| 3 La Humildad   | 15,20                |                  | 39,34    |
| 4 La Playa      | 5,81                 |                  | 39,74    |
| 5 La Pampa      | 0,97                 |                  | 36,58    |
| 6 Barbacoas     | 16,56                |                  | 42,10    |
| 7 Punche        | 22,89                |                  | 38,41    |
| 8 Santo Domingo | 19,40                |                  | 38,65    |
| 9 Buenavista    | 23,54                |                  | 35,65    |
| 10 Trampolín    | 8,33                 |                  | 32,69    |
| Promedio        | 16,92                |                  | 39,63    |

TABLA XIX

MATERIA ORGANICA Y pH (SUELO)

| Perfil          | Materia orgánica (%) | pH   |
|-----------------|----------------------|------|
| 1 Chafalote     | 8,02                 | 5,20 |
| 2 San José      | 13,41                | 5,30 |
| 3 La Humildad   | 8,13                 | 6,00 |
| 4 La Playa      | 1,48                 | 5,70 |
| 5 La Pampa      | 4,03                 | 5,70 |
| 6 Barbacoas     | 1,54                 | 6,50 |
| 7 Punche        | 7,18                 | 6,30 |
| 8 Santo Domingo | 2,21                 | 6,30 |
| 9 Buenavista    | 5,54                 | 5,20 |
| 10 Trampolín    | 1,55                 | 5,10 |
| Promedio        | 5,30                 | 5,73 |

TABLA XXI  
TABLA XX

RESULTADOS MÁXIMOS, PROMEDIOS Y MÍNIMOS DE LAS PROPIEDADES  
FÍSICAS ESTUDIADAS (SUELO)  
MATERIA ORGÁNICA Y pH (SUBSUELO)

| Perfil          | Materia orgánica (%) | Máximo | Promedio | Mínimo | pH    |
|-----------------|----------------------|--------|----------|--------|-------|
| 1 Chafalote     | 3,85                 | 10,99  | 56,12    | 33,50  |       |
| 2 San José      | 3,20                 | 22,91  | 32,95    | 19,87  |       |
| 3 La Humildad   | 13,93                | 10,49  | 10,91    | 5,30   | 6,53  |
| 4 La Playa      | 2,86                 | 21,90  | 84,14    | 5,50   | 71,78 |
| 5 La Pampa      | 1,58                 | 21,96  | 10,78    | 5,70   | 6,20  |
| 6 Barbacoas     | 1,14                 | 8,12   | 2,57     | 5,60   | 0,08  |
| 7 Punche        | 1,06                 | 4,18   | 1,27     | 5,30   | 0,04  |
| 8 Santo Domingo | 1,34                 | 4,74   | 0,98     | 6,60   | 0,04  |
| 9 Buenavista    | 1,42                 | 2,98   | 2,56     | 5,90   | 2,44  |
| 10 Trampolín    | 0,32                 | 1,12   | 1,00     | 6,20   | 0,92  |
| Promedio        | 3,07                 | 20,48  | 60,46    | 5,40   | 54,14 |

TABLA XXI

RESULTADOS MAXIMOS, PROMEDIOS Y MINIMOS DE LAS PROPIEDADES  
FISICAS ESTUDIADAS (SUELO)

| Parámetro                        | Máximo | Promedio | Mínimo |
|----------------------------------|--------|----------|--------|
| Arenas, %                        | 71,99  | 56,12    | 33,58  |
| Limos, %                         | 50,93  | 32,95    | 19,87  |
| Arcillas, %                      | 15,49  | 10,91    | 6,53   |
| Agregados mayores de 2 mm, %     | 93,50  | 84,14    | 71,78  |
| Agregados entre 2 y 1 mm, %      | 21,96  | 10,78    | 6,20   |
| Agregados entre 1 y 0,5 mm, %    | 8,12   | 2,57     | 0,08   |
| Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, % | 4,18   | 1,27     | 0,04   |
| Agregados menores de 0,25 mm, %  | 4,74   | 0,98     | 0,04   |
| Densidad de partículas, g/ml     | 2,68   | 2,56     | 2,44   |
| Densidad aparente, g/ml          | 1,12   | 1,00     | 0,92   |
| Porosidad total, %               | 65,68  | 60,46    | 54,14  |
| Límite plástico superior, %      | 65,21  | 50,99    | 38,15  |
| Límite plástico inferior, %      | 47,24  | 35,63    | 25,83  |
| Índice de plasticidad, %         | 19,76  | 15,36    | 11,42  |
| Punto de saturación, %           | 113,96 | 84,40    | 40,34  |
| Humedad equivalente, %           | 60,55  | 41,88    | 22,56  |
| Capacidad de campo (columnas), % | 60,93  | 46,79    | 36,42  |
| Retención de Hg. a 0,3 bares, %  | 56,76  | 43,52    | 22,34  |
| Retención de Hg. a 0,5 bares, %  | 50,00  | 36,56    | 18,38  |
| Retención de Hg. a 1,0 bares, %  | 49,95  | 32,29    | 17,28  |
| Retención de Hg. a 5,0 bares, %  | 33,80  | 26,05    | 12,12  |
| Retención de Hg. a 10,0 bares, % | 30,26  | 23,03    | 11,35  |
| Retención de Hg. a 15,0 bares, % | 27,24  | 18,39    | 9,93   |
| Retención de Hv. a 0,3 bares, %  | 54,12  | 43,39    | 25,02  |
| Retención de Hv. a 0,5 bares, %  | 49,00  | 34,65    | 20,58  |

TABLE 100 (Continued)

| Country     | 1950  | 1951  | 1952  |
|-------------|-------|-------|-------|
| Algeria     | 22,00 | 22,15 | 22,30 |
| Argentina   | 20,15 | 20,30 | 20,45 |
| Australia   | 20,50 | 20,65 | 20,80 |
| Belgium     | 21,25 | 21,40 | 21,55 |
| Canada      | 21,00 | 21,15 | 21,30 |
| France      | 21,75 | 21,90 | 22,05 |
| Germany     | 21,50 | 21,65 | 21,80 |
| Italy       | 21,25 | 21,40 | 21,55 |
| Japan       | 21,00 | 21,15 | 21,30 |
| Netherlands | 21,75 | 21,90 | 22,05 |
| Sweden      | 21,50 | 21,65 | 21,80 |
| Switzerland | 21,25 | 21,40 | 21,55 |
| U.S.A.      | 21,00 | 21,15 | 21,30 |
| U.K.        | 21,75 | 21,90 | 22,05 |

The figures in this table are based on the data available for the year 1952.

TABLA XXII

TABLA XXI (CONTINUACION) LAS PROPIEDADES FÍSICAS ESTUDIADAS (SUBSUELO)

| Parámetro                        | Máximo | Promedio | Mínimo |
|----------------------------------|--------|----------|--------|
| Retención de Hv. a 1,0 bares, %  | 48,95  | 32,15    | 19,35  |
| Retención de Hv. a 5,0 bares, %  | 34,56  | 25,97    | 13,57  |
| Retención de Hv. a 10,0 bares, % | 29,65  | 22,90    | 12,71  |
| Retención de Hv. a 15,0 bares, % | 26,69  | 18,32    | 11,12  |
| Aireación a 0,3 bares, %         | 31,64  | 17,07    | 3,26   |
| Aireación a 15,0 bares, %        | 51,27  | 43,92    | 33,63  |
| Materia orgánica, %              | 13,41  | 5,30     | 1,48   |
| Agua aprovechable, %             | 36,66  | 25,07    | 13,90  |
| pH                               | 6,50   | 5,73     | 5,10   |
|                                  | 1,20   | 1,05     | 0,90   |
|                                  | 63,70  | 59,20    | 56,40  |
|                                  | 55,40  | 47,55    | 35,70  |
| Hg. = Humedad gravimétrica       | 43,72  | 34,29    | 28,73  |
| Hv. = Humedad volumétrica        | 21,20  | 13,26    | 3,92   |
|                                  | 137,82 | 83,58    | 63,20  |
|                                  | 49,71  | 37,82    | 22,92  |
|                                  | 80,82  | 42,68    | 33,69  |
|                                  | 50,00  | 39,67    | 33,55  |
|                                  | 38,69  | 32,43    | 26,24  |
|                                  | 75,88  | 30,03    | 24,59  |
|                                  | 30,43  | 25,15    | 20,07  |
|                                  | 28,54  | 21,59    | 13,77  |
|                                  | 26,64  | 18,70    | 12,35  |
|                                  | 53,43  | 42,27    | 31,20  |
|                                  | 41,09  | 34,34    | 26,78  |

TABLA XXII

RESULTADOS MAXIMOS, PROMEDIOS Y MINIMOS DE LAS PROPIEDADES  
FISICAS ESTUDIADAS (SUBSUELO)

| Parámetro                        | Máximo | Promedio | Mínimo |
|----------------------------------|--------|----------|--------|
| Arenas, %                        | 67,84  | 52,54    | 39,02  |
| Limos, %                         | 48,86  | 31,90    | 18,16  |
| Arcillas, %                      | 32,12  | 15,54    | 4,65   |
| Agregados mayores de 2 mm, %     | 94,02  | 83,89    | 64,12  |
| Agregados entre 2 y 1 mm, %      | 33,20  | 10,29    | 1,76   |
| Agregados entre 1 y 0,5 mm, %    | 12,36  | 4,07     | 0,24   |
| Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, % | 1,24   | 0,41     | 0,02   |
| Agregados menores de 0,25 mm, %  | 3,14   | 1,17     | 0,02   |
| Densidad de partículas, g/ml     | 2,68   | 2,59     | 2,45   |
| Densidad aparente, g/ml          | 1,20   | 1,05     | 0,93   |
| Porosidad total, %               | 63,70  | 59,20    | 54,40  |
| Límite plástico superior, %      | 55,40  | 47,55    | 35,70  |
| Límite plástico inferior, %      | 43,72  | 34,29    | 28,73  |
| Índice de plasticidad, %         | 21,20  | 13,26    | 5,92   |
| Punto de saturación, %           | 137,82 | 83,58    | 63,20  |
| Humedad equivalente, %           | 49,71  | 37,82    | 22,92  |
| Capacidad de campo (columnas), % | 50,82  | 42,68    | 33,69  |
| Retención de Hg. a 0,3 bares, %  | 50,00  | 39,87    | 33,55  |
| Retención de Hg. a 0,5 bares, %  | 38,69  | 32,45    | 26,24  |
| Retención de Hg. a 1,0 bares, %  | 35,88  | 30,03    | 24,59  |
| Retención de Hg. a 5,0 bares, %  | 30,45  | 25,15    | 20,07  |
| Retención de Hg. a 10,0 bares, % | 28,54  | 21,59    | 15,77  |
| Retención de Hg. a 15,0 bares, % | 26,64  | 18,70    | 12,35  |
| Retención de Hv. a 0,3 bares, %  | 53,43  | 42,27    | 31,20  |
| Retención de Hv. a 0,5 bares, %  | 43,09  | 34,34    | 26,78  |

TABLA XXIII

TABLA XXIII (CONTINUACION)  
RELACIONES ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS (SUELO)

| X   | Y   | Ecuación de Regresión<br>$Y = a + bx$ | Coefficiente de<br>Correlación<br>(r) | Coefficiente de<br>Determinación<br>(R) (%) |
|-----|-----|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Ar  | Ag  | $Y = 72,81 + 1,129 X$                 | 0,17                                  | 2,80  |
| Ar  | LPS | $Y = 49,86 + 0,103 X$                 | 0,04                                  | 0,1   |
| Ar  | IP  | $Y = 13,17 + 0,201 X$                 | 0,286                                 | 8,1   |
| Ar  | LPI | $Y = 36,58 - 0,09 X$                  | - 0,04                                | 0,1   |
| Ar  | DA  | $Y = 0,94 + 0,005 X$                  | 0,38                                  | 14,40                                       |
| Ar  | Pr  | $Y = 82,43 - 2,02 X$                  | 0,93 **                               | 86,49                                       |
| Ar  | CC  | $Y = 45,49 + 0,119 X$                 | 0,063                                 | 0,3   |
| MO  | Ag  | $Y = 91,74 - 0,68 X$                  | - 0,37                                | 13,69                                       |
| MO  | LPS | $Y = 40,45 + 1,99 X$                  | 0,79 **                               | 62,40                                       |
| MO  | IP  | $Y = 13,88 + 0,28 X$                  | 0,38                                  | 14,40                                       |
| MO  | LPI | $Y = 26,59 + 1,70 X$                  | 0,82 **                               | 67,20                                       |
| MO  | DA  | $Y = 1,06 - 0,013 X$                  | - 0,837 **                            | 70,05                                       |
| MO  | Pr  | $Y = 56,97 + 0,66 X$                  | 0,73 **                               | 54,61                                       |
| MO  | CC' | $Y = 34,14 + 1,77 X$                  | 0,66 *                                | 44,35                                       |
| DA  | Pr  | $Y = 118,19 - 57,73 X$                | - 9,99 **                             | 99,8  |
| DA  | AA  | $Y = 56,71 - 31,64 X$                 | - 0,184                               | 3,38  |
| DA  | EA' | $Y = 20,39 + 3,17 X$                  | 0,02                                  | 0,04  |
| DA  | EA  | $Y = 86 - 42,08 X$                    | - 0,53                                | 28,00                                       |
| CC' | CC  | $Y = 17,61 + 0,67 X$                  | 0,74 **                               | 54,70                                       |
| Ar  | MO  | $Y = 7,37 - 0,19 X$                   | - 0,20                                | 4,00  |
| Pr  | PS  | $Y = 160,57 - 1,26 X$                 | - 0,263                               | 6,90  |
| CC' | HE  | $Y = 3,38 + 1,04 X$                   | 0,775 **                              | 60,00                                       |

