

FN
T
63143
P 3482
G. 1.

ESTUDIO FISICOEDAFICO DE LA ZONA CAFETERA DEL
MUNICIPIO DE LA UNION, NARIÑO, COLOMBIA

Por

RICARDO PAZ MENESES

Tesis de grado presentada como requi
sito parcial para optar al título de

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de tesis

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1974

"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.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO	
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS	
PASTO - COLOMBIA	
No. <u>20362</u>	Ej. <u>1</u>
Valor <u>\$ 1.100 -</u>	Vol. <u> </u>
Fecha <u>XII-18-77</u>	Don. <u>X</u>
Fact. <u>Agronomía</u>	Canje <u> </u>
Librería <u>Autar</u>	Cmp. <u> </u>

A MIS SERES QUERIDOS

DEDICO

RICARDO PAZ MENESES

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades	3
AGRADECIMIENTOS A :	3
2.1.1 Dedicación	3
2.1.2 Agradecimientos	3
2.1.3 ANTONIO ARIAS HERNANDEZ I.A., M. Sc.	3
2.1.4 LUCIO LEGARDA BURBANO I.A., M. Sc.	3
2.1.5 EFREN CORAL QUINTERO I.A., M. Sc.	3
2.1.6 MIGUEL VIVEROS ZARAMA I.A.	3
2.1.7 FRANCISCO COFTES DE LA ESPRIELLA	7
2.1.8 MIGUEL BARONA	3
2.1.9 JORGE PAZ LASSO	3
2.1.10 YOLANDA GARCIA DE ARIAS	14
2.1.11 FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS, UNI- VERSIDAD DE NARIÑO	16
2.1.12 FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS	16
2.1.13 UNIVERSIDAD NACIONAL, PALMIRA	16
2.1.14 Bibliografía	16
2.1.15 Agregados obtenidos al agua	18
2.1.16 Porcentaje	18
2.1.17 Densidad aparente	18
2.1.18 Densidad de las partículas	18
2.1.19 Límite plástico superior	18
2.1.20 Límite plástico inferior	18
2.1.21 Índice de compactación	18
2.1.22 Coeficiente de compactación	19
2.1.23 Índice de compactación	19
2.1.24 Equivalente de humedad	19
2.1.25 Capacidad de campo	19
2.1.26 Puntos de saturación	19

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades	3
2.1.1 Situación geográfica	3
2.1.2 Topografía	3
2.1.3 Ecología y clima	3
2.1.4 Geología	3
2.2 Propiedades físicas	5
2.2.1 Separados del suelo	5
2.2.2 Agregados estables al agua	5
2.2.3 Densidad y porosidad	7
2.2.4 Plasticidad	8
2.2.5 Capacidad de retención de humedad	9
2.2.6 Materia orgánica	14
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1 Muestreo	16
3.2 Análisis de laboratorio	16
3.2.1 Textura	16
3.2.2 Agregados estables al agua	18
3.2.3 Porosidad	18
3.2.4 Densidad aparente	18
3.2.5 Densidad de las partículas	18
3.2.6 Límite plástico superior	18
3.2.7 Límite plástico inferior	18
3.2.8 Índice de plasticidad	18
3.2.9 Constantes de humedad	19
3.2.9.1 Coeficiente higroscópico	19
3.2.9.2 Punto de marchitamiento	19
3.2.9.3 Equivalente de humedad	19
3.2.9.4 Capacidad de campo	19
3.2.9.5 Punto de saturación	19

	Pág.
3.2.10 Puntos de succión	19
3.2.11 Humedad volumétrica	19
3.2.12 Espacio aéreo	20
3.2.13 Agua aprovechable	20
3.2.14 Curvas de retención de agua	20
3.2.15 Materia orgánica	21
3.2.16 Reacción del suelo	21
3.3 Análisis estadístico	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	22
4.1 Textura	22
4.2 Agregados estables al agua	24
4.3 Densidad y porosidad	25
4.4 Plasticidad	26
4.5 Retención y disponibilidad de agua	27
4.6 Aireación	30
4.7 Materia orgánica	30
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
VI. RESUMEN	83
SUMMARY	84
VII. BIBLIOGRAFIA	85
APENDICE	90
XII. Valores de retención de agua a diferentes tensiones, expresados en porcentaje de humedad volumétrica (suelo)	43
XIII. Algunos puntos críticos de humedad en base volumétrica (suelo)	44
XIV. Algunos puntos críticos de humedad en base volumétrica (subsuolo)	45

TABLAS

		Pág.
TABLA	I. Análisis textural (suelo)	32
TABLA	II. Análisis textural (subsuelo)	33
TABLA	III. Agregados estables al agua (suelo)	34
TABLA	IV. Agregados estables al agua (subsuelo)	35
TABLA	V. Densidad de las partículas, densidad aparente y porosidad total (suelo)	36
TABLA	VI. Densidad de las partículas, densidad aparente y porosidad total (subsuelo)	37
TABLA	VII. Límites de plasticidad y su correspondiente índice, expresados en porcentaje de humedad gravimétrica (suelo)	38
TABLA	VIII. Límites de plasticidad y su correspondiente índice, expresados en porcentaje de humedad gravimétrica (subsuelo)	39
TABLA	IX. Valores de retención de agua a diferentes tensiones, expresados en porcentaje de humedad gravimétrica (suelo)	40
TABLA	X. Valores de retención de agua a diferentes tensiones, expresados en porcentaje de humedad gravimétrica (subsuelo)	41
TABLA	XI. Valores de retención de agua a diferentes tensiones, expresados en porcentaje de humedad volumétrica (suelo)	42
TABLA	XII. Valores de retención de agua a diferentes tensiones, expresados en porcentaje de humedad volumétrica (subsuelo)	43
TABLA	XIII. Algunos puntos críticos de humedad en base volumétrica (suelo)	44
TABLA	XIV. Algunos puntos críticos de humedad en base volumétrica (subsuelo)	45

TABLA	XV. Agua disponible en m ³ /Ha./profundidad del perfil, para tensiones de 1,0; 5,0 y 15,0 bares y la proporción en porcentaje de las dos primeras con relación a la última	46
TABLA	XVI. Valores promedios de humedad volumétrica, obtenidos en el laboratorio y calculados por fórmula, para diferentes tensiones .	47
TABLA	XVII. Valores de espacio aéreo a diferentes tensiones (suelo)	48
TABLA	XVIII. Valores de espacio aéreo a diferentes tensiones (subsuelo)	49
TABLA	XIX. Materia orgánica y pH (suelo).	50
TABLA	XX. Materia orgánica y pH (subsuelo)	51
TABLA	XXI. Resultados máximos, promedios y mínimos de las propiedades físicas estudiadas (suelo)	52
TABLA	XXII. Resultados máximos, promedios y mínimos de las propiedades físicas estudiadas (subsuelo)	54
TABLA	XXIII. Relaciones entre algunas propiedades físicas (suelo)	56
TABLA	XXIV. Relaciones entre algunas propiedades físicas (subsuelo)	58
TABLA	XXV. Medidas de dispersión (suelo)	60
TABLA	XXVI. Medidas de dispersión (subsuelo)	64
FIGURA	11. Relación entre la cantidad aparente y la porcentual total (subsuelo)	77
FIGURA	12. Relación entre la densidad aparente y el espacio aéreo a 15,0 bares (suelo)	80
FIGURA	13. Relación entre la densidad aparente y el espacio aéreo a 15,0 bares (subsuelo)	81

ILUSTRACIONES

		Pág.
FIGURA	1. Localización de los sitios de muestreo, Municipio de La Unión	17
FIGURA	2. Curvas de retención de humedad (suelo) . . .	68
FIGURA	3. Curvas de retención de humedad (subsuelo) .	69
FIGURA	4. Relación entre la densidad aparente y el es- pacio aéreo a 0,3 bares (suelo)	70
FIGURA	5. Relación entre la densidad aparente y el es- pacio aéreo a 0,3 bares (subsuelo)	71
FIGURA	6. Relación entre la capacidad de campo por el método de las ollas y el de las columnas de Chapingo (suelo)	72
FIGURA	7. Relación entre la capacidad de campo por el método de las ollas y el de las columnas de Chapingo (subsuelo)	73
FIGURA	8. Relación entre la capacidad de campo por el método de las ollas y la humedad equivalente (suelo)	74
FIGURA	9. Relación entre la capacidad de campo por el método de las ollas y la humedad equivalente (subsuelo)	75
FIGURA	10. Relación entre la porosidad total y el punto de saturación en base volumétrica (suelo) .	76
FIGURA	11. Relación entre la porosidad total y el punto de saturación en base volumétrica (subsuelo)	77
FIGURA	12. Relación entre la densidad aparente y la po- rosidad total (suelo)	78
FIGURA	13. Relación entre la densidad aparente y la po- rosidad total (subsuelo)	79
FIGURA	14. Relación entre la densidad aparente y el es- pacio aéreo a 15,0 bares (suelo)	80
Figura	15. Relación entre la densidad aparente y el es- pacio aéreo a 15,0 bares (subsuelo)	81

AN
T
631.43
P348
g. 1.

ESTUDIO FISICOEDAFICO DE LA ZONA CAFETERA DEL MUNICIPIO DE LA UNION, NARIÑO, COLOMBIA (1).
El fin de este estudio es la caracterización física de este Departamento y la influencia del sustrato, considerando en parte el estudio que a nivel nacional se está llevando a cabo con el objeto de tener una clasificación de suelos de las zonas agrícolas de Colombia.

RICARDO PAZ MENESES

I. INTRODUCCION

El estudio fisicoedáfico de una determinada zona, es de vital importancia, por cuanto al determinar sus propiedades físicas se puede llegar a desarrollar con mayor precisión todas las labores pertinentes como son la preparación adecuada del terreno, riegos y drenajes propicios, manejo y conservación del suelo. Todas las anteriores labores, como es natural, al ser bien realizadas incrementarán la productividad de la zona en estudio.

Factor primordial dentro de la zona estudiada es la producción de café; y al ser éste uno de los productos de mayor consumo y rentabilidad para la economía regional y nacional, lo más conveniente es determinar las propiedades fisicoedáficas con el objetivo de que los resultados obtenidos sirvan como una estructura básica para tratar de resolver los problemas sobre el manejo de dichos suelos.

(1) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Antonio Arias Hernández I.A., M. Sc.

También es fundamental la determinación de las propiedades físicas de los suelos de la zona norte del Departamento de Nariño con el fin de completar así, la caracterización física de este Departamento y la Intendencia del Putumayo, complementando en parte el estudio que a nivel nacional se está llevando a cabo con efecto de obtener una clasificación de suelos de las zonas agrícolas de Colombia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades

2.1.1 Situación geográfica

El municipio de La Unión está situado al Norte del Departamento de Nariño, y Sur-Occidente de Colombia, a una Latitud de $1^{\circ} 34'$ Norte y a una Longitud de $77^{\circ} 09'$ W (4).

2.1.2 Topografía

La región se caracteriza por tener una topografía bastante accidentada, con pendientes fuertes. Su relieve es quebrado con formación de abismos que terminan en el cañón del río Mayo (36).

2.1.3 Ecología y Clima

El municipio de La Unión está localizado a 1.800 m. s.n.m., con una temperatura promedio de 22°C , precipitación anual de 1.842 mm, y brillo solar de 1.669 horas; ecológicamente se lo clasifica como bosque húmedo subtropical (16).

2.1.4 Geología

Según el Ministerio de Minas y Petróleos de acuerdo a las formaciones geológicas, se pueden diferenciar cuatro grupos que hacen parte de esta región:

a) Conjunto verdoso porfirítico; cubre una amplia zona, siendo evidente que gran parte de los depósitos volcánicos modernos reposan sobre este conjunto, lo mismo que alguna parte de sedimentos terciarios. Hay tipos de rocas que presentan a simple vista características de ígneas afaníticas y son en realidad sedimentos de grano muy fino y textura muy densa. Por otra parte, este conjunto está frecuentemente muy alterado, dando un suelo laterítico ferruginoso de color amarillento o rojizo. Generalmente, se puede distinguir en el conjunto porfirítico una facie ígnea y una sedimentaria. La primera corresponde a rocas paleovolcánicas porfiríticas y afaníticas de color generalmente verde y tobos aglome-

ráticas. En la facie sedimentaria hay rocas areniscas de grano muy fino, lilitas rocas silíceas densas, pizarras grises y violáceas, arcillas pizarrosas y en general rocas silíceas compactadas.

b) Conjunto terciario sedimentario; el terciario es quizá la formación más conocida en Nariño, por estudios realizados por Grosse y Royo y Gómez. Las areniscas y los conglomerados constituyen la totalidad de los elementos de esta formación. Los Guijos predominantes en los conglomerados son de lilita y cuarzo.

c) Rocas intrusivas neoterciarias; numerosas cuerpos intrusivos de mediano y pequeño tamaño que cortan los estratos del terciario y las formaciones más antiguas. Las intrusivas de mayor tamaño tienen una influencia notoria en el relieve de esta región donde con frecuencia los picos empinados casi siempre corresponden a masas intrusivas de este tipo. Siendo representantes claros la plagioclasa y hornblenda. El cuarzo y la biotita también se presentan en forma secundaria. Todas las rocas son porfiríticas con variedades en cuanto a tamaño y composición de los ferrocristales, calidad y magnitud de los granos de la pasta y relación cuantitativa entre ésta y aquellos. Los minerales melanocráticos, suelen aparecer en ferrocristales más o menos grandes, principalmente en aquellos tipos en que la pasta es altamente feldespática. En cuanto a ésta, hay variedades que se caracterizan por un gran predominio de la matriz sobre los ferrocristales y cuando ella es muy ácida la roca suele estar bastante caolinizada.

d) Rocas eruptivas modernas; las rocas eruptivas modernas, provenientes de la actividad volcánica de fines del terciario y del cuaternario, ocupan una inmensa porción de esta región. Las formaciones fluviolvolcánicas son los depósitos constituidos por mezcla de materiales pirogénicos e hidrogénicos en donde los elementos de uno y otro origen entran en proporciones variables, formando terrazas escalonadas en cuya formación han debido intervenir también movimientos ascensionales de la cordillera.

2.2 Propiedades físicas

2.2.1 Separados del suelo

La textura tiene un gran influjo en el movimiento del agua, en la circulación y movimiento del aire y especialmente en la velocidad de las transformaciones químicas (15).

Según Allison (2), un suelo de textura gruesa tiene baja capacidad de retención de agua, y una elevada permeabilidad, mientras que los suelos de textura fina poseen alta capacidad de retención de agua, pero lenta permeabilidad. Estos últimos suelos tienen siempre una mayor capacidad de intercambio catiónico, que los de textura gruesa. Así mismo, entre más fina es la textura, el suelo aumenta la capacidad capilar y disminuye la velocidad de infiltración, a menos que el grado de agregación sea bastante elevado.

2.2.2 Agregados estables al agua

La agregación es la propiedad física que tienen los suelos para agrupar sus partículas por medio de procesos de aglutinación específicos y de naturaleza bien definida, indicando, además, como la estabilidad de agregados al agua se entiende la capacidad que tiene un suelo para mantener unidas sus partículas, dando por lo tanto una característica positiva para la implantación y sostenimiento de los cultivos (24).

La estabilidad de la estructura significa la resistencia que los agregados del suelo oponen a los efectos de desintegración del agua y de la manipulación mecánica. La estabilidad a los agregados es de máxima importancia en la formación y en la conservación de buenas relaciones estructurales en los suelos. Se reconoce que "estabilidad de los agregados", no es precisamente un si nónimo de "estabilidad estructural", porque los agregados del suelo pueden ser alterados por gran variedad de fuerzas destructivas. Además, muchas veces no es evidente cual de estas fuerzas está implicada en el empleo de la "estabilidad de los agregados". Se sabe que el contenido de agua es a menudo un factor decisivo en la

estabilidad de la estructura. Casi siempre es un factor en la determinación del grado en que las fuerzas mecánicas particulares causarán el derrumbe de la estructura. Por ejemplo, se pueden encontrar agregados bastante compactos y coherentes en estado seco; pero si estas partículas secundarias se desintegran en el agua, la agregación no es muy estable (11).

