

DETERMINACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS EN SUELOS  
DEL BAJO PUTUMAYO, COLOMBIA

Por

PLINIO PAZOS ROSERO  
LUIS EDUARDO VICUÑA DORADO

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  
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS  
UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PASTO - COLOMBIA  
1975

1  
AN  
631.43  
P348  
Ej. 1

A-00007

- 11 -

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS  
PASTO - COLOMBIA

No. 16853 Ej. 1  
Valor \$900 = Vol. \_\_\_\_\_  
Fecha VI-13-65 Don. \_\_\_\_\_  
Fact. Agronomia Canje \_\_\_\_\_  
Libreria Antor Cnrop. X

A NUESTROS PADRES

A NUESTROS PADRES  
" 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.

PLINIO PASTOS PASTOS



A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A MIS HERMANOS

DEDICO :

LEYES PLINIO PAZOS ROSERO

AGRADECIMIENTOS A :

LUIS BOCANEDA B., I.A., N. S.  
ANTONIO ARIAS H., I.A., N. S.  
ADEL E. GONZALEZ H., I.A., Ph. D.

A MIS PADRES

MIGUEL VIVEROS Z., I. A.

A AYDA

FRANKLIN A. PAZOS B., I. A.

A MI HIJO

MIGUEL BANCOS

A MIS HERMANOS

EDUARDO MIGUEL VICUÑA DORADO

LUIS AGUIRRE H.

Facultad de Ciencias Agrícolas, Universi-  
dad de Chile

DEDICO :

LUIS EDUARDO VICUÑA DORADO

Facultad de Ciencias Agrícolas de  
Chile, Universidad Nacional



# CONTENIDO

|                                                   | Pág. |
|---------------------------------------------------|------|
| I. INTRODUCCION . . . . .                         | 1    |
| II. REVISION DE LITERATURA . . . . .              | 2    |
| 2.1 RECONOCIMIENTOS A : . . . . .                 | 2    |
| 2.1.1 Situación geográfica . . . . .              | 2    |
| 2.1.2 Geología . . . . .                          | 2    |
| 2.1.3 Climatología . . . . .                      | 3    |
| 2.1.4 Suelos . . . . .                            | 3    |
| 2.1.5 Uso actual de la tierra . . . . .           | 4    |
| 2.2 Propiedades físicas . . . . .                 | 4    |
| 2.2.1 Textura . . . . .                           | 4    |
| 2.2.2 Agregados estables al agua . . . . .        | 5    |
| 2.2.3 Densidades y porosidad . . . . .            | 6    |
| 2.2.4 Plasticidad . . . . .                       | 7    |
| 2.2.5 Capacidad de retención de humedad . . . . . | 8    |
| 2.2.6 Materia orgánica . . . . .                  | 10   |
| III. MATERIALES Y METODOS . . . . .               | 10   |
| 3.1 Muestreo . . . . .                            | 10   |
| 3.2 Análisis de laboratorio . . . . .             | 10   |
| 3.2.1 Textura . . . . .                           | 13   |
| 3.2.2 Agregados estables al agua . . . . .        | 13   |
| 3.2.3 Porosidad . . . . .                         | 13   |
| 3.2.4 Densidad aparente . . . . .                 | 13   |
| 3.2.5 Densidad real . . . . .                     | 14   |
| 3.2.6 Límite plástico superior . . . . .          | 14   |
| 3.2.7 Límite plástico inferior . . . . .          | 14   |
| 3.2.8 Índice de plasticidad . . . . .             | 14   |
| 3.2.9 Constantes de humedad . . . . .             | 14   |



# CONTENIDO

|                                         | Pág. |
|-----------------------------------------|------|
| I. INTRODUCCION                         | 1    |
| II. REVISION DE LITERATURA              | 2    |
| 2.1 Generalidades                       | 2    |
| 2.1.1 Situación geográfica              | 2    |
| 2.1.2 Geología                          | 3    |
| 2.1.3 Climatología                      | 3    |
| 2.1.4 Suelos                            | 4    |
| 2.1.5 Uso actual de la tierra           | 4    |
| 2.2 Propiedades físicas                 | 4    |
| 2.2.1 Textura                           | 5    |
| 2.2.2 Agregados estables al agua        | 6    |
| 2.2.3 Densidades y porosidad            | 7    |
| 2.2.4 Plasticidad                       | 8    |
| 2.2.5 Capacidad de retención de humedad | 8    |
| 2.2.6 Materia orgánica                  | 10   |
| III. MATERIALES Y METODOS               | 10   |
| 3.1 Muestreo                            | 10   |
| 3.2 Análisis de laboratorio             | 13   |
| 3.2.1 Textura                           | 13   |
| 3.2.2 Agregados estables al agua        | 13   |
| 3.2.3 Porosidad                         | 13   |
| 3.2.4 Densidad aparente                 | 13   |
| 3.2.5 Densidad real                     | 14   |
| 3.2.6 Límite plástico superior          | 14   |
| 3.2.7 Límite plástico inferior          | 14   |
| 3.2.8 Índice de plasticidad             | 14   |
| 3.2.9 Constantes de humedad             | 14   |



TABLAS

Pag.

Pag.

|                                         |                                              |       |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-------|
|                                         | 3.2.9.1 Coeficiente higroscópico . . . . .   | 14    |
| Y. Análisis                             | 3.2.9.2 Punto de marchitamiento . . . . .    | 28 14 |
|                                         | 3.2.9.3 Equivalente de humedad . . . . .     | 29 14 |
| VI. Análisis                            | 3.2.9.4 Capacidad de campo . . . . .         | 30 14 |
|                                         | 3.2.9.5 Punto de saturación . . . . .        | 31 15 |
| III. Agregados estables al agua (suelo) |                                              | 31    |
| IV. Agregados estables al agua (suelo)  | 3.2.10 Puntos de succión . . . . .           | 15    |
|                                         | 3.2.11 Humedad volumétrica . . . . .         | 15    |
|                                         | 3.2.12 Espacio aéreo . . . . .               | 32 15 |
|                                         | 3.2.13 Agua aprovechable . . . . .           | 15    |
|                                         | 3.2.14 Curvas de retención de agua . . . . . | 33 15 |
|                                         | 3.2.15 Materia orgánica . . . . .            | 16    |
|                                         | 3.2.16 Reacción del suelo (pH) . . . . .     | 16    |
|                                         | 3.2.17 Agua aprovechable . . . . .           | 34 16 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION              |                                              | 17    |
|                                         | 4.1 Textura . . . . .                        | 17    |
|                                         | 4.2 Agregados estables al agua . . . . .     | 19    |
|                                         | 4.3 Densidades y porosidad . . . . .         | 36 20 |
|                                         | 4.4 Espacio aéreo . . . . .                  | 22    |
|                                         | 4.5 Plasticidad . . . . .                    | 22    |
|                                         | 4.6 Retención de humedad . . . . .           | 24    |
|                                         | 4.7 Materia orgánica . . . . .               | 26    |
| V. CONCLUSIONES                         |                                              | 81    |
| VI. RESUMEN                             |                                              | 83    |
|                                         | SUMMARY . . . . .                            | 84    |
| VII. BIBLIOGRAFIA                       |                                              | 85    |
|                                         | APENDICE . . . . .                           | 90    |



TABLAS

|                                                                                                                                         | Pag. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 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 las partículas, densidad aparente y porosidad total (suelo) . . . . .                                              | 32   |
| TABLA VI. Densidad de las partículas, densidad aparente y porosidad total (subsuelo) . . . . .                                          | 33   |
| TABLA VII. Límite de plasticidad y sus correspondientes índices expresados en porcentajes de humedad gravimétrica (suelo) . . . . .     | 34   |
| TABLA VIII. Límite de plasticidad y sus correspondientes índices expresados en porcentajes de humedad gravimétrica (subsuelo) . . . . . | 35   |
| TABLA IX. Puntos críticos de humedad (suelo) . . . . .                                                                                  | 36   |
| TABLA X. Puntos críticos de humedad (subsuelo) . . . . .                                                                                | 37   |
| TABLA XI. Valores de retención de agua a diferentes tensiones expresadas en porcentajes de humedad gravimétrica (suelo) . . . . .       | 38   |
| TABLA XII. Valores de retención de agua a diferentes tensiones expresadas en porcentajes de humedad gravimétrica (subsuelo) . . . . .   | 39   |
| TABLA XIII. Valores de retención de agua a diferentes tensiones expresadas en porcentajes de humedad volumétrica (suelo) . . . . .      | 40   |



ILUSTRACIONES

|                                                                                                                                      | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLA XIV. Valores de retención de agua a diferentes tensiones expresadas en porcentajes de humedad volumétrica (subsuelo) . . . . . | 41   |
| FIGURA 1. Mapa del S.N. de estudio y localización de los sitios . . . . .                                                            | 42   |
| TABLA XV. Materia orgánica y pH (Suelo) . . . . .                                                                                    | 43   |
| FIGURA 2. Relación entre el contenido de arcilla y las propiedades físicas (subsuelo) . . . . .                                      | 44   |
| TABLA XVI. Materia orgánica y pH (subsuelo) . . . . .                                                                                | 45   |
| FIGURA 3. Relación entre el contenido de arcilla y la capacidad de campo a 0,3 bares (suelo) . . . . .                               | 46   |
| TABLA XVII. Agua aprovechable (AA) (suelo) . . . . .                                                                                 | 47   |
| FIGURA 4. Relación entre el contenido de arcilla y la capacidad de campo a 0,3 bares (subsuelo) . . . . .                            | 48   |
| TABLA XVIII. Agua aprovechable (AA) (subsuelo) . . . . .                                                                             | 49   |
| FIGURA 5. Relación entre el contenido de arcilla y la capacidad de campo a 0,3 bares (suelo y subsuelo) . . . . .                    | 50   |
| TABLA XIX. Valores de espacio aéreo a 0,3 bares (suelo y subsuelo) . . . . .                                                         | 51   |
| FIGURA 6. Relación entre la densidad aparente y la capacidad de campo a 0,3 bares (suelo) . . . . .                                  | 52   |
| TABLA XX. Resultados máximos, promedios y mínimos de las propiedades físicas estudiadas (suelo) . . . . .                            | 53   |
| FIGURA 7. Relación entre la densidad aparente y la capacidad de campo a 0,3 bares (subsuelo) . . . . .                               | 54   |
| TABLA XXI. Resultados máximos, promedios y mínimos de las propiedades físicas estudiadas (subsuelo) . . . . .                        | 55   |
| FIGURA 8. Relación entre la densidad aparente y la capacidad de campo a 0,3 bares (suelo y subsuelo) . . . . .                       | 56   |
| TABLA XXII. Relación entre algunas propiedades físicas (suelo) . . . . .                                                             | 57   |
| FIGURA 9. Relación entre la densidad aparente y la capacidad de campo a 0,3 bares (subsuelo) . . . . .                               | 58   |
| TABLA XXIII. Relación entre algunas propiedades físicas (subsuelo) . . . . .                                                         | 59   |
| FIGURA 10. Relación entre la densidad aparente y la capacidad de campo a 0,3 bares (suelo y subsuelo) . . . . .                      | 60   |
| TABLA XXIV. Medidas de dispersión (suelo) . . . . .                                                                                  | 61   |
| FIGURA 11. Relación entre la densidad aparente y la capacidad de campo a 0,3 bares (subsuelo) . . . . .                              | 62   |
| TABLA XXV. Medidas de dispersión (subsuelo) . . . . .                                                                                | 63   |
| FIGURA 12. Relación entre la densidad aparente y la capacidad de campo a 0,3 bares (suelo y subsuelo) . . . . .                      | 64   |
| TABLA XXVI. Medidas de variabilidad (suelo) . . . . .                                                                                | 65   |
| FIGURA 13. Relación entre la densidad aparente y la capacidad de campo a 0,3 bares (subsuelo) . . . . .                              | 66   |
| TABLA XXVII. Medidas de variabilidad (subsuelo) . . . . .                                                                            | 67   |
| FIGURA 14. Relación entre el contenido de arcilla y la densidad aparente (suelo) . . . . .                                           | 68   |



ILUSTRACIONES

|                                                                                                            | Pag. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| FIGURA 13. Relación entre el contenido de arcilla y el límite plástico superior (suelo) . . . . .          | 73   |
| FIGURA 1. Localización del área de estudio . . . . .                                                       | 11   |
| FIGURA 2. Mapa del área de estudio y localización de los sitios de muestreo . . . . .                      | 12   |
| FIGURA 3. Relación entre el contenido de arcilla y los agregados mayores de 2 mm (subsuelo) . . . . .      | 63   |
| FIGURA 4. Relación entre el contenido de arcilla y la capacidad de campo a 0,3 bares (suelo) . . . . .     | 64   |
| FIGURA 5. Relación entre el contenido de arcilla y la capacidad de campo a 0,3 bares (subsuelo) . . . . .  | 65   |
| FIGURA 6. Relación entre la densidad aparente y la capacidad de campo a 0,3 bares (suelo) . . . . .        | 66   |
| FIGURA 7. Relación entre la densidad aparente y la capacidad de campo a 0,3 bares (subsuelo) . . . . .     | 67   |
| FIGURA 8. Relación entre la capacidad a 0,3 bares y la humedad equivalente (suelo) . . . . .               | 68   |
| FIGURA 9. Relación entre la capacidad de campo a 0,3 bares y la humedad equivalente (subsuelo) . . . . .   | 69   |
| FIGURA 10. Relación entre la capacidad de campo a 0,3 bares y el espacio aéreo (suelo) . . . . .           | 70   |
| FIGURA 11. Relación entre la capacidad de campo a 0,3 bares y el espacio aéreo (subsuelo) . . . . .        | 71   |
| FIGURA 12. Relación entre el contenido de materia orgánica y la densidad aparente (suelo) . . . . .        | 72   |
| FIGURA 13. Relación entre el contenido de materia orgánica y el límite plástico superior (suelo) . . . . . | 73   |
| FIGURA 14. Relación entre el contenido de arcilla y la densidad aparente (suelo) . . . . .                 | 74   |



DETERMINACIONES DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS EN SUELOS  
DEL BAJO PUTUMAYO, COLOMBIA (\*)

Pag.

FIGURA 15. Relación entre el contenido de arcilla y el límite plástico inferior (suelo) . . . . . 75

FIGURA 16. Relación entre el contenido de arcilla y el índice de plasticidad (suelo) . . . . . 76

FIGURA 17. Relación entre el contenido de arcilla y el índice de plasticidad (subsuelo) . . . . . 77

FIGURA 18. Relación entre el contenido de arcillas y el punto de marchitamiento (suelo) . . . . . 78

FIGURA 19. Curva de retención de humedad de los suelos del Bajo Putumayo . . . . . 79

FIGURA 20. Curva de retención de humedad de los subsuelos del Bajo Putumayo . . . . . 80

Las propiedades físicas de los suelos, en conjunto, son importantes para caracterizar, identificar y clasificar un suelo, sino que están estrechamente relacionadas, tanto con su capacidad para producir cosechas, como con las técnicas más adecuadas para su manejo, fertilización, laboreo, enmiendas, drenaje, riego y conservación.

Los datos obtenidos en el presente estudio son de gran utilidad para el conocimiento de los suelos agrícolas del Bajo Putumayo, ya que son suelos con un manejo de los suelos agrícolas de elevados porcentajes de un futuro agrícola y pecuario de elevados porcentajes.

En el programa nacional de suelos, que lleva adelante la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Maribó, aún se existe un estudio sobre el aspecto físico de los suelos del Bajo Putumayo. Teniendo en cuenta esta consideración, se realizó el presente trabajo, cuyos objetivos fueron de determinar algunas propiedades físicas.

(\*) Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Lucía Legarda Burbano I.A., H. S.



# DETERMINACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS EN SUELOS DEL BAJO PUTUMAYO, COLOMBIA (1)

## 2.1 Generalidades

### 2.1.1 Situación geográfica Por

La región objeto del presente estudio está situada al Nor-  
este de la Intendencia Nacional del Putumayo, en el extremo Sur-central de  
Colombia, entre las localidades de Neón y Puerto Asís (30).  
Geográficamente, la zona se localiza al Occidente del Meri-  
diano de Greenwich, entre  $9^{\circ} 30'$  de latitud norte y  $76^{\circ} 25'$  a  $76^{\circ} 40'$  de lon-  
gitud (30).

PLINIO PAZOS ROSERO  
LUIS EDUARDO VICUNA DORADO

## 1. INTRODUCCION

La superficie total de la Intendencia Nacional del Putumayo  
es de 23.870 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 2,2% de la superficie colombiana y está pobla-  
da por 27.114 habitantes (30).  
Las propiedades físicas de los suelos, no solamente son importantes para  
caracterizar, identificar y clasificar un suelo, sino que están estrechamente  
relacionadas, tanto con su capacidad para producir cosechas, como con las téc-  
nicas más adecuadas para su manejo, fertilización, laboreo, enmiendas, drena-  
je, riego y conservación.

Los datos obtenidos en el presente estudio son de gran utilidad para el  
correcto manejo de los suelos tropicales del Bajo Putumayo, ya que son suelos  
de un futuro agrícola y pecuario de elevadas proporciones.

En el programa general de suelos, que lleva adelante la Facultad de  
Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, aun no existe un estudio so-  
bre el aspecto físico de los suelos del Bajo Putumayo. Teniendo en cuenta  
esta consideración, se realizó el presente trabajo, cuyos objetivos fueron de  
terminar algunas propiedades físicas.

(1) 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. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades

#### 2.1.1 Situación geográfica

##### 2.1.1.3 Climatología

La región objeto del presente estudio está situada al Nor-este de la Intendencia Nacional del Putumayo en el extremo Sur-central de Colombia, entre las localidades de Mocos y Puerto Asís (30).

Geográficamente, la zona se localiza al Occidente del Meri- diano de Greenwich, entre  $0^{\circ} 30'$  de latitud norte y  $76^{\circ} 25'$  a  $76^{\circ} 40'$  de lon- gitud (30).

Predominan las temperaturas elevadas cuyas medias mensuales oscilan entre  $25^{\circ}$  y  $28^{\circ}\text{C}$  y las lluvias varían entre 22 y 32% (28). La superficie total de la Intendencia Nacional del Putuma- yo es de  $25.370 \text{ Km}^2$ , o sea el 2,2% de la superficie colombiana y está pobla- da por 77.114 habitantes (30).

#### 2.1.2 Geología

Estudios realizados por Royo y Gómez (31) sobre esta región indican que el Cretácico está bien representado en el Valle de Mocos, forman- do la loma o sierra de Churumbelo divisoria con el Caquetá e integrada por calizas gris negruzcas bituminosas sobre las cuales vienen arcillas pizarro- sas y esquistos arcillo-negruscos con lachos de lidita. En este conjunto se intercalan bancos de areniscas con vetas delgadas, irregulares e inconstan- tes de carbón que afloran desde la confluencia del Runiyaco con el Mocos hasta el mismo Urcusiquo. En cuanto al Terciario se observan formaciones en contacto con el Cretácico y terrenos antiguos, integrados por pudingas con cantos de cuarzo y liditas, principalmente areniscas, arcillas y gredas grises, muy rojizas y abigarradas.

El mismo autor indica que desde Villagarrón hacia el Sur, ya en plena planicie selvática, cuando aparecen los materiales del subsuelo,



bien en las lomas o en los cauces fluviales, se ven arcillas y gradas abigarradas y hasta algo rojizas pero en especial areniscas más o menos sueltas de color pardo, que parecen pertenecer ya de un modo franco a una formación más moderada en el Terciario.

### 2.1.3 Climatología

La región del Bajo Putumayo, según Idarraga (22), pertenece al piso térmico cálido, posee una altitud entre los 200 y 800 msnm e incluye varias poblaciones como Mocoa, El Pepino, Villagarzón, Puerto Limón, Puerto Umbria y Puerto Asís.

Predominan las temperaturas elevadas cuyas medias mensuales oscilan entre 25 y 28°C y las extremas medias entre 22 y 32°C (28).

Se caracteriza por la abundancia de lluvias durante la mayor parte del año. La precipitación media anual es de 4.212 mm. La humedad relativa media anual es de 76%. Los vientos predominantes en la zona son los alisios degradados (22).

### 2.1.4 Suelos

Según Idarraga (22), los suelos predominantes en la zona son los característicos del trópico húmedo, o sea los típicos de la Zona Ecuatorial. Se caracterizan por la acidez, lo cual se acentúa por la destrucción rápida de los residuos orgánicos. Suelos de origen aluvial predominan en las orillas de los ríos Caquetá, Putumayo y Guamués, los cuales poseen gran fertilidad.

De acuerdo a Matta y Palacios (28) los suelos estudiados se pueden clasificar dentro del orden Oxisoles, en el Sistema 7a. aproximación.



## 2.1.5 Uso actual de la tierra en elevadas alturas y moderada pluviosidad

La región comprendida entre Mocoa y Puerto Asís, tiene una extensión aproximada de 20.000 hectáreas, y cuya distribución es : 80% ocupado por la zona amazónica, 15% ocupado por praderas y 5% ocupado por cultivos en pequeñas parcelas establecidas por colonos en terrenos que se encuentran en vía de desarrollo. El arroz alcanza su mayor producción en las zonas de Puerto Umbria, Puerto Caycedo y Puerto Asís. La caña de azúcar en los alrededores de Mocoa, el maíz amarillo, común o criollo y el indio en la llanura amazónica, el plátano y la yuca, a lo largo de la carretera Mocoa-Puerto Asís; en cuanto a pastos se tiene variedades que se adaptan muy bien, como el puntero, angletón, micay, pará, elefante y pangola (22).

En el Bajo Putumayo, existen importantes núcleos de ganado de carne. Idárraga (22) manifiesta que la ganadería del Putumayo es una industria en formación, pero a pesar de esto, representa uno de los renglones principales de economía de la región.

## 2.2 Propiedades físicas

### 2.2.1 Textura

La textura tiene influencia en la velocidad de las transformaciones químicas, en la aireación y especialmente en el movimiento del agua (10, 18).

Las arenas en su composición química tienen gran porcentaje de cuarzo, por lo cual tienen escaso poder de retención de agua, baja cohesión y plasticidad casi nula. Los limos están formados de cuarzo y feldespatos pero en menor porcentaje que en las arenas, lo cual les da una mayor capacidad de retención de agua y mayor plasticidad que éstas, pero menor que las arcillas. Las arcillas debido a su estado coloidal, tienen un volumen expansible y debido a esto absorben grandes cantidades de agua, tienen



propiedades adhesivas muy notables, tienen elevada cohesión y moderada plasticidad (10, 18).

### 2.2.2 Agregados estables al agua

Los suelos tienen la propiedad de agregación, por medio de la cual se agrupan las partículas por procesos de aglutinación; estos grupos de partículas llamados agregados, tienen características definidas que influyen en el comportamiento del suelo; entre ellas es importante la estabilidad al agua, que se define como la capacidad que tiene el suelo para mantener unidas sus partículas, para asegurar el sostenimiento de las plantas (17).

El material coloidal del suelo es responsable de la cementación de las partículas primarias y la formación de agregados no puede realizarse en arenas en ausencia de coloide. El material coloidal se divide en diversos grupos de acuerdo al proceso de cementación:

- partículas de arcillas en sí mismas
- óxidos de hierro o aluminio, que constituyen el material coloidal irreversible o lentamente irreversible
- los coloides orgánicos (6)

Según Thompson (34) hay dos mecanismos de agregación: biológicos y químicos. En los biológicos influye la actividad de los microorganismos y las diferentes uniones entre partículas de arcilla con compuestos orgánicos; en los químicos se considera las uniones de arcillas entre sí. Además, de los mecanismos anteriores, hay otros productos que se pueden considerar como agentes de agregación, tales como los compuestos de hierro, carbonato de calcio y los acondicionadores químicos.

La formación de agregados estables requiere que las partículas primarias estén firmemente unidas entre sí a fin de no dispersarse en el agua. Desde el punto de vista de la estructura del suelo, la formación de agregados requiere que las partículas floculadas estén cementadas entre sí (6).



Según Thompson (34), los agregados que son estables al agua, permiten una gran capacidad de adsorción de ella y gran resistencia a la erosión.

La agregación del suelo es una propiedad física que afecta el comportamiento del suelo relacionado a la absorción y ascensión del agua y penetración de las raíces (10).

### 2.2.3 Densidades y porosidad

La porosidad es una de las propiedades físicas del suelo que más directamente conlleva a la relación constitución física-productividad, puesto que de ella depende la disponibilidad del aire en el sistema radicular de la planta, factor vital en el desarrollo de la misma (21).

Los espacios porosos desempeñan ciertas funciones así :

Los poros grandes tienen una función asociada con la aireación y la infiltración. Los poros medianos son utilizados para la conducción del agua, mientras que los poros pequeños almacenan agua aprovechable para la planta (6).

La proporción del espacio poroso de un suelo, depende de la proporción en que las partículas primarias están unidas formando partículas complejas o grumos. Esta posibilidad es mayor en los suelos que tienen grandes cantidades de arcilla y/o de materia orgánica y menor en arenas y/o gravas (10).

Debido a que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de las partículas. Debido a esto, los suelos superficiales poseen generalmente una mayor densidad (10). Según Israelsen y Hansen (23), la densidad aparente del suelo está influenciada por el arreglo de sus partículas, por su textura y compactibilidad. Además, uno de los factores que afectan la densidad aparente es



el contenido de materia orgánica; si su nivel disminuye, la densidad aparente aumenta, porque disminuyen los espacios porosos.

Buckman y Brady (10) dicen que los suelos que son sueltos y porosos poseen densidades aparentes bajas, mientras que los suelos con partículas de arena, que están en estrecho contacto, poseen altos valores. La poca cantidad de materia orgánica contenida en los suelos arenosos favorece a sus altas densidades aparentes.

El laboreo de la maquinaria puede elevar significativamente el valor de la densidad aparente y bajar el porcentaje de porosidad debido a la compactación producida. Esta es menor cuando la maquinaria trabaja sobre suelo seco, que cuando lo hace sobre un suelo cercano al punto óptimo de humedad (23).

#### 2.2.4 Plasticidad

La plasticidad puede ser definida como la facultad de un material para cambiar de forma continuamente bajo el influjo de una fuerza aplicada y para mantener esa forma al cesar la acción de la fuerza. Esta propiedad se presenta cuando en los suelos hay ciertas proporciones de agua (10).

La pegajosidad está estrechamente relacionada con la plasticidad, debido a que aquella está determinada por el porcentaje de arcilla. La plasticidad es mayor en los horizontes inferiores que en los horizontes de eluviación debido al movimiento mecánico de las arcillas (10).

Los cationes de intercambio influyen considerablemente en la plasticidad de los suelos. Los suelos saturados de sodio presentan el límite plástico más bajo, lo mismo que los suelos saturados de potasio que causan una disminución en ambos límites y un descenso en el índice de plasticidad. El ión hidrógeno, al igual que el calcio y el magnesio tienden a incrementarlo (6).



2.2.5 Capacidad de retención de humedad: procesos de descomposición de la materia orgánica, se supone que sustancias como los compuestos húmicos, juegan un papel importante. Debido a su carácter granular y coloidal, el suelo es capaz de retener la humedad aportada por lluvias y riego. Esta propiedad es importante tanto para la vida de las plantas, como para la comprobación del proceso edafogénico. Los suelos difieren mucho en cuanto a su capacidad de retención de agua, por lo cual, un suelo arcilloso con un 10% de humedad aparece aparentemente seco, mientras que un suelo arenoso con el mismo porcentaje de humedad estará aparentemente húmedo (34).

El agua aprovechable en un suelo, depende de la cantidad retenida por unidad de volumen del mismo y la profundidad a que las plantas pueden extraerla (15). Aunque teóricamente toda el agua aprovechable puede ser extraída por el cultivo, en la práctica del diseño de riego, únicamente se utiliza una parte, pues cuando el porcentaje de agua aprovechable disminuye se aplica nuevamente riego; debe tenerse en cuenta que el porcentaje que se debe gastar depende en primera instancia de la textura del suelo (5).

Malagón (27) señala que el punto de saturación representa la máxima cantidad de agua que puede tener un suelo sin permitir la presencia de agua libre.

#### 2.2.6 Materia orgánica

Buckman (10) dice, en relación a la actividad funcional de la materia orgánica, que ésta cumple las funciones siguientes: aumenta el poder de retención de humedad; disminuye las pérdidas de humedad por escorrentía; mejora la aireación de los suelos pesados; mejora la granulación y agregación; aumenta la capacidad de intercambio de iones, aumenta la capacidad de recepción de energía solar; regula el suministro de nitrógeno a las plantas y aumenta el contenido de elementos menores.