TABLA XXIV

TABLA XXIII (CONTINUACION)

RELACIONES ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS (SUBSUELO)

|           |     |   |                            | Coeficiente de Determinación |
|-----------|-----|---|----------------------------|------------------------------|
|           |     |   |                            | (R) (r)                      |
| ♦♦        | =   | Significativo al 1%; (n-1) = 0,735                    | Coeficiente de Correlación |                              |
| ♦         | =   | Significativo al 5%; (n-1) = 0,602                    | (r)                        |                              |
| MO        | =   | Materia orgánica                                      |                            |                              |
| CC        | =   | Capacidad de campo por el método de columnas de suelo |                            |                              |
| CC'       | =   | Capacidad de campo a 0,3 bares                        | 0,702 **                   | 49,28                        |
| Pr        | =   | Porosidad   | 0,626 **                   | 39,17                        |
| AA        | =   | Agua aprovechable                                     | 0,08                       | 0,65                         |
| Ag        | =   | Agregados mayores de 2 mm                             | 0,026                      | 0,17                         |
| HE        | =   | Humedad equivalente                                   | 0,26                       | 1,68                         |
| IP        | =   | Indice de plasticidad                                 | 0,301                      | 19,25                        |
| EA        | =   | Aireación a 15 bares                                  | 0,21                       | 1,35                         |
| EA'       | =   | Aireación a 0,3 bares                                 | - 0,48                     | - 31,01                      |
| LPI       | =   | Límite plástico inferior                              | 0,48                       | 31,01                        |
| LPS       | =   | Límite plástico superior                              | - 0,25                     | - 16,25                      |
| Ar        | =   | Arcillas  | - 0,009 X                  | - 0,07                       |
| Pr - MO   | Y = | 37,90 + 0,422 X                                       | 0,488                      | 31,01                        |
| CC' - Pr  | Y = | 41,77 - 0,62 X  | 0,851 **                   | 55,04                        |
| CC' - CC  | Y = | 46,21 - 15,25 X                                       | 0,394 **                   | 25,52                        |
| CC' - AA  | Y = | 42,44 + 66,80 X                                       | - 0,351                    | - 22,72                      |
| CC' - Ag  | Y = | 27,35 - 9,94 X  | - 0,907                    | - 58,25                      |
| CC' - HE  | Y = | 63,41 - 22,66 X                                       | 0,08                       | 0,51                         |
| CC' - IP  | Y = | 30,30 + 0,08 X  | - 0,004                    | - 0,03                       |
| CC' - EA  | Y = | 8,48 - 0,21 X   | - 0,812                    | - 66,73                      |
| CC' - EA' | Y = | 11,82 + 0,34 X  | 0,392 **                   | 25,52                        |
| CC' - LPI | Y = | 7,83 + 1,14 X   |                            |                              |

TABLA XXIV

RELACIONES ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS (SUBSUELO)

| X   | Y   | Ecuación de Regresión<br>$Y = a + bx$ | Coefficiente de<br>Correlación<br>(r) | Coefficiente de<br>Determinación<br>(R) (%) |
|-----|-----|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
|     |     |                                       | 0,332                                 | 11,00                                       |
| Ar  | Ag  | $Y = 78,15 + 0,37 X$                  | 0,702 **                              | 49,20                                       |
| Ar  | LPS | $Y = 40,73 + 0,441 X$                 | 0,626 **                              | 39,10                                       |
| Ar  | IP  | $Y = 7,16 + 0,392 X$                  | 0,08                                  | 0,60  |
| Ar  | LPI | $Y = 33,83 + 0,03 X$                  | 0,024                                 | 0,0057                                      |
| Ar  | DA  | $Y = 1,06 + 0,001 X$                  | 0,26                                  | 6,70  |
| Ar  | Pr  | $Y = 60,58 + 0,08 X$                  | 0,381                                 | 14,51                                       |
| Ar  | CC  | $Y = 45,80 - 0,201 X$                 | 0,21                                  | 4,40  |
| MO  | Ag  | $Y = 82,08 + 0,59 X$                  | - 0,48                                | 23,90                                       |
| MO  | LPS | $Y = 49,91 - 0,77 X$                  | 0,46                                  | 21,10                                       |
| MO  | IP  | $Y = 15,53 - 0,61 X$                  | - 0,25                                | 6,20  |
| MO  | LPI | $Y = 35,08 - 0,26 X$                  | - 0,407                               | 16,56                                       |
| MO  | DA  | $Y = 1,07 - 0,009 X$                  | 0,496                                 | 24,60                                       |
| MO  | Pr  | $Y = 57,90 + 0,422 X$                 | 0,464                                 | 21,52                                       |
| MO  | CC' | $Y = 41,77 - 0,62 X$                  | 0,951 **                              | 90,44                                       |
| DA  | Pr  | $Y = 96,21 - 35,25 X$                 | 0,785 **                              | 61,62                                       |
| DA  | AA  | $Y = - 42,44 + 66,80 X$               | - 0,283                               | 80,08                                       |
| DA  | EA  | $Y = 27,35 - 9,94 X$                  | - 0,467                               | 21,80                                       |
| DA  | EA' | $Y = 63,41 - 22,66 X$                 | 0,08                                  | 0,6   |
| CC' | CC  | $Y = 39,50 + 0,08 X$                  | - 0,564                               | 31,80                                       |
| Ar  | MO  | $Y = 6,48 - 0,22 X$                   | - 0,212                               | 4,40  |
| Pr  | PS  | $Y = 51,62 - 0,54 X$                  | 0,842 **                              | 70,80                                       |
| CC' | HE  | $Y = - 7,63 + 1,14 X$                 |                                       |   |

TABLA XXIV  
 TABLA XXIV (CONTINUACION)  
 MEDIDAS DE VARIABILIDAD (SUELO)

|       |   | Varianza<br>(s) <sup>2</sup> | Desviación<br>Estándar<br>(s) |
|-------|---|------------------------------|-------------------------------|
| ♦♦ =  | Significativo al 1% ; (n-1) = 0,735                   |                              |                               |
| MO =  | Materia orgánica                                      |                              |                               |
| CC =  | Capacidad de campo por el método de columnas de suelo | 38,41                        | 196,925                       |
| CC' = | Capacidad de campo a 0,3 bares                        | 16,39                        | 16,96                         |
| Pr =  | Porosidad   | 31,06                        | 111,94                        |
| AA =  | Agua aprovechable                                     | 21,72                        | 70,71                         |
| Ag =  | Agregados mayores de 2 mm                             | 15,76                        | 34,01                         |
| HE =  | Humedad equivalente                                   | 8,20                         | 7,00                          |
| IP =  | Índice de plasticidad                                 | 4,06                         | 2,86                          |
| EA =  | Aireación a 15 bares                                  | 4,70                         | 2,76                          |
| EA' = | Aireación a 0,3 bares                                 | 27,06                        | 96,09                         |
| LPI = | Límite plástico inferior                              | 11,41                        | 65,40                         |
| LPS = | Límite plástico superior                              | 6,34                         | 1,76                          |
| Ar =  | Arcillas  | 0,24                         | 0,058                         |
|       |   | 0,20                         | 0,016                         |
|       |   | 11,84                        | 12,53                         |
|       |   | 75,95                        | 434,59                        |
|       |   | 17,99                        | 130,75                        |
|       |   | 20,08                        | 65,83                         |
|       |   | 34,12                        | 74,97                         |
|       |   | 23,69                        | 27,99                         |
|       |   | 7,71                         | 6,72                          |
|       |   | 29,10                        | 91,65                         |
|       |   | 25,47                        | 61,75                         |
|       |   | 39,50                        | 67,43                         |
|       |   | 29,79                        | 31,89                         |

TABLA XXV

MEDIDAS DE VARIABILIDAD (SUELO)

| Parámetro                                       | Rango | Varianza <sup>2</sup><br>(S) | Desviación<br>Estandar<br>(S) |
|---|-------|------------------------------|-------------------------------|
| Arenas, %                                       | 38,41 | 156,929                      | 12,52                         |
| Arcillas, %                                     | 10,39 | 16,96                        | 4,12                          |
| Limos, %  | 31,06 | 111,94                       | 10,58                         |
| Estabilidad de agregados mayores de 2 mm, %     | 21,72 | 70,71                        | 8,41                          |
| Estabilidad de agregados entre 1 y 2 mm, %      | 15,76 | 34,03                        | 5,83                          |
| Estabilidad de agregados entre 1 y 0,5 mm, %    | 8,20  | 7,00                         | 2,64                          |
| Estabilidad de agregados entre 0,5 y 0,25 mm, % | 4,06  | 2,84                         | 1,69                          |
| Estabilidad de agregados menores de 0,25 mm, %  | 4,70  | 2,78                         | 1,67                          |
| Límite plástico superior, %                     | 27,06 | 96,09                        | 9,80                          |
| Límite plástico inferior, %                     | 21,41 | 65,40                        | 8,09                          |
| Índice de plasticidad, %                        | 8,34  | 1,76                         | 1,33                          |
| Densidad de partículas, g/ml                    | 0,24  | 0,068                        | 0,08                          |
| Densidad aparente, g/ml                         | 0,20  | 0,014                        | 0,119                         |
| Porosidad total, %                              | 11,54 | 12,53                        | 3,54                          |
| Punto de saturación, %                          | 75,53 | 438,59                       | 20,94                         |
| Humedad equivalente, %                          | 37,99 | 130,73                       | 11,43                         |
| Capacidad de campo (columnas), %                | 20,09 | 65,93                        | 8,12                          |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %               | 34,12 | 74,22                        | 8,61                          |
| Punto de marchitamiento a 15 bares, %           | 13,69 | 27,44                        | 5,24                          |
| Coefficiente higroscópico, %                    | 7,71  | 6,72                         | 2,59                          |
| Humedad volumétrica a 0,3 bares, %              | 29,10 | 91,85                        | 9,28                          |
| Humedad volumétrica a 0,5 bares, %              | 28,42 | 61,73                        | 7,86                          |
| Humedad volumétrica a 1,0 bares, %              | 30,60 | 67,43                        | 8,21                          |
| Humedad volumétrica a 5,0 bares, %              | 20,99 | 51,69                        | 73,19                         |



TABLA XXVI

MEDIDAS DE VARIABILIDAD (SUELO)

| Parámetro                                      | Desviación de la Media (MD) | Coef. de Variación C.V. (%) | Límite de Confianza Nivel del 95% |       |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------|
| Arenas, %                                      | 3,95                        | 22,30                       | 65,07                             | 47,17 |
| Arcillas, %                                    | 1,30                        | 36,70                       | 13,85                             | 7,97  |
| Limos, %                                       | 3,34                        | 32,10                       | 40,51                             | 25,39 |
| Estabilidad de agregados mayores de 2 mm, %    | 2,66                        | 9,90                        | 90,15                             | 78,13 |
| Estabilidad de agregados entre 1 y 2 mm, %     | 1,84                        | 54,08                       | 14,93                             | 6,62  |
| Estabilidad de agregados entre 1 y 0,5mm, %    | 0,83                        | 102,91                      | 4,45                              | 0,68  |
| Estabilidad de agregados entre 0,5 y 0,25mm, % | 0,53                        | 133,07                      | 2,47                              | 0,07  |
| Estabilidad de agregados menores de 0,25 mm, % | 0,52                        | 170,4                       | 2,15                              | 0,19  |
| Límite plástico superior, %                    | 3,09                        | 19,20                       | 57,97                             | 44,01 |
| Límite plástico inferior, %                    | 2,55                        | 22,70                       | 41,39                             | 29,87 |
| Índice de plasticidad, %                       | 0,42                        | 8,60                        | 16,31                             | 14,41 |
| Densidad aparente, g/ml                        | 0,037                       | 11,90                       | 1,08                              | 0,92  |
| Densidad de partículas, g/ml                   | 0,024                       | 2,96                        | 3,10                              | 2,02  |
| Porosidad total, %                             | 1,12                        | 5,80                        | 62,99                             | 57,93 |
| Punto de saturación, %                         | 6,62                        | 24,80                       | 99,37                             | 69,43 |
| Humedad equivalente, %                         | 3,61                        | 25,50                       | 52,88                             | 36,54 |
| Capacidad de campo (columnas), %               | 2,56                        | 17,30                       | 52,58                             | 41,00 |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %              | 2,72                        | 19,70                       | 49,67                             | 37,36 |
| Punto de marchitamiento a 15,0 bares, %        | 1,66                        | 28,40                       | 22,14                             | 14,64 |
| Coefficiente higroscópico, %                   | 0,81                        | 30,30                       | 10,37                             | 6,71  |
| Humedad volumétrica a 0,3 bares, %             | 3,02                        | 22,00                       | 50,24                             | 36,54 |
| Humedad volumétrica a 0,5 bares, %             | 2,48                        | 22,60                       | 40,26                             | 29,0  |
| Humedad volumétrica a 1,0 bares, %             | 2,59                        | 25,50                       | 38,00                             | 26,30 |
| Humedad volumétrica a 5,0 bares, %             | 2,27                        | 27,60                       | 31,10                             | 20,84 |