El agua puede trastornar la agregación de dos modos: primero, el efecto hidrante desintegra el agregado por hinchazón de su masa y explosión del aire atrapado; el segundo modo en que el agua destruye la agregación y deteriora la estructura del suelo es la acción de las gotas de lluvia, que provoca la dispersión en los agregados. Las partículas dispersas penetran, aumentan la compactación y disminuyen la porosidad. Las lluvias intensas destruyen la granulación y la estructura abierta de los tres o más centímetros superficiales del suelo para formar una costra densa e impermeable. Este tipo de degradación de la estructura es menos frecuente en los agregados estabilizados con humus o con compuestos de hierro. No se le ha dado la importancia que realmente tiene la acción destructiva de las gotas de agua lluvia, que en muchos casos son la causa principal de la dispersión de los agregados. Su efecto inmediato se limita en una capa delgada de la superficie, pero la destrucción de estructura de esta capa restringe las relaciones de aire y humedad de todo el perfil (11).

Por lo tanto, un agregado se forma por medio de la agrupación de las partículas primarias y secundarias dentro de unidades de estabilidad variable. Estos agregados pueden ser de fácil disgregación, o lo contrario, de buena resistencia a la dispersión, debido a la presencia de algunos agentes cementantes, tales como materia orgánica, arcillas coloidales y algunos compuestos químicos como los óxidos de hierro y aluminio. Además, existen dos mecanismos de agregación: biológicos y químicos. En los de carácter biológico influye directamente la actividad que desarrollan los microorganismos y las diferentes uniones que se presentan entre arcillas y compuestos orgánicos; en los de carácter químico se considera simplemente la unión de las arcillas entre sí. A más de los anterior -

res mecanismos se tiene en cuenta algunos productos que se pueden considerar como agentes de agregación : compuestos de hierro y carbonato de calcio (40).

Por otra parte, Mela (35) afirma que a medida que aumenta el humus se incrementa también la estabilidad, pero a partir de cierto límite actúa como un factor negativo a causa del elevado pH a que da origen. Al respecto, Palotta (37), según estudios realizados en Italia, concluye que la relación entre la estabilidad estructural y el pH es inversa y que el pH óptimo está alrededor de 6,50.

2.2.3 Densidades y Porosidad

Según Guerrero (29), la porosidad es una de las propiedades físicas que más directamente conlleva a la relación constitución física-productividad, ya que de aquella depende la disponibilidad de aire en el sistema radical de la planta, factor primordial en el desarrollo de la misma.

Demolón, citado por Bastidas y Jácome (9) asegura que la porosidad es la medida más directa para apreciar las propiedades estructurales del suelo. Por otra parte, varios autores han llegado a la conclusión de que para apreciar la estructura, no es tan importante la porosidad en sí sino la distribución de los poros.

Los suelos arcillosos presentan un alto contenido de poros, debido al gran número de gránulos que se forman, los cuales no solo dejan espacios vacíos entre ellos sino también entre las partículas que los integran. Con las arenas ocurre lo contrario, ya que el contacto entre partículas es más íntimo (6).

La densidad aparente del suelo está afectada por el arreglo de las partículas, por la textura y la compactabilidad. Igualmente, uno de los factores que afectan la densidad aparente es el contenido de materia orgánica. Si su nivel disminuye la densidad aparente aumenta ya que los espacios porosos también aumentan (14).

Guerrero y Mantilla (30) conceptúan que la densidad aparente nunca será constante como lo es la densidad de las partículas, por lo tanto, variará de acuerdo a como se alteren los factores que afectan el aumento o disminución de la porosidad.

Blake, citado por Arias (6), afirma que la densidad aparente no es un parámetro invariable, ya que cambia con la condición estructural del suelo, especialmente cuando éste es sometido a la labranza que tiende a afirmarlo. Por la dependencia de la estructura de la densidad aparente, este parámetro se utiliza a menudo para calificar el arreglo estructural de un perfil.

Forsythe et al (22) sostienen que en suelos andosoles, la densidad aparente es baja, tomando como límites 0,20 y 0,80 g/cc, y su porosidad entre 70 y 80%. Arias y Guerrero (7), en un andosol del Altiplano de Pasto, encontraron una densidad aparente promedio de 0,73 g/cc, con una porosidad del 51,14%.

Según Adames y Levy (1), la densidad de las partículas del suelo está alrededor de 2,65 g/ml, sin embargo, este promedio puede variar debido a los diversos elementos de un suelo. Además, afirman que los coloides que tengan un alto contenido de sesquióxidos de hierro, tendrán una densidad de las partículas mayor que los suelos ricos en sílice o materia orgánica.

2.2.4 Plasticidad

La plasticidad, según Hall citado por López (53), es la facultad que tiene el suelo para cambiar de forma continuamente, bajo la acción de una fuerza aplicada y de mantener la forma dada, al cesar de actuar la fuerza. Adames y Levy (1), dicen que la plasticidad es reconocida como la resistencia que tiene el suelo a la ruptura o a la susceptibilidad de deformación sin ruptura, cuando el suelo se humedece y se amasa a continuación.

Se ha demostrado que los suelos, a excepción de los que carecen de plasticidad como los arenosos, se hacen más plásticos a medida que aumenta el contenido de humedad, son tenaces y muy coherentes y pueden ser moldeados. La plasticidad se ha defi-

nido como "la propiedad que permite a la arcilla cambiar su forma sin romperse cuando se la somete a un esfuerzo de deformación" (23).

Joffe, citado por Arias y Córdoba (5) anota que en el perfil del suelo la consistencia varía con los horizontes del mismo, y está determinada o influida por factores tales como : estructura, textura, materiales cementantes y porosidad. Cementación y compactación parecen sinónimos, pero existe una gran diferencia, ya que un suelo se considera compactado cuando sumergido en agua se fragmenta en unidades texturales o estructurales; por su parte el suelo cementado, bajo las mismas condiciones del suelo compactado, permanece entero.

La compactación del suelo, causada por inadecuado manejo del mismo, incrementa la densidad aparente, reduciendo así la porosidad; disminuye la tasa de infiltración, aumenta la resistencia del suelo a la penetración y hace descender la capacidad de aquel para almacenar agua. Todo lo anterior incide directamente en un aumento en la duración del riego y en una distribución irregular del agua aplicada (25).

Perczek y Swamy Rao et al., citados por Arias (6), afirman en relación a la compactación causada por el tráfico de maquinaria, después de realizar ensayos comparativos entre la labranza convencional y la labranza mínima, que ésta aumentó la tasa de infiltración y disminuyó la compactación del suelo debido al tráfico de maquinaria agrícola, la resistencia del suelo a la penetración y la densidad aparente, almacenamiento de agua y tamaño de los terrones, fueron menos evidentes que los correspondientes a la tasa de infiltración y resistencia a la penetración.

2.2.5 Capacidad de retención de humedad

La humedad del suelo es de gran importancia y de incidencia directa sobre los cultivos. El agua así determinada es la relacionada directamente con tres factores que son : a) El agua en la mayor cantidad posible debe ser almacenada con el objeto de

satisfacer las necesidades de evapotranspiración en el desarrollo de un cultivo; b) El agua debe ser de fácil asimilación, por parte de las plantas cuando éstas lo necesiten y lógicamente esta agua debe venir del suelo y c) El agua por ser el disolvente universal por excelencia, y junto con los nutrientes disueltos, constituye la parte soluble del suelo (8).

Para Kramer (32) lo importante es determinar la forma en que es retenida el agua por el suelo y los niveles óptimos de humedad para el desarrollo de la planta.

En un amplio sentido, la capacidad de campo es el más bajo contenido de humedad del suelo a que se puede llegar únicamente por drenaje y en cualquier lapso razonable. La reducción del contenido de humedad ocasiona una marcada resistencia al movimiento del agua, aunque dicho contenido nunca es menor que una cantidad característica del suelo. Esta cantidad mínima es la capacidad de campo (34).

Por su parte, Rey (38) define capacidad de campo como la cantidad de agua que contiene un suelo después de que el agua libre (gravitacional) ha drenado, o cuando un suelo está a capacidad como la máxima cantidad de campo los macroporos están llenos de aire y los microporos de agua. La tensión a capacidad de campo varía entre 0,1 y 0,7 atmósferas, siempre y cuando no haya exceso de sales solubles en el suelo. El valor depende de la textura.

El concepto de capacidad de campo es útil para realizar cálculos prácticos de cantidad aprovechable de agua. La capacidad de campo no es un valor único de suelo. El sistema dinámico de remoción de agua por medio de drenaje, evaporación y transpiración y el agua que se agrega por medio de lluvia y riego, son factores diversos, que impiden lograr el equilibrio entre la cantidad de agua del suelo y el campo de fuerza gravitacional. Hay otros factores que influyen en el equilibrio como son la histéresis, la temperatura del suelo, su textura y su estructura. O sea, la capacidad de campo debe considerarse como característica de las condiciones de campo, y por lo tanto solo puede determinársela con exa-

titud en el campo. El mejor uso del término es para indicar una región general del contenido de humedad. Cuando se necesiten valo - res más exactos, se debe usar términos más precisos de equilibrio como porcentaje de humedad a $1/3$ de bar (25).

Esto ocurre cuando termina la percolación del agua gravitacional, lo que sucede uno o dos días después de regar en suelos arenosos y de tres a seis días en suelos de textura media. Una vez alcanzada la capacidad de campo, el suelo en ausencia de vegetación y a partir de treinta centímetros de profundidad continúa du - rante meses con aquella humedad constante. Como regla general, los suelos con alta capacidad de campo son los mejores para riego. En compensación deben encontrarse bien alejados desde el punto de satu - ración, para que el suelo tenga buena aireación (punto de satura - ción - capacidad de campo = volumen total de poros no capilares, los que normalmente son ocupados por aire). Para la mayoría de los cultivos, la capacidad de campo debe estar, en base al volumen del suelo, entre $1/3$ y $2/3$ de la capacidad de saturación (18).

Punto de marchitamiento permanente es aquel contenido de humedad del suelo al cual las plantas no son capaces de obtener la cantidad de agua necesaria para el proceso de transpiración; se produce marchitez permanente hasta tanto no se riegue. La ten - sión en el punto de marchitamiento permanente varía entre 7 y 32 atmósferas dependiendo de la textura del suelo, de la clase y estado de las plantas, de la cantidad de sales solubles y, en cierto grado del clima. En rango de tensiones a que se produce el marchitamiento permanente, la variación en el contenido de humedad es muy pequeña, por lo cual usualmente se emplea el valor de 15 atmósfe - ras para identificar el punto de marchitamiento permamente (38).

Baver (10) afirma que los suelos de textura gruesa exhiben altos potenciales negativos a bajos contenidos de humedad; lo contrario ocurre con los suelos de textura fina. Esto se debe al gran número de contactos en los suelos finos, se reducen la cantidad de humedad en cada uno de los puntos de contacto con el co - rrespondiente descenso en el radio de curvatura del menisco de a - gua en los poros. Las curvas también indican una tendencia del con

tenido de humedad a hacerse constante en la mayoría de los valores de potencial capilar negativos.

Como normalmente el suelo drena a un contenido de humedad de capacidad de campo y la planta se marchita permanentemente en el punto de marchitamiento, se deduce que la cantidad de agua aprovechable por las plantas está representada por la diferencia entre estos dos puntos de equilibrio. Consecuencialmente, la naturaleza de la curva de un suelo dado, dará una buena medida de la aprovechabilidad del agua de ese suelo (10).

Grassi (28) anota que en el laboratorio puede determinarse en un amplio rango, la curva que relaciona el contenido hídrico de la zona no saturada con su energía de retención expresada como presión capilar, tensión o succión matriz (SM). El agua drena a través de una membrana permeable al agua y a los solutos e impermeable al aire. Si alcanzadas las condiciones de equilibrio, se determina el contenido de humedad, se obtiene la curva de capacidad hídrica, o curva característica de humedad en el suelo, en función de la energía de retención de agua, expresada como tensión o succión matriz en base o en atmósfera. En la curva, la succión matriz crece logarítmicamente al disminuir aritméticamente el contenido de humedad. Además, con altos contenidos de humedad, una disminución de ésta, aumenta muy poco la succión matriz, mientras que, en el rango correspondiente al suelo seco, una escasa reducción de humedad, produce un elevado crecimiento de la succión matriz.

Si sobre la curva se ubica la humedad correspondiente a la capacidad de campo, para dicho suelo, se tiene el rango de disponibilidad de agua para el cultivo entre capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente y, los valores de succión matriz que corresponden a cada humedad entre dichos suelos. Las curvas de capacidad hídrica son diferentes en distintos tipos de suelo. Si bien los dos puntos extremos están más o menos definidos en cuanto a la succión matriz (15 bares en punto de marchitamiento y entre 0,1 y 0,5 bares en capacidad de campo) los contenidos hídricos varían sustancialmente en diferentes tipos de suelo (28).

Rey (28), por su parte, conceptúa que si se quiere

remover agua del suelo se debe realizar una cantidad dada de trabajo (fuerza x espacio). Esto significa que el agua está siendo retenida en el suelo mediante una fuerza, contra la cual se debe realizar el trabajo necesario para remover el agua del suelo. Esta fuerza se conoce comunmente con el nombre de tensión. La magnitud de la tensión depende de la cantidad de agua presente en el suelo y del tamaño de los poros del suelo, es decir, de la textura. Entre menor sea el contenido de agua de un suelo, mayor será la tensión con que aquella es retenida; entre menor sea el tamaño de los poros del suelo, mayor será la tensión a la cual está sometida el agua. Claramente se puede ver que el suelo arcilloso retiene una mayor cantidad de agua que un suelo arenoso a la misma tensión; de la misma manera, para un mismo contenido de agua, la tensión es mayor en un suelo arcilloso.

La retención del agua en el suelo es la resultante de la interacción de varios tipos de fuerzas, entre las cuales se encuentran las de adhesión y cohesión. Otro componente de la tensión es el debido a las sales disueltas en el agua del suelo. El efecto de las sales se manifiesta mediante un incremento en la presión osmótica de la solución del suelo, lo cual ocasiona un aumento en la cantidad de trabajo que las plantas deben efectuar para absorber agua; es decir, un aumento en tensión. Entre más alta sea la concentración de sales, mayor será la presión osmótica de la solución (38).

En las proximidades del punto de marchitamiento, las curvas (Y = succión; X = humedad) cambian de dirección respectivamente. La variación del contenido de humedad en la zona que está por encima del punto de marchitamiento ocasiona cambios muy ligeros en la fuerza de succión, en tanto que una ligera reducción en el contenido de humedad en la zona inferior a dicho punto, implica un aumento considerable de la succión. Por esta razón, aún cuando el punto de marchitamiento no correspondiera al mismo contenido de humedad para todas las plantas, en un mismo suelo, las diferencias que puedan existir resultan tan pequeñas, que justifican ampliamente el uso de este coeficiente como un límite crítico de

la humedad del suelo (12).

Daker (18) afirma que a pesar de los conceptos de Blair, de Veihmeyer y Hendricson de que el agua está igualmente disponible desde la capacidad de campo hasta el punto de marchitamiento. Ultimamente se ha comprobado que el crecimiento de las plantas responde diferentemente a varios niveles de humedad dentro del rango, restando importancia al punto de marchitamiento. También debe considerarse el uso que se dará al cultivo. Se ha demostrado que la producción desciende cuando la humedad baja a ciertos puntos de tensión, por ejemplo : la caña de azúcar a 2 bares, la papa, el maíz y la remolacha a 3 bares, la alfalfa a 4 bares y algunas hortalizas a 2 bares. También se indica que en frijol, si la tensión sube a 2,4 bares, la producción baja a 46% y a 0% si alcanza 4,4 bares.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que para reiniciar el riego a bajos niveles de tensión, esto es, cuando el contenido de humedad es alto, la frecuencia aumenta encareciendo los costos. Es decir, debe determinarse la tensión más favorable. Conocida para cada planta se determina la curva con estas tensiones : 0 - 0,1 - 0,3 - 1,0 - 5,0 - 10,0 - 15,0 bares. Conociendo estos datos y la evapotranspiración, la profundidad radical, la densidad aparente y la eficiencia de riego se puede determinar la frecuencia y el volumen. En términos generales la tensión límite está entre 3,0 y 5,0 bares y su volumen de agua varía entre el 80 y 90% de agua aprovechable (13).