Según Forsythe (15), la materia orgánica ejerce gran influencia sobre las propiedades físicas del suelo, tales como: la estructura,





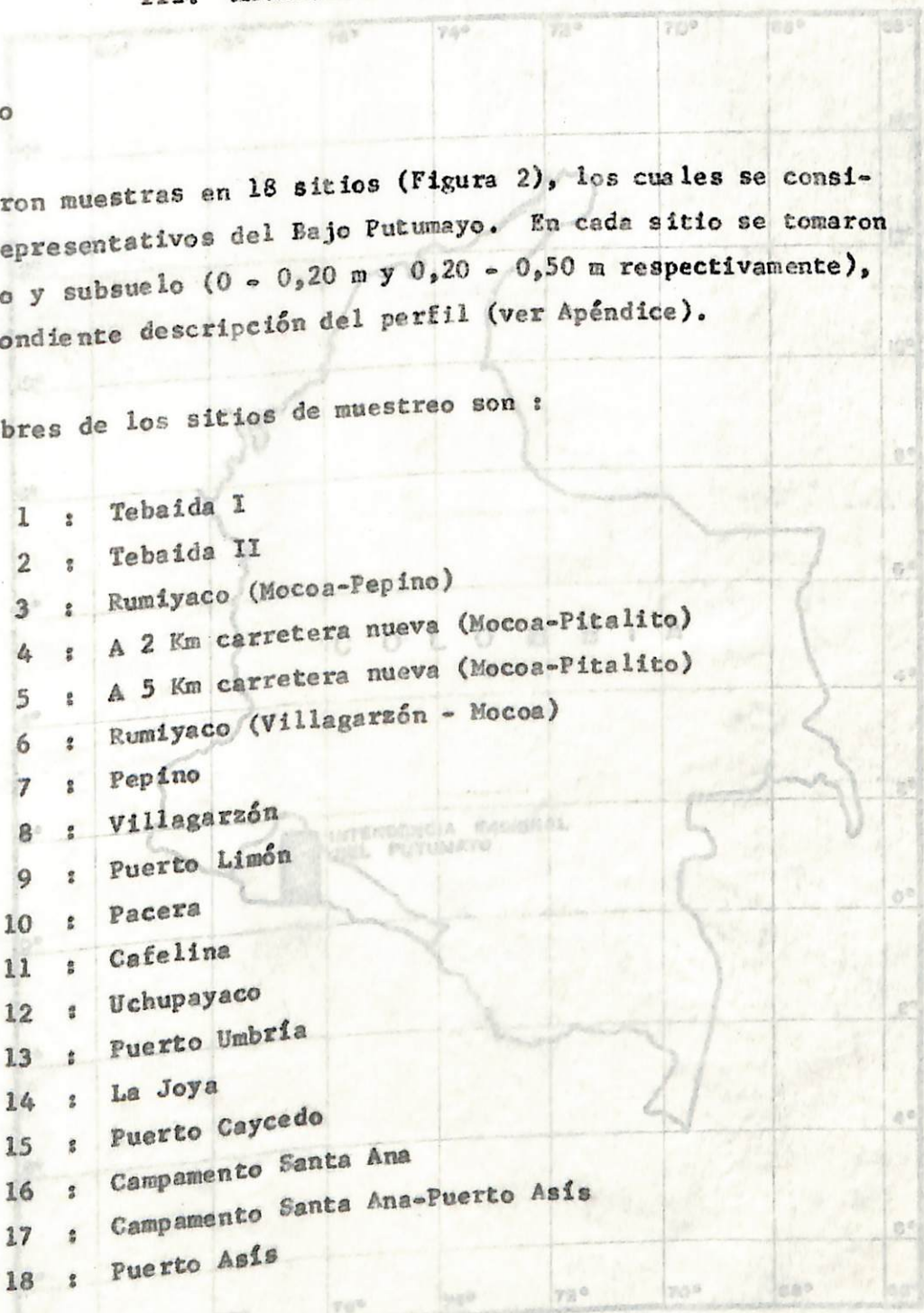


### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Muestreo

Se tomaron muestras en 18 sitios (Figura 2), los cuales se consideraron los más representativos del Bajo Putumayo. En cada sitio se tomaron muestras del suelo y subsuelo (0 - 0,20 m y 0,20 - 0,50 m respectivamente), además la correspondiente descripción del perfil (ver Apéndice).

Los nombres de los sitios de muestreo son :

- 
- |           |   |                                         |
|-----------|---|-----------------------------------------|
| Perfil 1  | : | Tebaida I                               |
| Perfil 2  | : | Tebaida II                              |
| Perfil 3  | : | Rumiyaco (Mocoa-Pepino)                 |
| Perfil 4  | : | A 2 Km carretera nueva (Mocoa-Pitalito) |
| Perfil 5  | : | A 5 Km carretera nueva (Mocoa-Pitalito) |
| Perfil 6  | : | Rumiyaco (Villagarzón - Mocoa)          |
| Perfil 7  | : | Pepino                                  |
| Perfil 8  | : | Villagarzón                             |
| Perfil 9  | : | Puerto Limón                            |
| Perfil 10 | : | Pacera                                  |
| Perfil 11 | : | Cafelina                                |
| Perfil 12 | : | Uchupayaco                              |
| Perfil 13 | : | Puerto Umbría                           |
| Perfil 14 | : | La Joya                                 |
| Perfil 15 | : | Puerto Caycedo                          |
| Perfil 16 | : | Campamento Santa Ana                    |
| Perfil 17 | : | Campamento Santa Ana-Puerto Asís        |
| Perfil 18 | : | Puerto Asís                             |

#### 3.2 Análisis de laboratorio

Las diferentes determinaciones se llevaron a cabo en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Na



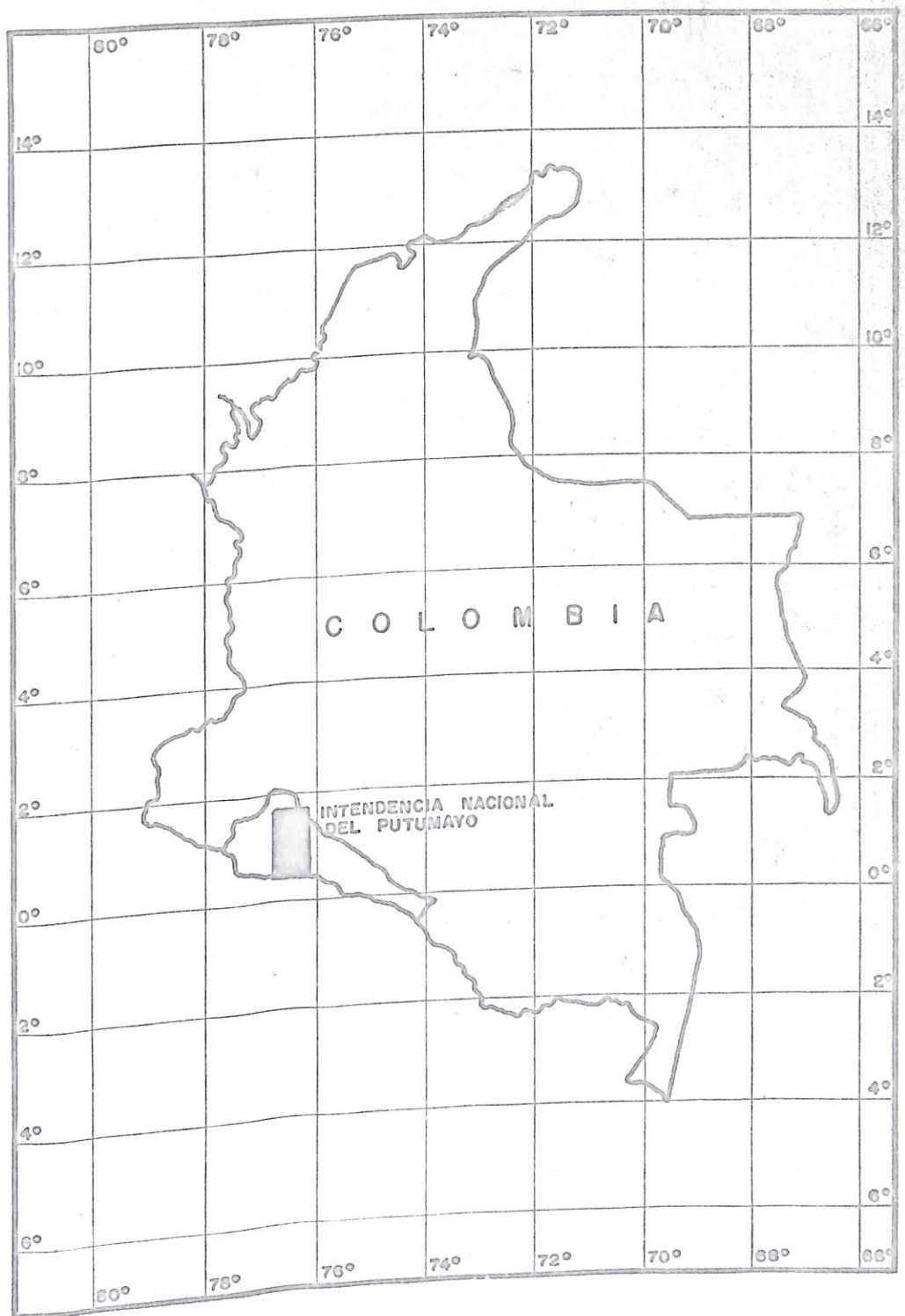


Fig. 1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.,  
(TOMADO DE PEREZ - 30)



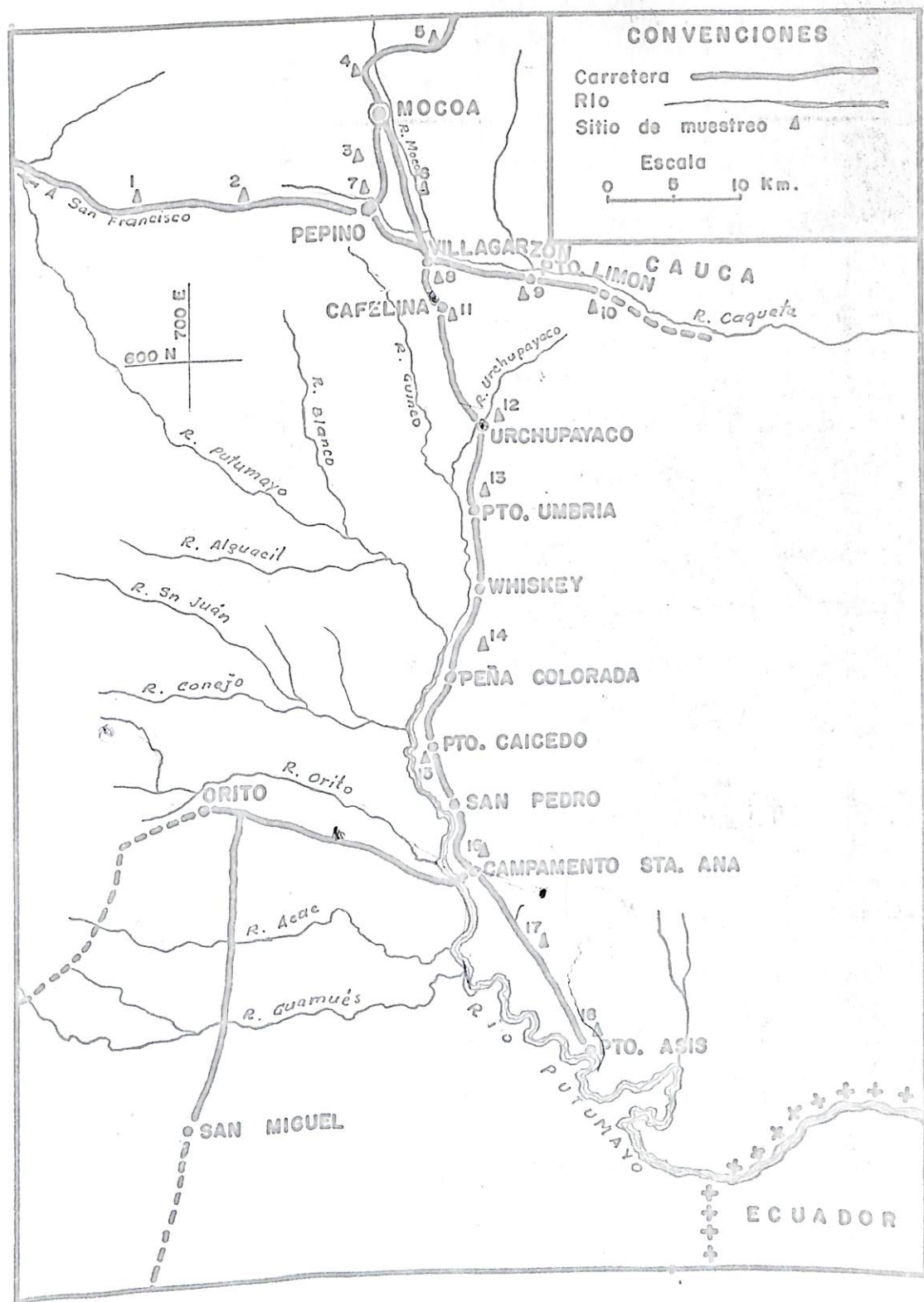


Fig. 2. MAPA DEL AREA DE ESTUDIO Y LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE MUESTREO.

Tomado de Matte y Palacios (28)



riño y en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia de Palmira. La determinación se efectuó en forma duplicada para cada parámetro con el fin de dar veracidad a los datos obtenidos.

### 3.2.1 Textura

Se determinó por medio del método del hidrómetro de Bouyoucos descrito por González (19).

### 3.2.2 Agregados estables al agua

Se siguió el método descrito por Tiulin y modificado por Yoder (36), utilizando el aparato diseñado por Woodruff y adaptado por Adames y Levy (1).

### 3.2.3 Porosidad

Se calculó en base a la densidad real y aparente, de acuerdo a la fórmula :

$$\text{Porosidad} = 1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \times 100$$

### 3.2.4 Densidad aparente

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

### 3.2.5 Densidad real

Se determinó siguiendo la técnica del picnómetro, según la descripción de Silva (32).



### 3.2.6 Límite plástico superior

Se empleó el método de Rodman descrito por Forsythe (15), empleando el aparato de "Casagrande".

### 3.2.7 Límite plástico inferior

Se utilizó el procedimiento manual descrito por Baver (6), descrito por González (19), a las siguientes relaciones: 0,3 - 0,5 - 1,0 - 5,0

### 3.2.8 Índice de plasticidad

3.2.11 Se calculó por diferencia entre el límite plástico superior y el límite plástico inferior.

Se calculó mediante la aplicación de la fórmula:

### 3.2.9 Constantes de humedad

$$1.00 = \frac{\text{Humedad gravimétrica}}{\text{Humedad aparente}}$$

#### 3.2.9.1 Coeficiente higroscópico

3.2.12 Se siguió el método descrito por González (19)

#### 3.2.9.2 Punto de marchitamiento

Se determinó por el método de los platos de presión, descrito por González (19).

#### 3.2.9.3 Equivalente de humedad

Se obtuvo por el método de centrifugación, mencionado por González (19).

#### 3.2.9.4 Capacidad de campo

Se determinó por el método de las ollas de presión, descrito por González (19).



### 3.2.9.5 Punto de saturación

3.2.10 Materia orgánica

Se determinó mediante la técnica descrita por González (19).  
Se aplicó el método de titulación volumétrica de Walkley-  
Záñez (19).

### 3.2.10 Puntos de succión

3.2.11 Puntos de succión del suelo (ps)

Se obtuvo mediante el método de las ollas y platos de presión, descrito por González (19), a las siguientes succiones: 0,3 - 0,5 - 1,0 - 5,0 - 10,0 - 15,0 bares.

### 3.2.11 Agua aprovechable

#### 3.2.11 Humedad volumétrica (Hv)

Se calculó en base a la capacidad de campo (CC), el punto de marchitamiento (PM), la densidad aparente (DA) y la profundidad radical (PR). La fórmula de aplicación es:

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

$$\text{AA} = \frac{(\text{CC} - \text{PM}) \times \text{DA} \times \text{PR}}{100}$$

#### 3.2.12 Espacio aéreo

Se calculó para 0,3 bares de succión, empleando las diferencias entre la porosidad y los porcentajes de humedad volumétrica.

### 3.2.13 Análisis estadístico

#### 3.2.13 Agua aprovechable

Se realizó teniendo en cuenta las diferentes propiedades físicas en estudio. Se calculó por diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento, ambos en base a humedad volumétrica. Se aplicó la prueba t de Student, desviación media, rango, desviación estándar, además, se aplicó variación, desviación media, rango, desviación estándar, coeficiente de variación.

#### 3.2.14 Curvas de retención de agua

Por medio de ollas y platos de presión se encontraron los valores de porcentaje del agua retenida por el suelo a diferentes succiones. Con los datos obtenidos se trazaron en papel semilogarítmico las curvas de retención de humedad.



3.2.15 Materia orgánica

Se empleó el método de titulación volumétrica de Walkley-Black, descrito por Silva (32).

### 3.2.16 Reacción del suelo (pH)

Se obtuvo mediante el potenciómetro tipo Beckman N-2, utilizando una mezcla suelo-agua en proporción 1:1 (19).

3.2.17 Agua aprovechable

Se calculó en base a la capacidad de campo (CC), el punto de marchitamiento (PM), la densidad aparente (DA) y la profundidad radical (PR). La fórmula de aplicación fue :

$$AA_{11} = \frac{(CC - PM) \times DA \times PR}{100} ; AA \text{ y } PR \text{ en cm de}$$

AA = Agua aprovechable en lámina

3.2.18 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 varianza, desviación media, rango, desviación estándar, coeficiente de variación y límites de confianza al nivel del 95%. La formación de estos horizontes en ciertos estratos resultan perjudiciales para los cultivos, por la probable formación de capas duras.

Los contenidos de arcilla son superiores a los encontrados en series  
de Hariso como los de Elías Medie (31), Altiplano de Panto (13), Alti-  
plano de Ténuerres (20) y La Unión (29), debido posiblemente a que son suelos



aluviales y a que los **IV. RESULTADOS Y DISCUSION** consistencia y resistencia a la desintegración provocada por el humefosfato, lo cual no ocurre en

Los resultados obtenidos en el presente estudio aparecen en las Tablas I a XXVII y en las Figuras 3 a 20 incluidas al final de este capítulo.

#### 4.1 Textura

En las tablas I y II se presentan los valores obtenidos para la textura. Los datos demuestran que el separado arena predomina tanto en el suelo como en el subsuelo, con promedios de  $48,37\% \pm 7,38\%$  y  $45,10\% \pm 9,17\%$ , respectivamente. Los menores contenidos corresponden a la fracción arcilla:  $25,06\% \pm 6,49\%$  para la primera capa y  $28,57\% \pm 8,58\%$  para la segunda capa. Por su parte, los limos registran valores intermedios de  $26,56\% \pm 5,16\%$  y  $26,31\% \pm 6,73\%$ .

Texturalmente predominan los tipos franco-arcillo-arenoso, franco-arenoso, franco-arcilloso y arcilloso en las dos capas y en proporciones de  $13,88\%$ ,  $19,50\%$  y  $25\%$ , respectivamente. La sumatoria de estos valores no alcanza al  $100\%$ , ya que existen otras texturas con porcentajes bajos.

En general, se encontró que el contenido de arcillas fue mayor en la segunda capa, debido posiblemente a la acción de la precipitación pluvial, la cual es elevada, que arrastra las arcillas de la capa superficial; es decir, se forman horizontes iluviales de acumulación de separados menores de  $2\text{ mm}$ .

Esta misma tendencia se ha observado en varias investigaciones llevadas a cabo en suelos del Departamento de Nariño (4, 5, 20, 25). La formación de estos horizontes en muchas ocasiones resultan perjudiciales para los cultivos, por la probable formación de capas duras.

Los contenidos de arcilla son superiores a los encontrados en otros suelos de Nariño como los de Clima Medio (5), Altiplano de Pasto (13), Altiplano de Túquerres (20) y La Unión (29), debido posiblemente a que son suelos



aluviales y a que las arenas presentan una ligera consistencia y resistencia a la desintegración provocada por el hexametáfosfato, lo cual no ocurre en suelos de origen volcánico (26). No obstante lo anterior, en este estudio se comprobó una vez más que, empleando el hexametáfosfato de sodio como dispersante en el análisis mecánico se obtienen porcentajes de arcilla por debajo de la apreciación textural de campo. Entre 0,5 y 1 mm 9,26% ± 4,36% para el suelo y 11,08% ± 5,93% para el sub suelo. Entre 0,25 y 0,5 mm 4,60% ± 2,11% para el suelo y 5,93% ± 3,21% para el sub suelo. Los resultados obtenidos en el análisis de los suelos del Bajo Putumayo, porque no se contó con el equipo necesario que permitiese obtener diferenciaciones mineralógicas; sin embargo, según la literatura consultada, es posible que existe un predominio de materiales caoliniticos en su agregación y son similares a los obtenidos en otras investigaciones en suelos arcillosos como los encontrados por Arturo y Bravo (3).

No es posible asegurar que clase de arcillas pueden predominar en los suelos del Bajo Putumayo, porque no se contó con el equipo necesario que permitiese obtener diferenciaciones mineralógicas; sin embargo, según la literatura consultada, es posible que existe un predominio de materiales caoliniticos en su agregación y son similares a los obtenidos en otras investigaciones en suelos arcillosos como los encontrados por Arturo y Bravo (3).

Es posible que se encuentren cantidad de óxido de hierro por el predominio de las tonalidades amarillas que presentan los suelos, como se puede apreciar en las tablas del Apéndice.

En general, se encuentra un ligero aumento de la materia orgánica con el incremento del contenido de arcillas, lo cual puede atribuirse a la formación de complejos organo minerales.

Los porcentajes del coeficiente de variación fueron amplios, en las tres fracciones de las dos capas, haciéndose más notoria esta amplitud en el separado arcillas, lo cual posiblemente se debe a que esta zona puede ser de transición y de diferentes materiales de origen.

La relación positiva entre las arcillas y la capacidad de campo y el punto de marchitamiento, era de esperarse por cuanto la capacidad de retención de agua de las arcillas es mayor debido a las fuerzas de adhesión y cohesión que son las responsables del almacenamiento de agua en el suelo.



#### 4.2 Agregados estables al agua

En las Tablas III y IV se presentan los promedios de los resultados obtenidos así: Agregados mayores de 2 mm 75,43%  $\pm$  9,09% para el suelo; sub suelo 61,78%  $\pm$  13,71%; entre 1 y 2 mm 10,72%  $\pm$  3,81% y 15,03%  $\pm$  4,89%, para el suelo y sub suelo respectivamente. Entre 0,5 y 1 mm 9,28%  $\pm$  4,36% para el suelo y 13,08%  $\pm$  5,93% para el sub suelo. Entre 0,25 y 0,5 mm 4,00%  $\pm$  1,62% y 5,70%  $\pm$  2,25% para las dos capas. Los agregados estables al agua menores de 0,25 mm 1,81%  $\pm$  0,92% y 4,39%  $\pm$  2,40% para el suelo y sub suelo.

Los resultados señalan que los suelos presentan un alto índice de estabilidad en su agregación y son similares a los obtenidos en otras investigaciones en suelos nariñenses como los encontrados por Arturo y Erazo (5), en suelos de Clima Medio, cuyo promedio fue de 79,53%, por Escovar y Jurado (13) en suelos del Altiplano de Pasto cuyo promedio fue de 80,8%, por López (25) aproximadamente 79% en suelos volcánicos de Guachucal, y a los conseguidos por Bastidas et al (7) en el Valle de Sibundoy con un promedio del orden del 85%.

Es posible que estos suelos ofrezcan condiciones estructurales muy 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 para las dos capas, la agregación es mayor del 50%, el cual se considera como crítico.

Según Estrada y Martínez (14) en estos suelos pueden predominar las arcillas del tipo 1:1, especialmente caolinita, por la intensa meteorización debida a la acción del clima.

En la segunda capa se encontró una relación positiva entre la materia orgánica y los agregados mayores de 2 mm, lo cual puede atribuirse a la acción agregante de las resinas y gomas que son producidas por los microorganismos y a la influencia del sistema radical de las plantas.



La tendencia reportada por la literatura consultada, de que la proporción de agregados estables al agua mayores de 2 mm, aumenta con el incremento de materia orgánica, no se evidencia en los suelos estudiados, debido posiblemente a que las arcillas pueden "enmascarar" el efecto agregante de la materia orgánica (13).

El mayor porcentaje de agregación que se presenta en el suelo, con respecto al subsuelo, se explica en razón de la cobertura de gramíneas existentes en la zona.

#### 4.30. Densidades y porosidad

En las Tablas V y VI se observan los valores obtenidos para la densidad aparente, densidad de las partículas y porosidad total. Los resultados promedios de la densidad aparente en el suelo y subsuelo fueron:  $1,00 \text{ g/ml} \pm 0,02 \text{ g/ml}$  y  $1,06 \text{ g/ml} \pm 0,04 \text{ g/ml}$ ; y para la densidad real fueron  $2,54 \text{ g/ml} \pm 0,06 \text{ g/ml}$  y  $2,55 \text{ g/ml} \pm 0,06 \text{ g/ml}$  para las dos capas. Los resultados de la densidad de las partículas son similares a los reportados en otras investigaciones realizadas en suelos nariñenses como los de Túquerres con 2,52 y 2,60 g/ml (20), de Guachucal 2,40 y 2,59 g/ml (25), de Clima Medio con 2,51 y 2,50 g/ml (5), del Altiplano de Ipiales con 2,61 y 2,65 g/ml (12), del Altiplano de Pasto con 2,42 y 2,48 g/ml (13) y los suelos de La Unión con 2,53 y 2,54 g/ml (29).

Los valores encontrados pueden considerarse como normales, ya que se encuentran dentro del rango normal de 2,40 a 2,70 g/ml; lo cual puede atribuirse a que los principales minerales componentes del suelo, como cuarzo, feldespatos, hornblenda, ortoclasa, etc, se encuentran entre estos límites de densidad, además algunos de ellos abundan en estos suelos, en diversas proporciones, tal como lo anotan Estrada y Martínez (14).

La desviación estándar y el coeficiente de variabilidad no presentan mayor amplitud lo que indica la homogeneidad y consistencia de los datos.



Los valores de la densidad aparente son mayores en el subsuelo y además un mayor coeficiente de variabilidad de 7,54%. Los límites de confianza al nivel del 95% de probabilidad varían entre 1,02 y 0,98 g/ml, los cuales permiten anotar que estos suelos tienen alguna influencia de materiales volcánicos, aunque no marcada, ya que otras propiedades físicas no contribuyen a ubicarlos como derivados de cenizas volcánicas.

Se encontró relación significativa entre la densidad aparente y la humedad gravimétrica a capacidad de campo para las dos profundidades consideradas (Figuras 6 y 7) donde se observa que la capacidad de retención de agua a 0,3 bares con un aumento de la densidad aparente.

Del análisis estadístico de regresión y correlación, se observa que la densidad aparente disminuye significativamente con el incremento de la materia orgánica, principalmente en la primera capa (Figura 12), lo cual era de esperarse debido al menor peso de los materiales orgánicos. Igualmente se encontró correlación significativa con el contenido de arcillas (Figura 14).

En relación a la porosidad, se obtuvieron los siguientes promedios para el suelo 60,43%  $\pm$  1,83% y 58,22%  $\pm$  1,75% para el subsuelo. El mayor porcentaje de porosidad en la primera capa puede considerarse como normal por cuanto en esta capa el contenido de materia orgánica fue de 4,35% y en el subsuelo el contenido fue de 2,75%. No obstante, lo anterior, no se encontró relación significativa entre estas dos variables, aunque la tendencia positiva de la ecuación de regresión indica la relación directa que existe entre las dos.

En las Tablas XX y XXI se observa que al aumentar el promedio de la porosidad, la densidad aparente disminuye, en la primera capa, en cambio en la segunda capa se invierte la anterior relación, lo que puede interpretarse como un resultado normal.



Los valores de porosidad incrementaron la capacidad de campo de los suelos. Este resultado, según González, Guerrero y Arias (20), se explica en razón de que una mayor porosidad está asociada con una mejor estructuración y por ende con una mejor capacidad de retención de agua. Igualmente la relación entre la porosidad y el límite plástico superior mostró tendencia positiva.

#### 4.4 Espacio aéreo

En la Tabla XIX se presentan los valores de espacio aéreo. El promedio de espacio aéreo a 0,3 bares de succión matricial fue de  $24,46\% \pm 3,16\%$  para el suelo y de  $20,84 \pm 4,05\%$  para el subsuelo.

Al analizar los resultados se observa que los suelos del Bajo Putu mayormente presentarían problemas de aireación, cuando su contenido de aire está a capacidad de campo, pues estudios llevados a cabo por Vomocil y Flocker (35) concluyeron que el rango general de 10 a 15% del porcentaje de espacio aéreo, es el adecuado para un gran número de cultivo, excepto para algunas leguminosas como el frijol que para obtener óptimos rendimientos necesita rangos de aireación que fluctúan entre 20 y 25% (24).

Los límites de confianza varían entre el 27,62% y 21,30% con un coeficiente de variabilidad de 26,24%, lo cual indica que la difusión de oxígeno en los suelos es normal. Esta condición o requisito se cumple en los suelos bajo estudio.

#### 4.5 Plasticidad

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas VII y VIII. Los valores promedios del límite plástico inferior para las dos capas fueron:  $31,00\% \pm 2,97\%$  y  $30,76\% \pm 2,46\%$  y los del límite plástico superior fueron  $49,56\% \pm 1,98\%$  y  $45,76\% \pm 1,92\%$  y en el mismo orden los resultados del índice plástico fueron:  $18,68\% \pm 2,67\%$  y  $15,00 \pm 2,25\%$ .



De acuerdo a los criterios adoptados por Adames y Levy (1) los suelos estudiados se pueden clasificar así :

| Clasificación         | Indice de Plasticidad | No. de suelos | %     |
|-----------------------|-----------------------|---------------|-------|
| No plásticos          | menos de 14%          | 6             | 33,30 |
| Ligeramente plásticos | de 14 a 19%           | 1             | 5,50  |
| Plásticos             | de 19 a 24%           | 8             | 44,50 |
| Muy plásticos         | más del 24%           | 3             | 16,70 |

Por lo anterior se puede afirmar que alrededor del 38% de los suelos no presentan problema para el laboreo agrícola; en cambio cerca del 61% mostraron carácter plástico, lo cual es conveniente tener en cuenta en estos suelos, que no se pueden trabajar cuando el contenido de agua esté próximo al límite plástico inferior, indicando el peligro que existe de amasar el suelo.