TABLA XXVII

TABLA XXVI (CONTINUACION)

| Parámetro                           | Desviación de la Media (MD) | Coef. de Variación C. V. (%) | Límite de Confianza Nivel del 95% |
|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Humedad volumétrica a 10,0 bares, % | 1,84                        | 25,50                        | 23,06 18,74                       |
| Humedad volumétrica a 15,0 bares, % | 1,51                        | 26,10                        | 21,73 14,91                       |
| Aireación a 0,3 bares, %            | 2,96                        | 54,80                        | 23,77 10,37                       |
| Aireación a 15,0 bares, %           | 1,54                        | 11,00                        | 47,40 40,44                       |
| Materia orgánica, %                 | 1,24                        | 74,00                        | 8,11 2,49                         |
| pH                                  | 0,16                        | 9,00                         | 6,09 5,37                         |
|                                     | 19,70                       | 39,01                        | 6,25                              |
|                                     | 14,99                       | 17,34                        | 4,17                              |
|                                     | 15,28                       | 38,10                        | 6,43                              |
|                                     | 0,27                        | 0,0003                       | 0,10                              |
|                                     | 0,23                        | 0,004                        | 0,0086                            |
|                                     | 9,30                        | 66,34                        | 7,15                              |
|                                     | 74,67                       | 636,49                       | 20,50                             |
|                                     | 26,79                       | 30,43                        | 7,23                              |
|                                     | 17,23                       | 27,04                        | 5,30                              |
|                                     | 16,43                       | 26,40                        | 5,03                              |
|                                     | 14,28                       | 22,70                        | 4,75                              |
|                                     | 7,24                        | 3,01                         | 2,24                              |
|                                     | 15,23                       | 5,14                         | 3,20                              |
|                                     | 16,31                       | 6,37                         | 3,57                              |
|                                     | 16,61                       | 9,00                         | 5,35                              |
|                                     | 16,77                       | 6,3                          | 4,6                               |

TABLA XXVII

MEDIDAS DE VARIABILIDAD (SUBSUELO)

| Parámetro                                       | Rango | Varianza <sub>2</sub><br>(S) | Desviación<br>Estandar<br>(S) |
|---|-------|------------------------------|-------------------------------|
| Arenas, %                                       | 28,82 | 93,36                        | 9,66                          |
| Arcillas, %                                     | 27,47 | 96,77                        | 9,84                          |
| Limos, %  | 30,70 | 93,75                        | 9,68                          |
| Estabilidad de agregados mayores de 2 mm, %     | 29,90 | 126,32                       | 11,24                         |
| Estabilidad de agregados entre 1 y 2 mm, %      | 31,44 | 93,82                        | 9,69                          |
| Estabilidad de agregados entre 1 y 0,5 mm, %    | 11,90 | 22,04                        | 4,69                          |
| Estabilidad de agregados entre 0,5 y 0,25 mm, % | 1,22  | 0,30                         | 0,55                          |
| Estabilidad de agregados menores de 0,25 mm, %  | 3,12  | 1,08                         | 1,04                          |
| Límite plástico superior, %                     | 19,70 | 39,01                        | 6,25                          |
| Límite plástico inferior, %                     | 14,99 | 17,54                        | 4,19                          |
| Índice de plasticidad, %                        | 15,28 | 38,10                        | 6,18                          |
| Densidad aparente, g/ml                         | 0,27  | 0,0083                       | 0,09                          |
| Densidad de partículas, g/ml                    | 0,23  | 0,006                        | 0,0086                        |
| Porosidad total, %                              | 9,30  | 66,34                        | 8,15                          |
| Punto de saturación, %                          | 74,62 | 436,49                       | 20,90                         |
| Humedad equivalente, %                          | 26,79 | 52,55                        | 7,25                          |
| Capacidad de campo (columnas), %                | 17,23 | 27,08                        | 5,20                          |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %               | 16,45 | 28,48                        | 5,33                          |
| Punto de marchitamiento a 15 bares, %           | 14,29 | 22,90                        | 4,79                          |
| Coefficiente higroscópico, %                    | 7,26  | 5,01                         | 2,24                          |
| Humedad volumétrica a 0,3 bares, %              | 22,23 | 7,28                         | 7,28                          |
| Humedad volumétrica a 0,5 bares, %              | 16,31 | 5,37                         | 5,37                          |
| Humedad volumétrica a 1,0 bares, %              | 14,41 | 4,93                         | 4,93                          |
| Humedad volumétrica a 5,0 bares, %              | 15,17 | 4,9                          | 4,9                           |

TABLA XXVIII

TABLA XXVII (CONTINUACION)

| Parámetro                           | Rango | Varianza <sup>2</sup><br>(S) | Desviación<br>Estandar<br>(S) |
|-------------------------------------|-------|------------------------------|-------------------------------|
| Humedad volumétrica a 10,0 bares, % | 11,32 | 4,21                         | 4,21                          |
| Humedad volumétrica a 15,0 bares, % | 12,17 | 4,27                         | 4,27                          |
| Aireación a 0,3 bares, %            | 31,13 | 91,99                        | 9,59                          |
| Aireación a 15,0 bares, %           | 14,16 | 19,70                        | 4,44                          |
| Materia orgánica, %                 | 13,61 | 15,76                        | 3,97                          |
| pH                                  | 1,30  | 0,19                         | 0,44                          |

TABLA XXVIII

MEDIDAS DE VARIABILIDAD (SUBSUELO)

| Parámetro                                       | Desviación de la Media (MD) | Coef. de Variación C. V. (%) | Límite de Confianza Nivel del 95% |       |
|---|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Arenas, %                                       | 3,05                        | 18,30                        | 59,44                             | 45,63 |
| Arcillas, %                                     | 3,11                        | 63,30                        | 22,57                             | 8,51  |
| Limos, %  | 3,06                        | 30,30                        | 38,82                             | 24,98 |
| Estabilidad de agregados mayores de 2 mm, %     | 3,55                        | 13,39                        | 91,92                             | 75,85 |
| Estabilidad de agregados entre 1 y 2 mm, %      | 3,04                        | 95,90                        | 17,07                             | 3,31  |
| Estabilidad de agregados entre 1 y 0,5 mm, %    | 1,49                        | 115,23                       | 7,41                              | 0,73  |
| Estabilidad de agregados entre 0,5 y 0,25 mm, % | 0,17                        | 134,10                       | 0,79                              | 0,03  |
| Estabilidad de agregados menores de 0,25mm, %   | 0,32                        | 88,88                        | 1,91                              | 0,04  |
| Límite plástico superior, %                     | 1,97                        | 13,10                        | 52,00                             | 43,10 |
| Límite plástico inferior, %                     | 1,32                        | 12,20                        | 37,27                             | 31,31 |
| Índice de plasticidad, %                        | 1,95                        | 46,60                        | 17,67                             | 8,85  |
| Densidad aparente, g/ml                         | 0,029                       | 8,71                         | 1,12                              | 0,99  |
| Densidad de partículas, g/ml                    | 0,025                       | 20,72                        | 3,15                              | 2,03  |
| Porosidad total, %                              | 2,57                        | 13,70                        | 65,02                             | 53,37 |
| Punto de saturación, %                          | 6,60                        | 24,90                        | 98,52                             | 68,64 |
| Humedad equivalente, %                          | 2,29                        | 19,10                        | 42,00                             | 32,64 |
| Capacidad de campo (columnas), %                | 1,64                        | 12,10                        | 46,38                             | 38,98 |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %               | 1,68                        | 13,30                        | 43,68                             | 36,05 |
| Punto de marchitamiento a 15,0 bares, %         | 1,50                        | 25,60                        | 22,09                             | 15,31 |
| Coeficiente higroscópico, %                     | 0,71                        | 26,40                        | 10,08                             | 6,88  |
| Humedad volumétrica a 0,3 bares, %              | 53,03                       | 17,20                        | 2,30                              | 37,07 |
| Humedad volumétrica a 0,5 bares, %              | 28,88                       | 15,60                        | 1,69                              | 30,52 |
| Humedad volumétrica a 1,0 bares, %              | 24,31                       | 15,50                        | 1,56                              | 28,24 |

TABLA XXVIII (CONTINUACION)

| Parámetro                           | Desviación de la Media (MD) | Coef. de Variación C. V. (%) | Límite de Confianza Nivel del 95% |       |
|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Humedad volumétrica a 5,0 bares, %  | 24,03                       | 18,40                        | 1,55                              | 23,13 |
| Humedad volumétrica a 10,0 bares, % | 17,73                       | 18,50                        | 1,33                              | 19,00 |
| Humedad volumétrica a 15,0 bares, % | 18,24                       | 21,80                        | 1,35                              | 16,51 |
| Aireación a 0,3 bares, %            | 3,06                        | 56,60                        | 23,83                             | 10,00 |
| Aireación a 15,0 bares, %           | 1,40                        | 11,10                        | 42,80                             | 36,46 |
| Materia orgánica, %                 | 1,26                        | 129,30                       | 33,54                             | 27,86 |
| pH                                  | 0,14                        | 7,70                         | 6,00                              | 5,36  |

SUB-SUELO

$$Y = 7,16 + 0,392 X$$

$$r = 0,626 "$$

$$R = 39,10 \%$$

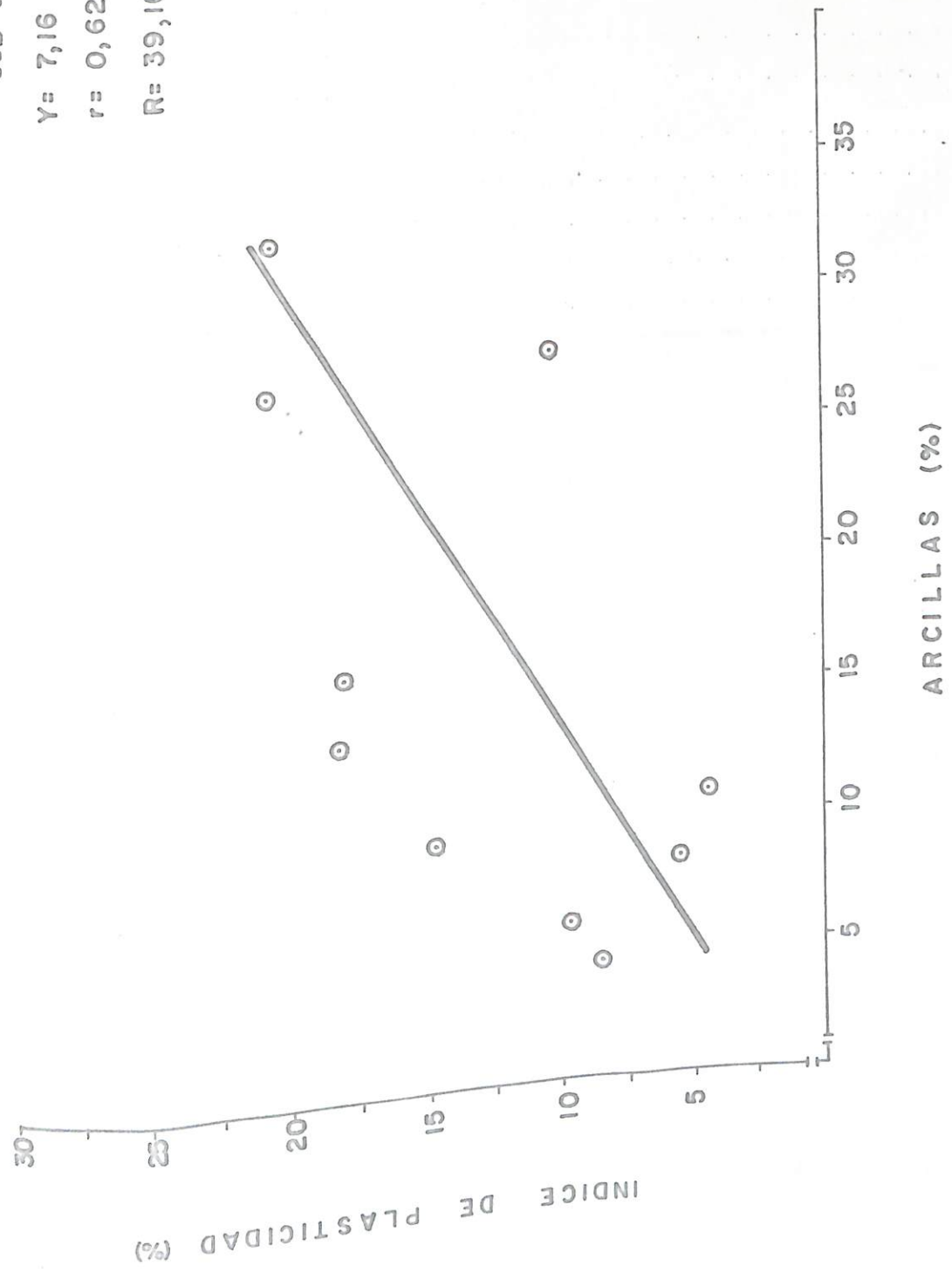


Fig. 3. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE ARCILLAS Y EL INDICE DE PLASTICIDAD.