2.2.6 Materia orgánica

La materia orgánica del suelo es un sistema bastante complejo de diversas sustancias, cuya dinámica está determinada principalmente por la adición continua de residuos, ya sea de tipo vegetal o animal (29).

La materia orgánica incide directamente sobre algunos parámetros fisicoedáficos tales como : estímulo de la agregación, reducción de la plasticidad y la cohesión e incremento de la capacidad de retención de humedad (30).

La presencia de materia orgánica es un indicio de la intervención de factores bióticos en el proceso de meteorización del suelo, los cuales vienen a completar los procesos físicoquímicos (14).

La materia orgánica sufre un proceso de mineralización más o menos rápido dando como resultado, productos minerales y gaseosos, como sulfatos, el amoníaco y el anhídrido carbónico; también por medio de la humificación origina una cantidad de sustancias coloidales (31).

Los nombres de los sitios de muestreo son:

Perfil	1 :	Carambo
Perfil	2 :	Buenos Aires
Perfil	3 :	El Sauce
Perfil	4 :	Botallo
Perfil	5 :	La Caldera
Perfil	6 :	El Peligro
Perfil	7 :	Maya
Perfil	8 :	La Palmita
Perfil	9 :	El Caramo
Perfil	10 :	La Unión

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 Maricao y en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional de Colombia. La determinación se efectuó en forma capilar para cada muestra con el fin de dar mayor veracidad a los datos obtenidos.

3.2.1. Textura

Se determinó por medio del método del hidrómetro descrito por Casagrande (27).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Muestreo

Se tomaron muestras en 10 sitios (Figura 1), los cuales se consideraron los más representativos de la zona cafetera del Municipio de La Unión. En cada sito se tomaron muestras del suelo y subsuelo además, la correspondiente descripción del perfil (ver apéndice).

Los nombres de los sitios de muestreo son :

Perfil	1 :	Cartago
Perfil	2 :	Buenos Aires
Perfil	3 :	El Sauce
Perfil	4 :	Betulia
Perfil	5 :	La Caldera
Perfil	6 :	El Peligro
Perfil	7 :	Mayo
Perfil	8 :	La Palmita
Perfil	9 :	El Carmen
Perfil	10 :	La Unión

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

3.2.1 Textura

Se determinó por medio del método del hidrómetro descrito por González (27).

FIG. 1 - MUNICIPIO DE LA UNIÓN. Localización de los sitios de muestreo.
Tomado de Chaves (16)

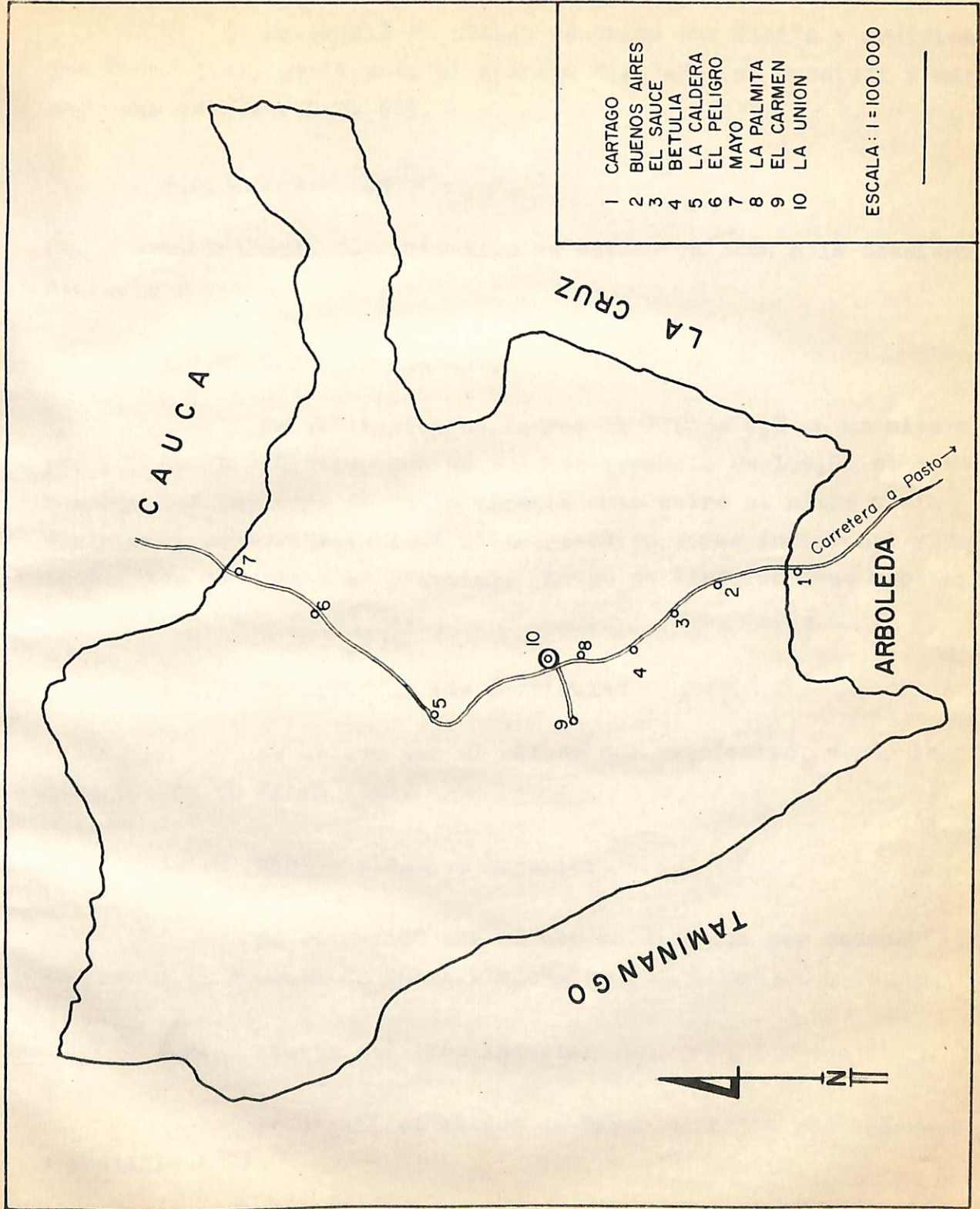


Fig. - 1 - MUNICIPIO DE LA UNION - Localización de los sitios de muestreo.

Tomado de Chaves (16)

3.2.2 Agregados estables al agua

Se siguió el método descrito por Tiulin y modificado por Yoder (42), utilizando el aparato diseñado por Woodruff y adaptado por Adames y Levy (1).

3.2.3 Porosidad

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

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 colocándoles en bolsas de plástico. Luego se llevaron esas muestras a la estufa (105 - 110°C).

3.2.5 Densidad de las partículas

Se obtuvo por el método del picnómetro, según la descripción de Silva (39).

3.2.6 Límite plástico superior

Se determinó por el método descrito por Bodman (13), empleando el aparato de "Casagrande".

3.2.7 Límite plástico inferior

Se siguió el método de Baver descrito por Guerrero y Mantilla (30).

3.2.8 Índice de plasticidad

Se determinó por diferente entre los límites plásticos superior e inferior.

3.2.9 Constante de humedad

3.2.9.1 Coeficiente higroscópico

Se siguió el método descrito por Guerrero (29).

3.2.9.2 Punto de marchitamiento

Se determinó por el método de los platos de presión (15 bares), descrito por González (27).

3.2.9.3 Equivalente de humedad

Se obtuvo por el método de centrifugación (1.000 rpm), descrito por González (27). Igualmente, se determinó por el método de las columnas de Chapingo, presentado por Arias y Guerrero (7).

3.2.9.4 Capacidad de Campo

Se determinó por el método de las ollas de presión (0,3 bares), descrito por González (27). Igualmente se determinó por el método de las columnas de Chapingo, presentado por Arias y Guerrero (7).

3.2.9.5 Punto de saturación

Se determinó la técnica descrita por González (27).

3.2.10 Puntos de succión

Se obtuvo mediante el método descrito por González (27), a las siguientes succiones (0,3 - 0,5 - 1,0 - 5,0 - 10,0 - 15,0 bares).

3.2.11 Humedad volumétrica (Hv)

Se calculó mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

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

3.2.12 Espacio aéreo

Se calculó para 0,3 y 1,5 bares de succión, empleando las diferencias entre el contenido de humedad volumétrica en el punto de saturación y los respectivos porcentajes de humedad volumétrica y succiones.

3.2.13 Agua aprovechable

Se calculó por diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento, ambos en base a humedad volumétrica. También se determinó el agua aprovechable a valores de succión de 1,0 y 5,0 bares y se los expresó en forma porcentual con respecto al agua aprovechable total.

3.2.14 Curvas de retención de agua

Por medio de ollas y platos de presión se encontraron los valores en porcentaje del agua, que es retenida por el suelo a diferentes succiones. Con los datos obtenidos se trazaron en papel semilogarítmico las curvas de los valores promedios, indicando en las ordenadas las humedades volumétricas y en las abscisas las succiones expresadas en bares. Igualmente, se compararon estas curvas con los logrados mediante la aplicación de la fórmula (*):

$$Lg H_g = \frac{K - Lg (T - C)}{n} ; \text{ donde :}$$

H_g = porcentaje de humedad gravimétrica para la succión considerada

T = succión considerada

C = coeficiente calculado a partir de :

$$C = - 0,000014 (H_g 0,3)^{2,7} + 0,3$$

(*) Información de A. Arias y L. Legarda.

Hg 0,3 = humedad gravimétrica a 0,3 bares de succión

n = coeficiente calculado a partir de :

$$n = \frac{\lg (T_{15} - C) - \lg (T_{0,3} - C)}{\lg Hg_{15} - \lg Hg_{0,3}}$$

T₁₅ = succión a 15 bares

T_{0,3} = succión a 0,3 bares

Hg₁₅ = humedad gravimétrica a 15 bares de succión

$$K = \lg K = \lg (T - C) + n \lg (Hg_{0,3} - Hg_{15,0})$$

3.2.15 Materia orgánica

Se empleó el método de titulación volumétrica de Walkley-Black, descrito por Silva (39).

3.2.16 Reacción del suelo (pH)

Se obtuvo mediante un potenciómetro tipo Beckman N-2, utilizando una mezcla suelo-agua en proporción 1:1 (27).

3.3 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 estandar, coeficiente de variación y límites de confianza al nivel del 95%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente trabajo aparecen en las tablas I a XXVI en las figuras 2 a 15.

4.1 Textura

En las tablas I y II se indican los valores obtenidos para arenas, limos y arcillas cuyos resultados promedios fueron respectivamente, para el suelo $53,82\% \pm 7,93\%$; $28,30\% \pm 4,32\%$; $17,88\% \pm 5,45\%$ y para subsuelo $53,84\% \pm 10,51\%$; $27,40\% \pm 5,15\%$ y $18,76\% \pm 5,40\%$.

Se observa que prácticamente no existen diferencias en los valores promedios de arenas, limos y arcillas, entre las dos capas. Igualmente, predominan las texturas gruesas y medias tanto en el suelo como en el subsuelo.

Este último aspecto guarda alta concordancia con los resultados reportados por Varela (41), en su estudio de suelos del sector Pasto-Rio Mayo, al menos en lo que respecta a los suelos sobre cenizas volcánicas y sobre tobas volcánicas en terrazas y pendientes. Es decir, los bajos contenidos de arcillas son característica general, a pesar de que se puede deber a una mala dispersión en el proceso mecánico de análisis.

Los porcentajes de los coeficientes de variación, son para los tres separados y en ambas capas, amplios, especialmente para las arcillas, lo que hace pensar que el área estudiada puede ser de transición y de diferentes materiales de origen. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la magnitud del coeficiente de variación, indica el grado de confiabilidad de la muestra analizada, la cual en este caso, por el escaso número de muestras, podrá no ser suficientemente representativa.

Como se mencionó anteriormente, los valores medios del contenido de arcillas son bajos. Esto quizás explica el hecho de que no se afecta significativamente el límite plástico superior en

las dos capas. También explicaría el aspecto aparentemente contradictorio de la relación inversa entre el contenido de arcillas y los puntos críticos de humedad, especialmente en la primera capa.

La relación entre el contenido de arcillas y porcentaje de agregados estables mayores de 2 mm, no fue estadísticamente significativa en ninguna de las dos capas, aunque positiva en la primera y negativa en el subsuelo. Lo último podría atribuirse a que los valores menores de agregados estables coinciden con los subsuelos de menor contenido de materia orgánica.

Al comparar los valores obtenidos en este estudio con los reportados en otras regiones del Departamento de Nariño, se observa que aquellos superan, tanto en el suelo como el subsuelo, a los de la Sabana de Túquerres (26), Altiplano de Ipiales (19), Guachucal (33) y Zona Costera (3). Por el contrario, los contenidos correspondientes al Altiplano de Pasto y al clima medio del sector Suroccidental (8), fueron superiores. Podría creerse que en algunos de los sitios estudiados, especialmente en el de "La Palmita", debe existir un acentuado influjo de cenizas volcánicas.

Las relaciones obtenidas entre el contenido de arcillas y la densidad aparente y porosidad total, deben considerarse lógicas, más si se tienen en cuenta los valores de materia orgánica. Igualmente, la correlación entre las arcillas y la materia orgánica fue negativa, lo cual era de esperarse.

En general los grupos texturales encontrados se consideran adecuados para el cultivo del café; aún más, los cultivos de frijol, maíz y plátano, de amplia difusión en la zona, se acomodan muy bien a estas texturas.

Los limos con un promedio de 28,30% para la primera capa tienen influjo, al parecer, en la estabilidad de los agregados, probablemente por la presencia en ellos de materiales cementantes, lo cual posiblemente explicaría el hecho de que los suelos con mayor contenido de aquel son los que más alto porcentaje de agregados mayores de 2 mm poseen.

4.2 Agregados estables al agua

En las tablas III y IV se encuentran los resultados obtenidos : para el suelo, los agregados mayores de 2 mm, tienen como promedio $52,16\% \pm 13,20\%$ y $35,36\% \pm 14,01\%$ para el subsuelo; entre 2 mm y 1 mm, $22,36\% \pm 8,63\%$ para la primera capa y $32,35\% \pm 10,10\%$ para la segunda; entre 1 mm y 0,5 mm, de $6,90\% \pm 5,34\%$ y $9,90 \pm 5,54$ para el suelo y subsuelo, respectivamente; entre 0,5 mm y 0,25 mm, $1,37\% \pm 0,81\%$ y $3,41\% \pm 2,98\%$ para el mismo orden; entre 0,25 mm y 0,12 mm se obtuvo $0,62\% \pm 0,38\%$ y $1,32\% \pm 1,08\%$ para el suelo y subsuelo; y para agregados estables al agua menores de 0,12 mm, se encontró $16,60\% \pm 6,01\%$ y $17,15\% \pm 8,27\%$ para suelo y subsuelo, respectivamente.

En general, los valores obtenidos para los agregados estables al agua y mayores de 2 mm, son menores si se los compara con los reportados en otras zonas del Departamento, excepción hecha del suelo de la Sabana de Tiquerres (26). Este aspecto debe ser tenido en cuenta, si se correlaciona con la topografía accidentada de la región, que tendría como conclusión primaria el peligro de la erosión hídrica, concordando así, con una de las conclusiones generales expuestas por Varela (41).

Se determina que en el suelo predominan los agregados estables al agua de mayor tamaño (hasta 1 mm). Esto quizás obedezca a un proceso de iluviación de los separados menores, los cuales, es de creer, se han agregado para dar en el análisis mecánico un valor superior en el contenido de arenas finas, dando, en consecuencia, una falsa impresión del grado de agregación.