En general, los resultados del límite plástico son inferiores a los obtenidos en los suelos de la Sabana de Túquerres (20), a los del Altiplano de Pasto (13) y ligeramente superiores a los valores encontrados en los suelos de La Unión (29), de Clima Medio (5) y Llanura del Pacífico (3).

Se obtuvo una correlación significativa entre el límite plástico superior y la materia orgánica, lo cual es debido a la gran cantidad de agua que absorbe esta última. Con relación al límite plástico inferior se encontró tendencia positiva (Figuras 13 y 15).

El porcentaje de arcilla eleva el índice plástico en términos de humedad gravimétrica, por cuanto se encontró una alta asociación entre estas dos variables en las dos capas ( $r = 0,87$  y  $r = 0,79$ ), debido a que la plasticidad es una función de las fracciones más finas del suelo. Es decir que para un mineral dado de arcilla, la cantidad de agua adsorbida y requerida en el índice de plasticidad aumentan con la magnitud y tamaño de las partículas.



presentes. Entonces se puede afirmar que el índice de plasticidad puede ser un indicativo del contenido de arcillas en un suelo, por las razones antes expuestas.

Las Antillas y Costa Rica (2, 8, 11, 16), donde la alta retención de humedad se deben posiblemente a la baja densidad aparente, alta porosidad y materia orgánica.

La materia orgánica produce un efecto interesante en la plasticidad del suelo. En las Tablas XX y XXI 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 significación práctica de la presencia de la materia orgánica en el suelo y del agua es que al incrementarse la capacidad de campo del suelo, es que hace posible la labranza sin enfangar el suelo. Si se elimina la materia orgánica, basta un bajo contenido de humedad para que las labores de cultivo conviertan el suelo en un barrizal.

#### 4.6 Retención de humedad

Para establecer el momento oportuno del riego, es necesario determinar los valores hasta los cuales puede descender el contenido de humedad. Los resultados obtenidos sobre las constantes de humedad y los puntos de succión están registrados en las Tablas IX a XII. En las Tablas XIII y XIV se registran los valores de humedad volumétrica.

Los valores promedios para el suelo y subsuelo, fueron respectivamente: punto de saturación  $69,67\% \pm 3,92\%$  y  $68,08 \pm 3,20\%$ ; humedad equivalente  $34,70\% \pm 2,23\%$  y  $37,98 \pm 2,70\%$ ; capacidad de campo  $35,33\% \pm 2,80\%$  y  $35,25\% \pm 2,67\%$ ; punto de marchitamiento  $17,82 \pm 2,82\%$  y  $15,36\% \pm 2,74\%$ ; coeficiente higroscópico  $4,48\% \pm 0,65\%$  y  $4,89\% \pm 1,03\%$  y agua aprovechable  $17,70\% \pm 3,56\%$  y  $21,02 \pm 3,31\%$ .

Los anteriores valores son muy similares a los encontrados en otras investigaciones realizadas en suelos de Mariño, tales como los del Altiplano de Pasto (13), Altiplano de Túquerres (20), Guachucal (25), Clima Medio (5) y La Unión (29).



Estos resultados son considerablemente inferiores a los encontrados en otras regiones del mundo como los suelos volcánicos de Chile, Nicaragua, Ecuador, Las Antillas y Costa Rica (2, 8, 11, 16), donde la alta retención de humedad se deben posiblemente a la baja densidad aparente, alta porosidad y materia orgánica.

Al efectuar el análisis estadístico entre la capacidad de campo y la humedad equivalente, se encontró una correlación altamente significativa tanto en el suelo ( $r = 0,90^{**}$ ) como en el subsuelo ( $r = 0,83^{**}$ ); el coeficiente de regresión indica que al incrementarse la capacidad de campo del suelo y del subsuelo, la humedad equivalente se aumenta en 0,71% y 0,83% respectivamente. Este resultado concuerda con numerosas investigaciones llevadas a cabo en suelos de Nariño (5, 13, 20, 29), lo que quiere decir que pueden emplearse cualquiera de los dos métodos para determinar la capacidad de campo.

Para establecer el momento oportuno del riego, es necesario determinar los valores hasta los cuales puede descender el contenido de humedad, obteniendo rendimientos óptimos con el mínimo de agua de riego. Sin embargo, estos valores varían según la textura del suelo, la mineralogía, el contenido de materia orgánica, la presencia de sales, etc., por lo tanto es necesario referirlos a la succión total del agua del suelo y expresarlos en función de las fuerzas de tensión que retienen el agua. De acuerdo a lo anterior, en las Figuras 19 y 20 se presentan las curvas de retención de humedad a 6 puntos críticos. A partir de estas curvas se puede calcular el agua almacenada en el suelo dentro del ámbito de succión de 0,3 bares a 15 bares. Además, estas curvas muestran el grado hasta el cual puede descender la humedad del suelo, sin que se produzca una reducción notable en el rendimiento de un cultivo, según su propia capacidad de extracción de agua a diferentes valores de succión.

La relación entre la materia orgánica y la capacidad de campo, muestra una tendencia positiva en la primera capa, lo cual se debe a la gran capacidad



de absorción de humedad que tiene la materia orgánica en su superficie.

Por otra parte, las correlaciones entre la capacidad de campo y espacio aéreo, fueron significativas, tanto para el suelo ( $r = - 0,53$ ) y el subsuelo ( $r = - 0,49$ ) lo que indica que la aireación del suelo disminuye al aumentar la humedad de la misma.

cuando el porcentaje de materia orgánica supera el 3% se puede considerar como alto. Esta condición se cumple parcialmente en los suelos estudiados (9).

Los porcentajes de agua aprovechable son mayores a los valores obtenidos en suelos volcánicos de Nariño, como los de Clima Medio (5), de la Sabana de Túquerres (20) y los del Altiplano de Pasto (13). La importancia de la materia orgánica es explicable por el influjo que tiene sobre las propiedades físicas como se ha manifestado anteriormente, al decir influye notoriamente sobre la plasticidad, la capacidad de retención de humedad. Los resultados encontrados en este trabajo, son similares a los recopilados por Forsythe, González y Gavande (16) para suelos volcánicos de Chile, Ecuador, Nicaragua y Costa Rica, donde el agua aprovechable en términos de humedad volumétrica varía del 15 al 20%.

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 van desde la capacidad de campo hasta el punto de marchitamiento.

#### 4.7 Materia orgánica

El promedio para la primera capa fue de  $4,35\% \pm 0,94\%$ , valor que encuadra dentro del rango de 2 a 5% y donde se sitúa la mayoría de los suelos cultivados. No obstante, este resultado puede considerarse inferior, en comparación con los encontrados en otros estudios sobre suelos de Nariño (13, 20, 25, 29). A su vez el subsuelo presentó un promedio de  $2,75\% \pm 1,11\%$ , que igualmente, es bajo con relación a otros suelos. La superioridad del suelo sobre el subsuelo se explica cuando los residuos orgánicos, tanto en suelos cul-



tivados como vírgenes, se incorporan o son depositados en su superficie.

TABLA 1

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 señala que en los suelos de clima cálido, cuando el porcentaje de materia orgánica supera el 3% se puede considerar como alto. Esta condición se cumple parcialmente en los suelos estudiados (9).

La importancia de la materia orgánica es explicable por el influjo que tiene sobre las propiedades físicas como se ha manifestado anteriormente, Es decir influye notoriamente sobre la plasticidad, la capacidad de retención de humedad, la densidad aparente y en general, afecta de una u otra forma las características físicas de los suelos estudiados.

| Perfil | Arceles | Arceles | Limon | Textura |
|--------|---------|---------|-------|---------|
| 1      | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 2      | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 3      | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 4      | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 5      | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 6      | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 7      | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 8      | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 9      | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 10     | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 11     | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 12     | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 13     | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 14     | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 15     | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 16     | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 17     | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| 18     | 21.09   | 21.09   | 21.09 | F-A     |
| Media  | 21.09   | 21.09   | 21.09 |         |



TABLA 1

ANALISIS TEXTURAL (SUELO)

| Perfil   | Arenas<br>% | Arcillas<br>% | Limos<br>% | Textura<br>% |
|----------|-------------|---------------|------------|--------------|
| 1        | 43,93       | 21,09         | 34,99      | F-L          |
| 2        | 57,86       | 11,27         | 30,87      | F-A          |
| 3        | 51,90       | 24,96         | 23,24      | F-Ar-A       |
| 4        | 42,61       | 40,08         | 17,31      | Ar           |
| 5        | 48,20       | 30,57         | 21,23      | F-Ar-A       |
| 6        | 69,14       | 9,46          | 21,40      | F-A          |
| 7        | 71,97       | 6,85          | 21,18      | F-A          |
| 8        | 59,01       | 19,86         | 21,13      | F-A          |
| 9        | 79,15       | 3,08          | 17,77      | A-F          |
| 10       | 42,96       | 32,77         | 24,27      | F-Ar         |
| 11       | 52,99       | 28,61         | 18,40      | F-Ar-A       |
| 12       | 31,17       | 48,12         | 20,71      | Ar           |
| 13       | 47,62       | 24,42         | 27,96      | F-Ar-A       |
| 14       | 42,31       | 27,48         | 30,21      | F-Ar         |
| 15       | 26,14       | 45,30         | 28,56      | Ar           |
| 16       | 38,24       | 35,15         | 26,51      | F-Ar         |
| 17       | 39,43       | 31,27         | 29,30      | F-Ar         |
| 18       | 26,01       | 10,91         | 63,08      | F-L          |
| Promedio | 48,37       | 25,06         | 26,56      |              |

F = franco; Ar = arcilloso; A = arenoso



TABLA II

ANALISIS TEXTURAL (SUBSUELO)

| Perfil   | Arenas<br>% | Arcillas<br>% | Limos<br>% | Textura |
|----------|-------------|---------------|------------|---------|
| 1        | 28,32       | 17,95         | 53,73      | F-L     |
| 2        | 59,70       | 11,78         | 28,52      | F-A     |
| 3        | 45,86       | 33,31         | 20,83      | F-Ar    |
| 4        | 36,09       | 43,03         | 20,88      | Ar      |
| 5        | 39,16       | 40,34         | 20,50      | Ar      |
| 6        | 54,64       | 10,91         | 34,45      | F-A     |
| 7        | 82,94       | 4,78          | 12,28      | A-F     |
| 8        | 63,57       | 16,31         | 20,12      | F-A     |
| 9        | 81,98       | 3,08          | 14,94      | A-F     |
| 10       | 38,46       | 34,49         | 27,05      | F-Ar    |
| 11       | 57,46       | 22,93         | 19,61      | F-Ar-A  |
| 12       | 25,39       | 58,02         | 16,50      | Ar      |
| 13       | 43,93       | 24,99         | 31,08      | F       |
| 14       | 38,63       | 30,97         | 30,40      | F-Ar    |
| 15       | 17,69       | 56,19         | 26,12      | Ar      |
| 16       | 36,19       | 44,26         | 19,55      | Ar      |
| 17       | 38,50       | 48,66         | 12,84      | Ar      |
| 18       | 23,45       | 12,38         | 64,17      | F-L     |
| Promedio | 45,10       | 28,57         | 26,31      |         |

F = franco; Ar = arcilloso; A = arenoso



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>0,25 - 0,5 mm<br>% | Menores<br>0,25 mm<br>% |
|----------|----------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1        | 67,10                | 14,26                  | 8,92                     | 5,76                        | 3,94                    |
| 2        | 91,90                | 4,32                   | 3,26                     | 0,32                        | 0,20                    |
| 3        | 84,01                | 6,86                   | 4,46                     | 2,82                        | 1,84                    |
| 4        | 52,02                | 21,58                  | 18,88                    | 3,60                        | 3,10                    |
| 5        | 73,58                | 13,26                  | 8,58                     | 2,36                        | 0,60                    |
| 6        | 77,79                | 7,64                   | 7,90                     | 3,36                        | 3,26                    |
| 7        | 91,99                | 4,21                   | 3,22                     | 0,40                        | 0,16                    |
| 8        | 91,39                | 3,52                   | 2,92                     | 2,11                        | 0,04                    |
| 9        | 64,06                | 13,93                  | 10,74                    | 9,01                        | 4,81                    |
| 10       | 74,20                | 12,63                  | 10,16                    | 2,59                        | 0,40                    |
| 11       | 93,15                | 2,42                   | 2,30                     | 2,04                        | 0,08                    |
| 12       | 66,92                | 16,87                  | 8,80                     | 4,57                        | 2,82                    |
| 13       | 58,08                | 15,04                  | 17,68                    | 5,67                        | 3,50                    |
| 14       | 89,89                | 5,19                   | 2,72                     | 1,94                        | 0,24                    |
| 15       | 24,04                | 32,04                  | 38,03                    | 8,91                        | 1,30                    |
| 16       | 94,23                | 2,40                   | 2,28                     | 1,00                        | 0,08                    |
| 17       | 86,00                | 7,19                   | 3,42                     | 3,00                        | 0,36                    |
| 18       | 67,43                | 9,54                   | 12,71                    | 12,51                       | 5,82                    |
| Promedio | 75,43                | 10,72                  | 9,28                     | 4,00                        | 1,81                    |



TABLA IV

UNIDADES DE LAS PARTICULAS AGREGADAS ESTABLES AL AGUA (SUBSUELO)  
(SUELO)

| Perfil   | Mayores<br>2 mm<br>% | Entre<br>1 - 2 mm<br>% | Entre<br>0,5 - 1 mm<br>% | Entre<br>0,25 - 0,5 mm<br>% | Menores<br>0,25 mm<br>% |
|----------|----------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1        | 68,51                | 10,29                  | 11,55                    | 7,04                        | 2,58                    |
| 2        | 93,11                | 3,30                   | 2,58                     | 0,82                        | 0,18                    |
| 3        | 83,64                | 8,49                   | 4,21                     | 2,31                        | 1,33                    |
| 4        | 26,26                | 24,79                  | 7,81                     | 20,58                       | 20,54                   |
| 5        | 88,18                | 4,24                   | 2,94                     | 3,62                        | 1,02                    |
| 6        | 86,13                | 5,19                   | 4,75                     | 2,80                        | 1,18                    |
| 7        | 87,21                | 5,08                   | 3,22                     | 2,42                        | 1,16                    |
| 8        | 83,53                | 7,09                   | 4,80                     | 2,15                        | 2,41                    |
| 9        | 50,24                | 17,20                  | 18,14                    | 7,33                        | 7,07                    |
| 10       | 64,78                | 17,24                  | 11,74                    | 3,57                        | 2,65                    |
| 11       | 91,86                | 2,52                   | 2,44                     | 2,08                        | 1,08                    |
| 12       | 41,72                | 23,04                  | 21,41                    | 8,90                        | 4,83                    |
| 13       | 39,58                | 20,13                  | 27,82                    | 4,71                        | 7,74                    |
| 14       | 62,95                | 17,02                  | 11,14                    | 6,21                        | 2,65                    |
| 15       | 9,32                 | 27,10                  | 44,29                    | 9,48                        | 9,78                    |
| 16       | 69,60                | 16,69                  | 7,38                     | 3,72                        | 2,59                    |
| 17       | 11,36                | 40,93                  | 35,12                    | 6,55                        | 6,21                    |
| 18       | 54,03                | 19,24                  | 14,17                    | 8,34                        | 4,20                    |
| Promedio | 61,78                | 15,03                  | 13,08                    | 5,70                        | 4,39                    |



TABLA V

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

| Perfil   | Densidad de las<br>Partículas<br>(g/ml) | Densidad Apparente<br>(g/ml) | Porosidad Total<br>(%) |
|----------|-----------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| 1        | 2,67                                    | 0,94                         | 64,80                  |
| 2        | 2,50                                    | 1,03                         | 58,80                  |
| 3        | 2,48                                    | 1,14                         | 54,03                  |
| 4        | 2,47                                    | 0,98                         | 62,32                  |
| 5        | 2,55                                    | 0,98                         | 61,57                  |
| 6        | 2,64                                    | 0,92                         | 65,15                  |
| 7        | 2,58                                    | 1,09                         | 57,15                  |
| 8        | 2,58                                    | 1,01                         | 60,85                  |
| 9        | 2,49                                    | 1,22                         | 51,01                  |
| 10       | 2,53                                    | 1,04                         | 58,89                  |
| 11       | 2,59                                    | 0,96                         | 62,94                  |
| 12       | 2,64                                    | 1,00                         | 62,12                  |
| 13       | 2,49                                    | 1,06                         | 52,43                  |
| 14       | 2,53                                    | 0,96                         | 62,06                  |
| 15       | 2,58                                    | 1,02                         | 60,47                  |
| 16       | 2,56                                    | 0,92                         | 64,06                  |
| 17       | 2,51                                    | 0,90                         | 64,14                  |
| 18       | 2,42                                    | 0,98                         | 59,51                  |
| Promedio | 2,54                                    | 1,00                         | 60,43                  |



TABLA VI

DENSIDAD DE LAS PARTICULAS, DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD TOTAL  
(SUBSUELO) HUMEDAD GRAVIMETRICA  
(SUELO)

| Perfil   | Densidad de las Partículas (g/ml) | Densidad Apparente (g/ml) | Porosidad Total (%) |
|----------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1        | 2,64                              | 0,96                      | 63,64               |
| 2 1      | 2,50                              | 1,08                      | 56,80               |
| 3 2      | 2,55                              | 0,99                      | 61,18               |
| 4 3      | 2,45                              | 1,00                      | 59,18               |
| 5 4      | 2,62                              | 1,23                      | 53,05               |
| 6 5      | 2,64                              | 1,02                      | 61,36               |
| 7 6      | 2,58                              | 1,06                      | 58,92               |
| 8 7      | 2,52                              | 1,06                      | 57,94               |
| 9 8      | 2,69                              | 1,29                      | 52,05               |
| 10 9     | 2,55                              | 1,03                      | 59,61               |
| 11 10    | 2,46                              | 1,21                      | 50,81               |
| 12 1     | 2,48                              | 1,05                      | 57,66               |
| 13 2     | 2,58                              | 1,17                      | 54,65               |
| 14 3     | 2,51                              | 0,99                      | 60,56               |
| 15 4     | 2,67                              | 1,09                      | 59,18               |
| 16 5     | 2,45                              | 0,97                      | 60,41               |
| 17 6     | 2,62                              | 1,00                      | 61,83               |
| 18 7     | 2,47                              | 1,01                      | 59,11               |
| Promedio | 2,55                              | 1,06                      | 58,22               |



TABLA VII

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

| Perfil   | Límite<br>Plástico<br>Superior<br>(%) | Límite<br>Plástico<br>Inferior<br>(%) | Índice de<br>Plasticidad<br>(%) |
|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1        | 42,70                                 | 27,38                                 | 15,52                           |
| 2        | 51,70                                 | 39,99                                 | 13,71                           |
| 3        | 54,50                                 | 13,48                                 | 21,02                           |
| 4        | 52,60                                 | 27,99                                 | 24,61                           |
| 5        | 50,90                                 | 30,01                                 | 20,89                           |
| 6        | 49,50                                 | 36,59                                 | 12,91                           |
| 7        | 49,00                                 | 37,35                                 | 11,65                           |
| 8        | 46,60                                 | 34,06                                 | 12,54                           |
| 9        | 47,50                                 | 39,10                                 | 8,40                            |
| 10       | 53,40                                 | 29,55                                 | 23,85                           |
| 11       | 49,60                                 | 27,96                                 | 21,64                           |
| 12       | 47,00                                 | 20,70                                 | 26,30                           |
| 13       | 44,60                                 | 23,67                                 | 20,93                           |
| 14       | 53,40                                 | 39,70                                 | 13,70                           |
| 15       | 52,00                                 | 26,31                                 | 25,69                           |
| 16       | 57,00                                 | 34,69                                 | 22,31                           |
| 17       | 45,80                                 | 24,65                                 | 21,15                           |
| 18       | 44,30                                 | 24,92                                 | 19,38                           |
| Promedio | 49,56                                 | 31,00                                 | 18,68                           |



TABLA VIII

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

| Perfil   | Límite<br>Plástico<br>Superior<br>(%) | Límite<br>Plástico<br>Inferior<br>(%) | Índice de<br>Plasticidad<br>(%) |
|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1        | 42,20                                 | 27,79                                 | 14,41                           |
| 2        | 50,30                                 | 36,70                                 | 13,60                           |
| 3        | 51,40                                 | 32,12                                 | 19,28                           |
| 4        | 43,90                                 | 22,91                                 | 20,99                           |
| 5        | 50,80                                 | 32,69                                 | 18,11                           |
| 6        | 40,50                                 | 29,75                                 | 10,75                           |
| 7        | 41,70                                 | 34,18                                 | 7,52                            |
| 8        | 46,4                                  | 38,37                                 | 8,03                            |
| 9        | 39,70                                 | 34,27                                 | 5,43                            |
| 10       | 51,80                                 | 33,82                                 | 17,98                           |
| 11       | 47,20                                 | 31,05                                 | 16,15                           |
| 12       | 44,10                                 | 24,70                                 | 19,40                           |
| 13       | 40,90                                 | 23,27                                 | 17,63                           |
| 14       | 49,30                                 | 37,39                                 | 11,91                           |
| 15       | 50,70                                 | 31,72                                 | 18,98                           |
| 16       | 50,80                                 | 33,30                                 | 17,50                           |
| 17       | 40,10                                 | 23,11                                 | 16,99                           |
| 18       | 41,90                                 | 26,54                                 | 15,36                           |
| Promedio | 45,76                                 | 30,76                                 | 15,00                           |



TABLA IX

PUNTOS CRÍTICOS DE HUMEDAD (SUELO)

| Perfil   | P. S.<br>(%) | H. E.<br>(%) | C. C.<br>(%) | P. M.<br>(%) | C. H.<br>(%) |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1        | 67,31        | 37,72        | 39,93        | 14,46        | 2,86         |
| 2        | 81,80        | 33,60        | 36,25        | 16,31        | 3,07         |
| 3        | 72,72        | 30,79        | 32,35        | 19,56        | 3,32         |
| 4        | 63,96        | 35,63        | 35,82        | 21,86        | 4,00         |
| 5        | 68,49        | 31,93        | 33,08        | 19,78        | 3,65         |
| 6        | 79,40        | 31,90        | 30,24        | 12,86        | 2,36         |
| 7        | 77,32        | 28,27        | 28,64        | 15,01        | 3,88         |
| 8        | 74,54        | 31,25        | 30,74        | 18,37        | 6,33         |
| 9        | 50,81        | 29,46        | 24,32        | 5,31         | 1,26         |
| 10       | 69,25        | 39,90        | 38,69        | 24,28        | 7,14         |
| 11       | 71,91        | 35,99        | 34,01        | 23,36        | 8,74         |
| 12       | 72,95        | 46,55        | 48,53        | 14,48        | 6,22         |
| 13       | 57,20        | 32,21        | 32,16        | 17,91        | 5,22         |
| 14       | 70,37        | 38,81        | 36,70        | 23,09        | 5,95         |
| 15       | 65,86        | 36,00        | 40,11        | 24,12        | 5,04         |
| 16       | 70,15        | 35,09        | 41,98        | 24,69        | 5,61         |
| 17       | 62,15        | 30,57        | 32,67        | 18,93        | 4,20         |
| 18       | 68,77        | 36,95        | 35,33        | 17,82        | 4,48         |
| Promedio | 69,67        | 34,70        | 35,33        | 17,82        | 4,48         |

P. S. = Punto de saturación  
H. E. = Humedad equivalente  
C. C. = Capacidad de campo

P. M. = Punto de marchitamiento  
C. H. = Coeficiente higroscópico



TABLA X

VALORES PUNTOS CRITICOS DE HUMEDAD (SUBSUELO) YERBANTES  
EXPRESADOS EN PORCIENTO DE HUMEDAD GRAVIMETRICA

| Perfil   | P. S.<br>(%) | H. E.<br>(%) | C. C.<br>(%) | P. M.<br>(%) | C. H.<br>(%) |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1        | 58,62        | 35,91        | 35,62        | 12,50        | 1,58         |
| 2        | 76,65        | 34,48        | 35,43        | 18,50        | 3,91         |
| 3        | 74,17        | 37,78        | 37,30        | 16,38        | 3,86         |
| 4        | 65,48        | 35,67        | 34,54        | 23,58        | 3,65         |
| 5        | 66,00        | 32,44        | 33,64        | 21,83        | 5,58         |
| 6        | 64,94        | 28,77        | 26,97        | 10,15        | 1,92         |
| 7        | 62,17        | 40,01        | 37,76        | 25,08        | 6,90         |
| 8        | 75,08        | 28,91        | 29,26        | 13,62        | 4,97         |
| 9        | 59,57        | 35,54        | 22,65        | 6,70         | 1,22         |
| 10       | 70,56        | 43,28        | 39,39        | 24,61        | 7,63         |
| 11       | 69,10        | 33,98        | 31,20        | 12,09        | 9,52         |
| 12       | 77,31        | 48,42        | 44,76        | 12,83        | 5,35         |
| 13       | 55,72        | 38,94        | 34,60        | 17,48        | 4,50         |
| 14       | 64,90        | 37,19        | 33,36        | 14,30        | 5,27         |
| 15       | 67,95        | 42,95        | 41,29        | 11,45        | 5,20         |
| 16       | 72,91        | 45,84        | 42,33        | 10,05        | 6,15         |
| 17       | 71,43        | 40,14        | 35,99        | 16,43        | 5,04         |
| 18       | 73,06        | 43,43        | 38,44        | 8,97         | 5,87         |
| Promedio | 68,08        | 37,98        | 35,25        | 15,36        | 4,89         |

P. S. = Punto de saturación  
H. E. = Humedad equivalente  
C. C. = Capacidad de campo

P. M. = Punto de marchitamiento  
C. H. = Coeficiente higroscópico



TABLA XI

VALORES DE RETENCION DE AGUA A DIFERENTES TENSIONES  
EXPRESADOS EN PORCENTAJES DE HUMEDAD GRAVIMETRICA  
(SUELO)

| Perfil    | Tensión en Bares |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 0,3              | 0,5   | 1,0   | 5,0   | 10,0  | 15,0  |
| 1         | 39,93            | 38,16 | 31,10 | 19,61 | 17,18 | 14,46 |
| 2         | 36,25            | 33,75 | 30,68 | 20,82 | 20,73 | 16,31 |
| 3         | 32,35            | 30,38 | 27,59 | 21,96 | 21,79 | 19,56 |
| 4         | 35,82            | 33,67 | 29,67 | 24,47 | 24,14 | 21,86 |
| 5         | 33,08            | 30,76 | 27,94 | 22,54 | 22,08 | 19,78 |
| 6         | 30,24            | 25,49 | 25,00 | 16,99 | 15,44 | 12,86 |
| 7         | 28,64            | 24,84 | 23,07 | 17,13 | 15,49 | 15,01 |
| 8         | 30,74            | 28,03 | 27,27 | 21,44 | 19,29 | 18,37 |
| 9         | 24,32            | 16,70 | 12,23 | 7,49  | 6,13  | 5,31  |
| 10        | 38,69            | 38,47 | 34,51 | 25,97 | 25,14 | 24,28 |
| 11        | 34,01            | 32,87 | 31,52 | 24,59 | 24,06 | 23,36 |
| 12        | 48,53            | 36,18 | 31,87 | 24,24 | 22,58 | 14,48 |
| 13        | 32,16            | 29,72 | 25,04 | 18,98 | 18,38 | 17,91 |
| 14        | 36,70            | 35,96 | 31,07 | 24,10 | 23,92 | 23,09 |
| 15        | 40,11            | 39,85 | 30,47 | 27,22 | 25,40 | 24,12 |
| 16        | 41,98            | 39,31 | 34,83 | 26,98 | 25,67 | 24,69 |
| 17        | 32,67            | 30,60 | 27,42 | 20,66 | 19,54 | 18,93 |
| 18        | 39,71            | 22,52 | 19,65 | 8,13  | 7,52  | 6,33  |
| Promedio. | 35,33            | 31,51 | 27,82 | 20,74 | 19,69 | 17,82 |



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        | 35,62            | 33,65 | 28,51 | 16,11 | 13,90 | 12,50 |
| 2        | 35,43            | 33,60 | 32,94 | 19,41 | 19,07 | 18,50 |
| 3        | 37,30            | 32,89 | 25,70 | 19,30 | 18,14 | 16,36 |
| 4        | 34,54            | 33,04 | 29,75 | 25,38 | 23,84 | 23,58 |
| 5        | 33,64            | 30,84 | 27,87 | 24,26 | 22,38 | 21,83 |
| 6        | 26,97            | 22,62 | 20,07 | 13,05 | 11,30 | 10,15 |
| 7        | 37,76            | 35,60 | 26,96 | 25,89 | 25,11 | 25,08 |
| 8        | 29,26            | 26,66 | 18,86 | 16,71 | 15,17 | 13,62 |
| 9        | 22,65            | 13,42 | 13,19 | 8,70  | 7,24  | 6,70  |
| 10       | 39,39            | 37,48 | 35,41 | 28,11 | 24,72 | 24,61 |
| 11       | 31,20            | 30,42 | 20,95 | 14,63 | 13,17 | 12,09 |
| 12       | 44,76            | 32,52 | 22,25 | 15,95 | 14,48 | 12,83 |
| 13       | 34,60            | 28,48 | 26,81 | 22,41 | 20,29 | 17,48 |
| 14       | 33,36            | 30,27 | 20,55 | 17,83 | 16,66 | 14,30 |
| 15       | 41,29            | 29,31 | 18,14 | 13,28 | 13,00 | 11,45 |
| 16       | 42,33            | 27,76 | 20,65 | 13,11 | 12,32 | 10,05 |
| 17       | 35,99            | 32,87 | 25,34 | 20,51 | 18,07 | 16,43 |
| 18       | 38,44            | 34,15 | 26,49 | 20,84 | 16,12 | 8,97  |
| Promedio | 35,25            | 30,31 | 24,46 | 18,63 | 16,96 | 15,36 |