SUB- SUELO

$$Y = 40,33 + 0,441 X$$

$$r = 0,702 **$$

$$R^2 = 49,20 \%$$

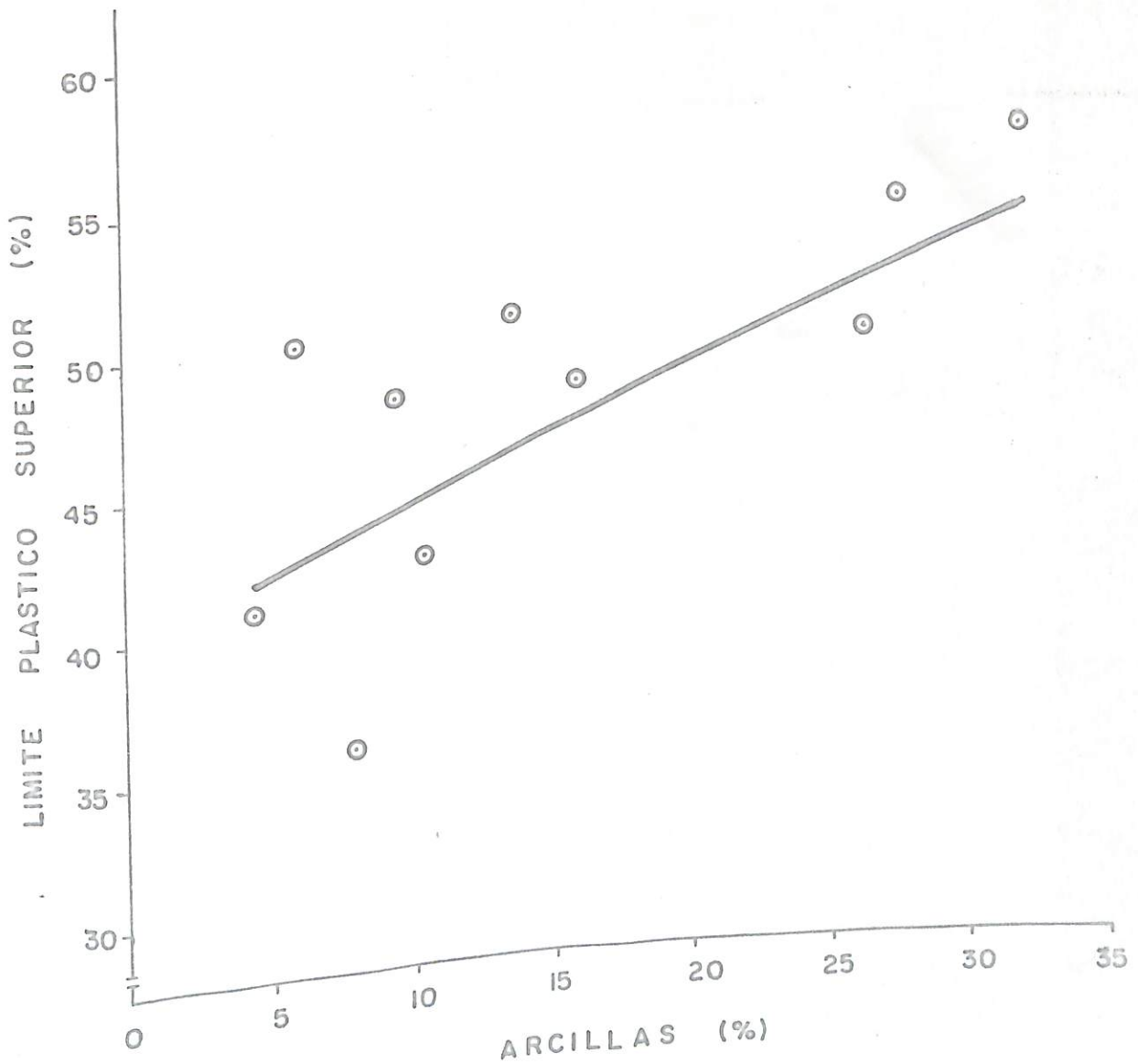


Fig. 4. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE ARCILLAS Y EL LIMITE PLASTICO SUPERIOR.

SUB - SUELO

$$Y = -42,44 + 66,80 X$$

$$r = 0,785^{**}$$

$$R^2 = 61,62 \%$$

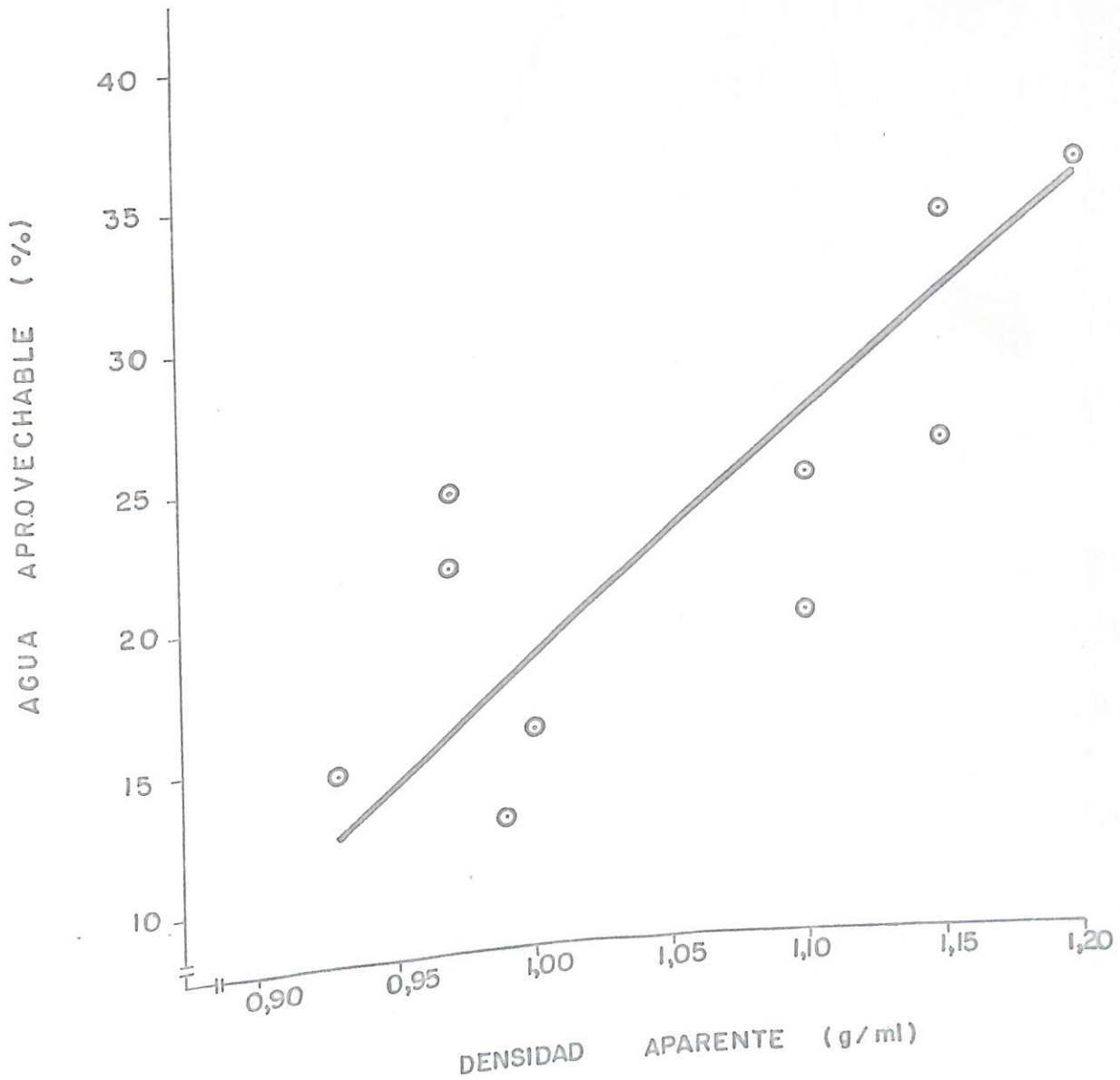


Fig. 5. RELACION ENTRE LA DENSIDAD APARENTE Y EL AGUA APROVECHABLE.

SUB-SUELO

$Y = 96,21 - 35,25 X$

$r = - 951^{**}$

$R^2 = 90,44 \%$

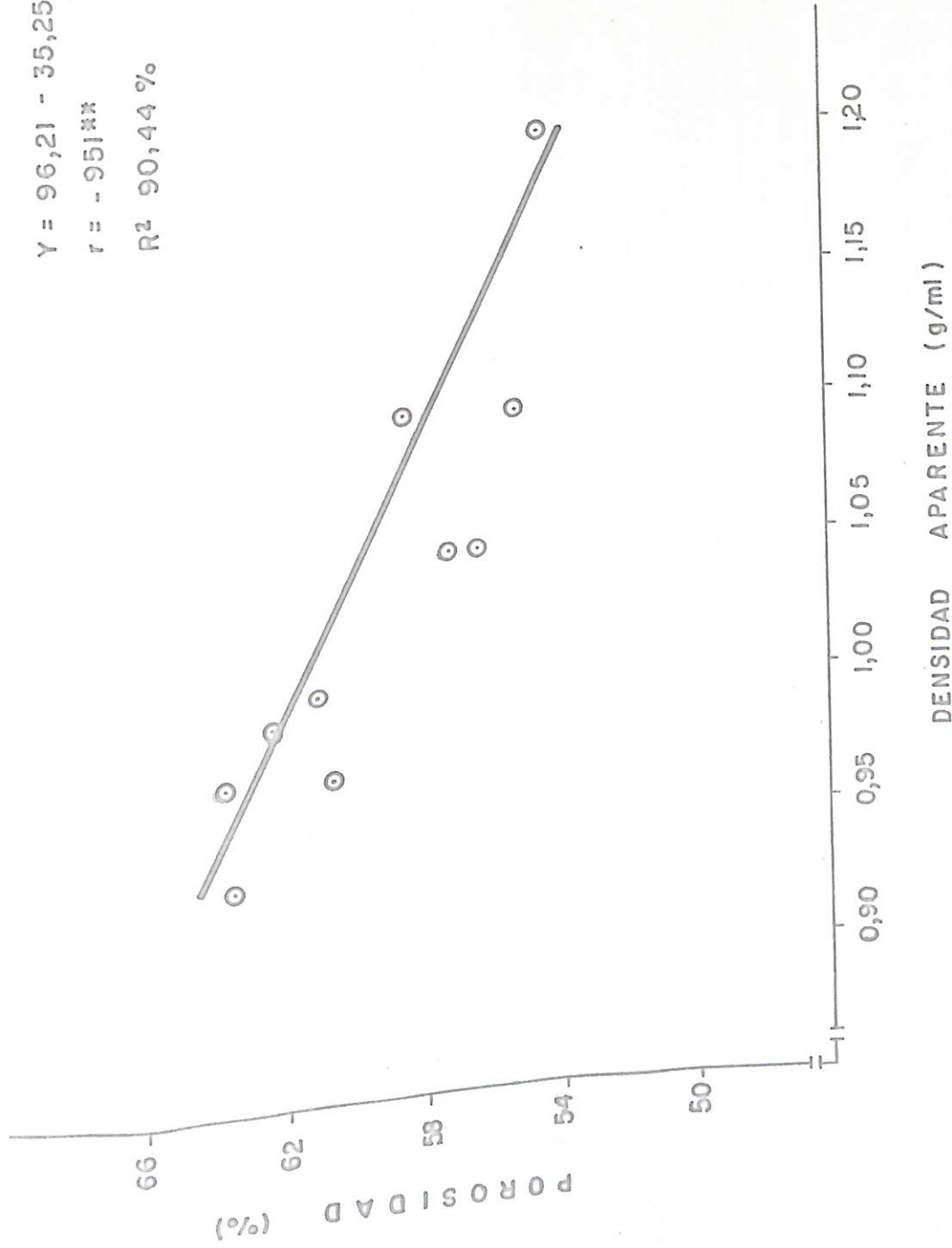


Fig. 6 RELACION ENTRE LA DENSIDAD APARENTE Y LA POROSIDAD.