El análisis de los resultados y de las relaciones obtenidas, posibilita afirmar que el contenido de arcillas es el causante de la agregación en el suelo, mientras que en el subsuelo, al no estar éste sujeto a los procesos de arrastre, debido a la topografía accidentada, el efecto de las arcillas se desvirtúa en alto grado. Además, según los análisis de regresión, la materia orgánica parece que actúa en la segunda capa como material de agregación,

sustituyendo en esa función a aquellas.

DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

4.3 Densidades y porosidad

En las tablas V y VI se indican los valores obtenidos para densidad aparente, densidad de las partículas y porosidad total. Los resultados promedios fueron en suelo y subsuelo, respectivamente, para densidad aparente, $1,13 \text{ g/ml} \pm 0,72 \text{ g/ml}$ y $1,23 \text{ g/ml} \pm 0,02 \text{ g/ml}$; para la densidad de las partículas $2,52 \text{ g/ml} \pm 0,07 \text{ g/ml}$ y $2,53 \text{ g/ml} \pm 0,04 \text{ g/ml}$ y para la porosidad total $55,54\% \pm 8,29\%$ y $51,94\% \pm 9,08\%$.

Aunque los valores promedios de densidad aparente para algunas regiones del Departamento, que se suponen derivadas o al menos influenciadas por las cenizas volcánicas, son mayores a los encontrados en el presente trabajo, no es posible afirmar que los últimos tengan un marcado influjo de estas cenizas, ya que otros parámetros fisicoedáficos no contribuyen a ubicarlos dentro de esos suelos de origen o afectados por materiales volcánicos. Sin embargo el perfil 8 podría ser considerado como una excepción, pues el valor de la densidad aparente, la porosidad total y la capacidad de retención de humedad así lo indican.

Por otra parte, los coeficientes de variación tanto para el suelo como para el subsuelo, son elevados, lo cual indica que el manejo del suelo no ha sido homogéneo en la zona en estudio. Es decir, que a pesar de la topografía abrupta, en algunos sitios el laboreo ha sido excesivo, pues no otra cosa implica el haber encontrado valores de densidad aparente superiores a $1,5 \text{ g/ml}$.

Al contrario de lo encontrado para la densidad aparente, la densidad de las partículas no presentó mayor variación en ninguna de las dos capas. Se observó, sin embargo, y como era de esperar, una relación aritmética de sentido negativo con el contenido de arenas. Como denominador de incremento, en la ecuación para calcular la porosidad total, los valores ligeramente menores del promedio reconocido de $2,65 \text{ g/ml}$, lógicamente contribuyeron a ob-

tener porcentajes de aquella, relativamente bajos.

En relación a la porosidad total, los valores son inferiores a los reportados en otras regiones del Departamento, excepción hecha del Altiplano de Pasto (20) y la Costa Pacífica (3). Esto probablemente se explique por los valores bajos de la densidad de las partículas en esas zonas.

Una explicación adicional, consistiría en la diferente metodología seguida para la determinación de la densidad aparente. En otras palabras, varios investigadores y entre ellos Forsythe (21), han comprobado que el método de la parafina utilizado en los trabajos de comparación, generalmente, da valores superiores a los que entrega el método de los cilindros de muestras sin disturbar.

4.4 Plasticidad

Los resultados obtenidos se presentan en las tablas VII y VIII. Los promedios para límite plástico superior fueron de $47,68\% \pm 13,47\%$ para el suelo y de $47,29\% \pm 12,68$ para el subsuelo; para el límite plástico inferior los promedios fueron de $31,19\% \pm 12,09\%$ y de $31,33\% \pm 10,94\%$ para la primera y segunda capa, respectivamente; por su parte el índice de plasticidad registró $16,49\% \pm 4,63\%$ en el suelo y $15,96\% \pm 5,29\%$ para el subsuelo.

Según los datos, en el suelo los perfiles 3 y 4 no son plásticos, lo cual representa un 20% ; ligeramente plásticos se consideran los suelos de los perfiles 1, 2, 7, 9 y 10, o sea el 50%; el restante 30% fueron calificados como plásticos. Para el subsuelo los porcentajes de perfiles no plásticos, ligeramente plásticos y plásticos, son similares a los de la primera capa. Sin olvidar los sitios que dieron muestra de plasticidad, puede decirse que el manejo de los suelos de la región no se dificulta por este aspecto.

Los valores de los límites plásticos superior e inferior y por lógica, del índice de plasticidad, fueron considerablemente

similares en las dos capas. Si se asocia esto con los contenidos de los separados inorgánicos y de materia orgánica, igualmente semejantes en las dos capas, podría decirse que, en general, estos suelos no han sufrido el proceso de estratificación, lo cual desde el punto de vista de manejo del suelo se considera desfavorable.

En relación a los datos reportados para zonas de Cauca, Nariño y Putumayo (3, 5, 7, 8, 9, 19, 20), únicamente fueron superiores los de Clima Medio del Suroccidente de Nariño (8) y los del Altiplano de Ipiales (19). Sin embargo, esto no implica que los suelos del Municipio de La Unión sean plásticos, pues los anteriormente nombrados no fueron calificados como tales.

4.5 Retención y disponibilidad de agua

Los resultados se presentan en las tablas IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV y XVI. Los valores promedios de humedad volumétrica para suelo y subsuelo, respectivamente, fueron para 0,3 bares $46,23\% \pm 10,65\%$ y $39,19\% \pm 4,84\%$; para 0,5 bares $31,27\% \pm 5,97\%$ y $29,85\% \pm 3,57\%$; para 1,0 bar $28,90\% \pm 5,63\%$ y $25,71\% \pm 3,28\%$; para 5,0 bares $23,01\% \pm 5,27\%$ y $22,83\% \pm 3,16\%$; para 10,0 bares $19,80\% \pm 4,56\%$ y $21,34\% \pm 3,19\%$ y para 15,0 bares $16,89\% \pm 4,97\%$ y $19,77\% \pm 2,85\%$.

Excepción hecha del perfil 8, los valores del punto de saturación son inferiores al 100%, en base gravimétrica. El caso del perfil mencionado, se puede correlacionar con los valores de densidad aparente y de los separados del suelo, para poder afirmar que por lo menos existe un marcado influjo de cenizas volcánicas, si no es un suelo derivado de las mismas. Respecto a una posible equivocación en el procedimiento de laboratorio, se desvirtúa cualquier duda al llevar su valor a base volumétrica, donde se sitúa por debajo del 100%.

Como era de esperar, el análisis de regresión entre la

succión a 0,3 bares y el equivalente de humedad, para las dos capas presentó significancia al nivel del 99%. Igualmente, al correlacionar esa succión con el método de las columnas de suelo, se alcanzó a obtener una significancia al nivel del 95%. De acuerdo a lo anterior, es posible creer que con algunas correcciones, el último método podría aplicarse con la consiguiente economía de equipo y tiempo. Esta sugerencia es refrendada por los datos reportados por Coral (17) y Arias y Guerrero (?). También, es posible pensar que se hubiera obtenido una mayor correlación con un número superior de muestras. Esta observación debe considerarse como válida para la mayoría de los parámetros analizados. La posible explicación a la variación de los datos entre los diferentes perfiles, puede sustentarse en base a dos factores, la topografía accidentada y la proliferación del minifundio, los cuales inciden en diferentes prácticas de manejo del suelo, lo que a su vez influye en las características físicas y mecánicas del mismo.

En relación a la capacidad de retención de humedad, debe considerarse de una manera general (exceptuando el perfil 8), que sus valores son bajos si se los trata de ubicar dentro de los suelos derivados de cenizas volcánicas. Por el contrario, al estudiarlos en base a otro origen, sus contenidos de humedad para el punto de saturación, la capacidad de campo y el punto de marchitamiento son normales para las dos capas.

Al comparar los valores de la capacidad de campo y el punto de marchitamiento de los suelos estudiados, con los datos de las otras zonas, se determinó de una manera concluyente, que aquellos eran superiores únicamente a los del Altiplano de Ipiales (19). Al respecto, aunque estos suelos son de origen volcánico, su edad y material de formación, impiden ubicarlos dentro de los andosoles, al menos en lo que se refiere a su caracterización física.

Las curvas de retención de humedad obtenidas a partir de los contenidos de humedad volumétrica y sus correspondientes valores de succión, confirman el hecho de que la tensión del punto de

marchitamiento llega en la mayoría de los suelos estudiados a 15,0 bares. Esto se explica porque en los casos mencionados, las diferencias en el contenido de humedad entre 15,0 y 5,0 bares (esta última se supone, por varios investigadores y entre ellos Baker (18) y Rey (38), es la tensión del punto de marchitamiento), son dicientes, ya que alcanzan hasta el 50%.

Lógicamente que las curvas de retención obtenidas a partir de la fórmula presentada en el capítulo de Materiales y Métodos, tienen una distribución más uniforme que las trazadas en base a los resultados de laboratorio (Figuras 2 y 3). Es decir, las últimas no siguen un sentido regular por las naturales deficiencias en el procedimiento. Sin embargo, al efectuar los análisis de regresión entre los contenidos de humedad obtenidos y los calculados y de manera independiente para suelo y subsuelo ($n = 60$, para cada capa), se encontraron como coeficientes de correlación 0,954 y 0,969 para suelo y subsuelo, respectivamente. En otras palabras, se puede dar alta confiabilidad a los resultados de laboratorio.

El volumen de agua disponible en m^3/ha , por perfil (se incluyen suelo y subsuelo), se presenta en la Tabla XV y para succiones de 1,0 , 5,0 y 15,0 bares. Si se tiene en cuenta que la profundidad radical del café alcanza a los 60 centímetros, valor semejante a la suma, en promedio, de las dos capas y que este cultivo así como el plátano y los pastos exigen aproximadamente 1200 mm/mes, lo que equivale a $1.200 m^3/ha$, se puede creer que dichos cultivos no necesitan riego, ya que si las raíces no utilizan más del 60% del agua disponible, ese porcentaje equivale en la mayoría de los perfiles a los 120 mm de lluvia. Es de advertir que aquí no se ha tenido en cuenta la precipitación para poder formular un balance hídrico. Sin embargo, según la distribución de la lluvia en la región, aparentemente en los meses de Julio, Agosto y Septiembre se presenta un déficit de agua, aunque como en la totalidad de los cafetales colombianos, no se sigue la práctica del riego, sin que el cultivo sufra detrimento. Por otra parte, sería recomendable efectuar ensayos comparativos de aplicación de agua en pastos.

4.6 Aireación

Los resultados obtenidos para la aireación a 0,3 bares de succión para el suelo fueron de $17,53\% \pm 7,43$ y $27,68\% \pm 4,93$ para el subsuelo; para 15,0 bares $46,88\% \pm 7,43$ y $47,09\% \pm 8,25$ para la primera y segunda capa, respectivamente. Los valores se presentan en las Tablas XVII y XVIII.

Al observar los coeficientes de variación para las tensiones analizadas, se puede constatar que los valores cambian considerablemente en ambas capas. Sin embargo, ninguno de los perfiles mostró porcentajes de aireación inferiores al 10%, a 0,3 bares de succión. Lo anterior indica que las condiciones de drenaje natural son satisfactorias. Aun más, la característica de una topografía abrupta, contribuye a agilizar el proceso de descarga superficial de agua, aunque con el consiguiente incremento en el peligro de erosión hídrica.

4.7 Materia orgánica

Los ^{no} resultados obtenidos se encuentran consignados en las Tablas XIX y XX. Los promedios obtenidos para suelo fueron $5,22\% \pm 3,53$ y $4,69\% \pm$ para subsuelo.

Aunque los valores promedios y por sitio, no variaron en mayor grado entre las dos capas, si se observa una marcada diferencia entre algunos de los perfiles. Esto puede obedecer a los varios factores que inciden en el proceso de meteorización. En alguna forma pueden, también, haber contribuido las características topográficas de los lugares estudiados.

Por otra parte, la mayoría de los suelos, exceptuando los perfiles 4 y 6, alcanzan un contenido de materia orgánica aceptable para los requerimientos del café y de los pastos. Caso aparte lo constituye el perfil 10, el cual presentó valores muy superiores, tanto en el suelo como el subsuelo, en comparación a los demás perfiles.

Al observar las Tablas XXIII y XXIV que tratan sobre las relaciones entre algunos de los parámetros, se determina que las correlaciones en las cuales el contenido de materia orgánica actúa como variable, no ofrecieron significancia estadística a los niveles empleados. Sin embargo, de una manera general sí cumple los postulados de influjo ya establecidos. Así, por ejemplo, tiende a aumentar los agregados estables al agua, a incrementar los valores de los límites plásticos, a reducir la densidad aparente y por lógica a incrementar la porosidad total y aún a elevar los contenidos de humedad en los puntos críticos de ésta.

En referencia a esto último, deben considerarse los contenidos relativamente altos de materia orgánica, que posiblemente retienen más agua al nivel de la capacidad de campo, con lo cual el valor de la porosidad total se ve reducido.

		60.31	26.00	15.59	F-4r
5	0 - 40	25.98	38.00	32.02	F-4r
6	0 - 30	25.64	28.97	19.32	F-4
7	0 - 40	42.31	36.00	15.59	F
8	0 - 40	41.22	29.00	29.12	F-4r
9	0 - 50	39.90	32.33	11.69	F-4
10	0 - 50				
		53.22	28.30	17.86	

F = franco; Ar = arcilloso; A = arcilloso

TABLA I

ANALISIS TEXTURAL (SUELO)

PERFIL	PROFUNDIDAD (cm.)	ARENAS %	LIMOS %	ARCILLAS %	TEXTURA
1	0 - 30	58,31	31,67	10,02	F-A
2	0 - 40	65,88	22,73	11,39	F-A
3	0 - 50	66,31	21,30	12,39	F-A
4	0 - 40	56,30	22,31	21,39	F-Ar-A
5	0 - 40	60,31	24,00	15,69	F-A
6	0 - 30	29,98	38,00	32,02	F-Ar
7	0 - 40	55,64	24,97	19,39	F-A
8	0 - 40	48,31	36,00	15,69	F
9	0 - 60	41,22	29,66	29,12	F-Ar
10	0 - 50	55,98	32,33	11,69	F-A
MAXIMO					
PROMEDIO		53,82	28,30	17,88	
MINIMO					

F = franco; Ar = arcilloso; A = Arenoso

TABLA II

ANALISIS TEXTURAL (SUBSUELO)

PERFIL	PROFUNDIDAD (cm.)	ARENAS %	LIMOS %	ARCILLAS %	TEXTURA
1	30 - 60	57,98	29,66	12,36	F-A
2	40 - 80	56,31	30,00	13,69	F-A
3	50 - 90	64,31	20,00	15,69	F-A
4	40 - 80	56,31	22,30	21,39	F-Ar-A
5	40 - 80	47,98	20,33	31,69	F-Ar-A
6	30 - 70	29,64	38,34	32,02	F-Ar
7	40 - 80	62,98	21,33	15,69	F-A
8	40 - 80	42,31	38,00	19,69	F
9	60 - 90	64,61	21,70	13,69	F-A
10	50 - 90	55,98	32,33	11,69	F-A
PROMEDIO		53,84	27,40	18,76	

F = franco; Ar = arcilloso; A = arenoso

TABLA III

AGREGADOS ESTABLES AL AGUA (SUELO)

PERFIL	MAYORES 2mm %	ENTRE 1-2mm %	ENTRE 0,5-1 %	ENTRE 0,5-0,25 %	ENTRE 0,25-0,12 %	MENORES 0,12mm %
1	29,74	44,56	3,58	0,42	0,29	21,50
2	58,50	23,22	1,12	0,24	0,12	16,80
3	23,04	37,82	22,36	3,52	0,76	12,50
4	36,78	21,94	18,70	3,20	2,00	17,38
5	59,50	21,94	7,12	1,34	0,78	9,32
6	70,00	8,44	5,50	1,18	0,62	14,26
7	82,66	7,74	3,44	0,46	0,24	5,46
8	51,26	10,40	1,20	0,68	0,30	36,16
9	63,10	20,56	2,48	0,98	0,42	12,46
10	46,98	26,98	3,44	1,68	0,72	20,20
PROMEDIO	52,16	22,36	6,90	1,37	0,62	16,60

TABLA IV

AGREGADOS ESTABLES AL AGUA (SUBSUELO)