TABLA XIII

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

| Perfil      | Tensión en Bares |       |       |       |       |       |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | 0,3              | 0,5   | 1,0   | 5,0   | 10,0  | 15,0  |
| 1 1         | 37,53            | 35,87 | 29,23 | 18,43 | 13,15 | 13,59 |
| 2 2         | 37,34            | 34,76 | 31,60 | 21,44 | 20,35 | 16,80 |
| 3 3         | 36,88            | 34,63 | 31,45 | 25,03 | 17,84 | 18,42 |
| 4 4         | 35,10            | 32,99 | 29,08 | 23,98 | 23,66 | 21,42 |
| 5 5         | 32,42            | 30,14 | 27,38 | 22,09 | 27,64 | 19,38 |
| 6 6         | 27,82            | 23,45 | 23,00 | 15,63 | 11,20 | 11,83 |
| 7 7         | 31,22            | 27,07 | 25,15 | 18,67 | 26,88 | 16,36 |
| 8 8         | 31,05            | 28,31 | 27,54 | 21,65 | 16,48 | 18,55 |
| 9 9         | 29,67            | 20,37 | 14,92 | 9,14  | 9,48  | 6,48  |
| 10 10       | 40,24            | 40,01 | 35,49 | 27,01 | 25,14 | 25,25 |
| 11 11       | 32,65            | 31,55 | 30,26 | 23,61 | 15,10 | 22,42 |
| 12 12       | 48,53            | 36,18 | 31,87 | 24,24 | 15,58 | 14,48 |
| 13 13       | 34,09            | 31,50 | 26,54 | 20,12 | 23,48 | 18,98 |
| 14 14       | 35,23            | 34,52 | 29,83 | 23,14 | 16,96 | 22,17 |
| 15 15       | 40,91            | 40,65 | 31,08 | 27,76 | 14,91 | 24,60 |
| 16 16       | 38,62            | 36,16 | 32,04 | 24,82 | 11,62 | 22,71 |
| 17 17       | 29,40            | 27,54 | 24,68 | 18,59 | 18,59 | 17,04 |
| 18 18       | 38,91            | 22,07 | 19,26 | 17,97 | 16,37 | 9,20  |
| Pt Promedio | 35,42            | 31,54 | 27,82 | 20,74 | 18,07 | 17,59 |



TABLA XIV

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

| Perfil   | Tensión en Bares |       |       |       |       |       |
|----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | 0,3              | 0,5   | 1,0   | 5,0   | 10,0  | 15,0  |
| 1        | 34,19            | 32,30 | 27,37 | 15,47 | 13,34 | 12,00 |
| 2        | 38,26            | 36,29 | 25,57 | 20,96 | 20,59 | 19,98 |
| 3        | 36,93            | 32,56 | 25,44 | 19,11 | 17,96 | 16,22 |
| 4        | 34,54            | 33,04 | 29,75 | 25,38 | 23,84 | 23,58 |
| 5        | 41,38            | 37,93 | 34,28 | 29,84 | 27,53 | 26,85 |
| 6        | 27,51            | 23,07 | 20,47 | 13,31 | 11,53 | 10,35 |
| 7        | 40,02            | 37,74 | 28,58 | 27,44 | 26,62 | 26,58 |
| 8        | 31,01            | 28,26 | 19,99 | 17,71 | 16,08 | 14,44 |
| 9        | 29,22            | 17,31 | 17,02 | 11,22 | 9,34  | 8,64  |
| 10       | 40,57            | 38,60 | 36,47 | 28,95 | 25,46 | 25,35 |
| 11       | 37,75            | 36,81 | 25,35 | 17,73 | 15,93 | 14,63 |
| 12       | 41,99            | 34,15 | 23,36 | 16,75 | 15,20 | 13,47 |
| 13       | 40,48            | 33,32 | 31,36 | 26,22 | 23,74 | 20,45 |
| 14       | 33,03            | 29,97 | 20,34 | 17,65 | 16,49 | 14,16 |
| 15       | 45,01            | 31,95 | 19,77 | 14,47 | 14,17 | 12,48 |
| 16       | 41,06            | 39,83 | 20,03 | 12,72 | 11,95 | 9,75  |
| 17       | 35,99            | 32,87 | 25,34 | 20,51 | 18,07 | 16,43 |
| 18       | 38,82            | 34,49 | 26,75 | 21,05 | 16,28 | 9,06  |
| Promedio | 37,37            | 32,80 | 25,95 | 19,80 | 18,00 | 16,35 |



TABLA XV

MATERIA ORGANICA Y pH (SUELO)

| Nuestra  | Materia Orgánica<br>(%) | pH   |
|----------|-------------------------|------|
| 1        | 6,03                    | 5,50 |
| 2        | 3,79                    | 5,20 |
| 3        | 3,08                    | 4,90 |
| 4        | 4,43                    | 5,45 |
| 5        | 5,66                    | 5,40 |
| 6        | 4,84                    | 5,10 |
| 7        | 3,43                    | 5,80 |
| 8        | 2,41                    | 5,45 |
| 9        | 3,62                    | 5,70 |
| 10       | 2,78                    | 5,50 |
| 11       | 8,28                    | 5,50 |
| 12       | 4,33                    | 4,70 |
| 13       | 2,38                    | 5,70 |
| 14       | 4,72                    | 5,40 |
| 15       | 2,43                    | 5,10 |
| 16       | 7,60                    | 4,70 |
| 17       | 6,93                    | 5,20 |
| 18       | 1,52                    | 6,75 |
| Promedio | 4,35                    | 5,39 |



TABLA XVI

MATERIA ORGÁNICA Y pH (SUBSUELO)

| Perfil   | Perfil | Materia Orgánica |      | pH   | AA<br>m <sup>3</sup> /Me/capa |
|----------|--------|------------------|------|------|-------------------------------|
|          |        | g/kg             | (%)  |      |                               |
| 1        | 1      | 23,34            | 4,13 | 5,45 | 450                           |
| 2        | 2      | 20,58            | 2,08 | 5,30 | 423                           |
| 3        | 3      | 18,46            | 2,43 | 5,30 | 420                           |
| 4        | 4      | 17,48            | 3,85 | 5,50 | 208                           |
| 5        | 5      | 17,04            | 3,61 | 5,80 | 255                           |
| 6        | 6      | 16,75            | 3,45 | 6,20 | 294                           |
| 7        | 7      | 16,74            | 1,55 | 5,90 | 313                           |
| 8        | 8      | 16,52            | 1,51 | 5,35 | 282                           |
| 9        | 9      | 25,15            | 2,36 | 5,40 | 345                           |
| 10       | 10     | 14,99            | 1,75 | 5,70 | 312                           |
| 11       | 11     | 20,72            | 5,70 | 5,50 | 196                           |
| 12       | 12     | 16,02            | 3,05 | 5,55 | 341                           |
| 13       | 13     | 15,22            | 1,26 | 5,50 | 320                           |
| 14       | 14     | 15,20            | 3,87 | 4,95 | 291                           |
| 15       | 15     | 14,35            | 0,96 | 5,35 | 335                           |
| 16       | 16     | 13,91            | 3,32 | 5,15 | 295                           |
| 17       | 17     | 15,86            | 3,28 | 5,48 | 322                           |
| 18       | 18     | 24,73            | 1,30 | 6,35 | 441                           |
| Promedio |        | 17,40            | 2,75 | 5,54 | 340                           |



TABLA XVII

AGUA APROVECHABLE (AA) (SUELO)

| Perfil   | AA<br>% Hv | AA<br>cm/capa | AA<br>m <sup>3</sup> /ha/capa |
|----------|------------|---------------|-------------------------------|
| 1        | 23,94      | 4,50          | 6450                          |
| 2        | 20,54      | 4,23          | 6423                          |
| 3        | 18,46      | 4,20          | 6420                          |
| 4        | 13,68      | 2,68          | 3268                          |
| 5        | 13,04      | 2,55          | 3255                          |
| 6        | 15,99      | 2,94          | 3294                          |
| 7        | 14,34      | 3,13          | 4313                          |
| 8        | 12,50      | 2,52          | 3252                          |
| 9        | 23,19      | 3,65          | 7565                          |
| 10       | 16,99      | 3,12          | 4312                          |
| 11       | 10,23      | 1,96          | 196                           |
| 12       | 34,05      | 16,81         | 10681                         |
| 13       | 15,11      | 3,20          | 7320                          |
| 14       | 13,06      | 2,51          | 3251                          |
| 15       | 16,31      | 13,33         | 10333                         |
| 16       | 15,91      | 2,93          | 3293                          |
| 17       | 12,36      | 2,22          | 222                           |
| 18       | 32,71      | 6,41          | 641                           |
| Promedio | 17,80      | 3,60          | 360                           |



TABLA XVIII

VALORES DEL AGUA APROVECHABLE (AA) (SUBSUELO) Y SUBSUELO

| Perfil   | AA<br>% Hv | Suele<br>0,3 Basecm/capa | AA<br>cm/capa | Subsuelo AA<br>0,3 m <sup>3</sup> /Ha/capa |
|----------|------------|--------------------------|---------------|--------------------------------------------|
| 1        | 22,19      |                          | 6,39          | 639                                        |
| 2        | 18,28      | 17,27                    | 5,92          | 592                                        |
| 3        | 20,71      | 21,46                    | 6,15          | 615                                        |
| 4        | 10,96      | 17,13                    | 3,29          | 329                                        |
| 5        | 14,53      | 27,22                    | 5,36          | 536                                        |
| 6        | 17,16      | 29,15                    | 5,25          | 525                                        |
| 7        | 13,44      | 27,33                    | 4,27          | 427                                        |
| 8        | 16,57      | 26,33                    | 5,27          | 527                                        |
| 9        | 20,58      | 25,80                    | 7,96          | 796                                        |
| 10       | 15,22      | 21,34                    | 4,70          | 470                                        |
| 11       | 23,12      | 18,65                    | 8,39          | 839                                        |
| 12       | 33,52      | 10,30                    | 10,55         | 1055                                       |
| 13       | 20,03      | 17,50                    | 7,03          | 703                                        |
| 14       | 18,87      | 29,34                    | 5,60          | 560                                        |
| 15       | 32,53      | 21,43                    | 10,64         | 1064                                       |
| 16       | 31,31      | 19,30                    | 9,11          | 911                                        |
| 17       | 19,56      | 25,44                    | 5,87          | 587                                        |
| 18       | 29,76      | 24,74                    | 9,02          | 902                                        |
| Promedio | 21,03      |                          | 6,70          | 670                                        |



TABLA XIX

VALORES DEL ESPACIO AEREO A 0,3 BARAS (SUELO Y SUBSUELO)  
DE LAS PROPIEDADES FISICAS ESTUDIADAS (SUELO)

| Perfil   | Suelo     |        | Subsuelo  |        |
|----------|-----------|--------|-----------|--------|
|          | 0,3 Baras | Máximo | 0,3 Baras | Mínimo |
|          | (%)       |        | (%)       |        |
| 1        | 17,27     | 48,13  | 29,45     | 17,31  |
| 2        | 21,46     | 96,23  | 18,54     | 34,04  |
| 3        | 17,15     | 32,04  | 24,25     | 7,40   |
| 4        | 27,22     | 28,03  | 24,64     | 7,23   |
| 5        | 29,15     | 12,51  | 11,67     | 0,32   |
| 6        | 37,33     | 3,82   | 33,85     | 0,04   |
| 7        | 26,53     | 2,47   | 18,90     | 2,41   |
| 8        | 29,80     | 1,73   | 26,93     | 0,90   |
| 9        | 21,34     | 68,13  | 22,83     | 51,01  |
| 10       | 18,63     | 57,00  | 19,04     | 42,70  |
| 11       | 30,29     | 39,90  | 13,06     | 20,90  |
| 12       | 13,59     | 24,30  | 10,67     | 7,40   |
| 13       | 23,34     | 8,74   | 14,17     | 1,78   |
| 14       | 26,83     | 24,49  | 27,53     | 2,31   |
| 15       | 19,56     | 46,53  | 14,17     | 20,27  |
| 16       | 25,44     | 48,53  | 19,35     | 24,32  |
| 17       | 34,74     | 81,40  | 25,84     | 30,31  |
| 18       | 20,60     | 48,53  | 20,29     | 24,32  |
| Promedio | 24,46     | 34,43  | 20,84     | 12,23  |
|          |           | 73,67  | 19,49     | 6,13   |



TABLA XX  
(CONTINUACION)

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

| Parámetro                             | Máximo | Promedio | Mínimo |
|---------------------------------------|--------|----------|--------|
| Retención de H. G. a 15 bares, %      | 24,69  | 17,82    | 5,31   |
| Retención de H. G. a 0,3 bares, %     | 46,53  | 35,33    | 24,32  |
| Retención de H. G. a 0,5 bares, %     | 48,53  | 35,33    | 24,32  |
| Retención de H. G. a 1 bar, %         | 39,85  | 31,51    | 16,70  |
| Arenas, %                             | 48,12  | 25,06    | 3,08   |
| Arcillas, %                           | 63,08  | 26,56    | 17,31  |
| Limos, %                              | 94,23  | 75,43    | 24,04  |
| Agregados mayores de 2 mm, %          | 32,04  | 10,72    | 2,40   |
| Agregados entre 2 y 1 mm, %           | 38,03  | 9,28     | 2,28   |
| Agregados entre 1 y 0,5 mm, %         | 12,51  | 4,00     | 0,32   |
| Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, %      | 5,82   | 1,81     | 0,04   |
| Agregados menores de 0,25 mm, %       | 2,67   | 2,54     | 2,41   |
| Densidad de las partículas, g/ml      | 1,22   | 1,00     | 0,90   |
| Densidad aparente, g/ml               | 65,15  | 60,43    | 51,01  |
| Porosidad, %                          | 57,00  | 49,56    | 42,70  |
| Límite plástico superior, %           | 39,99  | 31,00    | 20,70  |
| Límite plástico inferior, %           | 26,30  | 18,68    | 8,40   |
| Índice de plasticidad, %              | 8,74   | 4,48     | 1,26   |
| Coefficiente higroscópico, %          | 24,69  | 17,82    | 5,31   |
| Punto de marchitamiento a 15 bares, % | 46,53  | 34,70    | 28,27  |
| Humedad equivalente, %                | 48,53  | 35,33    | 24,32  |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %     | 81,80  | 69,67    | 50,81  |
| Punto de saturación, %                | 48,53  | 35,33    | 24,32  |
| Retención de H. G. a 0,3 bares, %     | 39,85  | 31,51    | 16,70  |
| Retención de H. G. a 0,5 bares, %     | 34,83  | 27,82    | 12,23  |
| Retención de H. G. a 1 bar, %         | 27,22  | 20,74    | 7,49   |
| Retención de H. G. a 5 bares, %       | 25,67  | 19,69    | 6,13   |
| Retención de H. G. a 10 bares, %      |        |          |        |



TABLA XX (CONTINUACION)

| Parámetro                             | Máximo | Promedio | Mínimo |
|---------------------------------------|--------|----------|--------|
| Retención de H. G. a 15 bares, %      | 24,69  | 17,82    | 5,31   |
| Retención de H. V. a 0,3 bares, %     | 48,53  | 35,42    | 27,82  |
| Retención de H. V. a 0,5 bares, %     | 40,65  | 31,54    | 20,37  |
| Retención de H. V. a 1 bar, %         | 35,69  | 27,82    | 14,92  |
| Retención de H. V. a 5 bares, %       | 27,76  | 20,74    | 7,97   |
| Retención de H. V. a 10 bares, %      | 30,10  | 20,07    | 7,37   |
| Retención de H. V. a 15 bares, %      | 25,25  | 17,59    | 6,20   |
| Materia orgánica, %                   | 40,675 | 15,539   | 4,70   |
| Agua aprovechable, %                  | 34,05  | 17,80    | 10,23  |
| Lámina de riego, cm/capa              | 37,33  | 24,46    | 13,59  |
| Aireación a 0,3 bares, %              | 2,49   | 2,35     | 2,45   |
| Gravidad de las partículas, g/ml      | 1,29   | 1,06     | 0,86   |
| Gravidad aparente, g/ml               | 63,64  | 58,32    | 50,81  |
| H. G. % - Humedad gravimétrica        | 51,80  | 45,76    | 39,70  |
| H. V. % - Humedad volumétrica         | 38,37  | 30,76    | 23,91  |
| Límite plástico inferior, %           | 20,99  | 15,00    | 9,43   |
| Índice de plasticidad, %              | 9,32   | 4,89     | 1,23   |
| Coeficiente higroscópico, %           | 25,08  | 13,36    | 6,70   |
| Punto de marchitamiento a 15 bares, % | 48,42  | 37,98    | 30,77  |
| Humedad equivalente, %                | 44,76  | 35,23    | 23,63  |
| Gravidad de campo a 0,3 bares, %      | 77,31  | 68,06    | 53,72  |
| Punto de saturación, %                | 44,76  | 35,23    | 23,63  |
| Gravidad de H. G. a 0,3 bares, %      | 37,48  | 30,31    | 13,42  |
| Gravidad de H. G. a 0,5 bares, %      | 35,41  | 24,46    | 13,19  |
| Gravidad de H. G. a 1 bar, %          | 28,13  | 16,43    | 6,70   |
| Gravidad de H. G. a 5,0 bares, %      | 25,11  | 16,96    | 7,24   |
| Gravidad de H. G. a 10,0 bares, %     |        |          |        |



TABLA XXI (continuación)

| RESULTADOS MÁXIMOS, PROMEDIOS Y MÍNIMOS<br>DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS ESTUDIADAS (SUBSUELO) |        |          |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|--------|
| Parámetro                                                                                   | Máximo | Promedio | Mínimo |
| Retención de H. G. a 15,0 bares, %                                                          | 25,08  | 15,36    | 6,70   |
| Retención de H. G. a 10,0 bares, %                                                          | 25,11  | 16,96    | 7,24   |
| Retención de H. G. a 5,0 bares, %                                                           | 28,11  | 18,63    | 8,70   |
| Retención de H. G. a 1 bar, %                                                               | 35,41  | 24,46    | 13,19  |
| Retención de H. G. a 0,5 bares, %                                                           | 37,48  | 30,31    | 13,42  |
| Punto de saturación, %                                                                      | 44,76  | 35,25    | 22,65  |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %                                                           | 77,31  | 68,08    | 55,72  |
| Humedad equivalente, %                                                                      | 44,76  | 35,25    | 22,65  |
| Punto de marchitamiento a 15 bares, %                                                       | 48,42  | 37,98    | 28,77  |
| Coefficiente higroscópico, %                                                                | 25,08  | 15,36    | 6,70   |
| Índice de plasticidad, %                                                                    | 9,52   | 4,89     | 1,22   |
| Límite plástico inferior, %                                                                 | 20,99  | 15,00    | 5,43   |
| Límite plástico superior, %                                                                 | 38,37  | 30,76    | 22,91  |
| Porosidad, %                                                                                | 51,80  | 45,76    | 39,70  |
| Densidad aparente, g/ml                                                                     | 63,64  | 58,22    | 50,81  |
| Densidad de las partículas, g/ml                                                            | 1,29   | 1,06     | 0,96   |
| Agregados menores de 0,25 mm, %                                                             | 2,69   | 2,55     | 2,45   |
| Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, %                                                            | 20,54  | 4,39     | 0,18   |
| Agregados entre 1 y 0,5 mm, %                                                               | 20,58  | 5,70     | 0,82   |
| Agregados entre 2 y 1 mm, %                                                                 | 44,29  | 13,08    | 2,44   |
| Agregados mayores de 2 mm, %                                                                | 40,93  | 15,03    | 2,52   |
| Limos, %                                                                                    | 93,11  | 61,78    | 9,33   |
| Arcillas, %                                                                                 | 64,17  | 26,31    | 12,28  |
| Arenas, %                                                                                   | 58,02  | 28,57    | 3,08   |
| Retención de H. G. a 15,0 bares, %                                                          | 82,94  | 45,10    | 17,69  |



TABLA XXI (CONTINUACION)

| Parámetro                           | Máximo | Promedio | Mínimo   |
|-------------------------------------|--------|----------|----------|
| Retención de H. G. a 15,0 bares, %  | 25,08  | 15,36    | 6,70     |
| Retención de H. V. a 0,3 bares, %   | 46,99  | 37,37    | 27,51    |
| Retención de H. V. a 0,5 bares, %   | 39,83  | 32,80    | 17,31    |
| Retención de H. V. a 1,0 bar, %     | 36,47  | 25,95    | 17,02    |
| Retención de H. V. a 5,0 bares, %   | 29,84  | 19,00    | 11,22    |
| Retención de H. V. a 10,0 bares, %  | 27,53  | 18,00    | 14,9,34  |
| Retención de H. V. a 15,0 bares, %  | 26,85  | 16,35    | 30,8,64  |
| Retención de H. V. a 18,07 - 0,0432 | 5,70   | 2,75     | 0,0,96   |
| Materia orgánica, %                 | 6,35   | 5,54     | 5,4,95   |
| pH                                  | 33,52  | 21,02    | 17,10,96 |
| Agua aprovechable, %                | 10,64  | 6,70     | 35,3,29  |
| Lámina de riego, cm/capa            | 33,85  | 20,84    | 23,10,67 |
| Aireación a 0,3 bares, %            |        | 0,60     | 47,48    |
|                                     |        | 0,63     | 41,3     |
|                                     |        | 0,49     | 13,2     |
|                                     |        | 0,25     | 8,95     |
|                                     |        | 0,38     | 14,86    |
|                                     |        | 0,30     | 31,0     |
|                                     |        | 0,103    | 23,3     |
|                                     |        | 0,34     | 11,6     |
|                                     |        | 0,31     | 63,7     |
|                                     |        | 0,138    | 3,00     |
|                                     |        | 0,93     | 86,5     |
|                                     |        | 0,14     | 3,80     |
|                                     |        | 0,43     | 20,3     |
|                                     |        | 0,19     | 1,00     |
|                                     |        | 0,03     | 0,80     |
|                                     |        | 0,34     | 11,6     |

H. G. = Humedad gravimétrica

H. V. = Humedad volumétrica



TABLA XXII

| RELACION ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS (SUELO) |                       | Coeficiente de Determinación (R) |                                  |
|----------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| X                                                  | Y                     | Coeficiente de Correlación (r)   | Coeficiente de Determinación (R) |
| Ecuación de Regresión                              |                       |                                  |                                  |
| $Y = a + bx$                                       |                       |                                  |                                  |
| X                                                  | Y                     | Coeficiente de Correlación (r)   | Coeficiente de Determinación (R) |
| $Y = a + bx$                                       |                       |                                  |                                  |
| Ar-Agr                                             | $Y = 89,54 - 0,585X$  | - 0,38                           | 14,5                             |
| Ar-CC                                              | $Y = 27,81 + 0,30X$   | 0,71 **                          | 50,5                             |
| Ar-AA                                              | $Y = 18,87 - 0,043X$  | - 0,080                          | 0,70                             |
| Ar-MO                                              | $Y = 3,52 + 0,033X$   | 0,23                             | 5,71                             |
| Ax-IP                                              | $Y = 9,65 + 0,36X$    | 0,87 **                          | 77,35                            |
| Ar-LPI                                             | $Y = 37,76 - 0,27X$   | - 0,59 **                        | 35,93                            |
| Ar-DA                                              | $Y = 1,058 - 0,0022X$ | - 0,50 **                        | 25,60                            |
| Ar-PM                                              | $Y = 10,30 + 0,30X$   | 0,68 **                          | 47,48                            |
| DA-CC                                              | $Y = 97,31 - 61,50X$  | - 0,65 **                        | 42,3                             |
| Pr-CC                                              | $Y = -10,0 + 0,75X$   | 0,49 *                           | 13,7                             |
| Pr-LPI                                             | $Y = 60,01 - 0,48X$   | - 0,29                           | 8,95                             |
| Pr-PM                                              | $Y = -17,84 + 0,59X$  | 0,38                             | 14,86                            |
| CC-NE                                              | $Y = 9,62 + 0,71X$    | 0,90 **                          | 81,0                             |
| CC-NA                                              | $Y = 44,53 - 0,568X$  | - 0,503 **                       | 25,3                             |
| MO-Agr                                             | $Y = 88,57 - 3,15X$   | - 0,34                           | 11,6                             |
| MO-DA                                              | $Y = 1,09 - 0,02X$    | - 0,81 **                        | 65,7                             |
| MO-Pr                                              | $Y = 58,95 + 0,34X$   | 0,176                            | 3,00                             |
| MO-LPS                                             | $Y = 41,18 + 1,927X$  | 0,93 **                          | 86,5                             |
| MO-LPI                                             | $Y = 29,22 + 0,41X$   | 0,14                             | 2,00                             |
| MO-IP                                              | $Y = 17,28 + 0,324X$  | 0,45 *                           | 20,3                             |
| MO-CC                                              | $Y = 34,099 + 0,285X$ | 0,10                             | 1,00                             |
| MO-NE                                              | $Y = 34,487 + 0,049X$ | 0,03                             | 0,09                             |
| MO-PM                                              | $Y = 13,44 + 1,007X$  | 0,34                             | 11,6                             |



TABLE XXII (CONTINUACION)

| X        | Y | Ecuación de Regresión<br>$Y = a + bx$ | Coefficiente de Correlación (r) | Coefficiente de Determinación (R)<br>(%) |
|----------|---|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|
| MO - AA  |   | $Y = 12,828 - 1,143X$                 | 0,31                            | 9,70                                     |
| AA - Agr |   | $Y = 10,74 - 0,76X$                   | 0,30                            | 15,30                                    |
| AA - Ar  |   | $Y = 0,91 + 0,59X$                    | 0,30                            | 9,16                                     |
| AA - CC  |   | $Y = 25,21 - 0,42X$                   | 0,029                           | 0,13                                     |
| AA - DA  |   | $Y = 11,81 + 0,061X$                  | 0,23                            | 28,90                                    |
| AA - EA  |   | $Y = 6,23 + 0,31X$                    | 0,46                            | 20,10                                    |
| AA - HE  |   | $Y = 41,01 - 0,369X$                  | 0,18                            | 2,60                                     |
| AA - IP  |   | $Y = 52,23 + 3,42X$                   | 0,06                            | 0,20                                     |
| AA - LPI |   | $Y = 1,545 + 0,002X$                  | 0,094                           | 0,90                                     |
| AA - LPS |   | $Y = 37,200 - 0,261X$                 | 0,15                            | 1,70                                     |
| AA - MO  |   | $Y = 46,83 - 0,39X$                   | 0,08                            | 0,64                                     |
| AA - PM  |   | $Y = 30,03 + 0,20X$                   | 0,16                            | 2,6                                      |
| AA - Pr  |   | $Y = 19,43 + 0,572X$                  | 0,21                            | 4,50                                     |
| AA - CC  |   | $Y = 32,70 - 0,893X$                  | 0,26                            | 7,90                                     |
| AA - HE  |   | $Y = 34,77 - 1,17X$                   |                                 |                                          |

++

Significativo al 1%

Significativo al 5%

AA

Agua aprovechable

HE

Humedad equivalente

Agr

Agregados mayores de 2 mm

IP

Índice plástico

Ar

Arcillas

LPI

Límite plástico inferior

CC

Capacidad de campo

LPS

Límite plástico superior

DA

Densidad aparente

MO

Materia orgánica

EA

Espacio aéreo

PM

Punto de marchitamiento

Pr

Porosidad



TABLA XXIII (continuación)