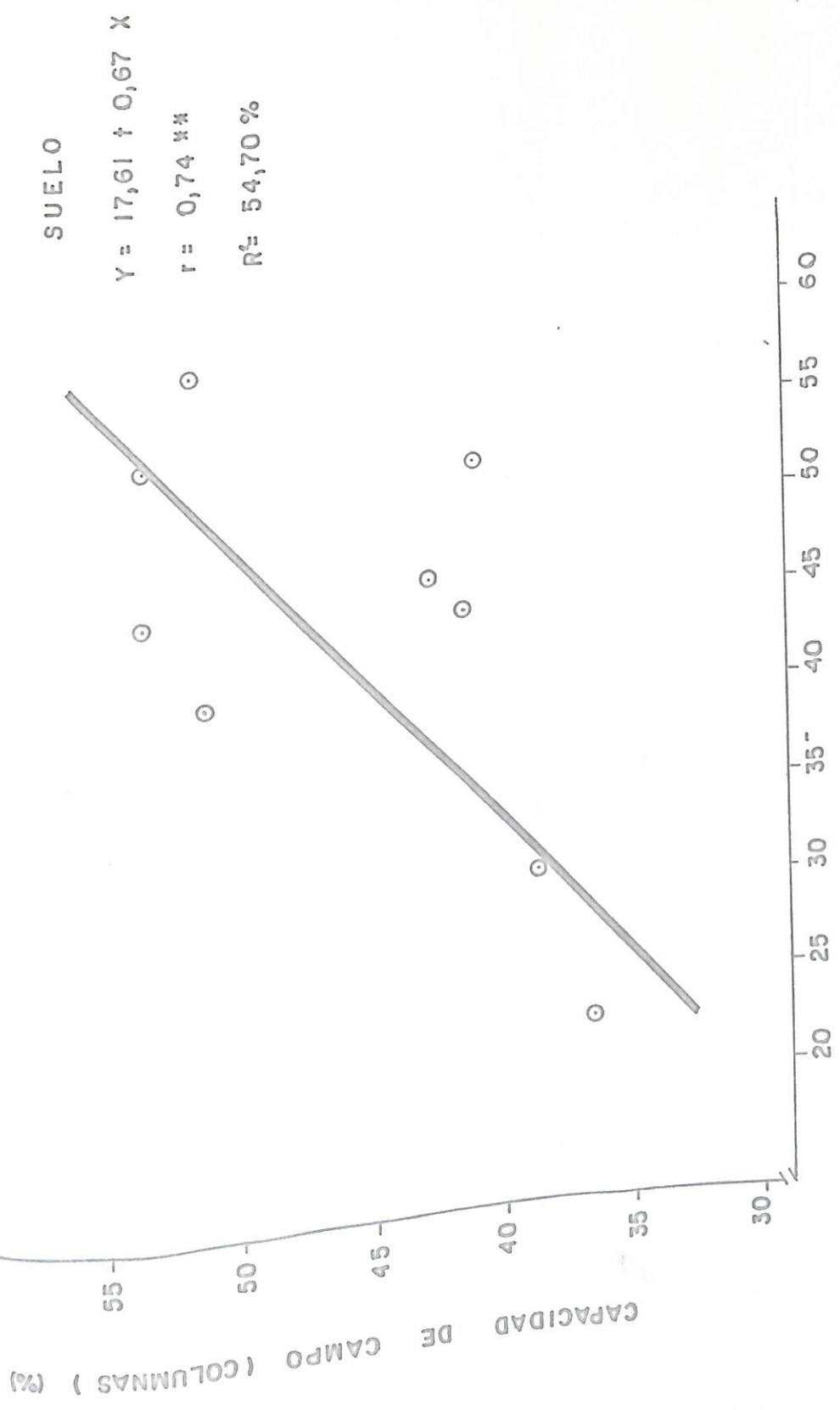


Fig. 7. RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE CAMPO Y LA CAPACIDAD DE CAMPO DETERMINADA POR EL METODO DE LAS COLUMNAS.

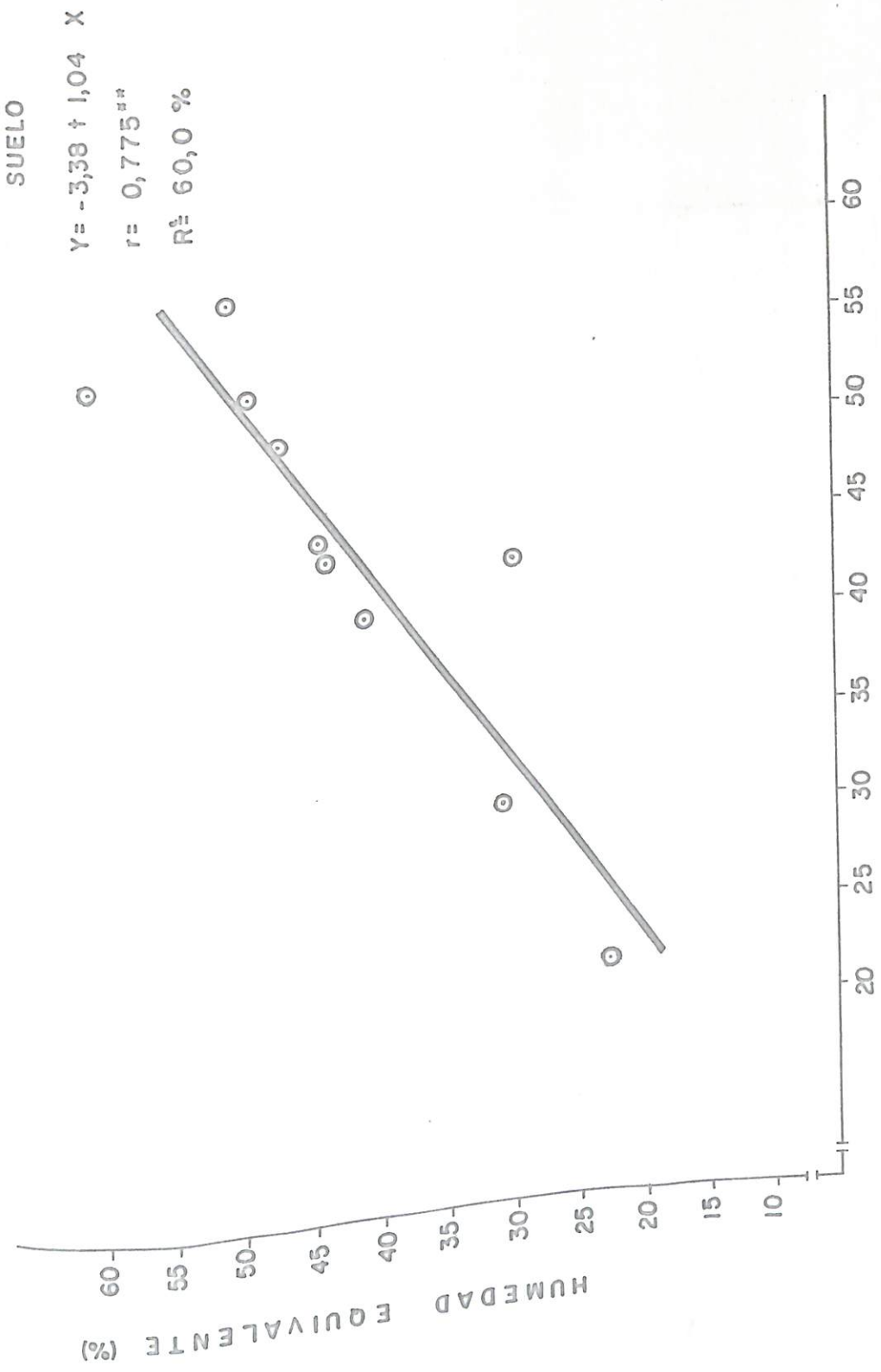


Fig. 8. RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE CAMPO Y LA HUMEDAD EQUIVALENTE.

SUB - SUELO

$$Y = -7,63 + 1,14 X$$

$$r = 0,842^{**}$$

$$R = 70,80 (\%)$$

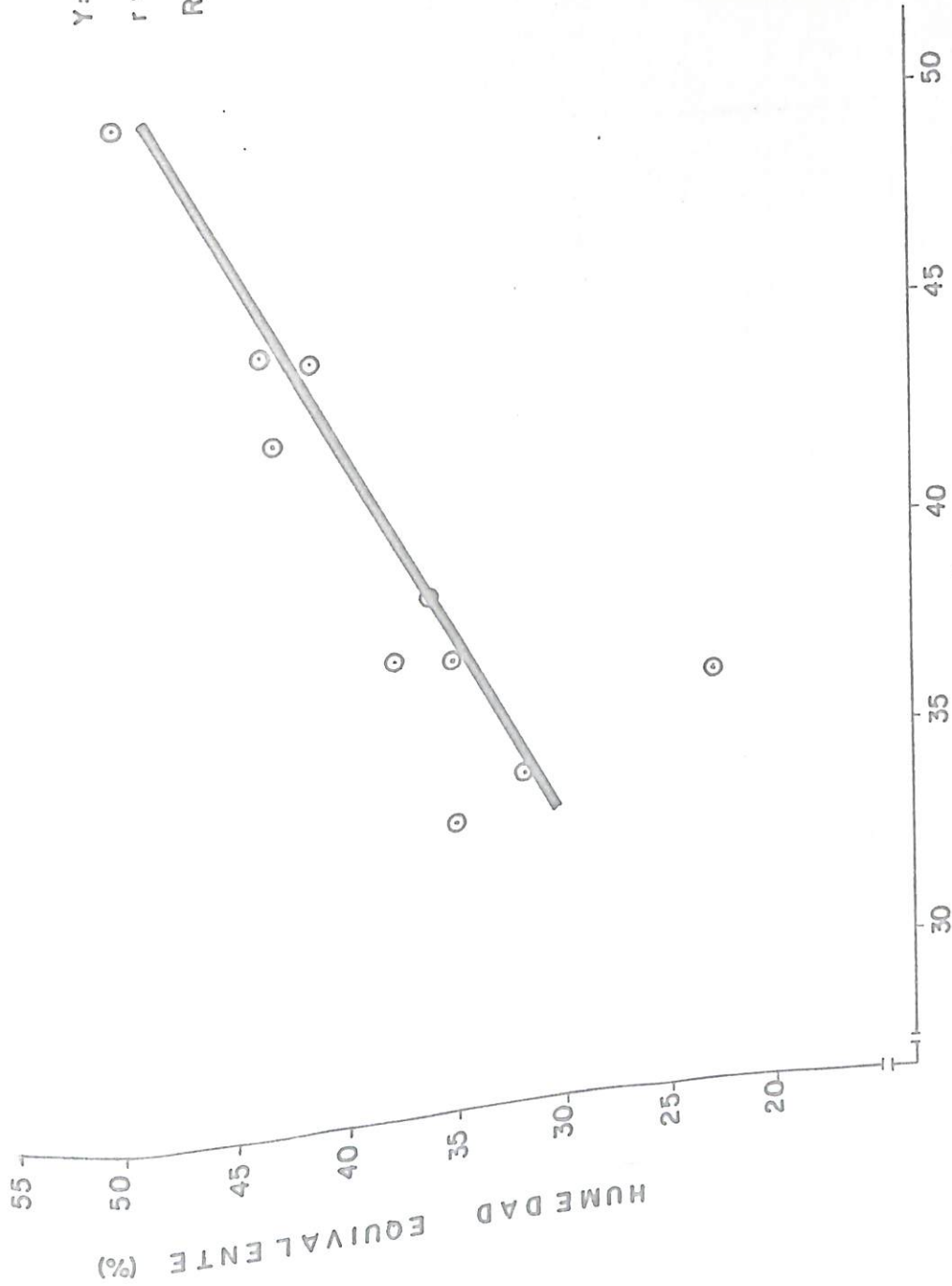


Fig.9. RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE CAMPO Y LA HUMEDAD EQUIVALENTE.

SUELO  
Y = 34,14 + 1,77 X  
r = 0,66#  
R² = 44,35 %

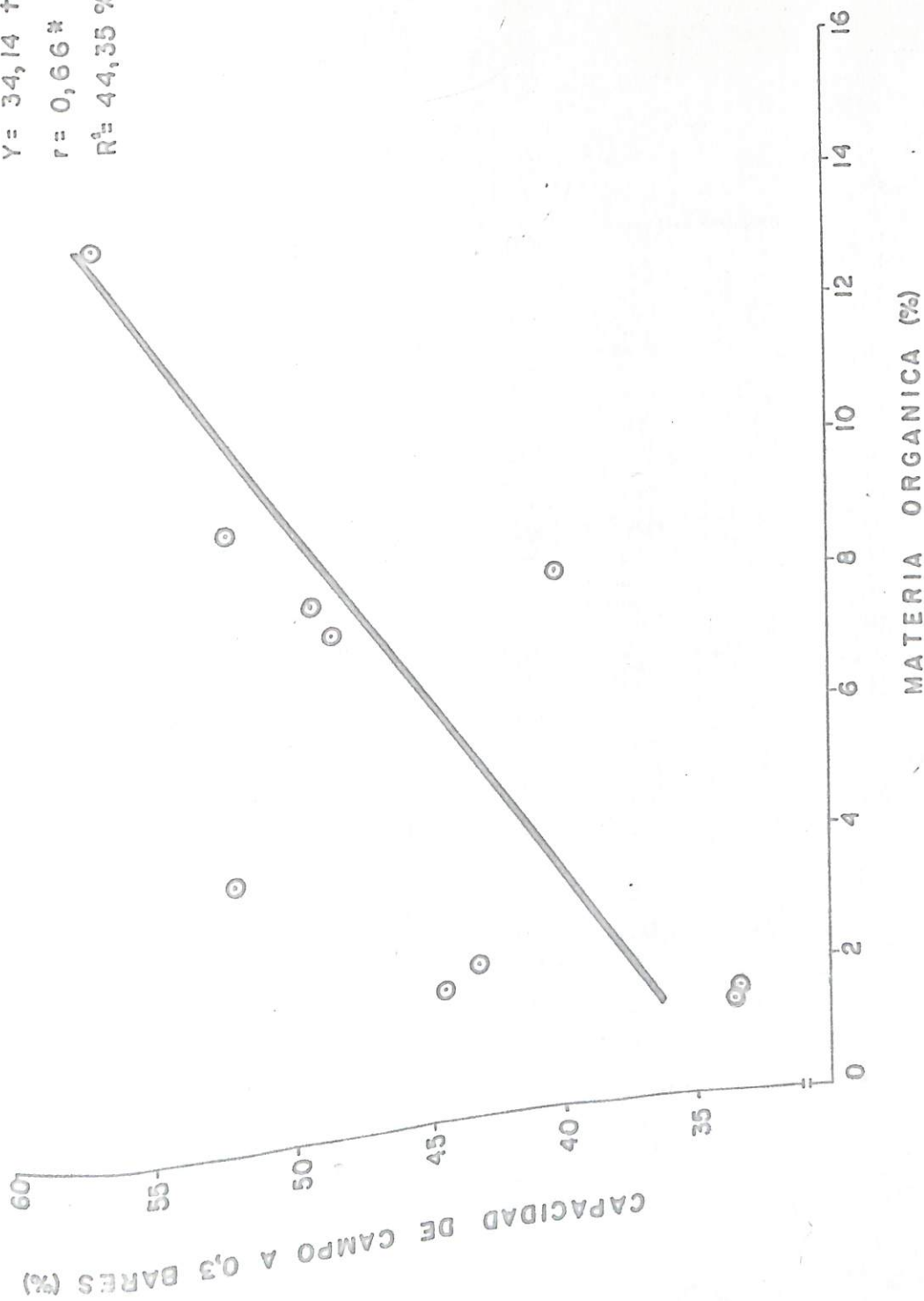


Fig. 10. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y LA CAPACIDAD DE CAMPO.