PERFIL	MAYORES 2mm %	ENTRE 1-2mm %	ENTRE 0,5-1 %	ENTRE 0,5-0,25 %	ENTRE 0,25-0,12 %	MINORES 0,12mm %
1	42,98	31,98	3,80	1,24	0,36	19,64
2	31,62	51,90	4,88	1,82	0,68	9,10
3	31,02	44,94	14,06	1,92	1,06	7,00
4	13,64	50,36	22,54	3,22	1,12	9,12
5	12,74	21,32	19,28	13,72	4,70	28,24
6	22,68	28,52	18,18	8,58	3,50	18,54
7	78,96	9,80	3,68	1,92	0,62	5,02
8	30,76	20,24	4,80	0,44	0,52	43,24
9	36,38	42,70	6,06	0,98	0,54	13,34
10	52,78	26,76	1,76	0,30	0,12	18,28
PROMEDIO	35,36	32,85	9,90	3,41	1,32	17,15

TABLA V

DENSIDAD REAL, DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD TOTAL
(SUELO)

PERFIL	DENSIDAD REAL g/ml.	DENSIDAD APARENTE g/ml.	POROSIDAD TOTAL %
1	2,59	0,87	66,50
2	2,43	1,22	49,80
3	2,41	1,16	51,90
4	2,55	1,21	52,60
5	2,47	1,16	53,10
6	2,62	1,56	40,50
7	2,68	1,67	37,70
8	2,40	0,65	73,00
9	2,45	0,88	64,10
10	2,57	0,87	66,20
MAXIMO			
PROMEDIO	2,52	1,13	55,54
MINIMO			

TABLA VI

ANÁLISIS DE LA MUESTRA Y SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS,
DENSIDAD REAL, DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD TOTAL
(SUBSUELO)

PERFIL	DENSIDAD REAL g/ml.	DENSIDAD APARENTE g/ml.	POROSIDAD TOTAL %
1	2,48	0,86	65,40
2	2,49	1,18	52,70
3	2,50	1,73	46,80
4	2,57	1,44	44,00
5	2,63	1,59	40,00
6	2,60	1,58	39,30
7	2,67	1,63	39,00
8	2,42	0,60	75,30
9	2,50	1,20	52,00
10	2,45	0,86	64,90
PROMEDIO	2,53	1,23	51,94

TABLA VII

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

PERFIL	LIMITE PLASTICO SUPERIOR %	LIMITE PLASTICO INFERIOR %	INDICE DE PLASTICIDAD %
1	51,83	33,56	18,27
2	50,83	32,86	17,97
3	32,11	27,45	4,66
4	39,00	31,23	7,77
5	36,56	13,55	23,01
6	39,29	15,27	24,02
7	28,64	13,85	14,79
8	92,63	69,23	23,40
9	42,23	28,34	13,89
10	63,64	46,55	17,09
PROMEDIO	47,68	31,19	16,49

TABLA VIII

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

PERFIL	LIMITE PLASTICO SUPERIOR %	LIMITE PLASTICO INFERIOR %	INDICE DE PLASTICIDAD %
1	63,72	38,85	24,87
2	41,56	38,83	2,73
3	31,62	23,21	8,41
4	32,38	25,08	7,30
5	38,63	15,72	22,91
6	40,68	17,19	23,49
7	29,74	15,52	14,22
8	76,84	61,12	15,72
9	43,15	28,97	14,18
10	74,54	48,79	25,75
PROMEDIO	47,29	31,33	15,96

PROMEDIO 44,19 30,74 13,45

TABLA IX

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

PERFIL	TENSION EN BARES					
	0,3	0,5	1,0	5,0	10,0	15,0
1	52,56	32,76	30,14	21,86	18,87	18,11
2	49,55	34,23	28,93	27,62	20,82	18,07
3	27,08	17,51	16,39	12,16	11,93	11,05
4	30,22	22,79	22,45	17,14	16,06	15,67
5	50,07	21,91	20,19	14,28	13,68	9,88
6	26,41	22,72	21,43	16,84	13,68	9,25
7	38,64	17,36	16,13	12,41	11,60	7,40
8	97,71	71,33	70,37	58,35	51,42	48,23
9	27,60	25,74	24,34	19,54	16,00	9,52
10	42,10	41,06	37,21	31,47	28,39	24,58
PROMEDIO	44,19	30,74	28,76	23,17	20,24	17,18

TABLA X

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

PERFIL	TENSION EN BARES					
	0,3	0,5	1,0	5,0	10,0	15,0
1	42,95	37,44	30,83	27,98	26,73	26,00
2	27,67	21,73	19,43	16,22	14,96	13,72
3	35,32	15,11	11,73	11,57	10,62	9,30
4	20,79	19,90	19,09	14,42	13,30	12,85
5	30,45	22,70	19,61	19,09	16,63	15,58
6	27,88	21,12	17,69	16,22	13,52	13,00
7	18,26	15,56	15,38	13,86	11,46	10,36
8	66,38	57,61	52,17	49,57	49,55	40,14
9	33,08	25,01	18,89	18,66	16,59	15,43
10	50,77	38,48	30,17	29,07	28,28	27,41
PROMEDIO	35,35	27,47	23,50	21,67	20,16	18,38

TABLA XI

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

PERFIL	TENSION EN BARES					
	0,3	0,5	1,0	5,0	10,0	15,0
1	45,72	28,50	26,22	19,01	16,41	15,75
2	60,45	41,76	35,29	30,69	25,40	22,04
3	31,41	20,31	19,01	14,10	13,83	12,81
4	36,56	27,57	25,16	20,73	19,43	18,96
5	58,08	25,41	23,42	16,56	13,86	11,46
6	41,19	35,44	33,43	25,80	20,57	14,43
7	64,52	28,99	26,93	20,72	16,37	12,35
8	63,51	46,36	45,74	37,92	33,42	31,34
9	24,28	22,65	21,41	17,19	14,08	8,37
10	36,62	35,72	32,37	27,37	24,69	21,38
PROMEDIO	46,23	31,27	28,90	23,01	19,81	16,59

TABLA XII

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

PERFIL	TENSION EN BARES					
	0,3	0,5	1,0	5,0	10,0	15,0
1	36,93	32,19	26,51	24,06	22,98	22,36
2	32,65	25,64	22,92	19,13	17,65	16,18
3	46,97	20,09	17,60	15,38	14,12	12,36
4	29,93	28,65	27,48	20,76	19,15	18,50
5	48,81	35,86	31,17	28,35	25,48	24,71
6	44,05	33,36	27,95	24,62	21,36	20,54
7	29,76	25,06	22,59	18,84	18,67	16,88
8	39,82	34,56	31,30	29,74	29,73	24,08
9	39,69	30,01	20,66	22,39	19,90	18,51
10	43,25	33,09	28,94	25,00	24,32	23,57
PROMEDIO	39,19	29,85	25,71	22,83	21,34	19,77

TABLA XIII

ALGUNOS PUNTOS CRITICOS DE HUMEDAD EN BASE VOLUMETRICA (SUELO)

PERFIL	P.S. %	H.E. %	C.C. %	Columnas %
1	55,45	33,70	45,72	55,43
2	77,43	38,76	60,45	66,57
3	55,37	22,49	31,41	22,48
4	66,10	30,04	36,56	55,56
5	58,92	26,76	58,08	54,00
6	64,72	35,91	41,19	52,38
7	71,22	32,25	64,52	65,51
8	72,45	43,74	63,51	44,72
9	48,29	23,51	24,28	34,60
10	67,72	35,03	36,62	55,27
PROMEDIO	63,77	32,22	46,25	50,65

P.S. = punto de saturación

H.E. = Humedad equivalente

C.C. = capacidad de campo a 0,3 bares

Columnas = capacidad de campo por el método de las columnas de suelo.

TABLA XIV

ALGUNOS PUNTOS CRITICOS DE HUMEDAD EN BASE VOLUMETRICA (SUBSUELO)

PERFIL	P.S. %	H.E. %	C.C. %	Columnas %
1	62,20	35,22	36,93	61,45
2	62,08	30,61	32,65	59,89
3	65,37	24,30	46,97	47,32
4	67,74	29,04	29,93	57,04
5	78,34	42,99	48,41	62,71
6	63,99	35,25	44,05	55,49
7	72,53	31,11	29,76	62,75
8	62,66	36,99	39,82	35,46
9	67,75	32,96	39,69	58,74
10	68,00	32,86	43,66	57,76
PROMEDIO	66,87	33,13	39,19	55,86

P.S. = punto de saturación

H.E. = Humedad equivalente

C.C. = Capacidad de campo a 0,3 bares

Columnas = capacidad de campo por el método de las columnas de sue
lo.

TABLA XV

AGUA DISPONIBLE EN METROS CUBICOS/ha/ PROFUNDIDAD DEL PERFIL PARA TENSIONES DE 1,0 Y 5,0 Y 15,0 BARES, Y LA PROPORCION EN PORCENTAJE DE LAS DOS PRIMERAS CON RELACION A LA ULTIMA TENSIONES

Tensión (bares) PERFIL	TENSION EN BARES			TENSION EN BARES	
	1,0	5,0	15,0	1,0	5,0
	m ³ /ha x perfil			%	%
1	1.170,00	1.602,60	1.797,60	65,09	89,15
0,2	2.012,80	2.380,80	3.072,80	65,50	77,48
0,3	1.116,00	1.557,90	1.674,00	66,66	93,06
1,4	912,00	1.266,40	1.408,00	64,77	89,94
5,5	2.772,80	3.321,60	3.729,60	74,35	89,06
10,6	543,20	1.077,30	1.873,20	28,99	57,51
13,7	3.307,20	3.504,00	4.173,60	72,05	83,96
8	1.421,60	2.047,20	2.573,60	55,24	79,55
9	258,30	638,10	1.431,90	18,04	44,56
10	382,50	832,50	1.371,60	27,89	60,69
8,3	1.389,64	1.822,84	2.310,59	53,86	76,50
1,0	25,7		30,2		4,5
5,0	22,8		83,8		3,7
10,0	21,3		21,1		0,2
15,0	19,8		79,8		0,8

- = el valor promedio obtenido es menor al calculado
 + = el valor promedio obtenido es mayor al calculado

TABLA XVI

VALORES PROMEDIOS DE HUMEDAD VOLUMETRICA, OBTENIDOS EN EL LABORATORIO Y CALCULADOS POR FORMULA, PARA DIFERENTES TENSIONES

Tensión (bares)	Humedad volumétrica (%)		Diferencia
	Obtenido	Calculado	
SUELO			
0,3	46,2	46,2	0,0
0,5	31,3	40,4	- 9,1
1,0	28,9	34,1	- 5,2
5,0	23,0	22,7	+ 0,3
10,0	19,8	18,8	+ 1,0
15,0	16,9	16,9	0,0
SUBSUELO			
0,3	39,2	39,2	0,0
0,5	29,8	34,7	- 4,9
1,0	25,7	30,2	- 4,5
5,0	22,8	23,5	- 0,7
10,0	21,3	21,1	+ 0,2
15,0	19,8	19,8	0,0

- = el valor promedio obtenido es menor al calculado
 + = el valor promedio obtenido es mayor al calculado

TABLA XVII

VALORES DE ESPACIO AEREO A DIFERENTES TENSIONES (SUELO)

PERFIL	TENSION EN BARES	
	0,3 %	15,0 %
1	9,73	39,70
2	16,98	55,39
3	23,95	42,56
4	29,54	47,14
5	0,83	47,46
6	23,52	50,29
7	6,70	58,87
8	8,94	41,11
9	24,00	39,92
10	31,10	46,34
PROMEDIO	17,53	46,88

TABLA XVIII

VALORES DE ESPACIO AEREO A DIFERENTES TENSIONES (SUBSUELO)

PERFIL	TENSION EN BARES	
	0,3 %	15,0 %
1	25,27	39,84
2	29,43	45,90
3	18,40	53,01
4	37,80	49,24
5	29,92	53,63
6	19,94	43,45
7	42,77	55,65
8	22,84	38,58
9	26,05	47,24
10	24,35	44,43
PROMEDIO	27,68	47,09

TABLA XIX

MATERIA ORGANICA Y pH (SUELO)

MUESTRA	MATERIA ORGANICA %	pH
1	4,69	5,50
2	4,39	5,80
3	5,40	6,50
4	1,85	5,50
5	3,42	6,40
6	0,37	7,10
7	3,05	6,50
8	3,09	7,00
9	7,80	6,00
10	18,10	5,50
MAXIMO	5,22	6,18
PROMEDIO		
MINIMO		

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

PARAMETRO	MAXIMO	PROMEDIO	MINIMO
Arenas %	66,31	53,82	29,98
Limos %	38,00	28,30	21,30
Arcillas %	32,02	17,88	10,02
Agregados mayores de 2 mm, %	70,00	52,16	23,04
Agregados entre 2 y 1 mm, %	44,56	22,36	7,74
Agregados entre 1 y 0,5 mm, %	22,36	6,90	1,12
Agregados entre 0,5 y 0,25 mm, %	3,52	1,37	0,24
Agregados entre 0,25 y 0,12 mm, %	2,00	0,62	0,12
Agregados menores de 0,12 mm, %	36,16	16,60	5,46
Densidad real, g/ml.	2,68	2,52	2,40
Densidad aparente, g/ml.	1,67	1,13	0,87
Porosidad, %	73,00	55,54	39,00
Límite plástico superior, %	92,63	47,68	28,64
Límite plástico inferior, %	69,23	31,19	13,55
Índice de Plasticidad, %	24,02	16,49	4,66
Punto de saturación, %	77,43	63,77	48,29
Humedad equivalente, %	43,74	32,22	22,49
Capacidad de campo por columnas, %	66,51	50,65	22,48
capacidad de campo a 0,3 bares, %	64,52	46,23	24,28
Retención de H. V. a 0,3 bar, %	64,52	46,23	24,28
Retención de H. V. a 0,5 bar, %	46,36	31,27	20,31
Retención de H. V. a 1 bar, %	45,74	28,90	19,01
Retención de H. V. a 5 bar, %	37,92	23,01	14,10
Retención de H. V. a 10 bares, %	33,42	19,81	13,83
Retención de H. V. a 15 bares, %	31,34	16,89	8,37

TABLA XXI (CONTINUACION)

PARAMETRO	MAXIMO	PROMEDIO	MINIMO
Retención de H. G. a 0,3 bar, %	97,71	44,20	26,41
Retención de H. G. a 0,5 bar, %	71,33	30,74	17,36
Retención de H. G. a 1,0 bar, %	70,37	28,76	16,13
Retención de H. G. a 5,0 bares, %	58,35	23,17	12,16
Retención de H. G. a 10,0 bares, %	51,42	20,24	11,60
Retención de H.G. a 15,0 bares, %	48,23	17,18	7,40
Aireación a 0,3 bares, %	29,54	17,53	0,83
Aireación a 15,0 bares, %	58,87	46,88	35,39
Materia orgánica, %	18,10	5,22	0,37
Agua aprovechable, %	49,48	27,02	14,55
pH	7,10	6,18	5,50

H. V. = Humedad volumétrica

H. G. = Humedad gravimétrica

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

TABLA XXII

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

PARAMETRO	MAXIMO	PROMEDIO	MINIMO
Arenas, %	64,61	53,84	29,64
Limos, %	38,34	27,40	20,00
Arcillas, %	32,02	18,76	11,69
Agregados mayores de 2 mm., %	78,96	35,36	12,74
Agregados entre 2 y 1 mm., %	51,90	32,85	9,80
Agregados entre 1 y 0,5 mm., %	22,54	9,90	1,76
Agregados entre 0,5 y 0,25 mm., %	13,72	3,41	0,30
Agregados entre 0,25 y 0,12 mm., %	4,70	1,32	0,12
Agregados menores de 0,12 mm., %	43,24	17,15	5,02
Densidad real, g/ml.	2,67	2,53	2,42
Densidad aparente, g/ml.	1,63	1,23	0,60
Porosidad total, %	75,30	51,94	39,00
Límite plástico superior, %	76,84	47,29	29,74
Límite plástico inferior, %	61,12	31,33	15,52
Índice de plasticidad, %	25,75	15,96	2,73
Punto de saturación, %	78,34	66,87	62,08
Humedad equivalente, %	42,99	33,13	24,30
Capacidad de campo por columnas, %	62,75	55,86	35,46
Retención de H.V. a 0,3 bares, %	48,41	39,19	29,76
Retención de H.V. a 0,5 bares, %	35,86	29,85	20,09
Retención de H.V. a 1,0 bar, %	31,30	25,71	15,60
Retención de H.V. a 5,0 bares, %	30,35	22,83	15,38
Retención de H.V. a 10,0 bares, %	29,73	21,34	17,65
Retención de H.V. a 15,0 bares, %	24,71	19,77	13,36
Retención de H.V. a 0,3 bares, %	66,38	35,35	18,26
Retención de H.O. a 0,3 bares, %			