## RELACION ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS (SUBSUELO)

| X        | Y | Ecuación de Regresión<br>$Y = a + bx$ | Coeficiente de Correlación (r) | Coeficiente de Determinación (R <sup>2</sup> ) (%) |
|----------|---|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|
|          |   |                                       |                                |                                                    |
| Ar - Agr |   | $Y = 92,92 - 1,09X$                   | - 0,70 **                      | 49,00                                              |
| Ar - CC  |   | $Y = 29,83 + 0,19X$                   | 0,63 **                        | 39,70                                              |
| Ar - AA  |   | $Y = 18,50 + 0,068X$                  | 0,23                           | 5,30                                               |
| Ar - MO  |   | $Y = 2,47 + 0,0098X$                  | 0,15                           | 2,37                                               |
| Ar - IP  |   | $Y = 9,29 + 0,20X$                    | 0,79 **                        | 63,09                                              |
| Ar - LPI |   | $Y = 33,58 - 0,10X$                   | 0,36                           | 13,24                                              |
| Ar - DA  |   | $Y = 1,09 - 0,0012X$                  | 0,27                           | 7,70                                               |
| Ar - PM  |   | $Y = 14,25 + 0,039X$                  | 0,12                           | 1,54                                               |
| DA - CC  |   | $Y = 78,74 - 40,76X$                  | 0,61 **                        | 37,30                                              |
| Pr - CC  |   | $Y = 0,91 + 0,59X$                    | 0,39                           | 15,30                                              |
| Pr - LPI |   | $Y = 55,21 - 0,42X$                   | - 0,30                         | 9,16                                               |
| Pr - PM  |   | $Y = 11,81 + 0,061X$                  | 0,039                          | 0,15                                               |
| CC - HE  |   | $Y = 8,73 + 0,83X$                    | 0,83 **                        | 68,90                                              |
| CC - EA  |   | $Y = 41,01 - 0,569X$                  | - 0,49 *                       | 24,10                                              |
| MO - Agr |   | $Y = 52,23 + 3,48X$                   | 0,16                           | 2,60                                               |
| MO - DA  |   | $Y = 1,065 + 0,002X$                  | - 0,04                         | 0,20                                               |
| MO - Pr  |   | $Y = 57,503 - 0,261X$                 | - 0,094                        | 0,90                                               |
| MO - LPS |   | $Y = 46,83 - 0,39X$                   | - 0,13                         | 1,70                                               |
| MO - LPI |   | $Y = 30,05 - 0,26X$                   | - 0,08                         | 0,64                                               |
| MO - IP  |   | $Y = 13,43 + 0,572X$                  | 0,16                           | 2,6                                                |
| MO - CC  |   | $Y = 32,79 - 0,893X$                  | - 0,21                         | 4,50                                               |
| MO - HE  |   | $Y = 34,77 - 1,17X$                   | - 0,28                         | 7,90                                               |



TABLA XXIV  
TABLA XXIII (CONTINUACION)

| X       | Y                        | Ecuación de Regresión<br>$Y = a + bx$ | Coefficiente<br>de Correlación (r) | Coefficiente<br>de Determinación (R)<br>(%) |
|---------|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|
| MO - PM | Frecuencia               | $Y = 14,17 - 0,433X$                  | - 0,10                             | 1,00                                        |
| MO - AA |                          | $Y = 19,56 - 0,529X$                  | - 0,11                             | 1,20                                        |
| <hr/>   |                          |                                       |                                    |                                             |
|         |                          |                                       | Varianza                           | Correlación                                 |
|         |                          |                                       | - 0,10                             | 1,00                                        |
|         |                          |                                       | - 0,11                             | 1,20                                        |
| <hr/>   |                          |                                       |                                    |                                             |
| EA      | Espacio aéreo            | 13,14                                 | 221,36                             | 14,57                                       |
| HE      | Humedad equivalente      | 13,04                                 | 121,82                             | 13,07                                       |
| IP      | Índice plástico          | 10,77                                 | 109,13                             | 10,41                                       |
| LPI     | Límite plástico inferior | 10,12                                 | 104,86                             | 10,29                                       |
| LPS     | Límite plástico superior | 22,44                                 | 280,65                             | 22,88                                       |
| MO      | Materia orgánica         | 13,12                                 | 137,71                             | 13,27                                       |
| PM      | Punto de marchitamiento  | 10,72                                 | 104,81                             | 10,87                                       |
| Pr      | Porosidad                | 0,22                                  | 0,007                              | 0,16                                        |
|         |                          | 0,32                                  | 0,035                              | 0,059                                       |
|         |                          | 14,14                                 | 13,93                              | 3,73                                        |
|         |                          | 14,30                                 | 16,13                              | 4,31                                        |
|         |                          | 19,29                                 | 36,25                              | 6,02                                        |
|         |                          | 17,90                                 | 29,39                              | 5,41                                        |
|         |                          | 7,48                                  | 1,77                               | 1,33                                        |
|         |                          | 18,38                                 | 32,79                              | 5,72                                        |
|         |                          | 18,78                                 | 20,47                              | 4,32                                        |
|         |                          | 24,21                                 | 51,06                              | 5,64                                        |
|         |                          | 30,99                                 | 62,35                              | 7,90                                        |
|         |                          | 20,71                                 | 26,10                              | 5,10                                        |
|         |                          | 20,28                                 | 34,13                              | 5,84                                        |
|         |                          | 20,97                                 | 25,82                              | 5,06                                        |
|         |                          | 19,79                                 | 20,51                              | 5,43                                        |



TABLA XXIV  
TABLA XXIV (CONTINUACION)

MEDIDAS DE DISPERSION (SUELO)

| Parámetro                             | Rango | Varianza<br>(S) <sup>2</sup> | Desviación<br>estandar<br>(S) |
|---------------------------------------|-------|------------------------------|-------------------------------|
| Parámetro                             | Rango | Varianza<br>(S) <sup>2</sup> | Desviación<br>estandar<br>(S) |
| Retención de H. V. a 10,8 bares, %    | 19,05 | 10,36                        | 3,21                          |
| Retención de H. V. a 15,0 bares, %    | 8,75  | 5,88                         | 2,42                          |
| Retención de H. V. a 15,0 bares, %    | 53,14 | 221,34                       | 14,87                         |
| Arenas, %                             | 45,04 | 171,02                       | 13,07                         |
| Arcillas, %                           | 45,77 | 108,43                       | 10,41                         |
| Limos, %                              | 70,19 | 334,86                       | 18,29                         |
| Agregados mayores de 2 mm, %          | 29,64 | 59,05                        | 7,68                          |
| Agregados entre 2 y 1 mm, %           | 35,75 | 77,48                        | 8,80                          |
| Agregados entre 1 y 0,5 mm, %         | 12,19 | 10,71                        | 3,27                          |
| Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, %      | 5,78  | 3,51                         | 1,87                          |
| Agregados menores de 0,25 mm, %       | 0,26  | 0,027                        | 0,16                          |
| Densidad de las partículas, g/ml      | 0,32  | 0,035                        | 0,059                         |
| Densidad aparente, g/ml               | 14,14 | 13,93                        | 3,73                          |
| Porosidad, %                          | 14,30 | 16,12                        | 4,01                          |
| Límite plástico superior, %           | 19,29 | 36,25                        | 6,02                          |
| Límite plástico inferior, %           | 17,90 | 29,29                        | 5,41                          |
| Indice de plasticidad, %              | 7,48  | 1,77                         | 1,33                          |
| Coefficiente higroscópico, %          | 19,38 | 32,79                        | 5,72                          |
| Punto de marchitamiento a 15 bares, % | 18,28 | 20,47                        | 4,52                          |
| Humedad equivalente, %                | 24,21 | 31,86                        | 5,64                          |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %     | 30,99 | 62,54                        | 7,90                          |
| Punto de saturación, %                | 20,71 | 26,10                        | 5,10                          |
| Retención de H. V. a 0,3 bares, %     | 20,28 | 34,15                        | 5,84                          |
| Retención de H. V. a 0,5 bares, %     | 20,97 | 25,62                        | 5,06                          |
| Retención de H. V. a 1,0 bares, %     | 19,79 | 29,51                        | 5,43                          |
| Retención de H. V. a 5,0 bares, %     |       |                              |                               |



TABLA XXIV ( CONTINUACION )

| Parámetro                             | Range | Varianza<br>(S) <sup>2</sup> | Desviación<br>estandar<br>(S) |
|---------------------------------------|-------|------------------------------|-------------------------------|
| Retención de H. V. a 10,0 bares, %    | 22,73 | 37,13                        | 6,09                          |
| Retención de H. V. a 15,0 bares, %    | 19,05 | 30,36                        | 5,51                          |
| Materia orgánica, %                   | 6,76  | 3,68                         | 1,91                          |
| pH                                    | 2,05  | 0,23                         | 0,48                          |
| Agua aprovechable, %                  | 23,82 | 51,55                        | 7,18                          |
| Lámina de riego, cm                   | 4,85  | 35,02                        | 5,91                          |
| Aireación a 0,3 bares, %              | 23,74 | 40,59                        | 6,37                          |
| Capacidad entre 0,5 y 0,25 mm, %      | 19,76 | 20,73                        | 4,55                          |
| Capacidad menor de 0,25 mm, %         | 20,36 | 23,51                        | 4,84                          |
| H. V. = Humedad volumétrica           | 0,24  | 0,0026                       | 0,16                          |
| Densidad de las partículas, g/ml      | 0,33  | 0,0004                       | 0,02                          |
| Densidad aparente, g/ml               | 12,53 | 12,42                        | 3,52                          |
| Porosidad, %                          | 12,10 | 14,56                        | 3,80                          |
| Límite plástico superior, %           | 15,46 | 26,95                        | 4,99                          |
| Límite plástico inferior, %           | 15,56 | 30,72                        | 4,55                          |
| Índice de plasticidad, %              | 8,90  | 4,37                         | 2,09                          |
| Coefficiente higroscópico, %          | 18,38 | 30,60                        | 5,54                          |
| Punto de marchitamiento a 15 bares, % | 19,63 | 29,62                        | 5,44                          |
| Humedad equivalente, %                | 22,11 | 29,16                        | 5,40                          |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %     | 22,59 | 41,96                        | 6,47                          |
| Punto de saturación                   | 19,40 | 27,12                        | 5,20                          |
| Retención de H. V. a 0,3 bares, %     | 22,52 | 39,37                        | 5,74                          |
| Retención de H. V. a 0,5 bares, %     | 19,45 | 30,16                        | 5,49                          |
| Retención de H. V. a 1,0 bares, %     | 18,62 | 9,60                         | 3,10                          |
| Retención de H. V. a 3,0 bares, %     |       |                              |                               |



TABLA XXV

MEDIDAS DE DISPERSION (SUBSUELO)

| Parámetro                             | Rango | Varianza<br>(S) <sup>2</sup> | Desviación<br>estandar<br>(S) |
|---------------------------------------|-------|------------------------------|-------------------------------|
| Parámetro 10,0 bares, %               |       |                              |                               |
| Parámetro de H. V. a 15,0 bares, %    |       |                              |                               |
| Arenas, %                             | 65,25 | 341,61                       | 18,48                         |
| Arcillas, %                           | 54,94 | 398,83                       | 17,28                         |
| Limos, %                              | 51,89 | 183,56                       | 13,54                         |
| Agregados mayores de 2 mm, %          | 83,78 | 761,87                       | 27,60                         |
| Agregados entre 2 y 1 mm, %           | 38,41 | 97,00                        | 9,84                          |
| Agregados entre 1 y 0,5 mm, %         | 41,85 | 144,47                       | 12,01                         |
| Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, %      | 19,76 | 20,73                        | 4,55                          |
| Agregados menores de 0,25 mm, %       | 20,36 | 23,51                        | 4,84                          |
| Densidad de las partículas, g/ml      | 0,24  | 0,0026                       | 0,16                          |
| Densidad aparente, g/ml               | 0,33  | 0,0064                       | 0,08                          |
| Porosidad, %                          | 12,83 | 12,42                        | 3,52                          |
| Límite plástico superior, %           | 12,10 | 14,94                        | 3,86                          |
| Límite plástico inferior, %           | 15,46 | 24,95                        | 4,99                          |
| Índice de plasticidad, %              | 15,56 | 20,72                        | 4,55                          |
| Coefficiente higroscópico, %          | 8,30  | 4,37                         | 2,09                          |
| Punto de marchitamiento a 15 bares, % | 18,38 | 30,69                        | 5,54                          |
| Humedad equivalente, %                | 19,65 | 29,62                        | 5,44                          |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %     | 22,11 | 29,16                        | 5,40                          |
| Punto de saturación                   | 21,59 | 41,96                        | 6,47                          |
| Retención de H. V. a 0,3 bares, %     | 19,48 | 27,12                        | 5,20                          |
| Retención de H. V. a 0,5 bares, %     | 22,52 | 33,27                        | 5,76                          |
| Retención de H. V. a 1,0 bares, %     | 19,45 | 34,16                        | 5,84                          |
| Retención de H. V. a 5,0 bares, %     | 18,62 | 9,89                         | 3,14                          |



TABLA XXV (CONTINUACION)

| Parámetro                             | Rango | Varianza<br>(S) <sup>2</sup> | Desviación<br>estandar<br>(S) |
|---------------------------------------|-------|------------------------------|-------------------------------|
| Retención de H. V. a 10,0 bares, %    | 18,19 | 29,98                        | 5,47                          |
| Retención de H. V. a 15,0 bares, %    | 18,21 | 36,92                        | 6,07                          |
| Materia orgánica, %                   | 4,74  | 1,60                         | 2,26                          |
| pH                                    | 0,81  | 0,12                         | 0,35                          |
| Agua aprovechable, %                  | 22,56 | 44,78                        | 6,69                          |
| Lámina de riego, cm                   | 7,35  | 13,64                        | 3,69                          |
| Aireación a 0,3 bares, %              | 23,18 | 66,73                        | 8,16                          |
| Agregados mayores de 2 mm, %          |       |                              |                               |
| Agregados entre 2 y 1 mm, %           |       |                              |                               |
| Agregados entre 1 y 0,5 mm, %         |       |                              |                               |
| Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, %      |       |                              |                               |
| Agregados menores de 0,25 mm, %       |       |                              |                               |
| Densidad de las partículas, g/ml      |       |                              |                               |
| Densidad aparente, g/ml               |       |                              |                               |
| Porosidad, %                          |       |                              |                               |
| Límite plástico superior, %           |       |                              |                               |
| Límite plástico inferior, %           |       |                              |                               |
| Índice de plasticidad, %              |       |                              |                               |
| Coefficiente higroscópico, %          |       |                              |                               |
| Punto de marchitamiento a 15 bares, % |       |                              |                               |
| Humedad equivalente, %                |       |                              |                               |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %     |       |                              |                               |
| Punto de saturación, %                |       |                              |                               |
| Retención de H. V. a 0,3 bares, %     |       |                              |                               |
| Retención de H. V. a 5,0 bares, %     |       |                              |                               |
| Retención de H. V. a 1,0 bares, %     |       |                              |                               |



TABLA XXVI

MEDIDAS DE VARIABILIDAD (SUELO)

| Parámetro                             | Desviación de la Media (MD) | Coefficiente de Variación C. V. (%) | Límite de confianza al nivel del 95% |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Arenas, %                             | 3,50                        | 30,74                               | 55,75 40,99                          |
| Arcillas, %                           | 3,08                        | 52,15                               | 31,55 18,57                          |
| Limos, %                              | 3,45                        | 39,19                               | 31,72 21,40                          |
| Agregados mayores de 2 mm, %          | 4,31                        | 24,24                               | 84,52 66,34                          |
| Agregados entre 2 y 1 mm, %           | 1,81                        | 71,64                               | 14,53 6,91                           |
| Agregados entre 1 y 0,5 mm, %         | 2,07                        | 94,82                               | 13,64 4,92                           |
| Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, %      | 0,77                        | 81,70                               | 5,62 2,38                            |
| Agregados menores de 0,25 mm, %       | 0,44                        | 103,31                              | 2,73 0,89                            |
| Densidad de las partículas, g/ml      | 0,03                        | 6,29                                | 2,60 2,48                            |
| Densidad aparente, g/ml               | 0,01                        | 5,90                                | 1,02 0,98                            |
| Porosidad, %                          | 0,87                        | 6,17                                | 62,26 58,60                          |
| Límite plástico superior, %           | 0,94                        | 8,09                                | 51,54 47,58                          |
| Límite plástico inferior, %           | 1,41                        | 19,41                               | 33,97 28,03                          |
| Índice de plasticidad, %              | 1,27                        | 28,96                               | 21,35 16,01                          |
| Coefficiente higroscópico, %          | 0,31                        | 29,68                               | 5,13 3,83                            |
| Punto de marchitamiento a 15 bares, % | 1,34                        | 32,09                               | 20,64 15,00                          |
| Humedad equivalente, %                | 1,06                        | 13,02                               | 36,93 32,47                          |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %     | 1,33                        | 15,96                               | 38,13 32,53                          |
| Punto de saturación, %                | 1,86                        | 11,33                               | 73,59 65,75                          |
| Retención de H. V. a 0,3 bares, %     | 1,20                        | 14,39                               | 37,95 32,89                          |
| Retención de H. V. a 5,0 bares, %     | 1,37                        | 18,51                               | 34,43 28,65                          |
| Retención de H. V. a 1,0 bares, %     | 1,19                        | 18,18                               | 30,33 25,31                          |



TABLA XXVII (CONTINUACION)

| Parámetro                              | Desviación de la Media (MD) | Coefficiente de Variación C. V. (%) | Límite de confianza al nivel del 95% |
|----------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Retención de H. V. a 5,0 bares, %      | 1,28                        | 26,18                               | 23,44                                |
| Retención de H. V. a 10,0 bares, %     | 1,43                        | 30,34                               | 23,08                                |
| Retención de H. V. a 15,0 bares, %     | 1,29                        | 31,32                               | 20,31                                |
| pH                                     | 0,11                        | 8,90                                | 5,62                                 |
| Materia orgánica, %                    | 0,45                        | 43,90                               | 5,29                                 |
| Agua aprovechable, %                   | 1,69                        | 40,33                               | 21,36                                |
| Lámina de riego, cm                    | 1,39                        | 164,16                              | 6,53                                 |
| Aireación a 0,3 bares, %               | 1,50                        | 26,04                               | 27,62                                |
| Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, %       | 1,01                        | 79,82                               | 7,35                                 |
| Agregados menores de 0,25 mm, %        | 1,14                        | 110,25                              | 6,79                                 |
| H. V. = Humedad volumétrica            | 0,03                        | 6,27                                | 2,61                                 |
| Densidad de las partículas, g/ml       | 0,02                        | 7,54                                | 1,10                                 |
| Densidad aparente, g/ml                | 0,83                        | 6,04                                | 59,97                                |
| Porosidad, %                           | 0,91                        | 8,43                                | 47,68                                |
| Límite plástico superior, %            | 1,17                        | 16,22                               | 33,22                                |
| Límite plástico inferior, %            | 1,07                        | 30,33                               | 17,25                                |
| Índice de plasticidad, %               | 0,49                        | 42,74                               | 5,91                                 |
| Coefficiente higroscópico, %           | 1,30                        | 36,06                               | 18,10                                |
| Puntos de marchitamiento a 15 bares, % | 1,28                        | 14,32                               | 40,68                                |
| Humedad equivalente, %                 | 1,27                        | 15,31                               | 37,92                                |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %      | 1,52                        | 9,50                                | 71,28                                |
| Punto de saturación, %                 | 1,22                        | 13,91                               | 39,94                                |
| Retención de H. V. a 0,3 bares, %      | 1,33                        | 17,56                               | 35,64                                |
| Retención de H. V. a 0,5 bares, %      | 1,37                        | 22,59                               | 28,64                                |
| Retención de H. V. a 1,0 bares, %      |                             |                                     | 23,06                                |



TABLA XXVII

MEDIDAS DE VARIABILIDAD (SUBSUELO)

| Parámetro                              | Desviación<br>de la<br>Media<br>(MD) | Coefficien<br>te de Va-<br>riación<br>C. V.<br>(%) | Límite de<br>confianza<br>al nivel<br>del 95% |       |
|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------|
| Arenas, %                              | 4,35                                 | 40,97                                              | 54,27                                         | 35,93 |
| Arcillas, %                            | 4,07                                 | 60,48                                              | 37,15                                         | 19,99 |
| Limos, %                               | 3,19                                 | 51,46                                              | 33,04                                         | 19,58 |
| Agregados mayores de 2 mm, %           | 6,50                                 | 44,67                                              | 65,49                                         | 48,07 |
| Agregados entre 2 y 1 mm, %            | 2,32                                 | 65,46                                              | 19,92                                         | 10,14 |
| Agregados entre 1 y 0,5 mm, %          | 2,83                                 | 91,81                                              | 19,05                                         | 7,11  |
| Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, %       | 1,07                                 | 79,82                                              | 7,95                                          | 3,45  |
| Agregados menores de 0,25 mm, %        | 1,14                                 | 110,25                                             | 6,79                                          | 1,99  |
| Densidad de las partículas, g/ml       | 0,03                                 | 6,27                                               | 2,61                                          | 2,49  |
| Densidad aparente, g/ml                | 0,02                                 | 7,54                                               | 1,10                                          | 1,02  |
| Porosidad, %                           | 0,83                                 | 6,04                                               | 59,97                                         | 56,47 |
| Límite plástico superior, %            | 0,91                                 | 8,43                                               | 47,68                                         | 43,84 |
| Límite plástico inferior, %            | 1,17                                 | 16,22                                              | 33,22                                         | 28,30 |
| Índice de plasticidad, %               | 1,07                                 | 30,33                                              | 17,25                                         | 12,75 |
| Coefficiente higroscópico, %           | 0,49                                 | 42,74                                              | 5,92                                          | 3,86  |
| Puntos de marchitamiento a 15 bares, % | 1,30                                 | 36,06                                              | 18,10                                         | 12,62 |
| Humedad equivalente, %                 | 1,28                                 | 14,32                                              | 40,68                                         | 35,28 |
| Capacidad de campo a 0,3 bares, %      | 1,27                                 | 15,31                                              | 37,92                                         | 32,58 |
| Punto de saturación, %                 | 1,52                                 | 9,50                                               | 71,28                                         | 62,88 |
| Retención de H. V. a 0,3 bares, %      | 1,22                                 | 13,91                                              | 39,94                                         | 34,80 |
| Retención de H. V. a 0,5 bares, %      | 1,35                                 | 17,56                                              | 35,64                                         | 29,96 |
| Retención de H. V. a 1,0 bares, %      | 1,37                                 | 22,50                                              | 28,84                                         | 23,06 |



TABLA XXVII (CONTINUACION)

| Parámetros                         | Desviación<br>de la<br>Media<br>(MD) | Coefficien<br>te de Va-<br>riación<br>C. V.<br>(%) | Límite de<br>confianza<br>al nivel<br>del 95%<br>R = 47,6 % |       |
|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|
| Retención de H. V. a 5,0 bares, %  | 0,74                                 | 15,85                                              | 21,36                                                       | 18,24 |
| Retención de H. V. a 10,0 bares, % | 1,29                                 | 30,38                                              | 20,72                                                       | 15,28 |
| Retención de H. V. a 15,0 bares, % | 1,43                                 | 37,12                                              | 19,36                                                       | 13,34 |
| Retención de H. V. a 15,0 bares, % | 0,08                                 | 6,31                                               | 5,70                                                        | 5,38  |
| pH                                 | 0,53                                 | 82,18                                              | 3,86                                                        | 1,64  |
| Materia orgánica, %                | 1,57                                 | 31,82                                              | 24,33                                                       | 17,71 |
| Agua aprovechable, %               | 0,87                                 | 55,07                                              | 8,53                                                        | 4,87  |
| Lámina de riego, cm                | 1,92                                 | 39,15                                              | 24,89                                                       | 16,79 |
| Aireación a 0,3 bares, %           |                                      |                                                    |                                                             |       |

H. V. = Humedad volumétrica

ARCILLAS (%)

ANTE EL CONTENIDO DE ARCILLAS Y LOS AGREGADOS MAYORES



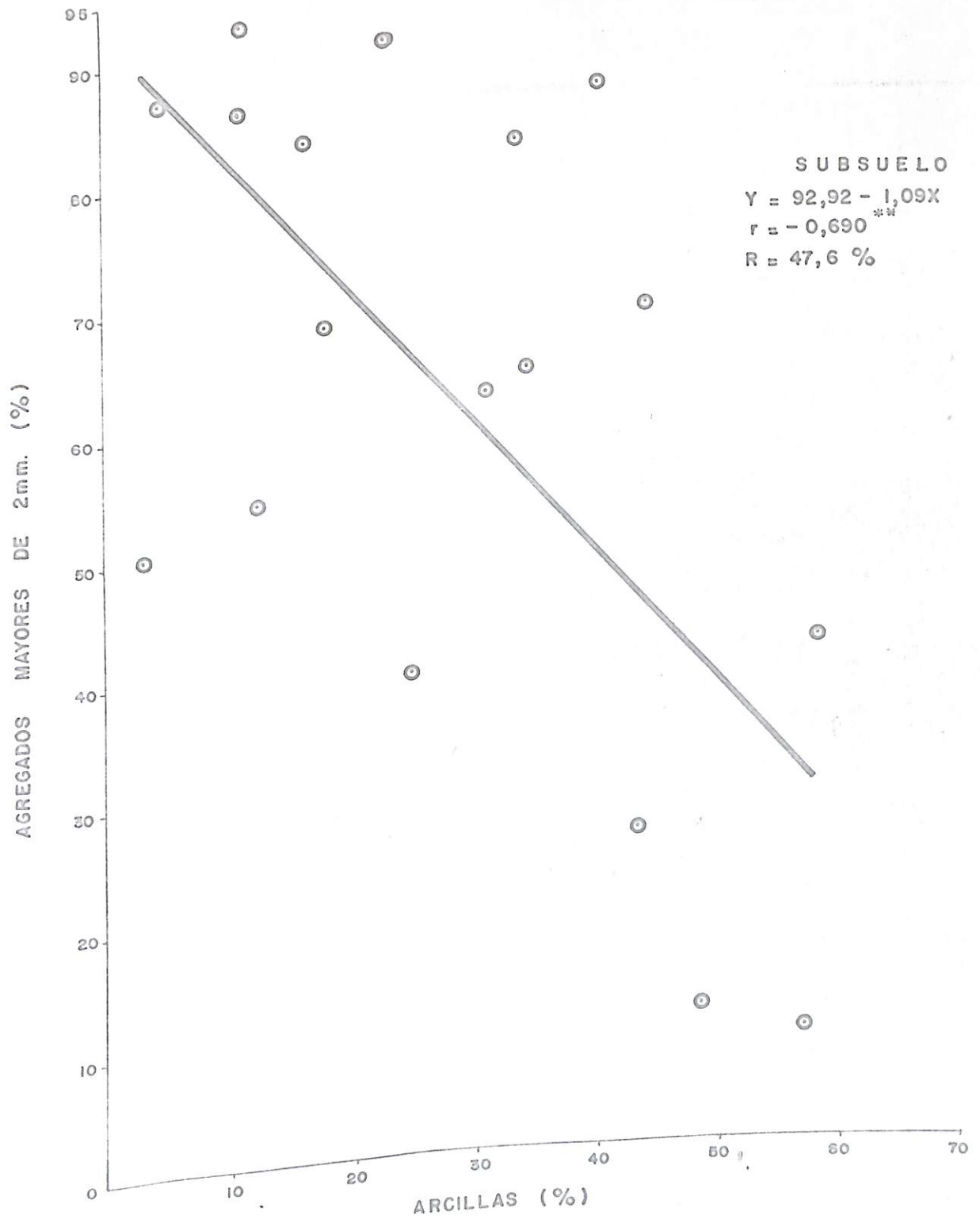


Fig. 3. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE ARCILLAS Y LOS AGREGADOS MAYORES DE 2 mm.



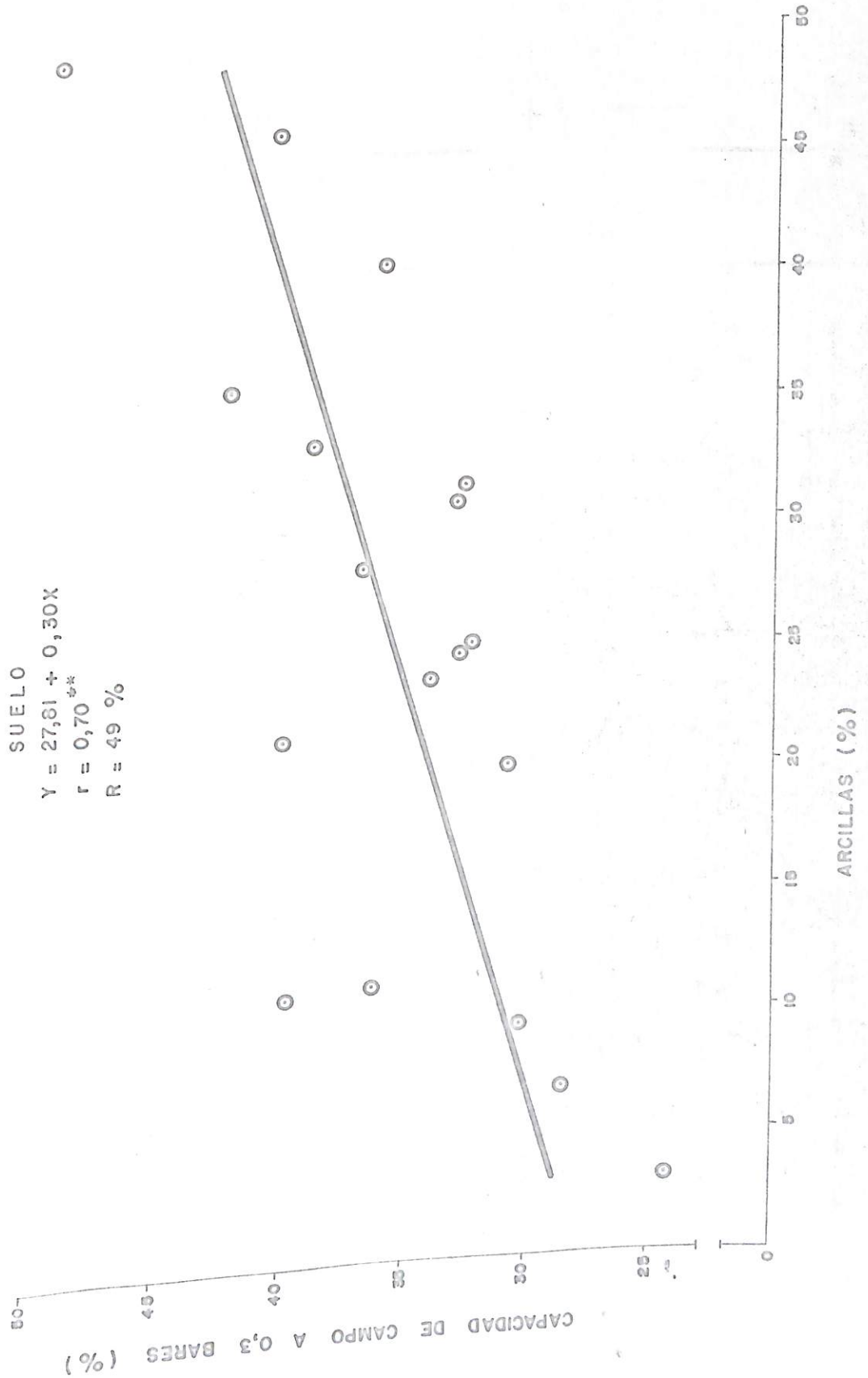


FIG. 4. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE ARCILLAS Y LA CAPACIDAD DE CAMPO A 0.3 BARES.