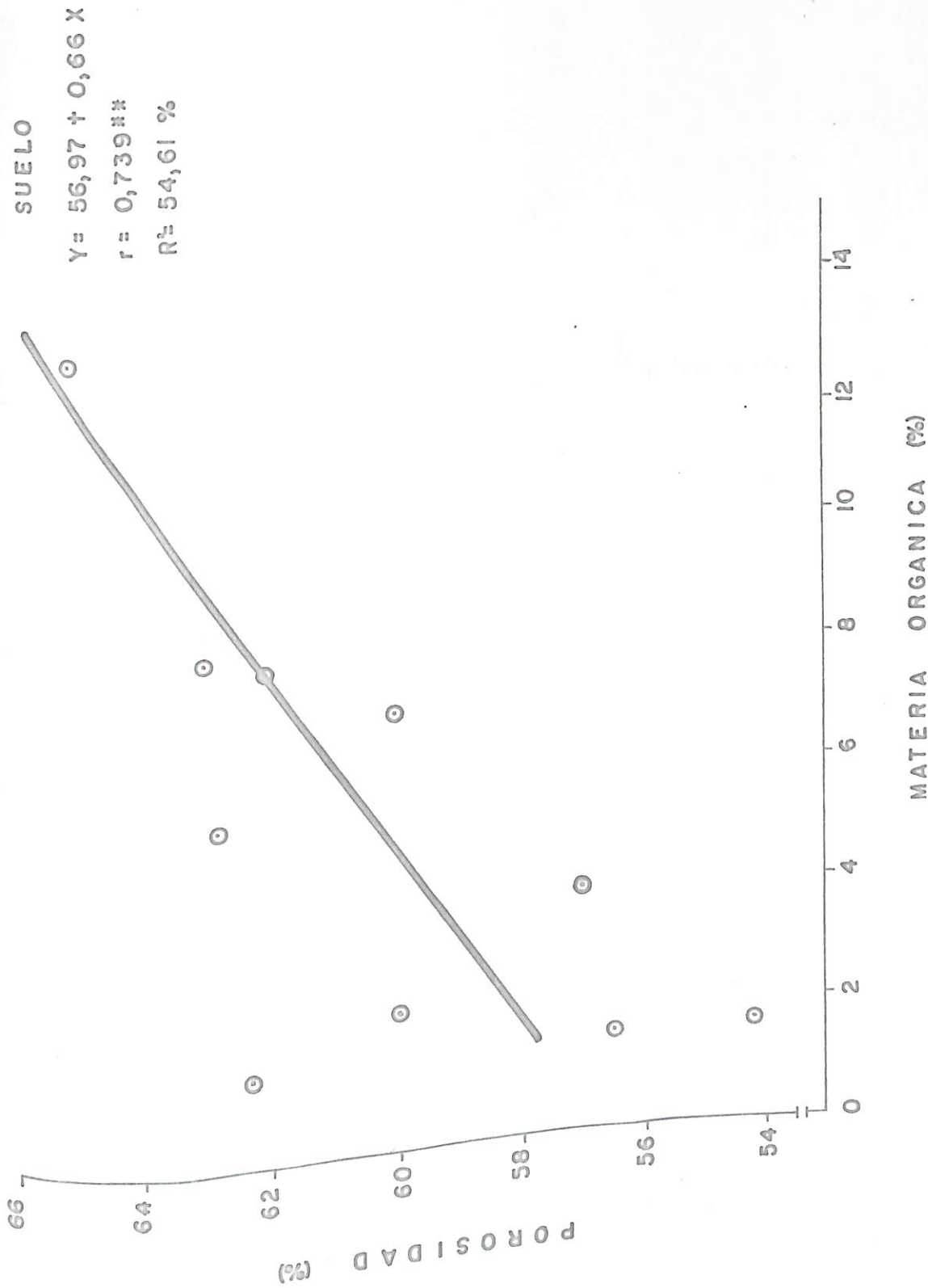


Fig. II. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y LA POROSIDAD TOTAL.

SUELO

$$Y = 26,59 + 1,70 X$$

$$r = 0,82 **$$

$$R^2 = 67,20 \%$$

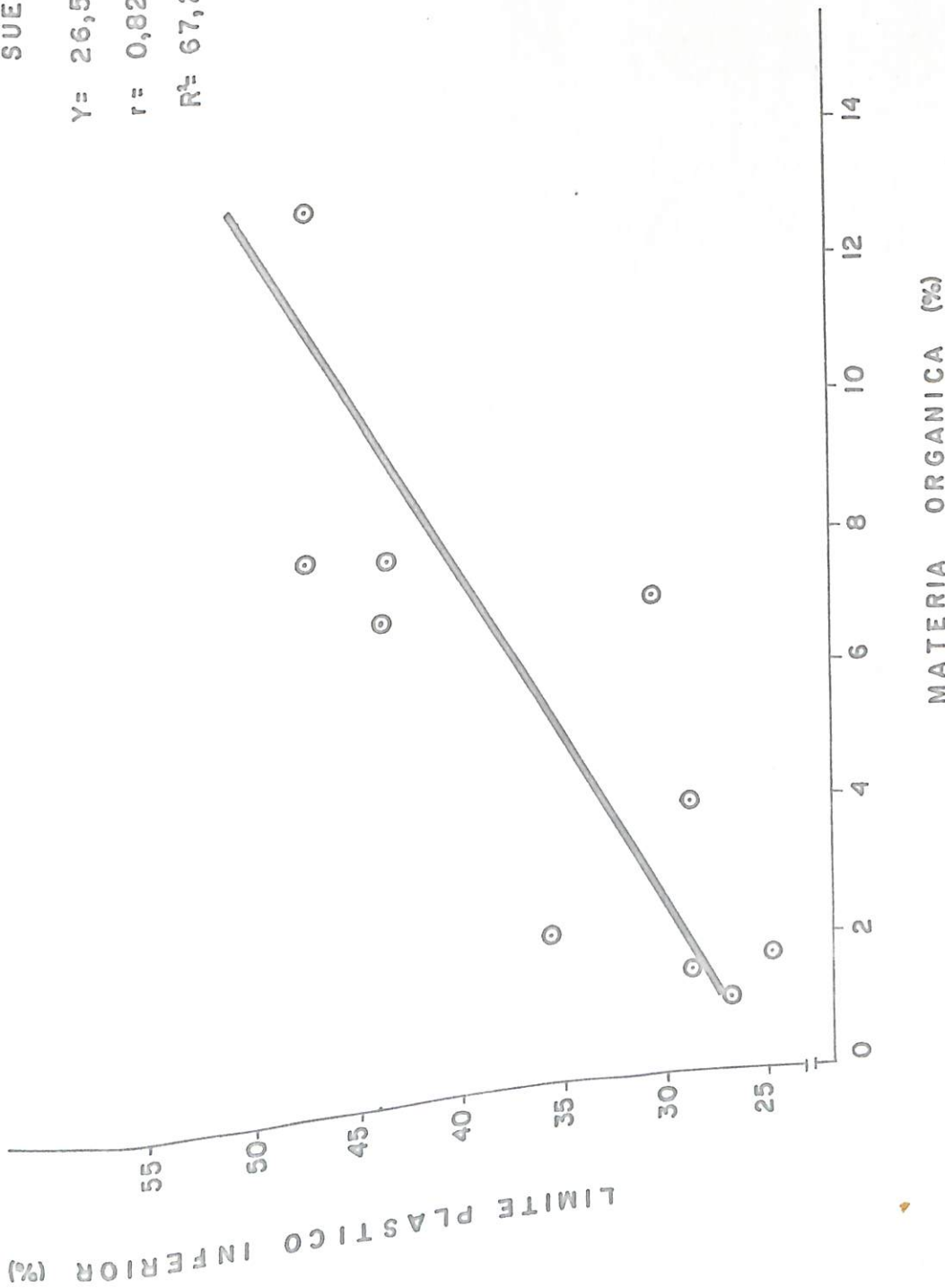


Fig. 12. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y EL LIMITE PLASTICO INFERIOR.

SUELO

$$Y = 1,06 - 0,013 X$$

$$r = -0,837 \text{ **}$$

$$R = 70,05 \%$$

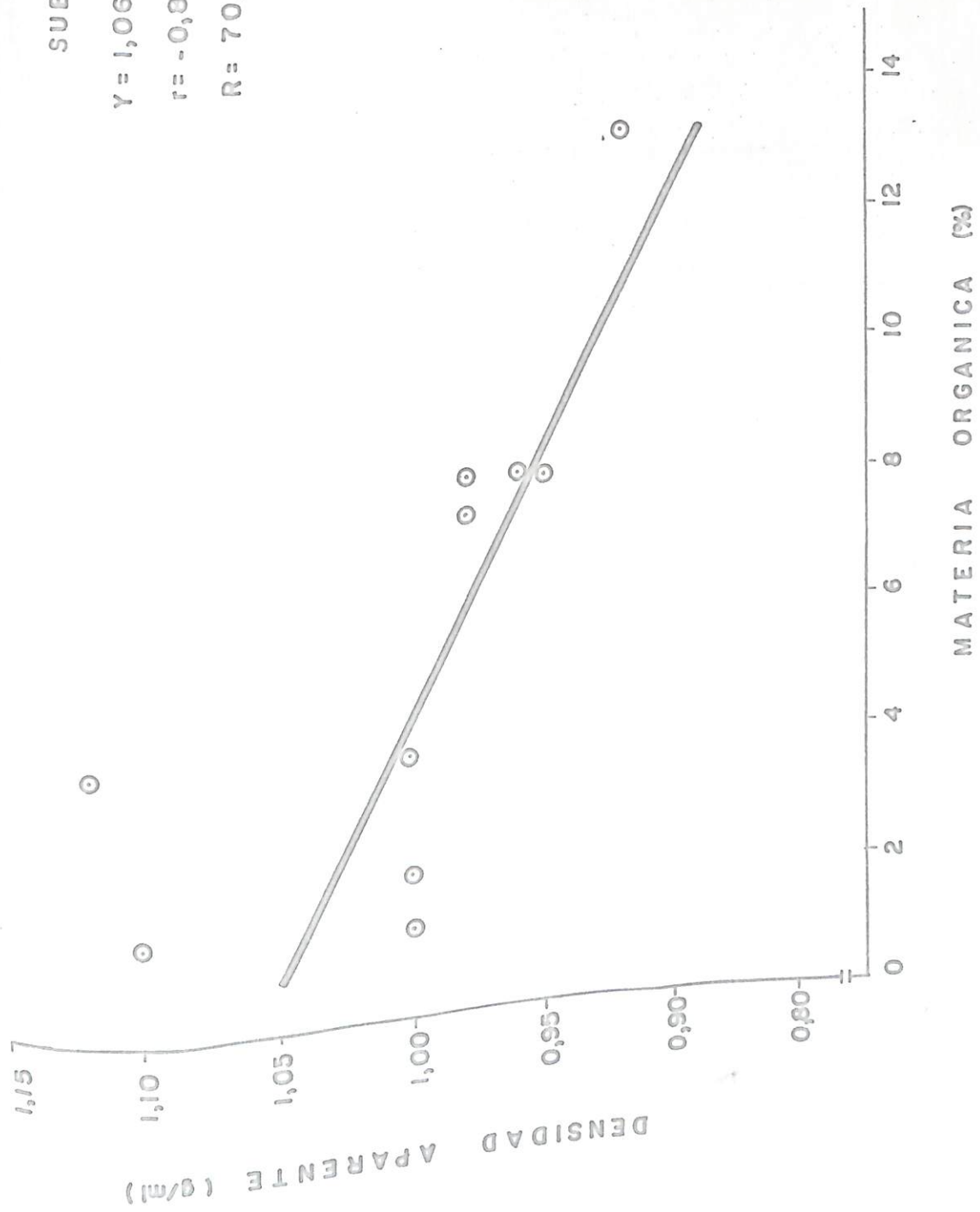


Fig. 13. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA Y LA DENSIDAD APARENTE.