TABLA XXII (CONTINUACION)

PARAMETRO	MAXIMO	PROMEDIO	MINIMO
Retención de H. G. a 0,5 bar, %	57,61	27,47	15,11
Retención de H. G. a 1 bar, %	52,17	23,50	11,73
Retención de H. G. a 5 bar, %	49,57	21,67	11,57
Retención de H. G. a 10 bares, %	49,55	20,16	11,46
Retención de H. G. a 15 bares, %	40,14	18,38	9,30
Aireación a 0,3 bar, %	42,77	27,68	18,40
Aireación a 15 Bares, %	55,65	47,09	38,58
Materia orgánica, %	19,25	4,69	0,55
Agua aprovechable, %	26,24	16,98	7,90
pH	6,80	6,07	5,40

H. V. = humedad volumétrica

H. G. = humedad gravimétrica

TABLA XXIII

RELACION ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS (SUELO)

X Y Relacion	ECUACION DE REGRESION Y = a + b X	COEFICIENTE DE CORRELA- CION (r)	COEFICIENTE DE DETERMINA- CION (R) (%)
Ar-Ag	Y = 28,92 + 1,30 X ;	0,54	28,72
Ar-LPS	Y = 60,73 - 0,73 X ;	- 0,29	8,41
Ar-IP	Y = 14,70 + 0,10 X ;	0,12	1,44
Ar-LPI	Y = 49,43 - 1,02 X ;	- 0,46	21,16
Ar-DA	Y = 0,77 + 0,02 X ;	0,38	14,44
Ar-Pr	Y = 65,19 + 0,54 X ;	- 0,35	10,25
Ar-CC	Y = 23,10 - 1,18 X ;	- 0,42	17,64
MO-Ag	Y = 55,71 - 0,68 X ;	- 0,18	3,24
MO-LPS	Y = 42,51 + 0,99 X ;	0,26	6,76
MO-IP	Y = 17,27 - 0,15 X ;	- 0,11	12,10
MO-LPI	Y = 25,24 + 1,14 X ;	0,33	10,89
MO-DA	Y = 1,16 - 0,03 X ;	- 0,45	20,25
MO-Pr	Y = 49,61 + 1,11 X ;	0,47	22,09
MO-CC	Y = 45,65 - 0,28 X ;	- 0,06	0,36
DA-Pr	Y = 96,28 - 36,05 X ;	- 0,99 ⁺⁺	98,00
DA-AA	Y = 8,71 + 18,26 X ;	0,44	19,36
DA-EA	Y = 66,21 - 26,47 X ;	- 0,81 ⁺⁺	65,61
DA-EA	Y = 28,09 + 16,78 X ;	0,81 ⁺⁺	65,61
CC-CC	Y = 28,35 + 0,50 X ;	0,72 ⁺	51,84
Ar-MO	Y = 9,15 - 0,22 X ;	- 0,34	11,56
Pr-PS	Y = -18,55 + 1,43 X ;	0,79 ⁺⁺	62,41
CC-HE	Y = 4,48 + 0,61 X ;	0,89 ⁺⁺	79,21

++ = Significativo al 1%; + = significativo al 5%; (n-1) = 9

TABLA XXIII (CONTINUACION)

MO = Materia orgánica
CC = Capacidad de campo por el método de columnas de suelo
CC' = Capacidad de campo a 0,3 bares
Pr = Porosidad
Ag = Agregados mayores de 2 mm.
HE = Humedad equivalente
IP = Índice de plasticidad
EA = Aireación a 15 bares
EA' = Aireación a 0,3 bares
LPI = Límite plástico inferior
LPS = Límite plástico superior
Ar = Arcillas

TABLA XXIV

RELACION ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS (SUBSUELO)

<i>X-Y</i> Relacion	ECUACION DE REGRESION $Y = a + bX$	COEFICIENTE DE CORRELA- CION (r)	COEFICIENTE DE DETERMINA- CION (R) (%)
Ar-Ag	$Y = 64,62 - 1,56 X$	- 0,21	4,41
Ar-LPS	$Y = 80,39 - 0,70 X$	- 0,30	9,00
Ar-IP	$Y = 10,71 + 0,28 X$	- 0,26	6,76
Ar-LPI	$Y = 49,71 - 0,98 X$	- 0,48	23,04
Ar-DA	$Y = 0,86 + 0,02 X$	0,54	29,16
Ar-Pr	$Y = 68,26 - 0,87 X$	- 0,52	27,04
Ar-CC	$Y = 43,60 - 0,44 X$	- 0,23	5,29
MO-Ag	$Y = 28,37 + 1,49 X$	0,41	16,81
MO-LPS	$Y = 39,18 + 1,73 X$	0,53	28,09
MO-IP	$Y = 13,62 + 0,50 X$	0,33	10,89
MO-LPI	$Y = 25,56 + 1,23 X$	0,43	18,49
MO-DA	$Y = 1,37 - 0,03 X$	- 0,46	21,16
MO-Pr	$Y = 47,16 + 1,02 X$	0,43	18,49
MO-CC	$Y = 39,48 - 0,88 X$	- 0,33	10,89
DA-Pr	$Y = 95,38 - 35,32 X$	- 0,99 ⁺⁺	98,00
DA-AA	$Y = 14,95 + 3,59 X$	0,19	3,61
DA-EA	$Y = 59,65 - 22,35 X$	- 0,69 ⁺	47,61
DA-EA'	$Y = 31,47 + 12,70 X$	0,78 ⁺⁺	60,84
CC'-CC	$Y = 26,03 + 0,64 X$	0,70 ⁺	49,00
Ar-MO	$Y = 13,38 - 0,41 X$	- 0,57	32,49
Pr-PS	$Y = 18,54 + 1,50 X$	0,95 ⁺⁺	90,25
CC'-HE	$Y = 0,11 + 0,85 X$	0,92 ⁺⁺	84,64

++ = Significativo al 1%; + = significativo al 5%; (n-1) = 9

TABLA XXIV (CONTINUACION)

MO	=	Materia orgánica
CC	=	capacidad de campo por el método de columnas de suelo
CC'	=	capacidad de campo a 0,3 bares
Pr	=	porosidad
Ag	=	agregados mayores de 2 mm.
HE	=	humedad equivalente
IP	=	índice de plasticidad
EA	=	aireación a 15 bares
EA'	=	aireación a 0,3 bar
LPI	=	límite plástico inferior
LPS	=	límite plástico superior
Ar	=	arcillas

TABLA (XXV. INUNDACION)

MEDIDAS DE DISPERSION (SUELO)

PARAMETRO	RANGO	VARIANZA (S) ²	DESVIACION ESTANDAR (S)
Arenas, %	35,90	123,34	11,10
Arcillas, %	22,00	58,09	7,62
Limos, %	16,70	36,48	6,04
Estabilidad de agregados 2 mm	46,96	341,89	18,5
Estabilidad de agregados 1-2 mm	36,82	145,34	12,06
Estabilidad de agregados 1-0,5 mm	21,24	55,62	7,46
Estabilidad de agregados 0,5-0,25 mm	3,28	1,30	1,14
Estabilidad de agregados 0,25-0,12 mm	1,88	0,30	0,55
Estabilidad de agregados 0,12	30,70	70,75	8,42
Límite plástico superior, %	63,99	356,29	18,87
Límite plástico inferior, %	55,68	286,53	16,93
Índice de plasticidad, %	19,36	42,03	6,48
Densidad aparente, g/ml	8,80	0,10	0,32
Densidad real, g/ml	0,28	0,09	0,3
Porosidad total, %	32,50	135,24	11,64
Punto de saturación, %	69,97	435,48	20,86
Humedad equivalente, %	47,98	212,87	14,59
Capacidad de campo, %	71,30	456,91	21,37
Punto de marchitamiento, %	22,87	44,97	6,70
Coefficiente higroscópico, %	195,72	195,72	13,99

TABLA XXV (CONTINUACION)

PARAMETRO	RANGO	VARIANZA (S) ²	DESVIACION ESTANDAR (S)
Humedad V. - 0,3 bar	40,24	230,56	15,17
Humedad V. - 0,5 bar	26,05	70,03	8,33
Humedad V. - 1,0 bar	26,73	62,89	7,93
Humedad V. - 5,0 bares	23,82	54,38	7,37
Humedad V. - 10,0 bares	19,59	40,93	6,38
Humedad V. - 15,0 bares	22,97	45,16	6,71
Aireación - 0,3 bar	30,27	108,71	10,43
Aireación - 15,0 bares	25,40	108,13	10,40
Materia orgánica	17,73	24,55	4,95
pH	1,60	0,37	0,61

TABLA XXV (CONTINUACION)

MEDIDAS DE DISPERSION (SUELO)

PARAMETRO	DESVIACION DE LA MEDIA (MD)	COEFICIENTE DE VARIACION C.V. (%)	LIMITE DE CONFIANZA NIVEL DEL	
			95%	
Arenas	3,51	20,62	61,75	45,89
Arcillas	2,41	42,61	23,33	12,43
Limos	1,91	21,34	32,62	23,98
Agregados 2 mm.	5,84	35,46	65,36	38,96
Agregados 1-2 mm.	3,82	53,93	30,99	13,73
Agregados -1-0,5 mm.	2,36	108,27	12,22	1,56
Agregados 0,5-0,25 mm.	0,36	83,21	2,18	0,56
Agregados 0,25-0,12 mm.	0,17	88,70	1,00	0,24
Agregados 0,12 mm.	2,66	50,72	22,61	10,59
Límite plástico superior%	5,96	39,57	61,15	34,21
Límite plástico inferior%	5,35	54,28	43,28	19,10
Densidad real	0,03	11,90	2,59	2,45
Densidad aparente	0,10	28,31	1,85	0,41
Índice de plasticidad	2,05	39,29	21,12	11,86
Porosidad total %	3,67	20,95	63,83	47,25
Punto de saturación	6,60	34,26	75,79	45,95
Humedad equivalente	4,61	46,40	41,86	21,02
Capacidad de campo	6,76	48,35	59,47	28,91
Punto de marchitamiento	2,12	39,64	21,69	12,11
Coefficiente higroscópico	4,42	74,48	23,38	3,40

TABLA XXV (CONTINUACION)

PARAMETRO	DESVIACION DE LA MEDIA (MD)	COEFICIENTE DE VARIACION C.V. (%)	LIMITE DE CONFIANZA NIVEL DEL 95%	
Humedad volumétrica 0,3	4,80	32,95	56,88	35,18
Humedad volumétrica 0,5	2,64	26,63	37,24	25,30
Humedad volumétrica 1	2,49	27,43	34,53	23,27
Humedad volumétrica 5	2,33	32,04	28,27	17,73
Humedad volumétrica 10	2,03	32,22	24,36	15,24
Humedad volumétrica 15	2,12	39,72	21,68	12,10
Aireación 0,3	3,29	59,49	24,96	10,10
Aireación 15	3,29	26,90	46,08	31,22
Materia orgánica	1,56	94,82	8,75	1,69
pH	0,19	9,87	6,61	5,75

TABLA XXVI

MEDIDAS DE DISPERSION (SUBSUELO)

PARAMETRO	RANGO	VARIANZA (S) ²	DESVIACION ESTANDAR (S)
Arenas, %	44,92	230,90	15,19
Arcillas, %	20,33	56,89	7,56
Limos, %	18,00	52,03	7,21
Agregados 2 mm	66,22	384,69	19,63
Agregados 1-2 mm	42,10	199,17	14,13
Agregados 1-0,5 mm	18,86	60,21	7,77
Agregados 0,5-0,25 mm	13,42	18,79	4,33
Agregados 0,25-0,12 mm	4,58	2,31	1,54
Agregados 0,12 mm	38,22	134,11	11,59
Límite plástico superior, %	47,10	314,47	17,73
Límite plástico inferior, %	45,60	234,36	15,30
Indice de plasticidad	18,45	65,94	8,12
Densidad aparente, g/ml	1,03	0,13	0,36
Densidad real, g/ml	0,25	0,01	0,28
Porosidad total, %	36,30	161,63	12,71
Punto de saturación, %	63,94	398,90	19,97
Humedad equivalente, %	43,38	181,46	13,47
Capacidad de campo, %	48,12	211,82	14,55
Punto de marchitamiento, %	12,41	144,66	12,03
Coefficiente higroscópico, %	18,01	55,75	7,46

TABLA XXVI (CONTINUACION)

PARAMETRO		RANGO	VARIANZA (s) ²	DESVIACION ESTANDAR (s)
Humedad V.	- 0-3 bar	18,65	45,81	6,76
Humedad V.	- 0,5 bar	14,47	24,88	4,98
Humedad V.	- 1,0 bar	13,70	21,00	4,58
Humedad V.	- 5,0 bares	14,36	19,69	4,43
Humedad V.	- 10,0 bares	15,61	19,87	4,45
Humedad V.	- 15,0 bares	12,35	16,00	4,00
Aireación	- 0,3 bares	24,37	47,46	6,89
Aireación	- 15,0 bares	35,99	133,67	11,56
Materia orgánica		18,70	29,20	5,40
pH		1,40	0,19	0,44

TABLA XXVI (CONTINUACION)
TABLA XXVI (CONTINUACION)

MEDIDAS DE DISPERSION (SUBSUELO)

PARAMETRO	DESVIACION DE LA MEDIA (MD)	COEFICIENTE DE VARIACION C.V. (%)	LIMITE DE CONFIANZA NIVEL DEL
PARAMETRO	DESVIACION DE LA MEDIA (MD)	COEFICIENTE DE VARIACION C. V. (%)	LIMITE DE CONFIANZA NIVEL DEL
Humedad Volúmica 0,3	2,24	17,24	33,42 95%
Humedad Volúmica 0,5	2,38	17,81	28,99 95%
Humedad Volúmica 1	2,48	19,40	25,64 95%
Arenas, %	1,40	5,65	29,44 64,35 38,81
Arcillas, %	1,41	2,39	20,85 40,29 24,16 13,36
Limos, %	1,26	2,28	20,23 26,31 32,55 22,25
Agregados > 2 mm	2,18	6,20	24,59 55,51 49,37 21,35
Agregados 1-2 mm	3,63	4,47	55,94 43,92 42,95 22,75
Agregados 1-0,5 mm	1,71	2,45	113,15 78,48 15,44 4,36
Agregados 0,5-0,25 mm	1,32	1,32	7,24 126,97 6,39 0,43
Agregados 0,25-0,12 mm	0,48	0,48	116,66 2,40 0,24
Agregados 0,12 mm	3,66	3,66	67,58 25,42 8,88
Límite plástico super. %	5,61	5,61	37,49 59,97 34,61
Límite plástico infer. %	4,84	4,84	48,83 42,27 20,39
Índice de plasticidad, %	2,56	2,56	50,87 21,75 10,17
Densidad aparente, g/ml	0,11	0,11	29,26 1,25 1,21
Densidad real, g/ml	0,02	0,02	11,06 2,57 2,49
Porosidad total, %	4,02	4,02	24,47 61,02 42,86
Punto de saturación, %	6,31	6,31	33,63 73,63 45,11
Humedad equivalente, %	4,26	4,26	44,73 39,74 20,48
Capacidad de campo, %	21,18	21,18	41,15 45,75 24,95
Punto de marchitamiento %	3,80	3,80	60,81 28,37 11,19
Coefficiente higroscópico %	2,35	2,35	64,70 16,84 6,22