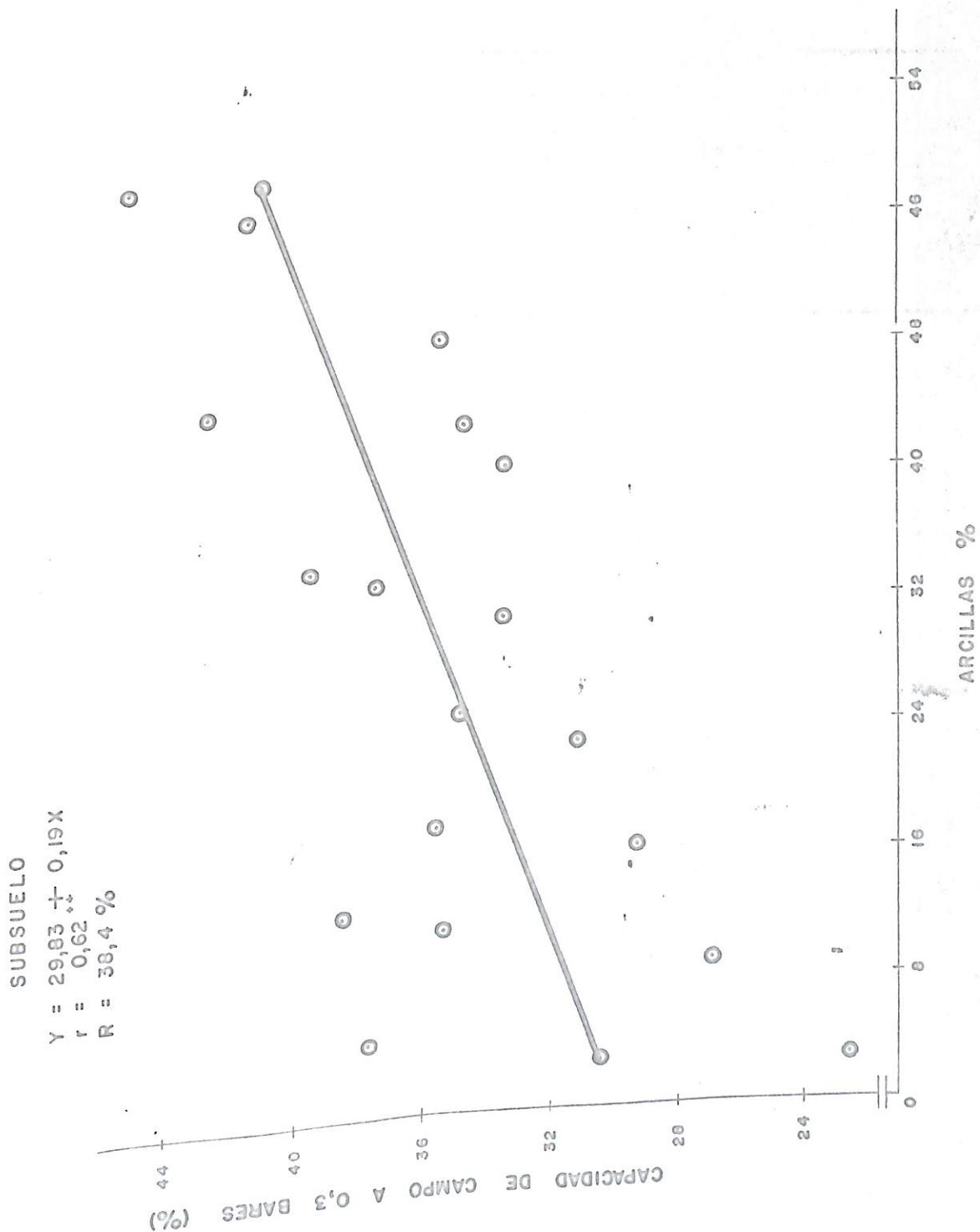


Fig. 5. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE ARCILLAS Y LA CAPACIDAD DE CAMPO A 0,3 BARES.



SUELO  
 $Y = 97,31 - 61,50X$   
 $r = -0,647^{**}$   
 $R = 41,8 \%$

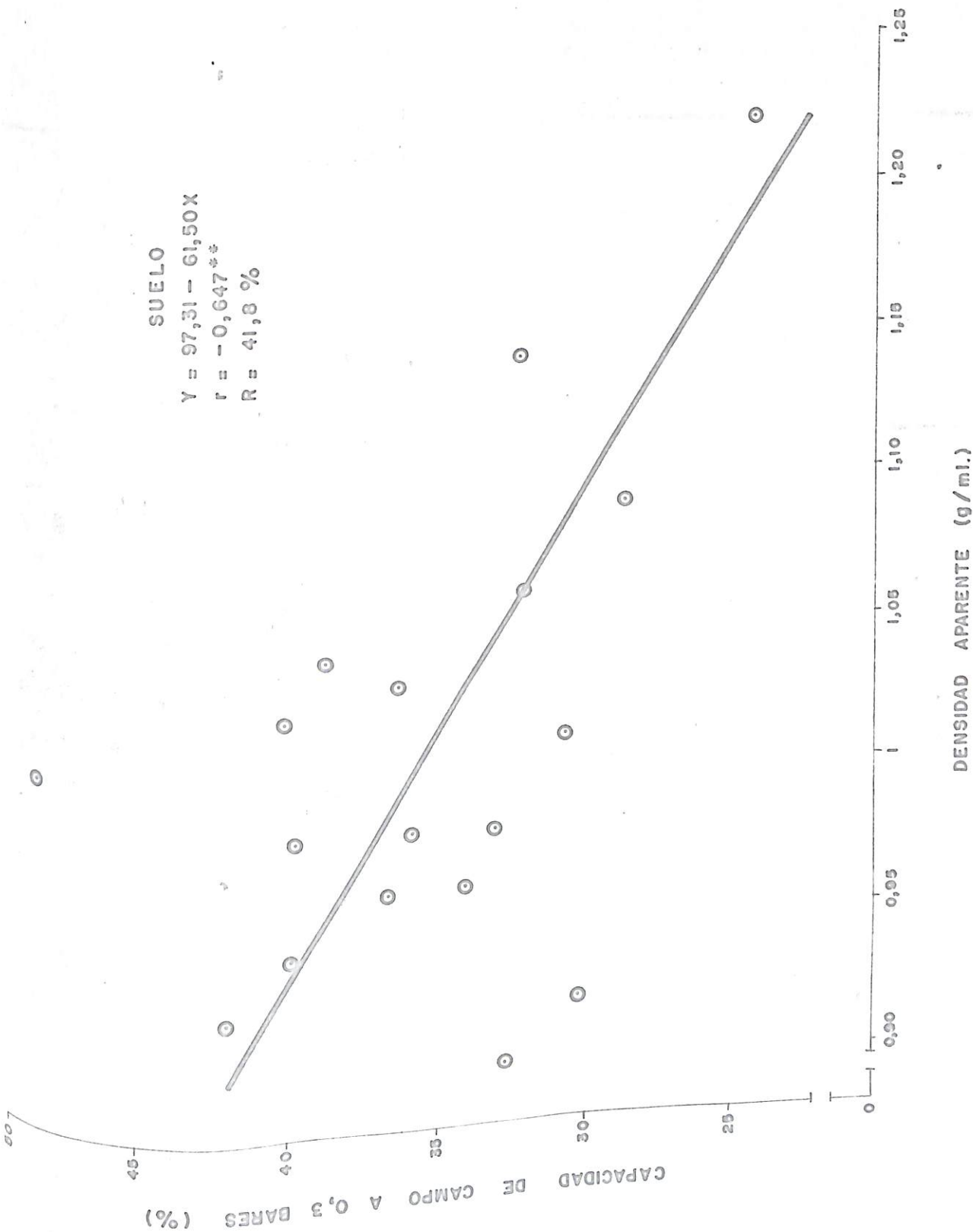
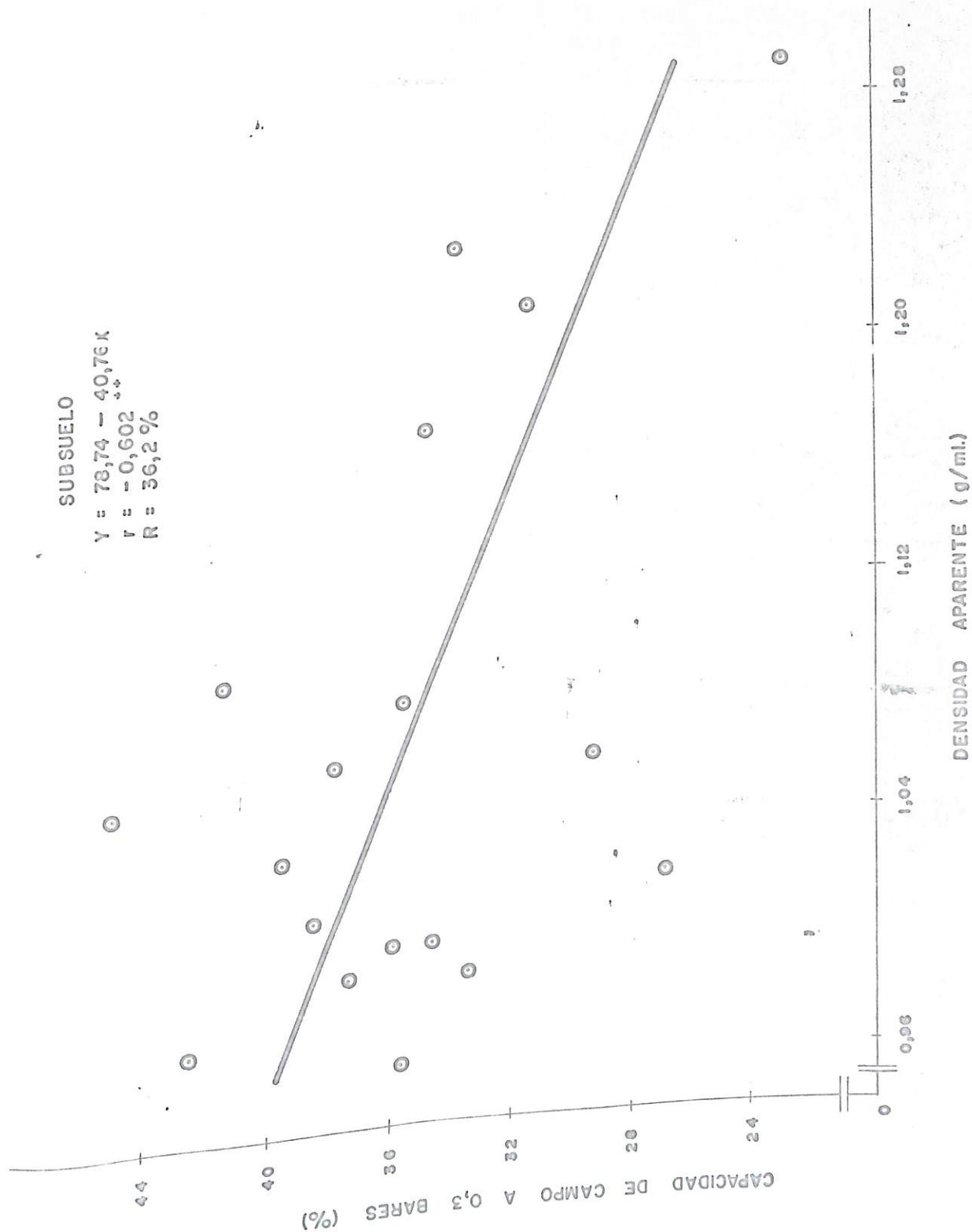


Fig. 6. RELACION ENTRE LA DENSIDAD APARENTE Y LA CAPACIDAD DE CAMPO A 0,3 BARES.







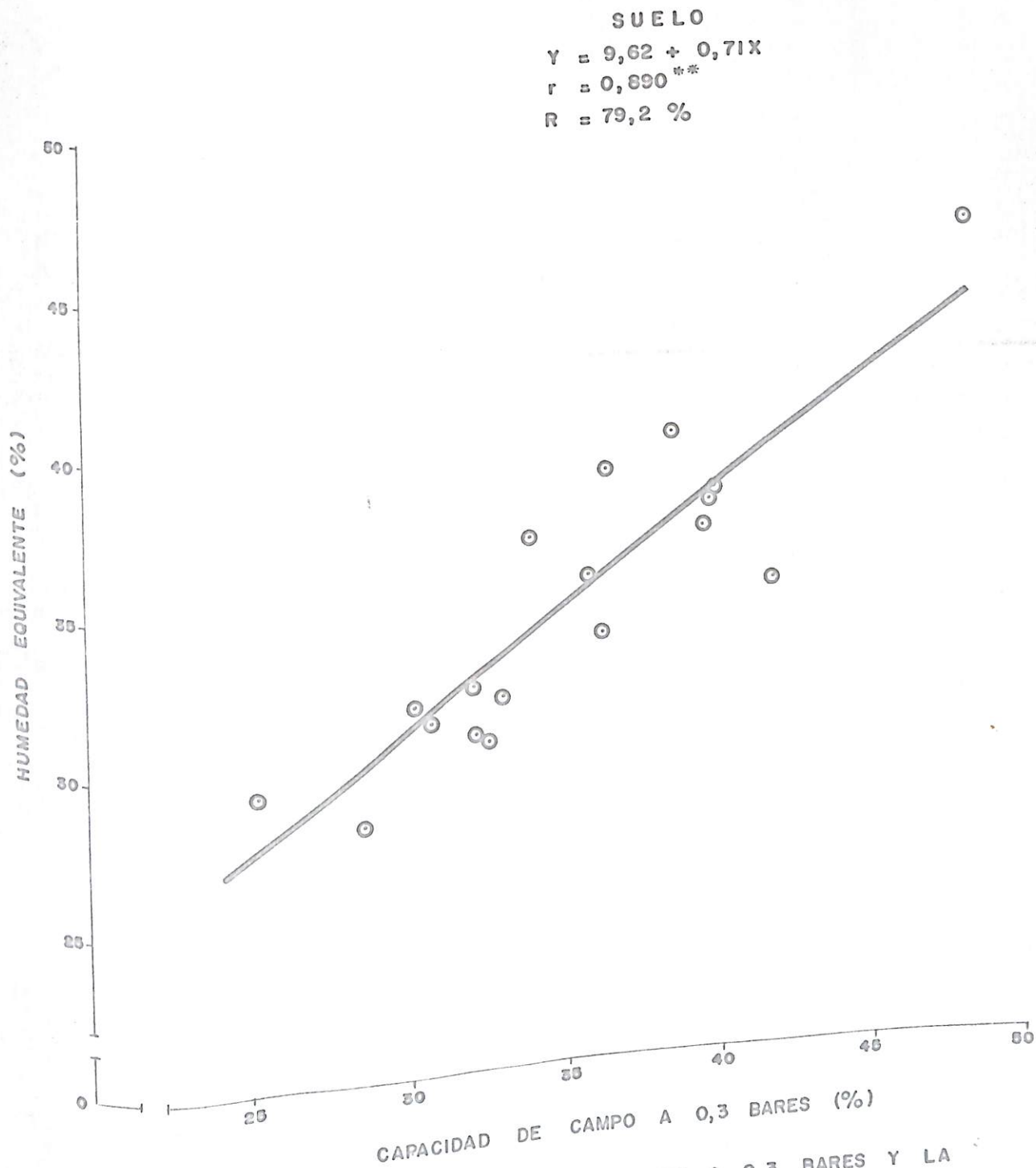


Fig. 8. RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE CAMPO A 0,3 BARES Y LA HUMEDAD EQUIVALENTE.



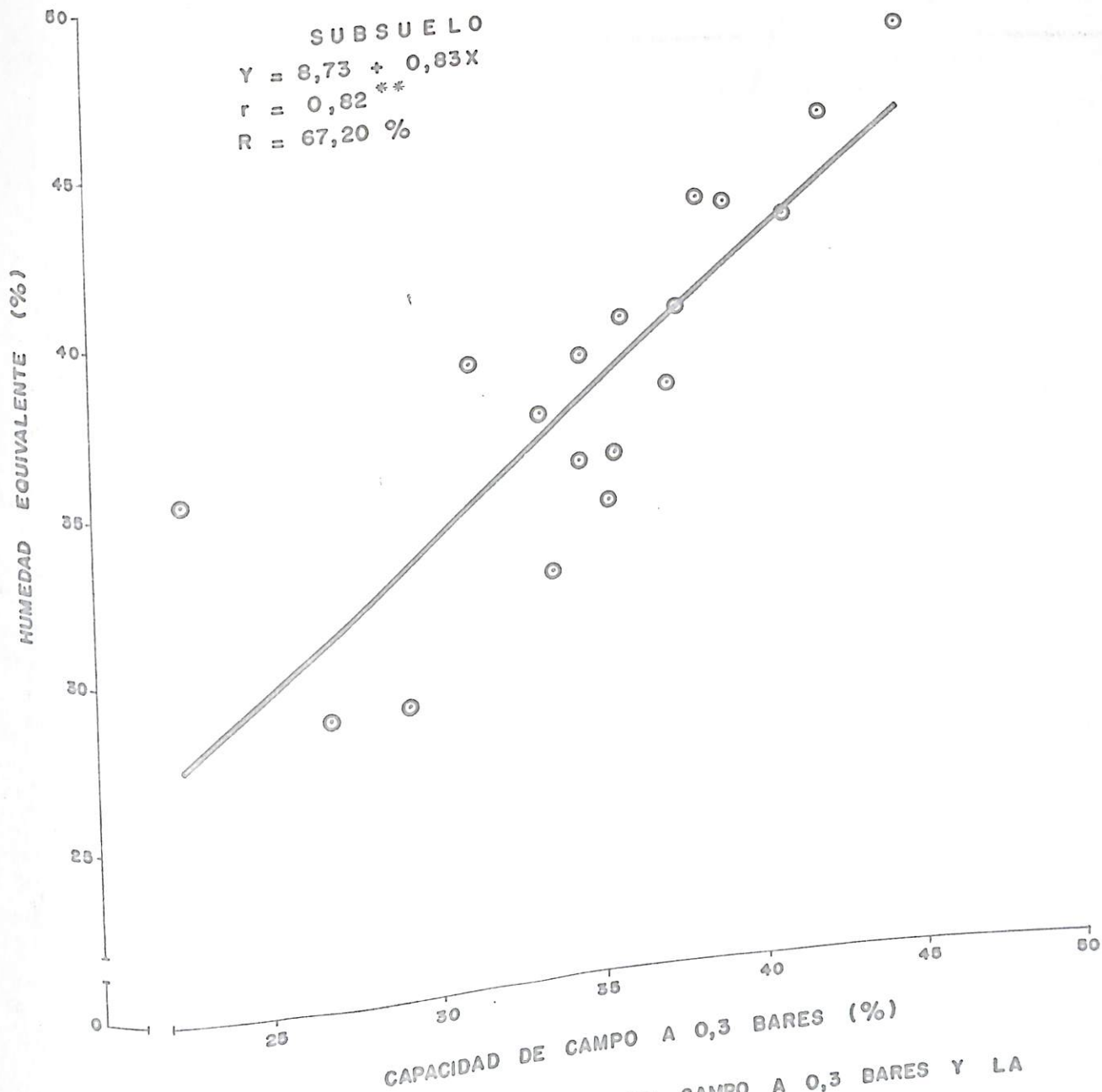


Fig. 9. RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE CAMPO A 0,3 BARES Y LA HUMEDAD EQUIVALENTE.



SUELO  
 $Y = 44,53 - 0,568X$   
 $r = -0,503^*$   
 $R = 25,3 \%$

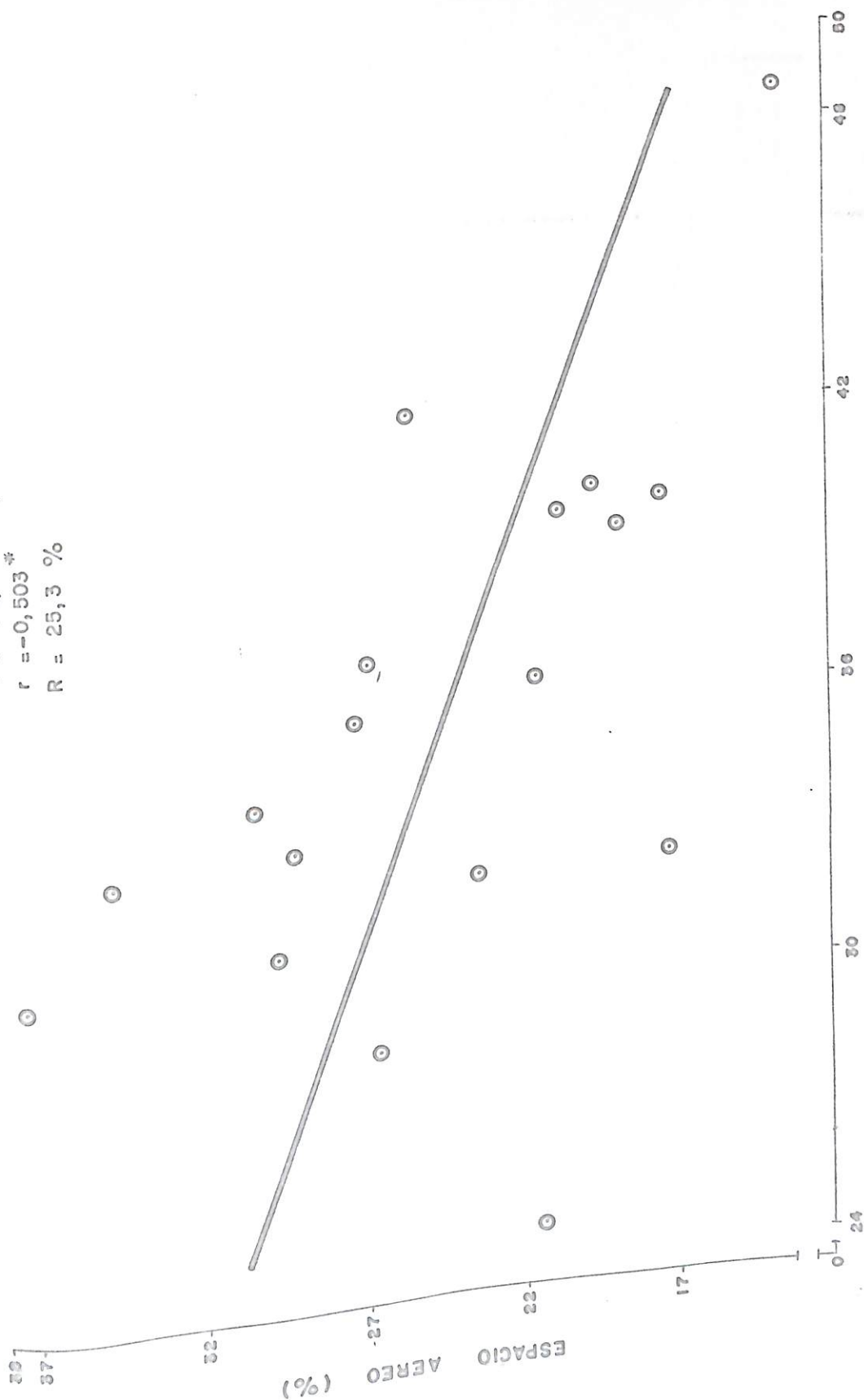


Fig. 10. RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE CAMPO A 0,3 BARES Y EL ESPACIO AEREO.



SUBSUELO

$$Y = 41,01 - 0,569X$$

$$r = -0,486$$

$$R = 23,3 \%$$

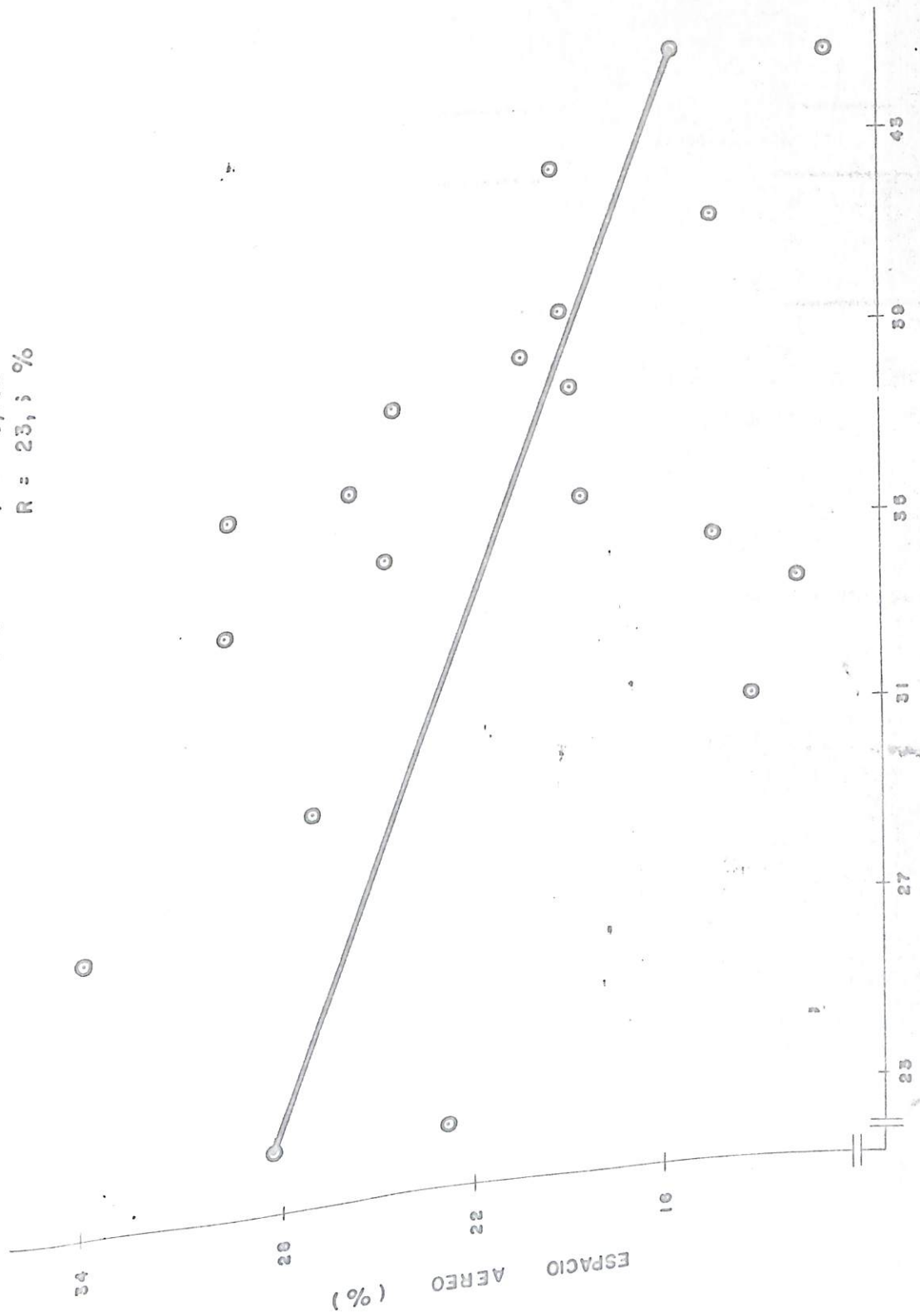


FIG. II. RELACION ENTRE LA CAPACIDAD DE CAMPO A 0,3 BARES Y EL ESPACIO AEREO.