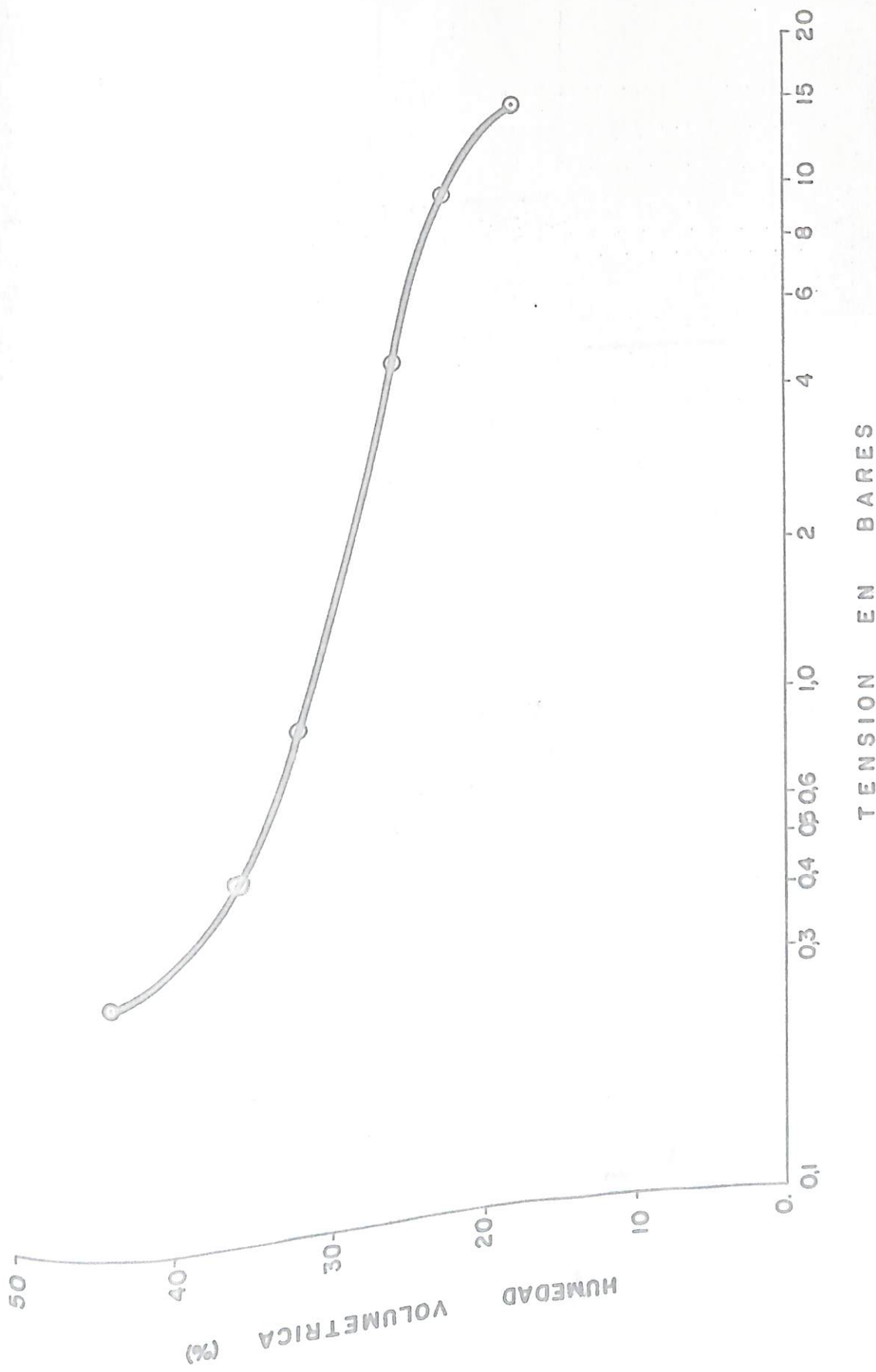


Fig. 14. CURVA DE RETENCION DE HUMEDAD DE LOS SUELOS DE BARBACOAS.

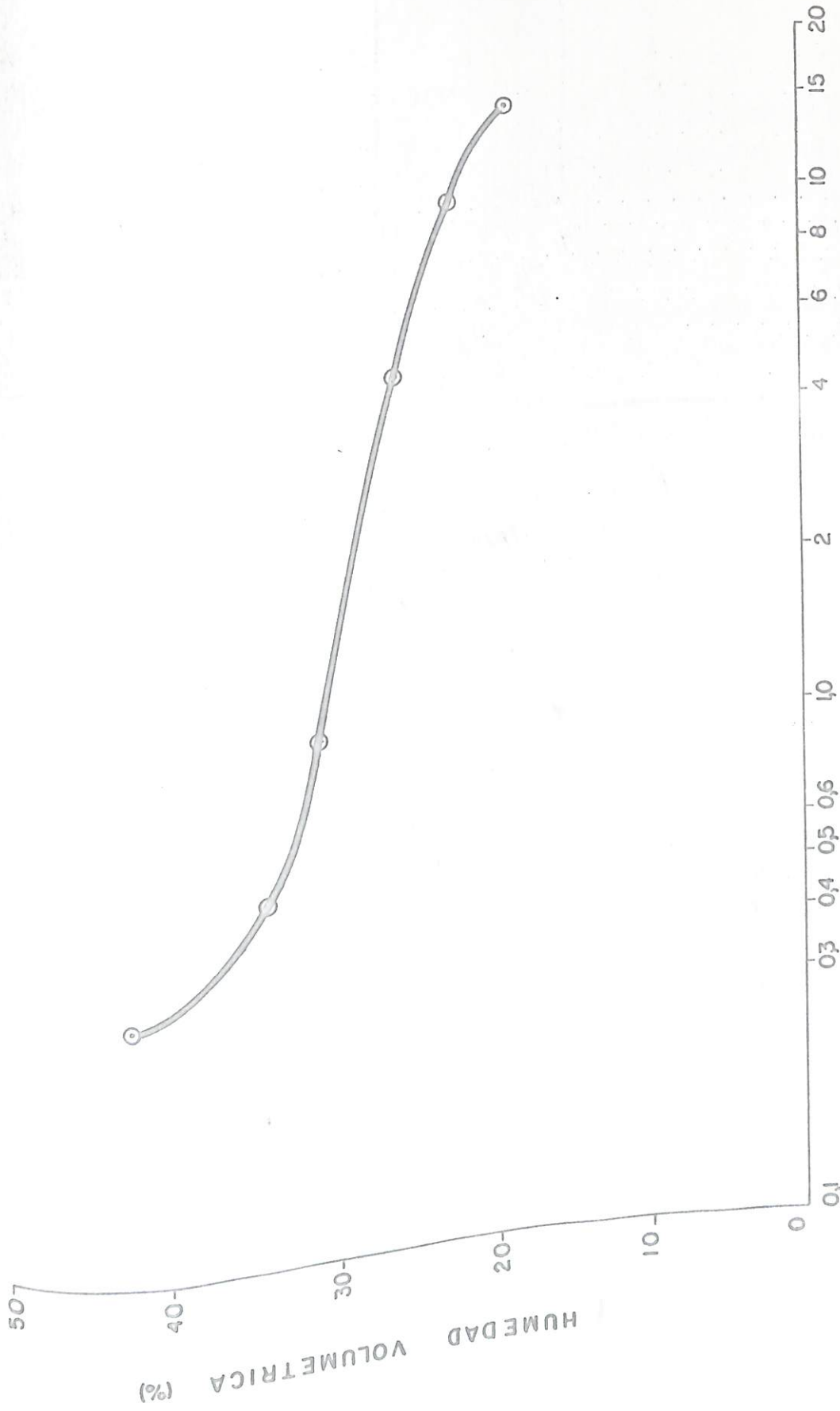


Fig. 15. CURVA DE RETENCION DE HUMEDAD DE LOS SUBSUELOS DE BARBACOAS.

## V. CONCLUSIONES

1. En los suelos estudiados predominan las arenas tanto en el suelo como en el subsuelo. Por su parte, los limos registraron valores intermedios y las arcillas presentan bajos contenidos. En general, sobresalen las texturas tipo franco arenosa.

2. El grado de agregación supera el 50% tanto para el suelo como para el subsuelo, lo cual puede ser favorable para el manejo de los suelos.

3. Los resultados obtenidos sobre la densidad aparente se acercan a la unidad y los valores de porosidad superan el 50%, valor que se considera adecuado para el desarrollo de las plantas.

4. Los valores del porcentaje de espacio aéreo son superiores al 10% en la mayoría de los suelos estudiados, el cual se considera como crítico para lograr un óptimo desarrollo radicular, excepto en tres sitios donde la reacción es deficiente.

5. Alrededor del 90% de los suelos son no plásticos.

6. Los valores de retención de humedad y de agua aprovechable pueden considerarse como normales, para el tipo de textura predominante en la región que es franco arenosa.

7. El contenido de materia orgánica, incidió sobre la plasticidad, capacidad de retención de humedad, porosidad y densidad aparente. Sobre las demás propiedades físicas no se detectó influjo estadísticamente.

8. La reacción del suelo (pH) se cataloga como ácida debido al lavado a que están sometidos los suelos.

## VI. RESUMEN

### DETERMINACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS EN SUELOS DE BARBACOAS, BARBACOAS, NARIÑO

En el presente trabajo se determinaron algunas propiedades físicas del suelo y subsuelo de la zona de Barbacoas.

Las propiedades físicas estudiadas fueron: textura, agregados estables al agua, porosidad, densidad aparente, densidad de las partículas, plasticidad, constantes de humedad, puntos de succión, humedad volumétrica, agua aprovechable, curvas de retención de agua, aireación, materia orgánica y pH.

Texturalmente predominan los suelos Francos, Franco arenosos, Franco arcillosos, Franco limosos, Franco arcilloso arenosos. Los valores promedios de los agregados estables al agua mayores de 2 mm fueron de 84,14% y 83,89% para el suelo y subsuelo respectivamente; la densidad de las partículas fue de 2,56 g/ml en el suelo y 2,59 g/ml para el subsuelo; la densidad aparente mostró promedios de 1,00 g/ml y 1,05 g/ml para el suelo y subsuelo, respectivamente; el índice de plasticidad dió un promedio de 15,36% y 13,26% para la primera y segunda capas; el espacio aéreo a 0,3 bares fue de 17,07% para el suelo y subsuelo de 16,92%; el promedio de porosidad en suelo y subsuelo a 15 bares 18,39% y 18,70% para el suelo y subsuelo, respectivamente; la retención de humedad a 0,3 bares de 43,52% y 39,87%; la retención de humedad a 15 bares 25,07% en el suelo y 22,70% para el subsuelo; materia orgánica 5,30% y 3,07% para el suelo y subsuelo, respectivamente y el pH 5,73 en la primera capa y 5,68 en la segunda capa.

## SUMMARY

### DETERMINATION OF SOME PHYSICAL PROPERTIES IN SOILS OF BARBACOAS, NARIÑO

Some physical properties of soil and subsoil of the Barbacoas zone were determined in the present work.

The studied physical properties were : texture, stability of water aggregates, porosity, bulk density, particle density, plasticity, moisture constants, suction points, volumetric moisture, available water, moisture retention curves, porous space, organic matter and pH.

In regards to texture, the soils were : Loam, Sandy-Loam, Claylike-Slime-Loam, Sandy-Claylike-Loam. Average values for stability of water aggregates greater than 2 mm were of 84,14 and 83,89 for the soil and subsoil layers, respectively; particle density averages were of 2,56 g/ml in the soil and 2,59 g/ml in the subsoil; bulk density showed averages 1,00 g/ml and 1,05 g/ml in the subsoil layers, respectively; the plasticity index showed 15,36% and 13,26% for the first and second layers; the mean air space at 0,3 bars was of 17,07% for soil and 16,92% for subsoil; porosity averages in soil and subsoil were 60,46% and 59,20% respectively; water retention at 0,3 bars was at 43,52% and 39,87%; at 15,0 bars it was at of 18,39% and 18,70% for soil and subsoil, respectively; available water level was 25,07% in the soil and 22,70% for the subsoil; organic matter values showed 5,30% and 3,07% for the soil and subsoil, respectively and the pH 5,73 in the first layer and 5,68 in the second layer.

19. FOTH, H. D. y C. MILLER. Fundamentos de la ciencia del suelo. México, Continental, 1961. 120 p.
20. FRANCO, F. H. Comperación de algunos métodos para determinar la estabilidad de los agregados al agua. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1965. 51 p.
21. GAVANDE, S. A. Física de suelos. México, Limusa-Wiley, 1972. 351 p.
22. GONZALEZ, O. S., R. R. GUERRERO y H. A. ARIAS. Propiedades físicas de algunos suelos de la Sabana de Túquerres, Nariño, Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) 4(2): 39-50. 1972.
23. GONZALEZ, M. A. Manual de laboratorio de suelos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1964. 96 p.
24. GRASSI, G. A. Manual de drenaje agrícola. Material de Enseñanza No. 63. Mérida, Venezuela, CIDIAT, 1969. 126 p.
25. GROSSE, E. Compilación de los estudios geológicos oficiales en Colombia. 1917 a 1933. Imprenta Nacional. Bogotá, 1935. 448 p.
26. GUERRERO, R. R. Conferencias de laboratorio de suelos. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1965, s.p.
27. KRAMER, J. P. Plant and soil water relationships. New York, McGraw-Hill, 1949. 437 p.
28. JIMENEZ, S. J. A. Mecánica del suelo y sus aplicaciones a la Ingeniería. Madrid. Edit. Dossat. 1964. 515 p.