TABLA XXVI (CONTINUACION)

PARAMETRO	DESVIACION DE LA MEDIA (MD)	COEFICIENTE DE VARIACION C.V. (%)	LIMITE DE CONFIANZA NIVEL DEL 95%
Humedad Volumétrica 0,3	2,14	17,24	44,03 34,35
Humedad Volumétrica 0,5	1,58	16,68	33,42 26,28
Humedad Volumétrica 1	1,45	17,81	28,99 22,43
Humedad Volumétrica 5	1,40	19,40	25,99 19,55
Humedad Volumétrica 10	1,41	20,85	24,53 18,12
Humedad Volumétrica 15	1,26	20,23	22,62 16,92
Aireación - 0,3 bar	2,18	24,89	32,61 22,75
Aireación - 15,0 bares	3,65	35,94	40,41 23,91
Materia orgánica	1,71	115,13	8,55 0,83
pH	0,14	7,24	6,39 5,75

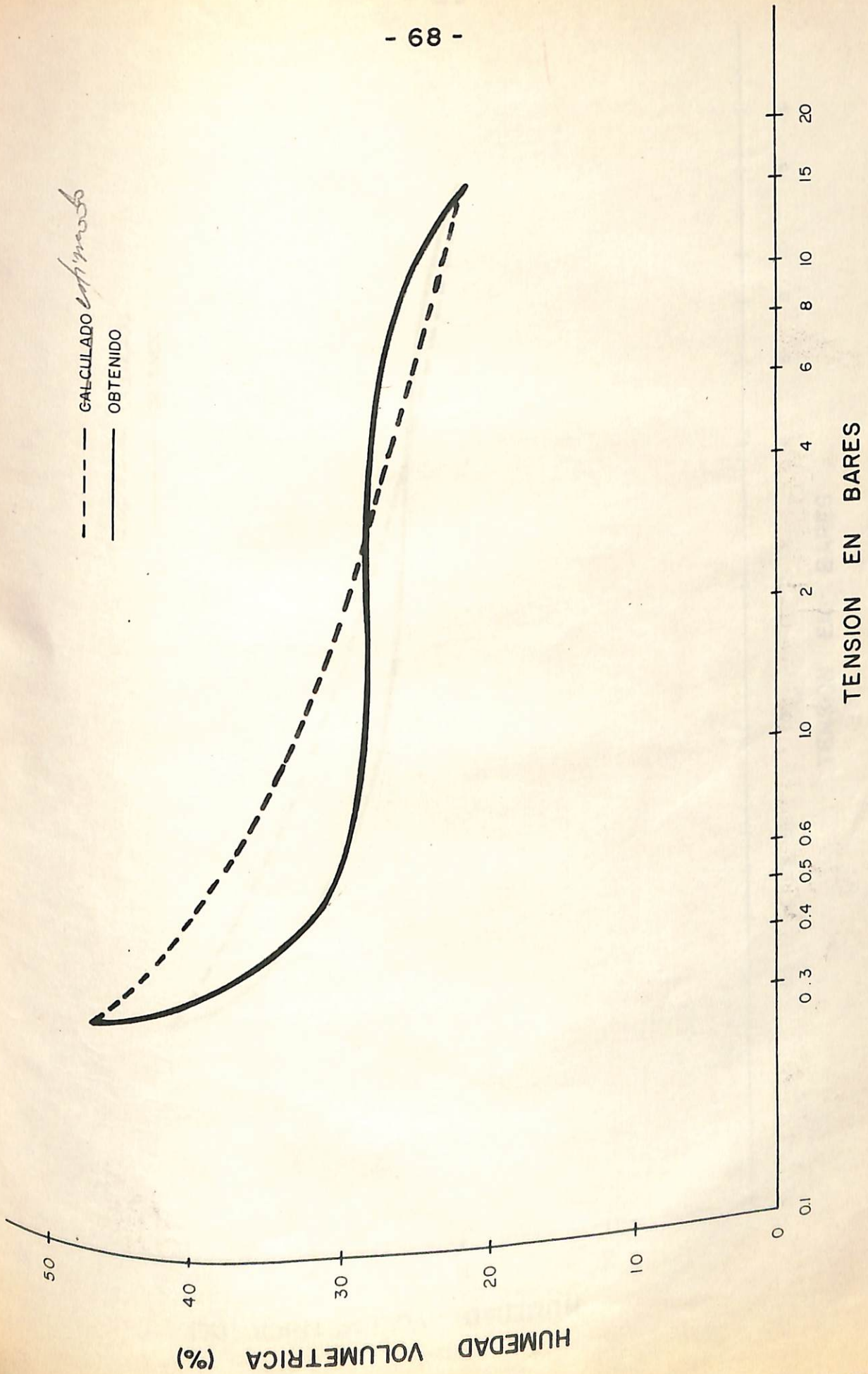


Fig. - 2 - Curva de Retención de Humedad de los suelos del municipio de La Unión.

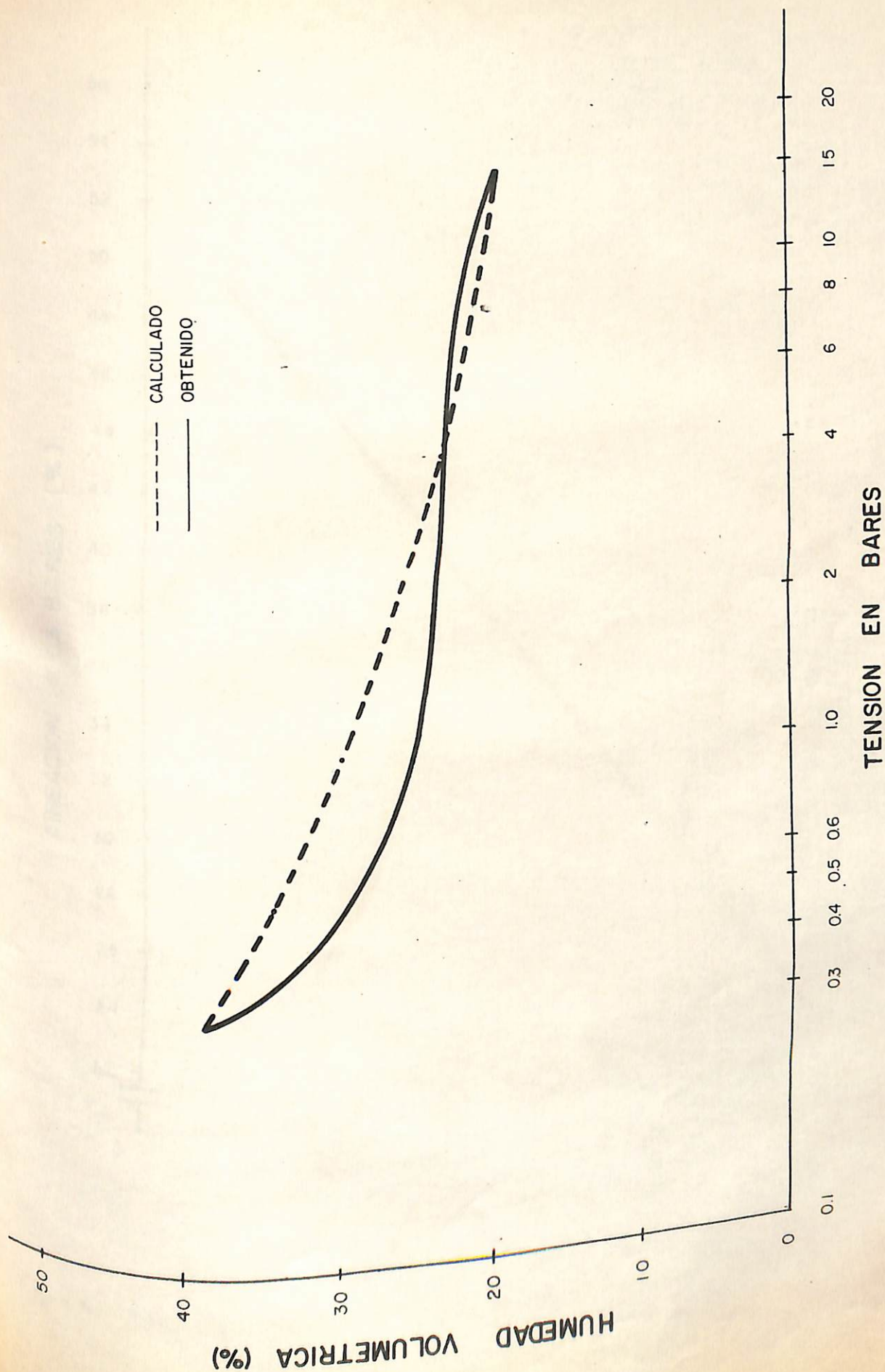


Fig. - 3 - Curva de Retención de Humedad de los subsuelos del municipio de La Unión.

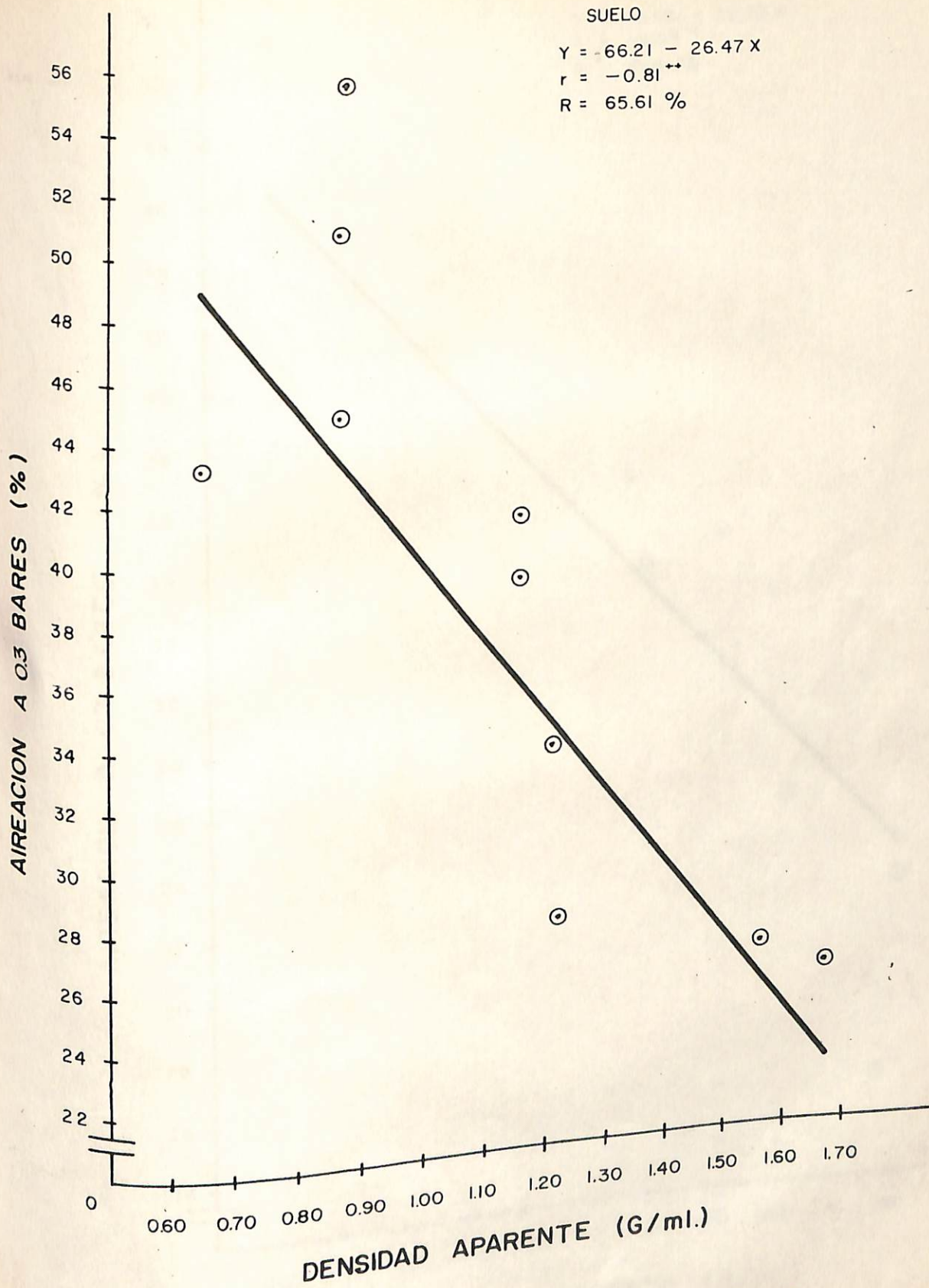


Fig. - 4 - Relación: Densidad Apparente y Aireación a 0.3 Bares.

- 71 -

SUBSUELO

$$Y = 59.65 - 22.35 X$$

$$r = -0.69^{**}$$

$$R = 47.61 \%$$

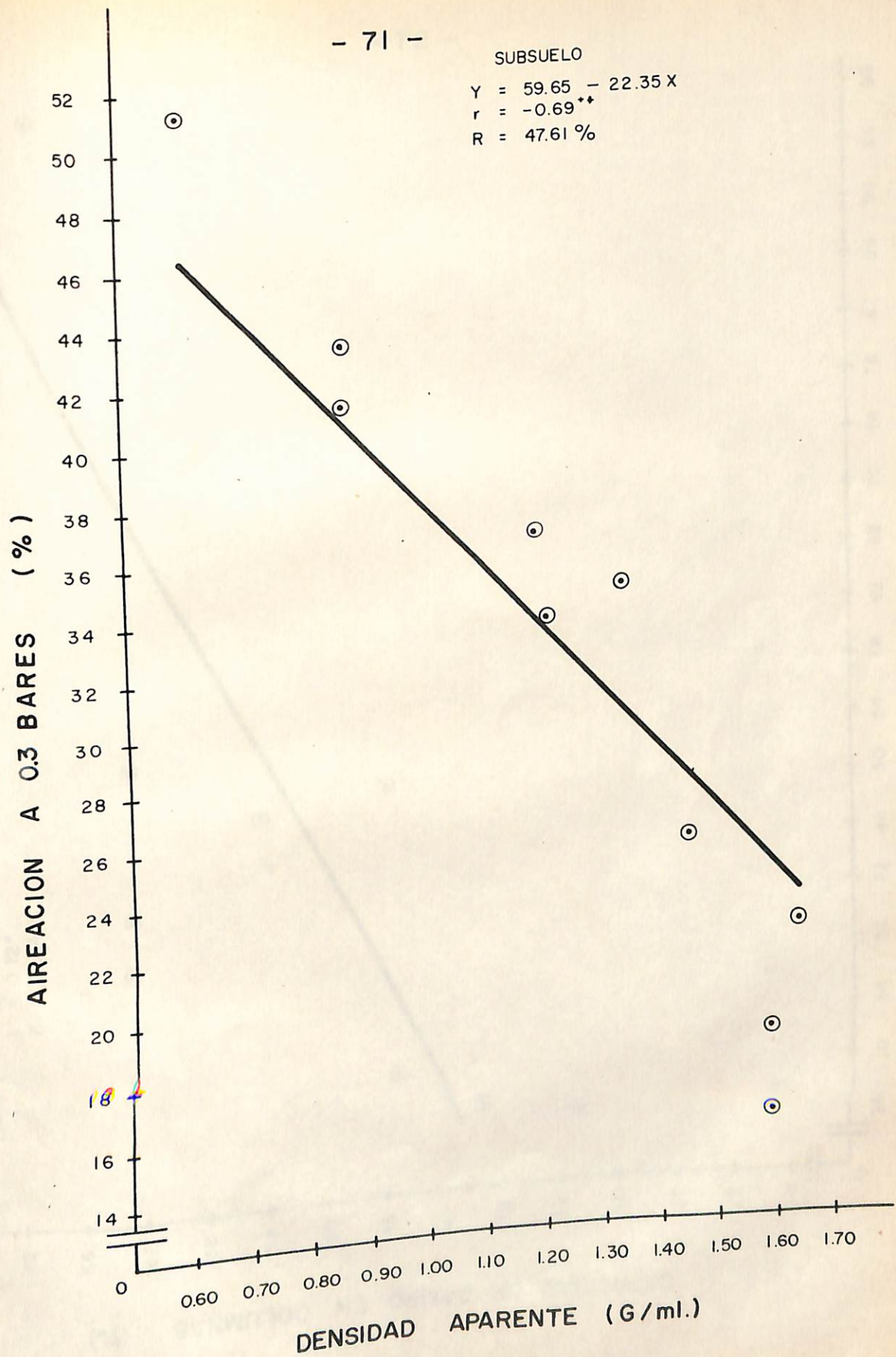


Fig. - 5 - Relación: Densidad Apparente y Aireación a 0.3 Bares.