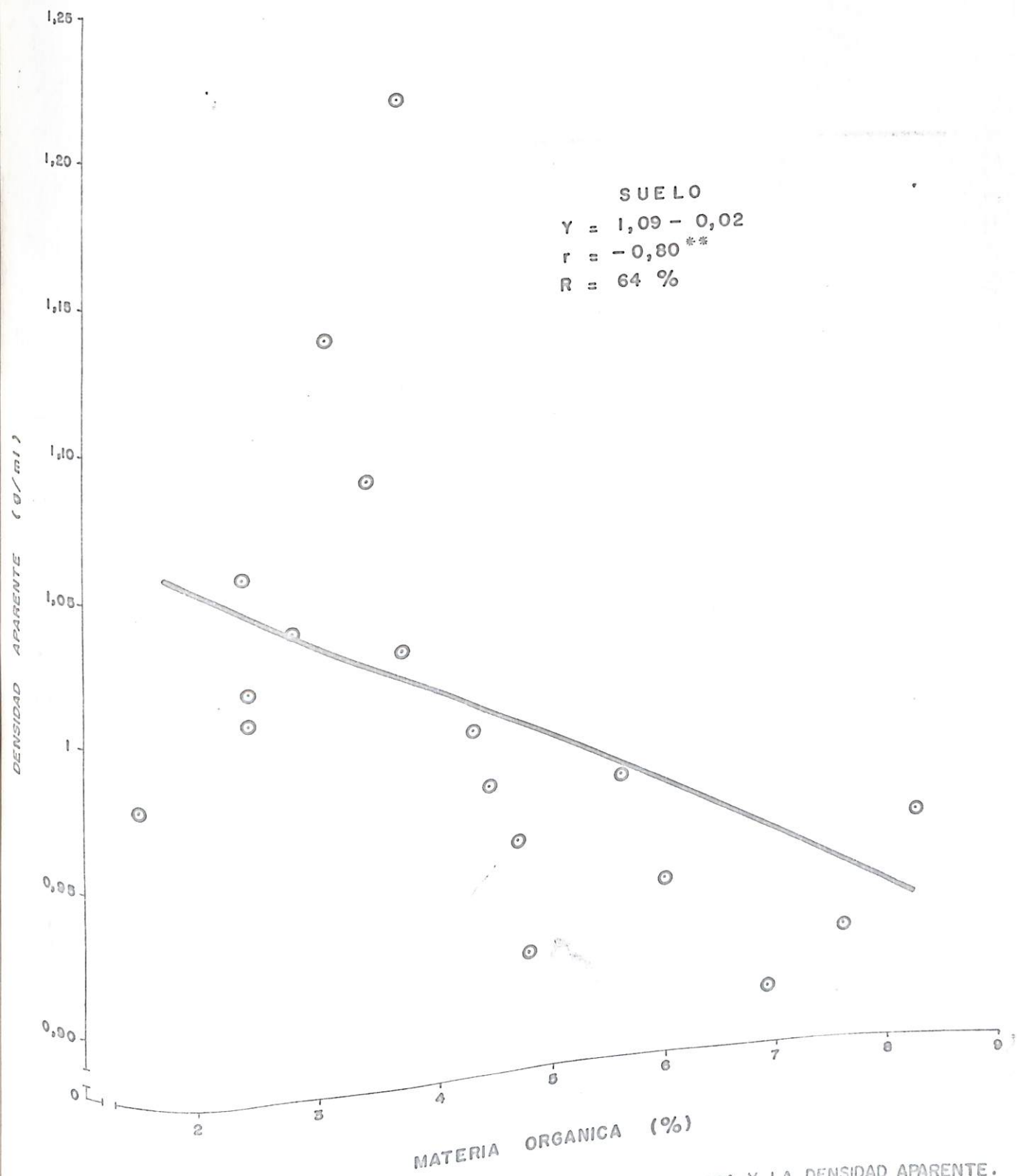


Fig. 12. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y LA DENSIDAD APARENTE.

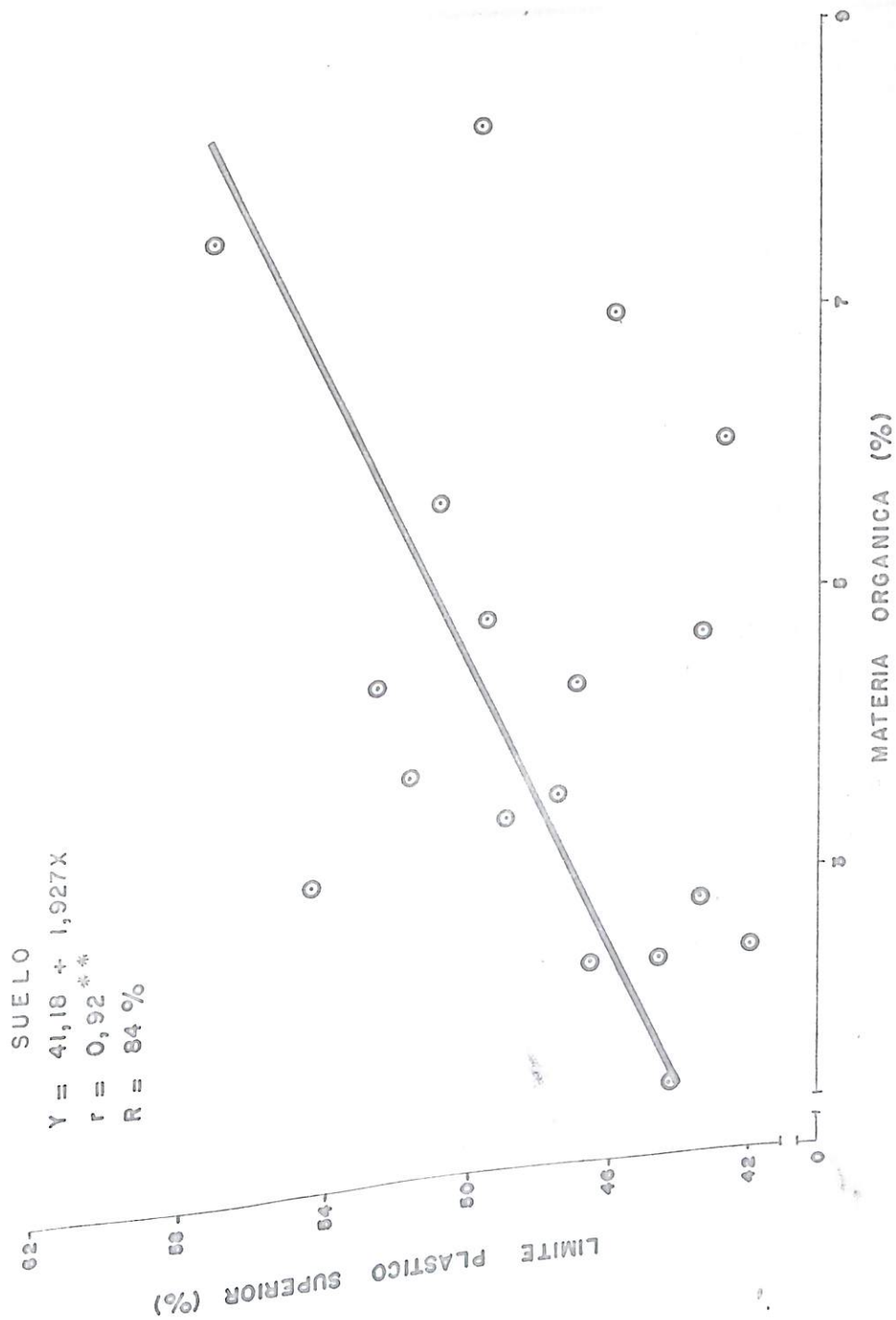


Fig. 13. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y EL LIMITE PLASTICO SUPERIOR.



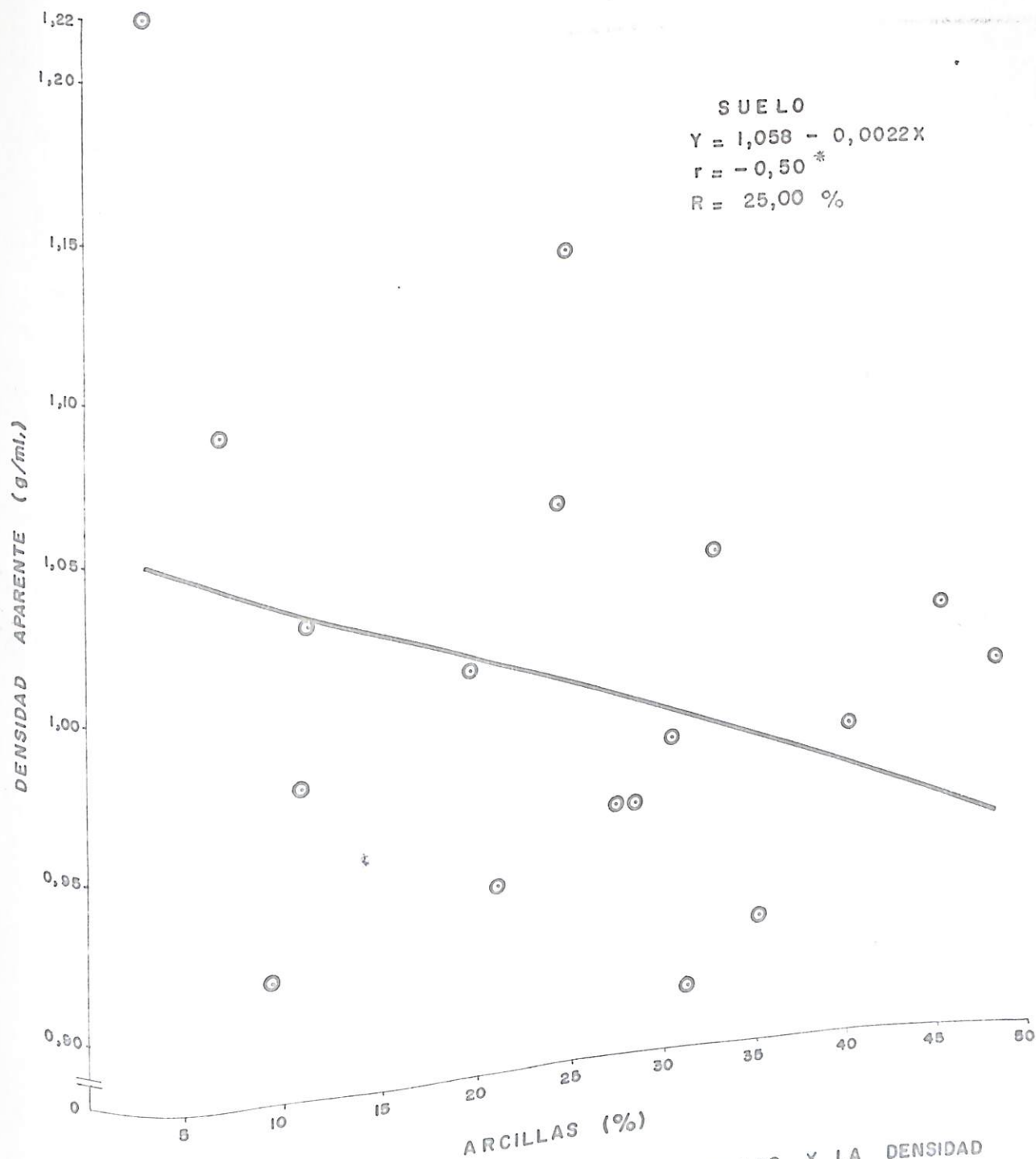
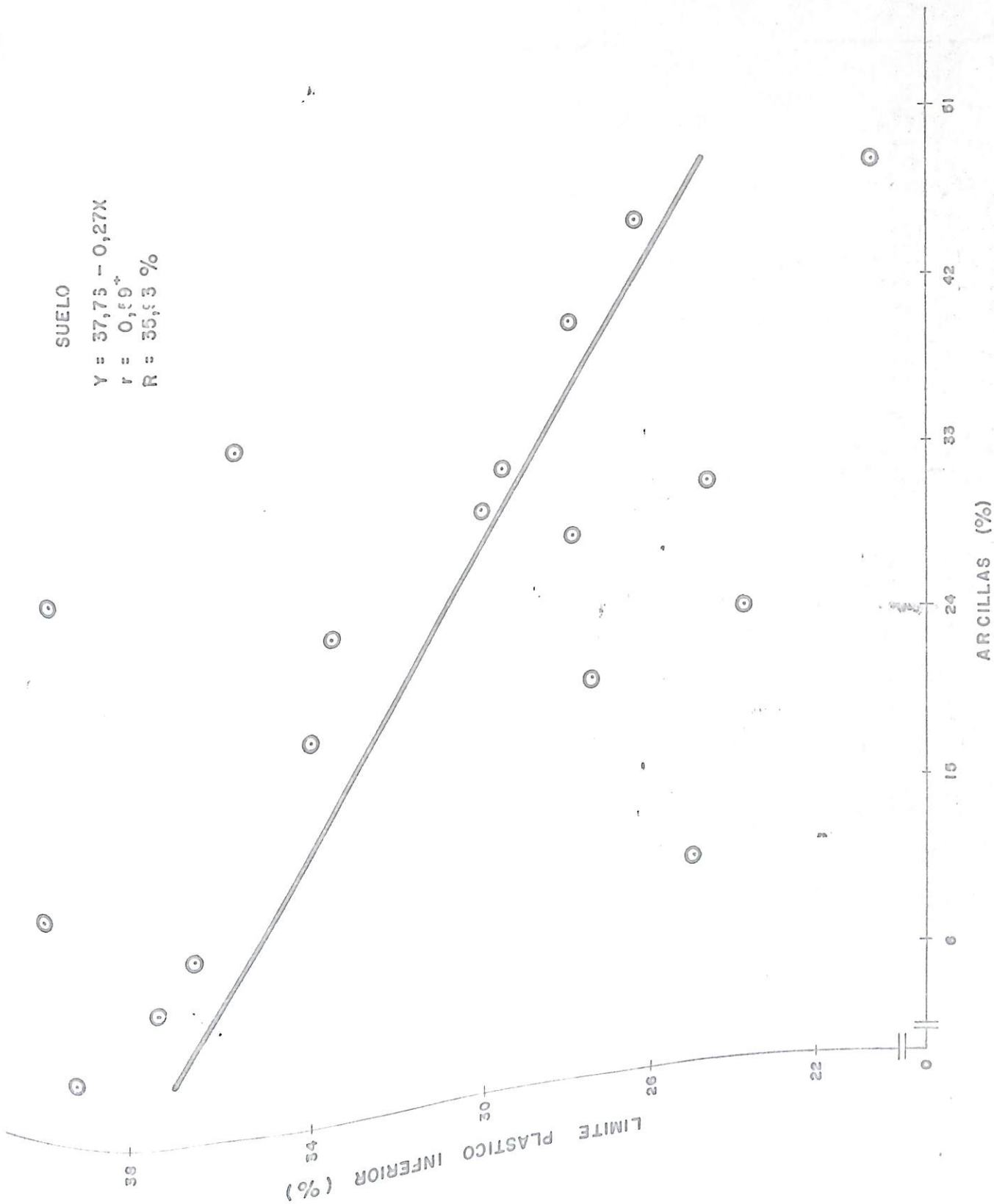


Fig. 14. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE ARCILLAS Y LA DENSIDAD APARENTE.





SUELO

$$Y = 9,65 + 0,36X$$

$$r = 0,87^{**}$$

$$R = 77,35 \%$$

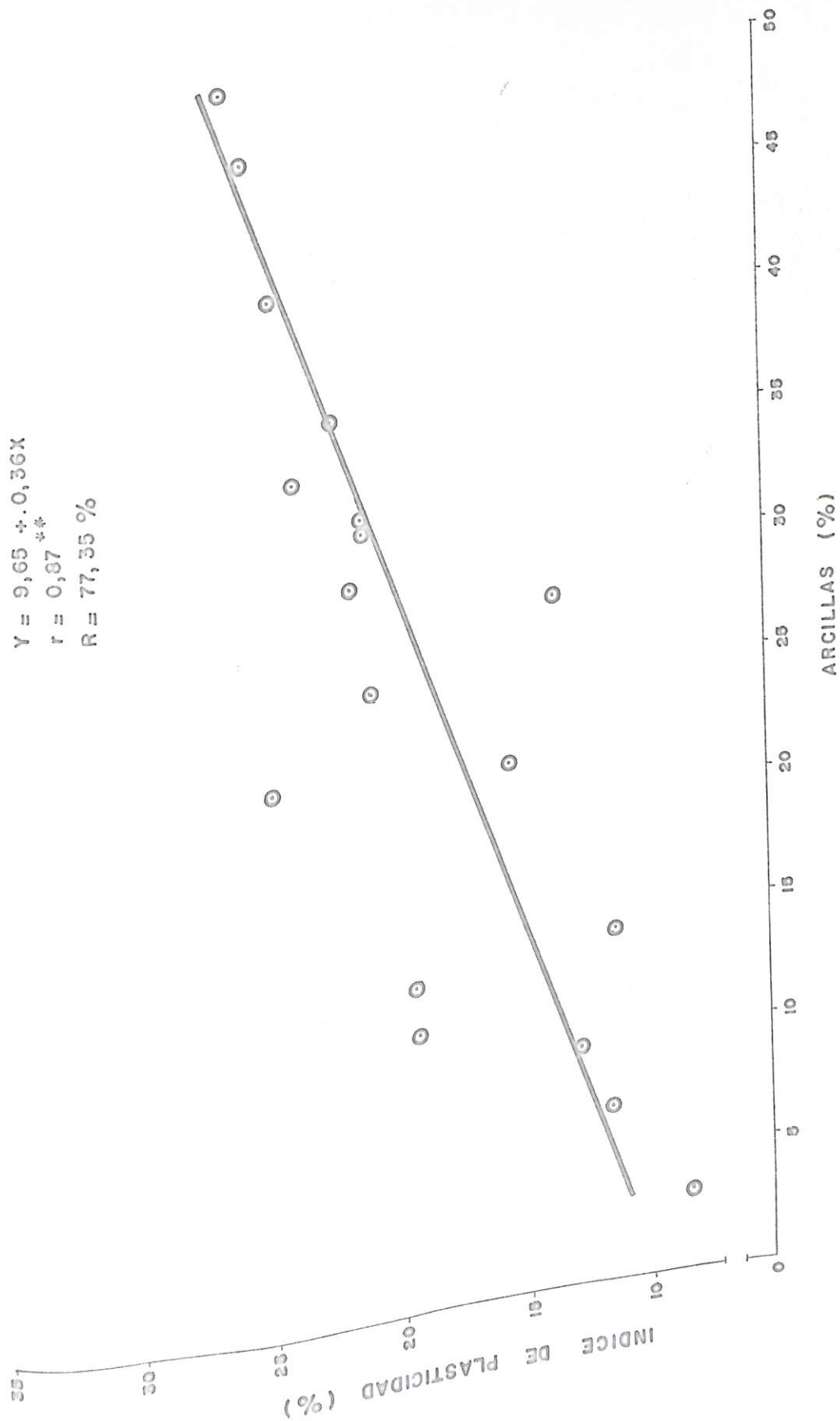


Fig. 16. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE ARCILLAS Y EL INDICE DE PLASTICIDAD.

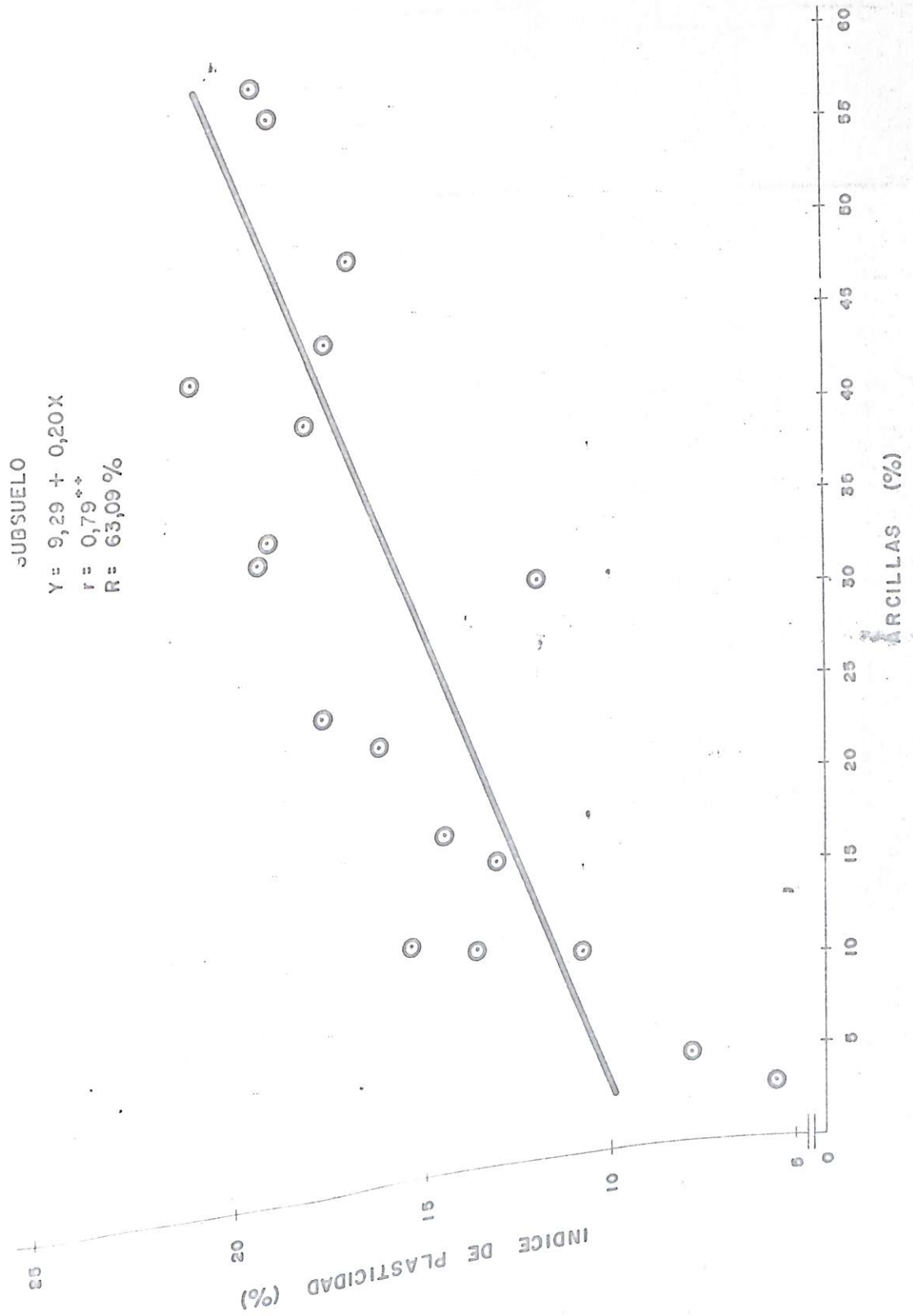


Fig. 17. RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE ARCILLAS Y EL INDICE DE PLASTICIDAD.

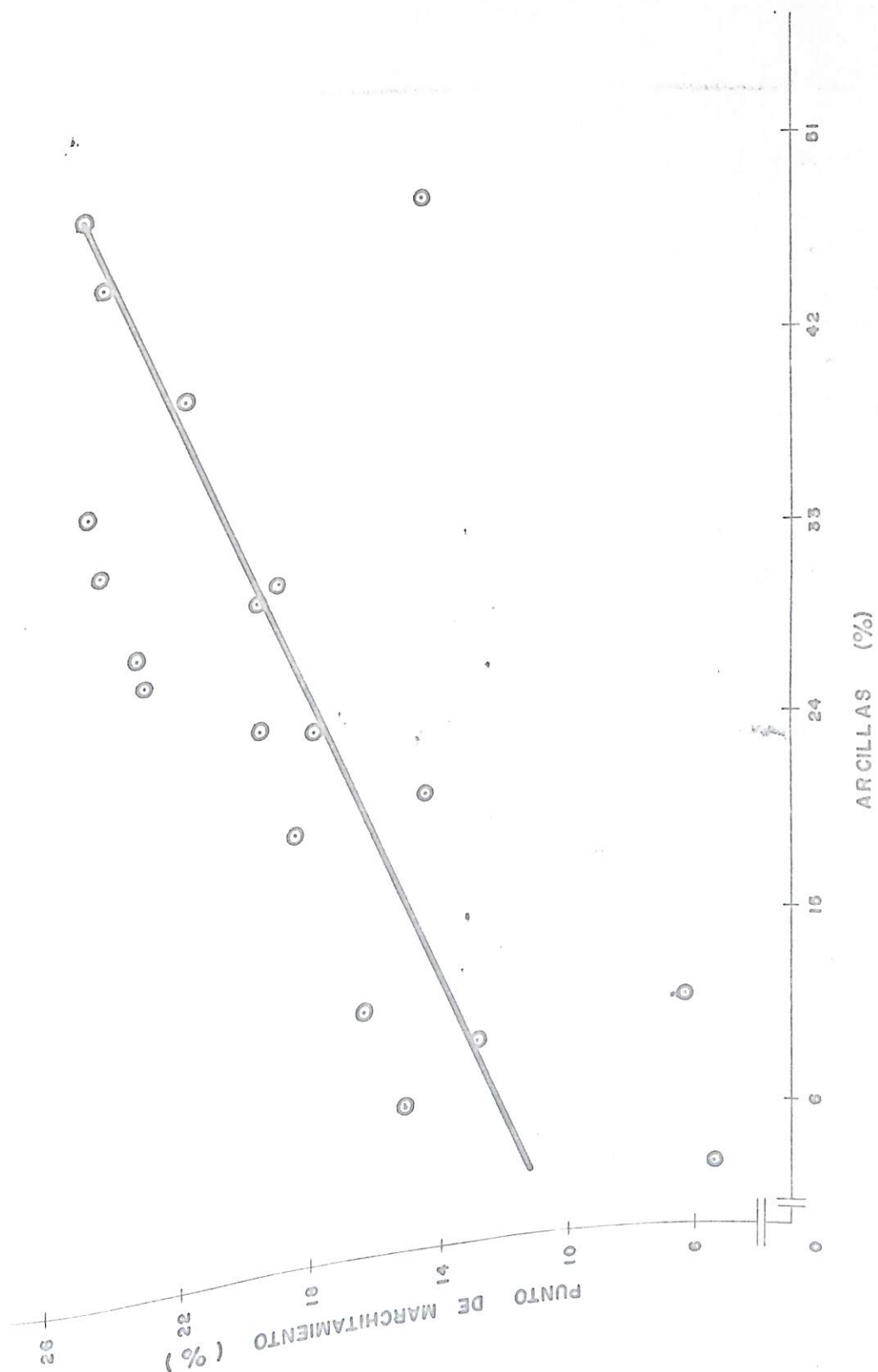


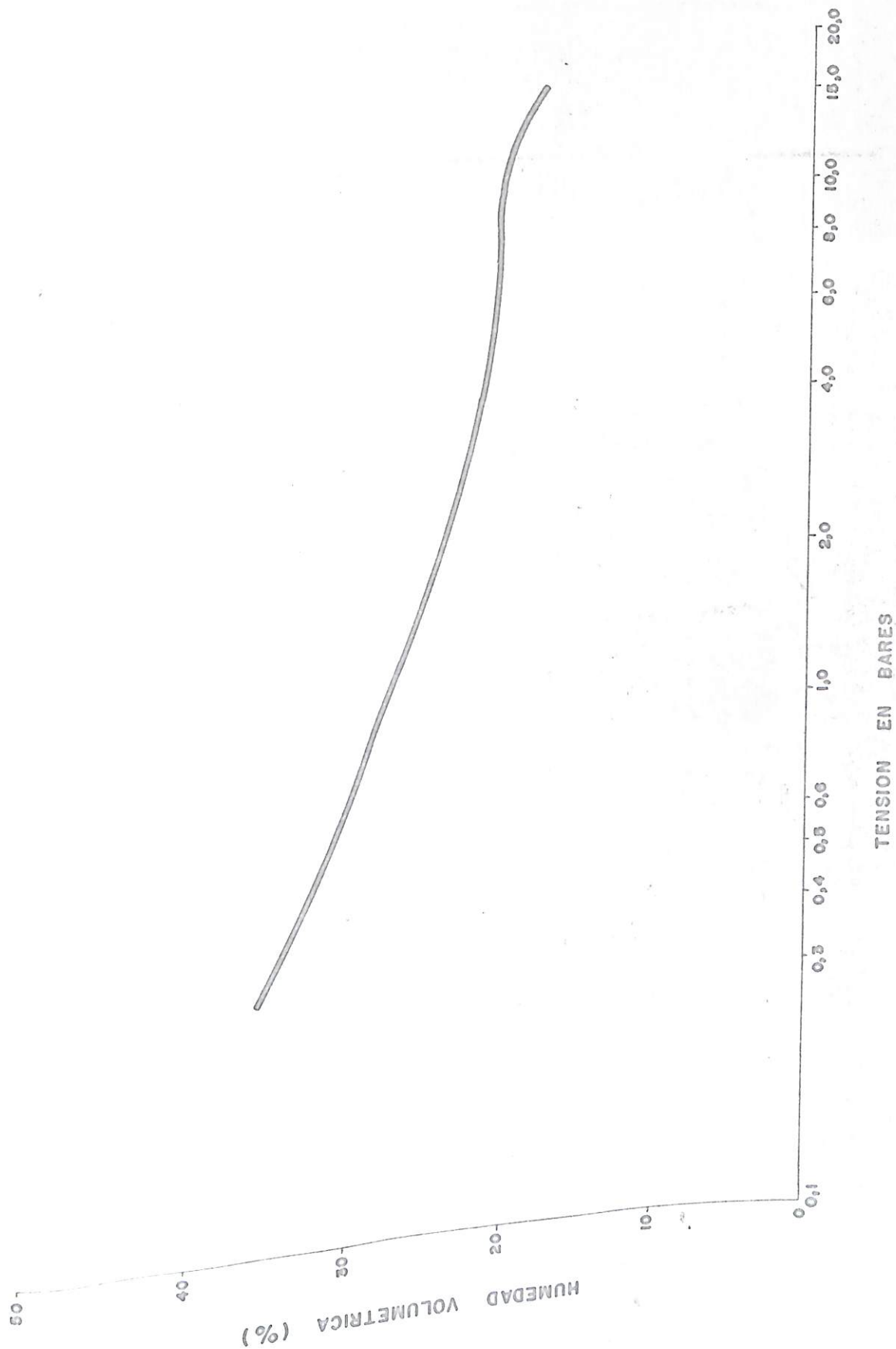
SUELO

$$Y = 10,30 + 0,30X$$

$$r = 0,63^{**}$$

$$R = 47,48 \%$$







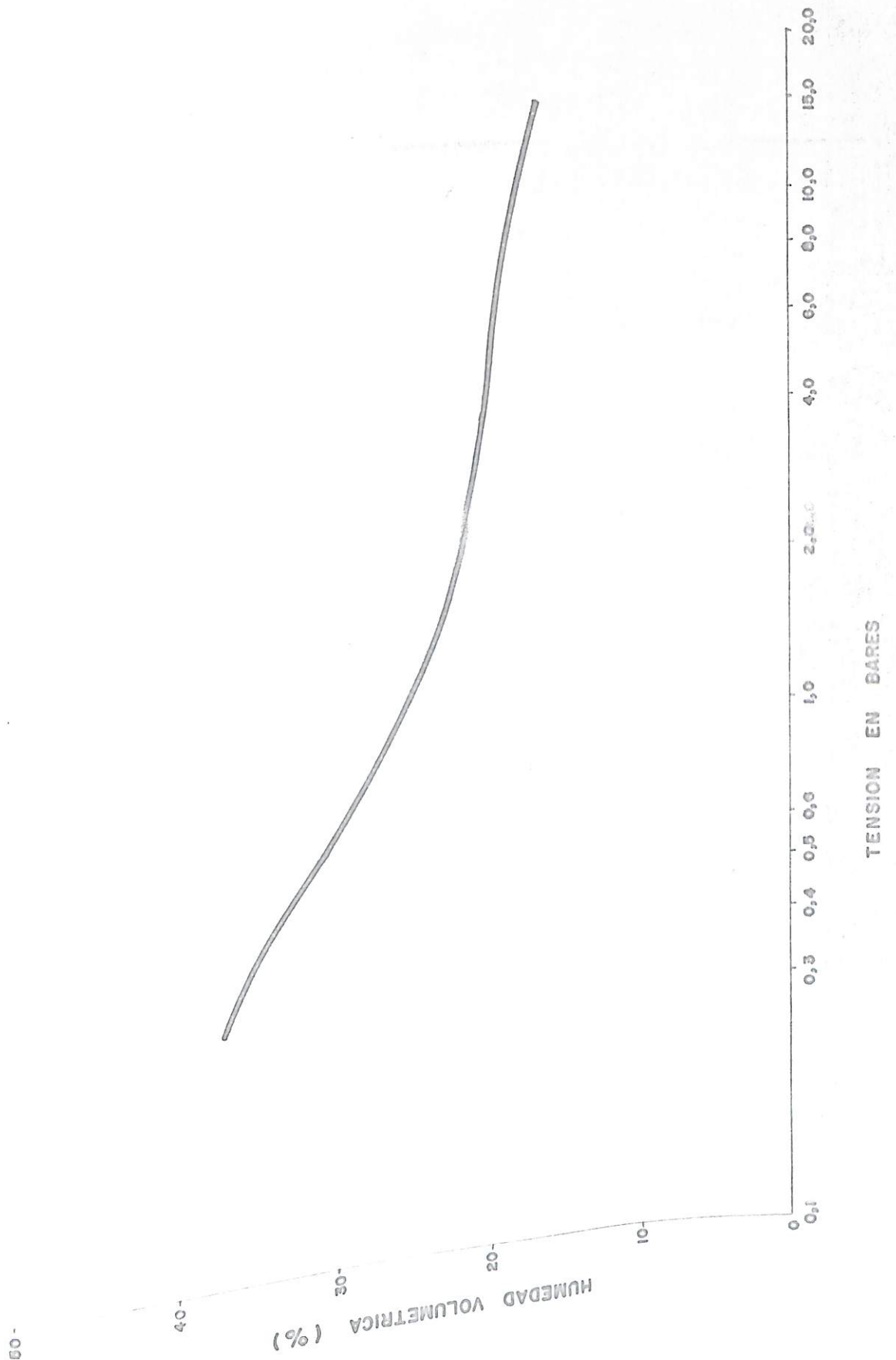


Fig. 20. CURVA DE RETENCION DE HUMEDAD DE LOS SUBSUELOS DEL BAJO PUTUMAYO.