29. LOPEZ, B. J. Propiedades físicas de algunos suelos volcánicos de Guachucal, Nariño, Colombia. Tesis. Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1972. 94 p.
30. MALAGON, D. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1970. 148 p.
31. MALHERBE, I. de V. Soil fertility. 3era. Ed. New York, Oxford. University Press. 1953. 16-61 p.
32. MAZURAK, et al. Water stability of aggregates from potato plots as affected by different rotative systems under irrigation in western Nebraska. Soil Science 18 : 1962. 243-247.p.
33. MELA, P. Tratado de edafología y sus distintas aplicaciones. 2a. ed. Zaragoza, Agrociencias, 1963. 615 p.
34. MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS. Laboratorio Nacional de Fomento Minero, Pasto, Informe 625 : Estudio Geológico del Departamento de Nariño. 1946. 56 p.
35. MIDOND, S. y S. SUTO. Studies on the soil structure. Nishigahara, Tokio, Nat. Inst. Agric. Sci. Series E-7. 1958. 121, 122 p.
36. PAZ, M. R. Estudio fisicoedáfico de la zona cafetera del Municipio de La Unión, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 97 p.
37. REY, C. H. Relación agua-suelo. In Riegos y Drenajes, Ed. C. Arjona, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia - ICA, 1971. 25 p.
38. SILVA, M. F. Métodos de análisis del laboratorio de suelos. Publicación IT-6. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1960. 38 p.

39. THOMPSON, L. M. El suelo y su fertilidad. Barcelona, Reverté, 1962.  
22-30 p.

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 1

Localización : Chafalote a 25 Km de Barbacoas, margen derecha río Tolimbi  
aguas abajo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco arenosa  
Estructura : Granular  
Consistencia: Blanda  
Color : 10 YR 5/6 (seco)  
10 YR 3/4 (húmedo)  
pH : 5,20

20 - 40

Textura : Franco arenosa  
Estructura : Pielita  
Consistencia: Blanda  
Color : 10 YR 6/4 (seco)  
10 YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,30

Horizonte (cm) :

Altura : 80 mms  
Drenaje externo : Regular  
Drenaje interno : Regular  
Uso actual : Arroz, natural  
Topografía : Plano

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 1

Localización : Chafalote a 25 Km de Barbacoas, margen derecha río Telembí  
aguas abajo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco arenosa  
Estructura : Granular  
Consistencia: Blanda  
Color : 10 YR 5/6 (seco)  
10 YR 3/4 (húmedo)  
pH : 5,20

20 - 40

Textura : Franco arenosa  
Estructura : Suelta  
Consistencia: Blanda  
Color : 10 YR 6/4 (seco)  
10 YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,30

Datos generales :

Altura : 80 msnm  
Drenaje externo : Regular  
Drenaje interno : Regular  
Uso actual : Arroz, natural  
Topografía : Plana

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 2

Localización : San José Km 20 de Barbacoas, margen derecha del río Telem  
bí, aguas abajo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco arenosa  
Estructura : Granular  
Consistencia : Friable  
Color : 10 YR 5/4 (seco)  
10 YR 3/4 (húmedo)  
pH : 5,30

20 - 40

Textura : Franco arenosa arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Friable  
Color : 10YR 6/4 (seco)  
10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,50

Datos generales :

Altura : 100 msnm  
Drenaje externo : Regular  
Drenaje interno : Regular  
Uso actual : Arroz  
Topografía : Plana

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 3

Localización : " La Humildad ". Km 12 desde Barbacoas, margen izquierda  
rio Telembí, aguas abajo.

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Suelta  
Color : 10 YR 4/4 (seco)  
10 YR 4/4 (húmedo)  
pH : 6,00

20 - 40

Textura : Franco arcillo arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Suelta  
Color : 10YR 5/4 (seco)  
10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,70

Datos generales : Altura : 100 msnm  
Drenaje externo : Malo  
Drenaje interno : Malo  
Uso actual : Arroz  
Topografía : Plana



DESCRIPCION DEL PERFIL No. 5

Localización : La Pampa 3 Km de Barbacoas, margen derecha del rio Telembí  
Aguas abajo

Horizonte (cm) :

0 - 25

Textura : Franco limoso  
Estructura : Blocosa  
Consistencia : Suave  
Color : 10YR 5/4 (seco)  
10YR 3/4 (húmedo)  
pH : 5,70

25 - 40

Textura : Franco  
Estructura : Blocosa  
Consistencia : Suave  
Color : 10YR 4/4 (seco)  
10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,30

Datos generales :

Altura : 130 msnm  
Drenaje externo : Malo  
Drenaje interno : Regular  
Uso actual : Plátanos, natural  
Topografía : Plana

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 6

Localización : Barbacoas  
Km de Barbacoas, margen izquierda río Toluca

Horizontes (cm) :

0 - 20

Textura : Franco arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Suelta  
Color : 10YR 5/4 (seco)  
10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 6,50

20 - 50

Textura : Franco arcillo arenoso  
Estructura : Suelta  
Consistencia : Blanda  
Color : 10YR 5/4 (seco)  
10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 6,60

Datos generales :

Altura : 150 msnm  
Drenaje externo : Regular  
Drenaje interno : Malo  
Uso actual : Plátano, natural  
Topografía : Plana

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 7

Localización : Punche 5 Km de Barbacoas, margen izquierda rio Telembi  
aguas arriba

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco  
Estructura : Granular  
Consistencia : Blanda  
Color : 10YR 5/4 (seco)  
10YR 3/4 (húmedo)  
pH : 6,30

20 - 40

Textura : Franco arcillo arenoso  
Estructura : Blocosa  
Consistencia : Dura  
Color : 10YR 5/4 (seco)  
10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,90

Datos generales :

Altura : 180 msnm  
Drenaje externo : Regular  
Drenaje interno : Regular  
Uso actual : Natural  
Topografía : Ondulada

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 8

Localización : Santo Domingo, Km 10 desde Barbacoas, margen derecha del  
rio Telembí, aguas arriba

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Friable  
Color : 10YR 5/4 (seco)  
          : 10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 6,30

20 - 40

Textura : Franco arenoso arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Friable  
Color : 10YR 5/4 (seco)  
          : 10YR 3/4 (húmedo)  
pH : 6,20

Datos generales :

Altura : 200 msnm  
Drenaje externo : Malo  
Drenaje interno : Malo  
Uso actual : Natural  
Topografía : Ondulada

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 9

Localización : Buenavista Km 30 carretera de Junín a Barbacoas, margen derecha

Horizonte (cm)

0 - 25

Textura : Franco arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Friable  
Color : 10YR 6/4 (seco)  
10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,20

25 - 35

Textura : Franco arcillo arenoso  
Estructura : Prismática  
Consistencia : Friable  
Color : 10YR 6/4 (seco)  
10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,40

Datos generales :

Altura : 300 msnm  
Drenaje externo : Lento  
Drenaje interno : Lento  
Uso actual : Natural  
Topografía : Ondulado

### DESCRIPCION DEL PERFIL No. 10

AGREGADOS ESTABLES AL AGUA MAYORES DE 2 mm. (SUELO)

Localización : Trampolín 8 Km de Barbacoas, margen derecha rio Guagüi,  
aguas abajo

Horizonte (cm) :  
0 - 25 : Textura : Franco arenoso  
Estructura : Blocosa  
Consistencia : Dura  
Color : 10YR 5/4 (seco)  
10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,10

25 - 40 : Textura : Franco arcilloso  
Estructura : Blocosa  
Consistencia : Dura  
Color : 10 YR 5/6 (seco)  
10YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,30

Datos generales : Altura : 150 msnm  
Drenaje externo : Lento  
Drenaje interno : Lento  
Uso actual : Natural  
Topografía : Plana

AGREGADOS ESTABLES AL AGUA MAYORES DE 2 mm (SUELO) (LO)

1. Promedio muestras del 1 al 6  $83,6 = 80,98$   
Promedio de muestras del 7 al 10  $= 88,88$   
Diferencias promedias  $= 0,5 = 7,90$

2.  $F_c = \frac{\text{Variación mayor}}{\text{Variación menor}} = \frac{72,49}{41,30} = 17,55$   $1,77$

3. Variación común  $= 60,79$

4. Desviación típica de la diferencia  $= 50,34$

5.  $T_c = \frac{7,90}{5,034} = 1,56$

6.  $T_c (1,56)$   $T_c (2,36)$  por lo tanto no hay diferencia  
Por lo tanto no hay superioridad de un tratamiento sobre otro.

AGREGADOS ESTABLES AL AGUA MAYORES DE 2 mm (SUBSUELO)

1. Promedio muestras 1 al 6 = 83,64

Promedio muestras 7 al 10 = 84,22

Diferencia promedios = 0,58

2.  $F_c = \frac{\text{Variancia mayor}}{\text{Variancia menor}} = \frac{192,58}{108,28} = 1,77$

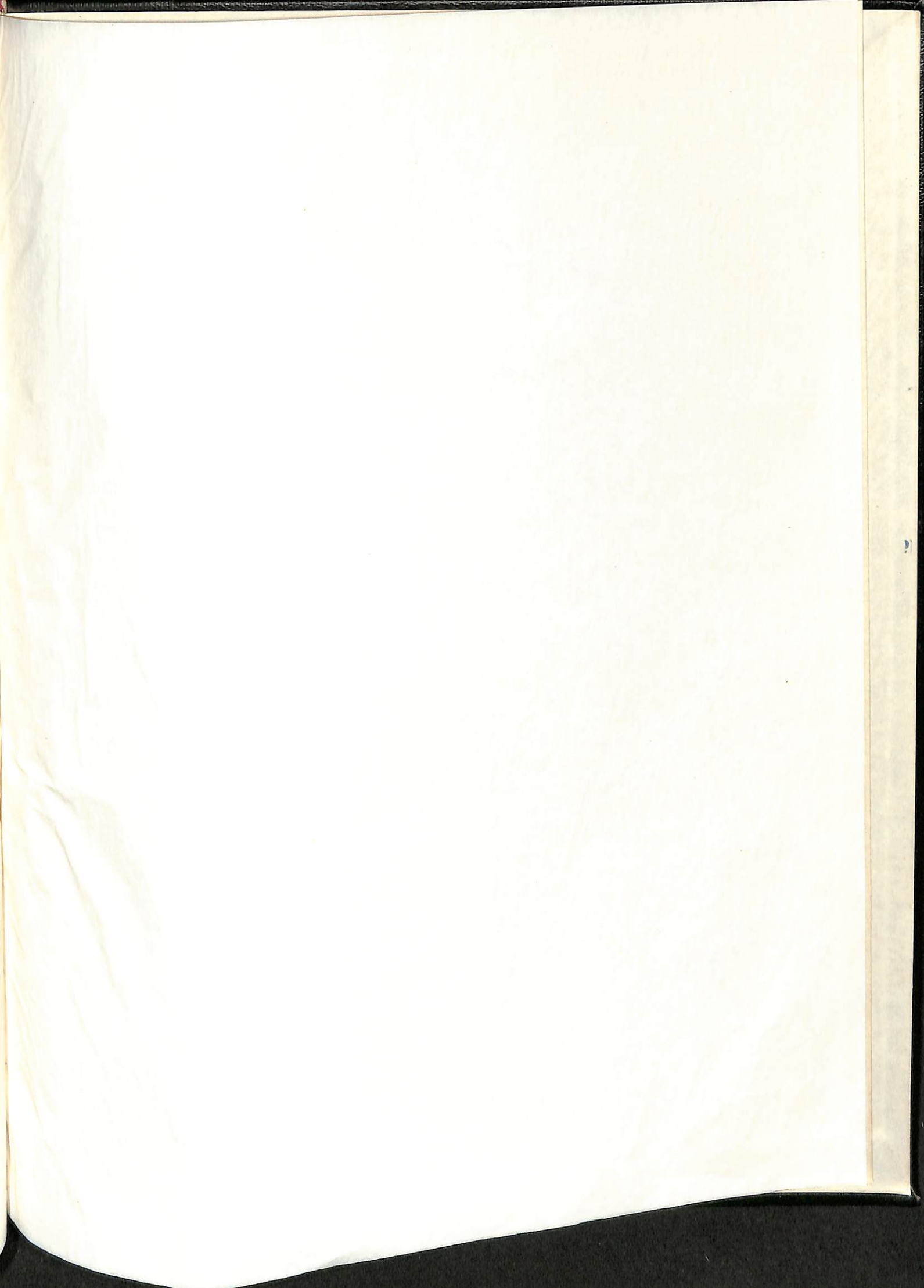
3. Variación común = 139,89

4. Desviación típica de las diferencias = 7,65

5.  $T_c = \frac{0,58}{7,63} = 0,076$

6.  $T_c(0,05) = T_c(0,076) \quad T_c(2,36)$

Por lo tanto no hay superioridad de un tratamiento sobre otro.



T  
AN  
631.43

16859

Ch535  
Ej.1

Chilanguad Narváez, Rodrigo  
Estudio de algunas propiedades  
físicas en suelos de.....

NOMBRE

Paola Andrea Maigal

Nº del Carnet

22071264

NOMBRE

Martha Noguera

Nº del Carnet

23108159

NOMBRE

Dra. Dora Bolívar G.

Nº del Carnet

24708215

NOMBRE

211281052

An

16859

T

631.43

Ch535

EJ. 1