## V. CONCLUSIONES

1. Las arenas predominan en las dos capas. El contenido de arcilla fue mayor a los reportados para otros suelos de Nariño, además su valor fue más alto en la segunda capa.
2. El contenido de arcillas influyó en algunos parámetros físicos como los límites plásticos y la densidad aparente.
3. El grado de agregación es mayor del 50% tanto para el suelo como para el subsuelo en promedio, lo cual se considera favorable para el manejo del suelo.
4. Los límites plásticos fueron más altos en el suelo que en el subsuelo, debido a una mayor acumulación de materia orgánica en la primera capa. Alrededor del 38% de los suelos presentaron características no plásticas, en tanto que el resto mostró condiciones plásticas.
5. La densidad aparente presenta valores cercanos a la unidad. El porcentaje de porosidad total es el adecuado para la mayoría de los cultivos. La aireación a capacidad de campo es adecuada, debido a que supera los límites mínimos.
6. Los valores de la capacidad de retención de humedad son similares a los encontrados en otras investigaciones realizadas en suelos de Nariño. Aunque la capacidad de retención de humedad es baja, los valores de agua aprovechable pueden calificarse como normales.



7. El contenido de materia orgánica en ambas capas, incidió sobre la plasticidad y densidad aparente, pero su acción sobre la porosidad, agregación y retención de humedad no se detectó estadísticamente.

#### DETERMINACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS EN SUELOS DEL BAJO PUTUMAYO, COLOMBIA

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

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.

Textualmente predominan los suelos Francés, Franco-arenosos, Franco-arcillosos, Franco-limosos, Franco-arcillo-arenosos, Arcillosos, Arenoso-arcillosos, Franco-limosos, Franco-arcillo-arenosos, Arcillosos, Arenoso-arcillosos. Los valores promedio de los agregados estables al agua mayores de 2 mm fueron de 75,43% y 61,78% para el suelo y subsuelo, respectivamente; la densidad de las partículas fue de 2,54 g/ml en el suelo y 2,55 g/ml en el subsuelo; la densidad aparente mostró promedios de 1,00 g/ml y 1,04 g/ml para el suelo y subsuelo, respectivamente; el índice de plasticidad dio un promedio de 16,83% y 15,00% para la primera y segunda capas; al respecto de la retención de humedad a 0,3 bares fue de 14,46% para el suelo y subsuelo de 20,84%; el promedio de porosidad en suelo y subsuelo 60,43% y 58,32%; la retención de humedad a 15 bares 17,52% y 15,36% para el suelo y subsuelo, respectivamente; el agua aprovechable 17,30 en el suelo y 11,02% para el subsuelo; materia orgánica 4,35% y 2,75% para el suelo y subsuelo, respectivamente y el pH 5,30 en la primera capa y 5,34 en la segunda capa.



## VI. RESUMEN

### DETERMINACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS EN SUELOS DEL BAJO PUTUMAYO, COLOMBIA

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

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 a provechable, curvas de retención de agua, aireación, materia orgánica y pH.

Texturalmente predominan los suelos Francos, Franco-arenosos, Franco-arcillosos, Franco-limosos, Franco-arcillo-arenosos, Arcillosos, Arenoso-arcillosos. Los valores promedios de los agregados estables al agua mayores de 2 mm fueron de 75,43% y 61,78% para el suelo y subsuelo, respectivamente; la densidad de las partículas fue de 2,54 g/ml en el suelo y 2,55 g/ml para el subsuelo; la densidad aparente mostró promedios de 1,00 g/ml y 1,06 g/ml para el suelo y subsuelo, respectivamente; el índice de plasticidad dió un promedio de 18,68% y 15,00% para la primera y segunda capas; el espacio aéreo a 0,3 bares fue de 24,46% para el suelo y subsuelo de 20,84%; el promedio de porosidad en suelo y subsuelo 60,43% y 58,22%; la retención de humedad a 0,3 bares de 35,33% y 35,25%, a 15 bares 17,82% y 15,36% para el suelo y subsuelo, respectivamente; el agua aprovechable 17,80 en el suelo y 21,02% para el subsuelo; materia orgánica 4,35% y 2,75% para el suelo y subsuelo, respectivamente y el pH 5,39 en la primera capa y 5,34 en la segunda capa.



VII. BIBLIOGRAFIA  
SUMMARY

DETERMINATION OF SOME PHYSICAL PROPERTIES IN SOILS  
OF THE LOW PUTUMAYO, COLOMBIA

Some physical properties of soil and subsoil of the low Putumayo 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, Claylike, Loam-Sandy. Average values for stability aggregates to water greater than 2 mm were of 75,43% and 61,78% for the soil and subsoil layers, respectively; particle density averages were of 2,54 g/ml in the soil and 2,55 g/ml in the subsoil; bulk density showed averages 1,00 g/ml and 1,06 g/ml for the soil and subsoil layers, respectively; the plasticity index showed 18,69% and 15,00% for the first and second layers; the mean air space at 0,3 bars was of 24,46% for soil and 20,84% for subsoil; porosity averages in soil and subsoil were 60,43% and 58,22% respectively; water retention at 0,3 bars was at 35,33% and 35,25%, at 15,0 bars it was at 17,82% and 15,36% for soil and subsoil, respectively; available water level was 17,80% in the soil and 21,02% for the subsoil; organic matter mean values showed 4,35% and 2,75% for the soil and subsoil, respectively and the pH 5,39 in the first layer and 5,34 in the second layer.



## VII. BIBLIOGRAFIA

1. ADAMS, J. y H. F. LEVY. Propiedades físicas de algunos suelos del Valle del Cauca. *Acta Agronómica (Colombia)* 10(3-4): 213-253. 1960.
2. ALCAYAGA, A. y D. URBINA. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. *Agricultura Técnica (Chile)* 25(1): 9-18. 1965.
3. ANGULO, G. y C. MARTINEZ. Propiedades físicas de algunos suelos en el piso térmico tropical del Departamento de Nariño y Llanura del Pacífico. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1971. 81 p.
4. ARIAS, H. A. y R. E. GUERRERO. Algunas propiedades físicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Pasto, Colombia, determinadas por diferentes métodos. *Turrialba* 21(4): 393-403. 1971.
5. ARTURO, G. M. y D. G. ERAZO. Estudio de algunas propiedades físicas en suelos de la región de clima medio del suroccidente de Pasto, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1974. 109 p.
6. HAVER, D. L., W. L. GARDNER y W. R. GARDNER. Física de suelos. Trad. del inglés por Jorge Rodríguez. México, UTENA, 1973. 530 p.
7. BASTIDAS, A. G. et al. Propiedades físicas de los suelos del Valle de Sibundoy, Putumayo. *Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia)* 4(2): 67-82. 1972.
8. BESOAIN, E. M. Mineralogía de las arcillas de algunos suelos volcánicos de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 18(2): 110-165. 1958.



9. BURBANO, H. Microbiología del suelo y materia orgánica. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 35 p.
10. BUCKMAN, H. O. y N. C. BRADY. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. del inglés por Salord Barceló. México, UTEHA, 1965. 540 p.
11. COLMET-DAAGE, F. Naturaleza de la fracción arcillosa de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas de Las Antillas, Ecuador y Nicaragua. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, 1969. pp. B.2.1.
12. DULCE, A. J. y M. SANTACRUZ. Propiedades físicas de algunos suelos volcánicos del Altiplano de Ipiales, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 57 p.
13. ESCOBAR, J. y R. JURADO. Propiedades físicas de algunos suelos del Municipio de Pasto, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1969. 81 p.
14. ESTRADA, E. y G. MARTINEZ. Características generales de algunos suelos del sector Volcán Galeras - Puerto Asís, en relación con las formaciones vegetales. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1970. 160 p.
15. FORSYTHE, W. Curso de física de suelos. IICA, Turrialba, 1970. Sin paginación. (Mimeografiado).
16. \_\_\_\_\_, S. CAVANDE y M. GONZALEZ. Propiedades físicas de suelos derivados de cenizas volcánicas, considerando algunos suelos de América Latina. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, 1969. pp. B.3.1.



17. FRANCO, H. F. Comparación de algunos métodos para determinar la estabilidad de los agregados al agua. Tesis Ing. Agr. Palmira, Colombia, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, 1965. 89 p.
18. GAVANDE, S. Física de suelos. México, Limusa-Wiley, 1972. 345 p.
19. GONZALEZ, M. A. Manual de laboratorio de suelos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1969. 96 p.
20. GONZALEZ, O. S., R. R. GUERRERO y A. H. ARIAS. Propiedades físicas de algunos suelos de la Sabana de Túquerres, Nariño, Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) 4(2) :39-50. 1972.
21. GUERRERO, R. R. y A. MANTILLA. Propiedades físicas de algunos suelos del Municipio de Palmira, en su parte plana. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1964. 97 p.
22. IDARRAGA, H. G. Informe agropecuario de la Comisaría del Putumayo, correspondiente al año de 1964. Revista del Banco de la República (Colombia) 2 :3-12. 1965.
23. ISRAELSEN, O. W. y V. E. HANSEN. Principios y aplicaciones del riego. Barcelona, Reverté, 1965. 405 p.
24. LEGARDA, L. Influencia de la succión máxima del agua y del espacio aéreo del suelo sobre la producción de la variedad 27 R de frijol. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 120 p. 1972.
25. LOPEZ, B. J. Propiedades físicas de algunos suelos volcánicos de Guachucal, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1972. 94 p.



26. LUNA, C. y F. CARLHOUN. Suelos derivados de cenizas volcánicas del Departamento de Nariño. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1973. pp. 20-30. *Revista Colombiana de Geología* 6 : 242-245. 1961.
27. MALAGON, D. Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1970. 148 p. *Journal American Society of Agronomy* 28(3) : 337-351. 1936.
28. MATTA, A. G. y J. PALACIOS. Estudio del nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. 1970. 148 p.
29. PAZ, N. 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.
30. PEREZ, A. La Intendencia del Putumayo, su potencialidad minera, forestal, agrícola y pecuaria. s.l., s.e., 1966. 15-36 p.
31. ROYO y GOMEZ, J. Datos para la geología económica de Nariño y Alto Putumayo. Copilación de estudios geológicos en Colombia. Bogotá, s.l., 1972. pp. 53-160. (Tomo I).
32. SILVA, M. F. Métodos de análisis del laboratorio de suelos. Publicación IT-6. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1960. 138 p.
33. SWINDALE, L. D. Propiedades de los suelos volcánicos. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. p. irr.
34. THOMPSON, L. W. El suelo y su fertilidad. Barcelona, Reverté, 1962. 407 p.

35. VONOCIL, J. A. y W. J. FLOCKER. Effect of soil compaction on storage and moment of soil air and water. Transaction of American Society of Agricultural Engineer. 4 : 242-245. 1961.
36. YODER, R. E. A direct method aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Journal American Society of Agronomy 28(3) : 337-351. 1936.

APPENDICE



# IDENTIFICACION DEL VEROL. No. 1

Identificación : " Ver. 1 " De 171 de 200, margen izquierdo

Verol (no)

9 - 20

|              |   |                    |
|--------------|---|--------------------|
| Tamaño       | : | Finado             |
| Extensión    | : | Completar          |
| Consistencia | : | Normal             |
| Color        | : | 100 g/l (verde)    |
|              | : | 2,500 g/l (blanco) |
| pH           | : | 3,50               |

10 - 20

|              |   |                    |
|--------------|---|--------------------|
| Tamaño       | : | Finado             |
| Extensión    | : | Completar          |
| Consistencia | : | Normalmente dura   |
| Color        | : | 100 g/l (verde)    |
|              | : | 1,500 g/l (blanco) |
| pH           | : | 3,50               |

## APENDICE

|                |   |                |
|----------------|---|----------------|
| Altura         | : | 1.020 mm       |
| Espejo externo | : | Alto           |
| Espejo interno | : | Alto           |
| Uso actual     | : | Plástico, Culo |
| Terminilla     | : | Quilada        |

Verol (no)

# DESCRIPCION DEL PERFIL No. 1

Localización : " La Tebaida I ". Km 121 desde Pasto, margen izquierdo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco  
Estructura : Granular  
Consistencia : Dura  
Color : 5YR 6/6 (seco)  
2,5YR 5/8 (húmedo)  
pH : 5,50

20 - 50

Textura : Franco-limoso  
Estructura : Columnar  
Consistencia : Ligeramente dura  
Color : 5YR 7/6 (seco)  
10R 5/8 (húmedo)  
pH : 5,45

Datos generales :

Altura : 1.020 msnm  
Drenaje externo : Rápido  
Drenaje interno : Rápido  
Uso actual : Plátano, Caña  
Topografía : Ondulada



# DESCRIPCION DEL PERFIL No. 2

Localización : " La Tebaida II " Km 132,80 desde Pasto, margen izquierdo desde Pasto, margen izquierdo

|                |              |                      |
|----------------|--------------|----------------------|
| Horizonte (cm) |              |                      |
| 0 - 20 (cm)    | Textura      | : Franco-Arenoso     |
|                | Estructura   | : Granular           |
|                | Consistencia | : Muy dura           |
|                | Color        | : 10YR 6/2 (seco)    |
|                |              | : 5 YR 4/2 (húmedo)  |
|                | Color        | : 5,20 3/4 (húmedo)  |
|                | pH           | : 4,90               |
| 20 - 50        | Textura      | : Franco-Arenoso     |
|                | Estructura   | : Columnar           |
|                | Consistencia | : Dura               |
|                | Color        | : 10YR 6/2 (seco)    |
|                |              | : 7,5YR 3/2 (húmedo) |
|                | Color        | : 5,30 3/4 (húmedo)  |
|                | pH           |                      |

Datos generales :

|                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| Altura          | : 950 msnm           |
| Drenaje externo | : Regular            |
| Drenaje interno | : Regular            |
| Uso actual      | : Vegetación natural |
| Topografía      | : Ondulada           |

# DESCRIPCION DEL PERFIL No. 3

Localización : " Rumiaco " carretera Pepino - Mocoa, Km 145,12 desde Pasto, margen izquierdo

Horizonte (cm) :

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Arcilloso  
Textura : Franco-Arcilloso-Arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Ligeramente dura  
Color : 7,5YR 6/4 (seco)  
10YR 3/4 (húmedo)  
pH : 4,90

20 - 30

20 - 50

Textura : Franco-arcilloso  
Textura : Prismática  
Estructura : Suave  
Consistencia : 7,5R 5/6 (seco)  
Color : 10YR 3/4 (húmedo)

Datos generales :

Altura : 760 msnm  
Drenaje externo : Lento  
Drenaje interno : Lento  
Uso actual : Caña, Plátano, Pastos  
Topografía : Plana



# DESCRIPCION DEL PERFIL No. 4

Localización : A 2 Km por la carretera nueva (Moca-Pitalito), margen izquierdo.

Horizonte (cm) :  
0 - 20

Textura : Arcilloso  
Estructura : De bloque  
Consistencia : Suave  
Color : 7.5YR 8/6 (seco)  
5YR 5/8 (húmedo)  
pH : 5.45

20 - 50

Textura : Arcillosa  
Estructura : De bloques  
Consistencia : Suave  
Color : 7.5YR 8/6 (seco)  
5YR 4/8 (húmedo)  
pH : 5.50

Datos generales :

Altura : 766 msnm  
Drenaje externo : Lento  
Drenaje interno : Lento  
Uso actual : Pasto Brasileiro.  
Topografía : Ondulada

# DESCRIPCION DEL PERFIL No. 5

Localización : A 5 Km de Mocoa por la carretera nueva (Mocoa-Pitalito)  
margen izquierdo

Horizonte (cm) :  
0 - 20  
Textura : Franco-arcilloso-arenoso  
Textura : Granular  
Textura : Ligeramente dura  
Consistencia : 10YR 6/3 (seco)  
Color : 5YR 3/4 (húmedo)  
Color : 5,40  
pH : 5,40

20 - 50  
Textura : Arcilloso  
Estructura : De bloque  
Consistencia : Dura  
Color : 10YR 7/4 (seco)  
Color : 7,5YR 5/6 (húmedo)  
pH : 5,80

Datos generales :  
Altura : 810 msnm  
Drenaje externo : Lento  
Drenaje interno : Lento  
Uso actual : Pastos, Plátano, Caña  
Topografía : Ondulada



# DESCRIPCION DEL PERFIL No. 6

Localización : " Rumiayaco " carretera Villagarzón-Mocoa, Km 156 desde  
Pasto, margen derecho

Horizonte (cm) :  
0 - 30

Textura : Franco-arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Dura  
Color : 10YR 5/2 (seco)  
10YR 3/2 (húmedo)  
pH : 5,10

20 - 50

Textura : Franco-arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Muy dura  
Color : 10YR 7/4 (seco)  
7,5YR 4/4 (húmedo)  
pH : 6,20

Datos generales :

Altura : 430 msnm  
Drenaje externo : Rápido  
Drenaje interno : Rápido  
Uso actual : Pasto imperial  
Topografía : Ondulada

# DESCRIPCION DEL PERFIL No. 7

Localización : " Villapalmar " Km 139,20 desde Pasto, margen izquierdo

Horizonte (cm) :  
0 - 2-

Textura : Franco-arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Ligeramente dura  
Color : 7,5YR 6/2 (seco)  
7,5YR 3/2 (húmedo)  
pH : 5,80

20 - 50

Textura : Arenoso-franco  
Estructura : Prismática  
Consistencia : Dura  
Color : 10YR 3/1 (seco)  
10YR 2/1 (húmedo)  
pH : 5,90

Datos generales :

Altura : 810 msnm  
Drenaje externo : Regular  
Drenaje interno : Regular  
Uso actual : Plátano, Caña, Pastos  
Topografía : Ondulada



DESCRIPCION DEL PERFIL No. 8

Localización : " Villagarzón " Km 151,9 desde Pasto, margen izquierdo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco-arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Dura  
Color : 7,5 YR 5/4 (seco)  
5YR 3/3 (húmedo)  
pH : 5,45

20 - 30

Textura : Franco-arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Muy dura  
Color : 7,5YR 4/2 (seco)  
7,5YR 3/2 (húmedo)  
pH : 5,35

Datos generales :

Altura : 530 msnm  
Drenaje externo : Rápido  
Drenaje interno : Rápido  
Uso actual : Plátano, Caña, Cacao  
Topografía : Plana

# DESCRIPCION DEL PERFIL No. 9

Localización : " Puerto Limón " Km 160,70 desde Pasto, margen derecho

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Arenoso-franco  
Estructura : Prismática  
Consistencia : Suelta  
Color : 5YR 5/1 (seco)  
10YR 3/2 (húmedo)  
pH : 5,70

20 - 50

Textura : Arenoso-franco  
Estructura : Prismática  
Consistencia : Suave  
Color : 5YR 4/1 (seco)  
10YR 3/2 (húmedo)  
pH : 5,40

Datos generales :

Altura : 450 msnm  
Drenaje externo : Rápido  
Drenaje interno : Rápido  
Uso actual : Pasto imperial  
Topografía : Plana



DESCRIPCION DEL PERFIL No. 10

Localización : " Pacera " Km 166,18 desde Pasto, margen derecho

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco-arcilloso  
Estructura : Columnar  
Consistencia : Ligeramente dura  
Color : 10YR 7/4 (seco)  
5YR 4/6 (húmedo)  
pH : 5,50

20 - 50

: Textura : Franco-arcilloso  
Estructura : Columnar  
Consistencia : Ligeramente dura  
Color : 10YR 8/4 (seco)  
5 YR 5/6 (húmedo)  
pH : 5,70

Datos generales : Altura : 580 msnm  
Drenaje externo : Regular  
Drenaje interno : Regular  
Uso actual : Plátano, Piña, Caña  
Topografía : Ondulada

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 11

Localización : " Cafelina " Km 153,3 desde Pasto, margen izquierdo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco-arcillo-arenoso  
Estructura : Migajosa  
Consistencia : Suave  
Color : 7,5YR 6/6 (seco)  
5YR 3/3 (húmedo)  
pH : 5,50

20 - 50

Textura : Franco-arcillo-arenoso  
Estructura : Migajosa  
Consistencia : Suave  
Color : 7,5YR 6/6 (seco)  
5YR 3/3 (húmedo)  
pH : 5,50

Datos generales : Altura : 490 msnm  
Drenaje externo : Rápido  
Drenaje interno : Lento  
Uso actual : Pastos (micay)  
Topografía : Plana



DESCRIPCION DEL PERFIL No. 12

Localización : " Uchupayaco " Km 164,80 desde Pasto, margen izquierdo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Arcilloso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Ligeramente dura  
Color : 10YR 8/6 (seco)  
5 YR 5/8 (húmedo)  
pH : 4,70

20 - 50

Textura : Arcilloso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Ligeramente dura  
Color : 7,5YR 8/6 (seco)  
5YR 6/8 (húmedo)  
pH : 5,55

Datos generales :

Altura : 550 msnm  
Drenaje externo : Lento  
Drenaje interno : Muy lento  
Uso actual : Pasto (micay)  
Topografía : Ondulada

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 13

Localización : " Puerto Umbria " Km. 174,50 desde Pasto, margen izquierdo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco-arcillo-arenoso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Dura  
Color : 7,5YR 6/6 (seco)  
5YR 4/6 (húmedo)  
pH : 5,70

20 - 50

: Textura : Franco  
Estructura : Granular  
Consistencia : Dura  
Color : 7,5YR 6/6 (seco)  
5YR 4/8 (húmedo)  
pH : 5,50

Datos generales : Altura

Drenaje externo : 515 mm  
Drenaje interno : Rápido  
Uso actual : Lento  
Topografía : Pastos  
Plana



DESCRIPCION DEL PERFIL No. 14

Localización : " La Joya " Km 180,50 desde Pasto, margen izquierdo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco-arenoso  
Estructura : Columnar  
Consistencia : Dura  
Color : 7,5YR 7/4 (seco)  
5YR 5/4 (húmedo)  
pH : 5,40

20 - 50

Textura : Franco-arcilloso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Muy dura  
Color : 7,5YR 7/4 (seco)  
5YR 6/6 (húmedo)  
pH : 4,95

Datos generales : Altura : 500 msnm  
Drenaje externo : Lento  
Drenaje interno : Lento  
Uso actual : Praderas naturales  
Topografía : Plana

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 15

Localización : " Puerto Caycedo " Km 197 desde Pasto, margen derecho

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Arcilloso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Ligeramente dura  
Color : 5YR 7/6 (seco)  
2,5YR 6/8 (húmedo)  
pH : 5,10

20 - 50

Textura : Arcilloso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Ligeramente dura  
Color : 5YR 7/8 (seco)  
2,5YR 6/8 (húmedo)  
pH : 5,35

Datos generales : Altura : 462 msnm  
Drenaje externo : Rápido  
Drenaje interno : Rápido  
Uso actual : Pastos naturales  
Topografía : Ondulada



DESCRIPCION DEL PERFIL No. 16

Localización : "Campamento Santa Ana" Km 210 desde Pasto, margen izquierdo  
margen izquierdo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco-arcilloso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Muy dura  
Color : 10YR 6/3 (seco)  
10YR 5/3 (húmedo)  
pH : 4,70

20 - 50

Textura : Arcilloso  
Estructura : Granular  
Consistencia : Muy dura  
Color : 10YR 8/6 (seco)  
7,5YR 6/6 (húmedo)  
pH : 5,15

Datos generales :

Altura : 430 msnm  
Drenaje externo : Lento  
Drenaje interno : Muy lento  
Uso actual : Pasto natural  
Topografía : Plana

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 17

Localización : "Campamento Santa Ana - Puerto Asís " Km 215 desde Pasto  
margen izquierdo

Horizonte (cm) :  
0 - 20 : Textura : Franco-arcilloso  
Estructura : Prismática  
Consistencia : Suave  
Color : 7,5YR 6/4 (seco)  
7,5YR 4/4 (húmedo)  
pH : 5,20

20 - 50 : Textura : Arcilloso  
Estructura : Prismática  
Consistencia : Suave  
Color : 5YR 6/8 (seco)  
5YR 4/8 (húmedo)  
pH : 5,48

Datos generales : Altura : 445 msnm  
Drenaje externo : Lento  
Drenaje interno : Lento  
Uso actual : Pradera  
Topografía : Plana



DESCRIPCION DEL PERFIL No. 18

Localización : " Puerto Asís. Grillas del Rio Putumayo", margen izquierdo

Horizonte (cm) :

0 - 20

Textura : Franco-limoso  
Estructura : Columnar  
Consistencia : Suelta  
Color : 5Y 7/1 (seco)  
5Y 4/2 (húmedo)  
pH : 6,75

20 - 50

Textura : Franco-limoso  
Estructura : Columnar  
Consistencia : Suelta  
Color : 5Y 6/1 (seco)  
5Y 4/1 (húmedo)  
pH : 6,35

Datos generales :

Altura : 440 msnm  
Drenaje externo : Muy rápido  
Drenaje interno : Muy rápido  
Uso actual : Pasto natural  
Topografía : Plana

T  
AN  
631.43  
P348

16853

Ej.1 Pazos Rosero, Plinio

Determinación de algunas  
propiedades físicas.....

VENCE

NOMBRE *Piedad A. Bernáides*

Nº del Carnet *8744163*

NOMBRE *Fidel Rosero C*

Nº del Carnet *Catalina Guerrero* 119

AN

T

631.43

16853

P348

Ej. 1