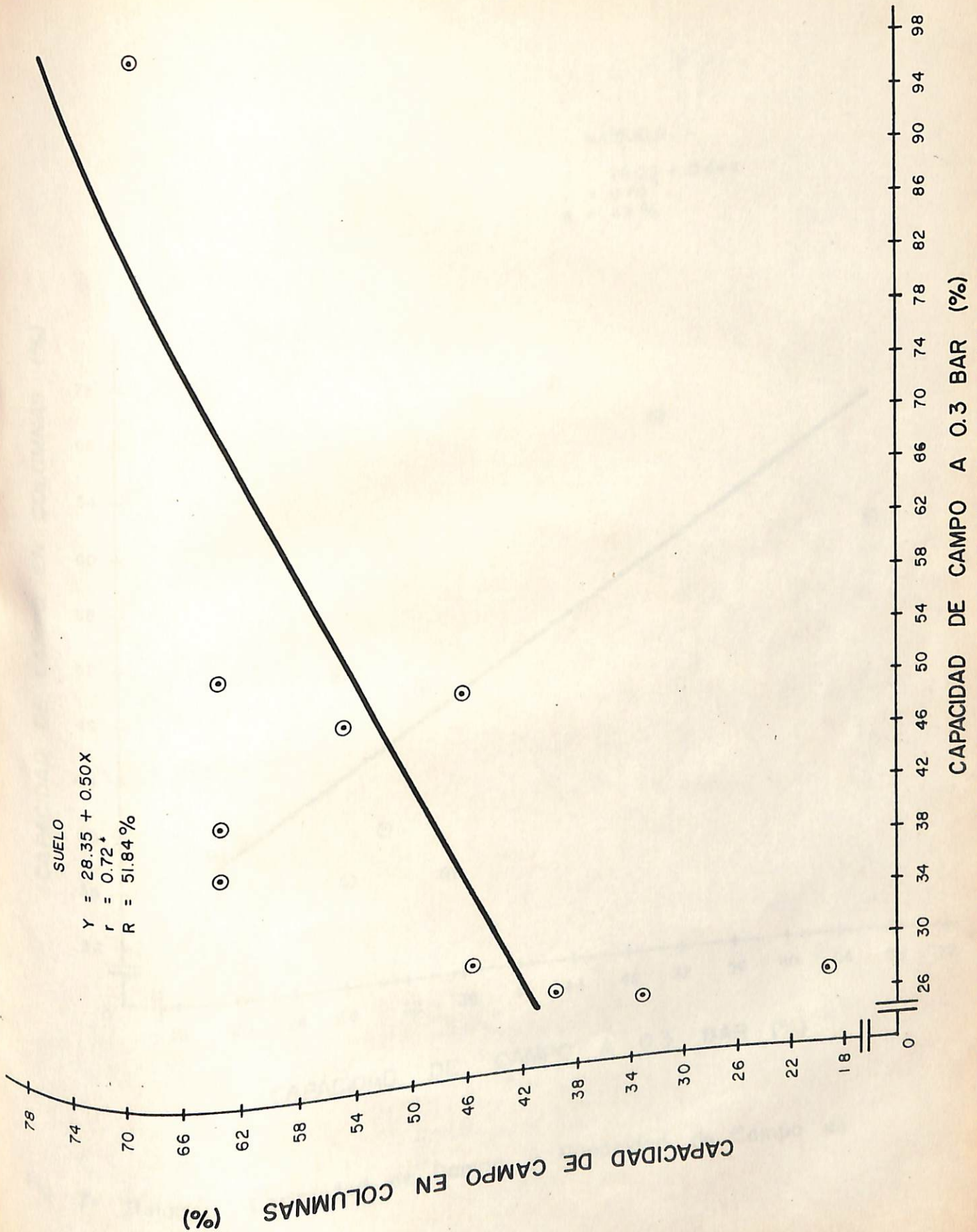


Fig.-6- Relación: Capacidad de Campo y Capacidad de Campo en Columnas.

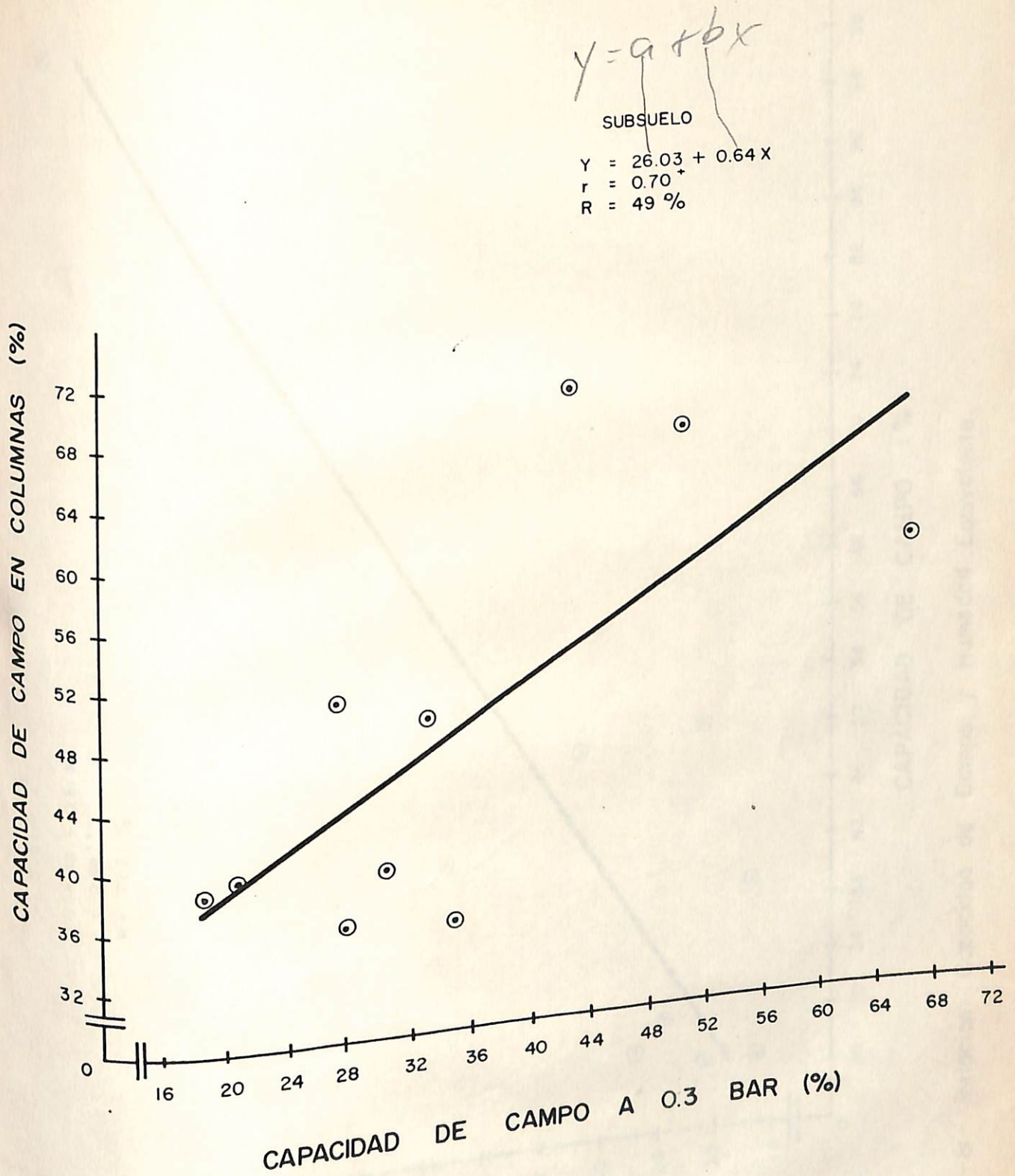


Fig. -7- Relación : Capacidad de Campo y Capacidad de Campo en Columnas.

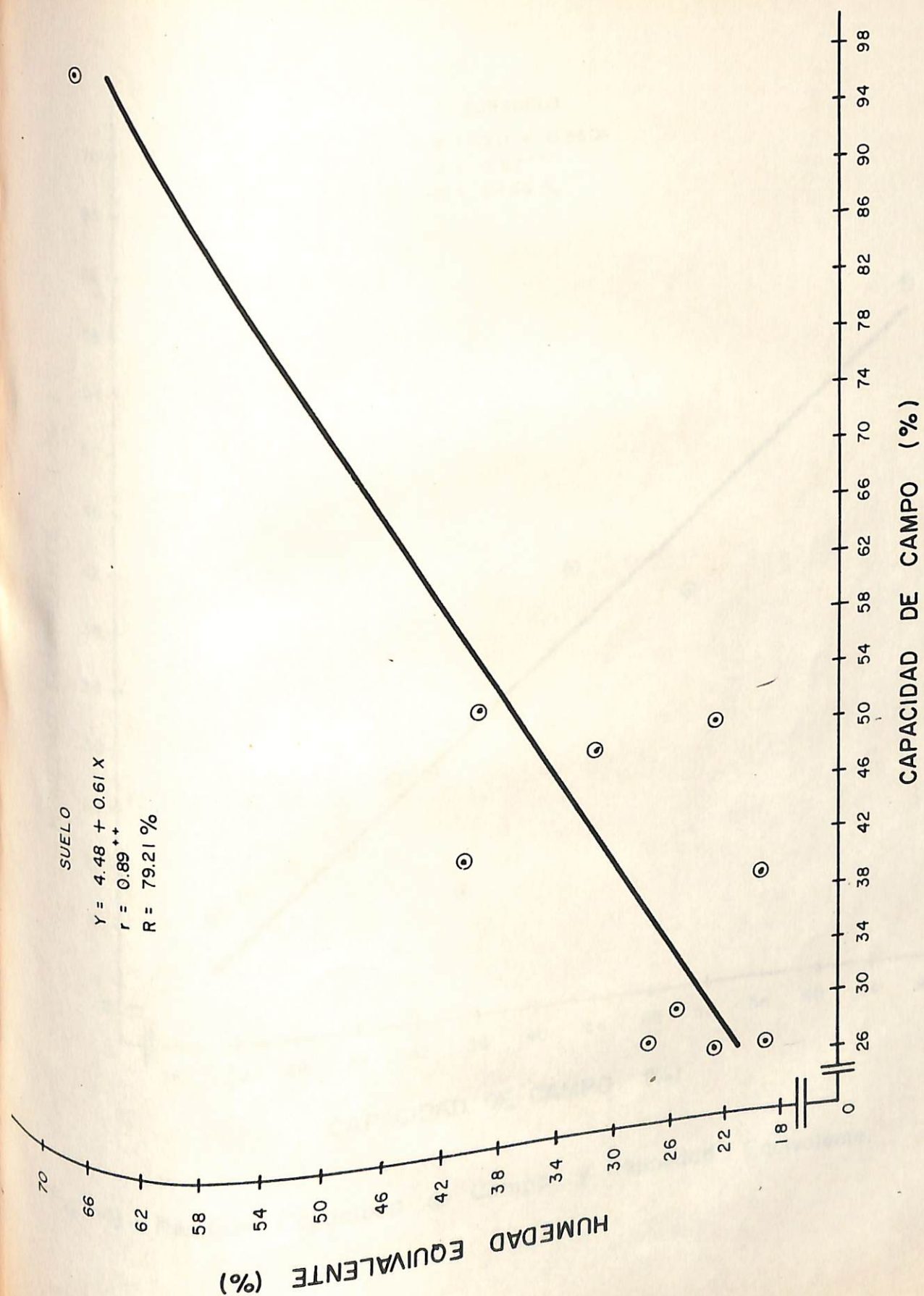


Fig.-8- Relación: Capacidad de Campo y Humedad Equivalente.

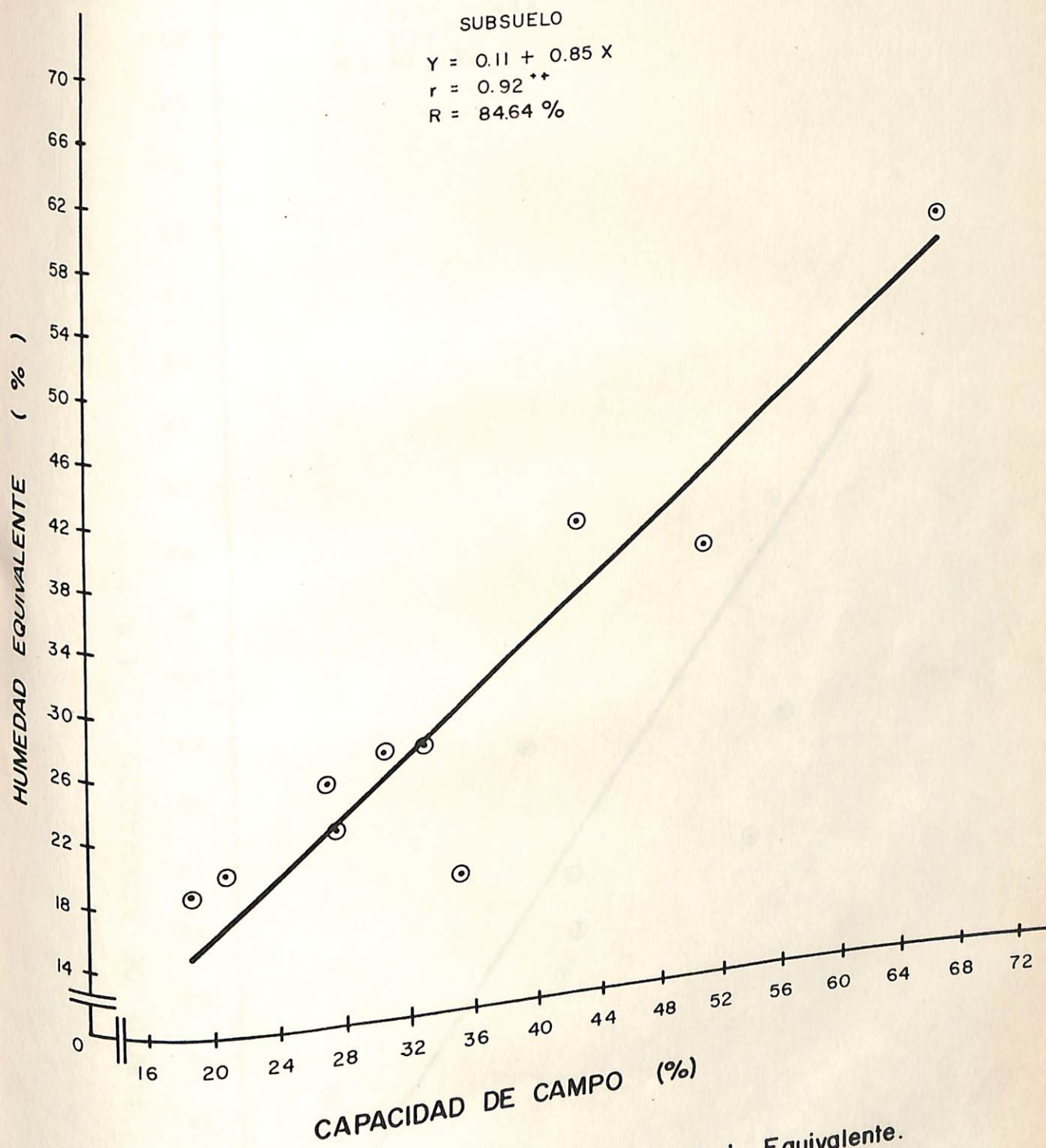


Fig. -9- Relación : Capacidad de Campo y Humedad Equivalente.

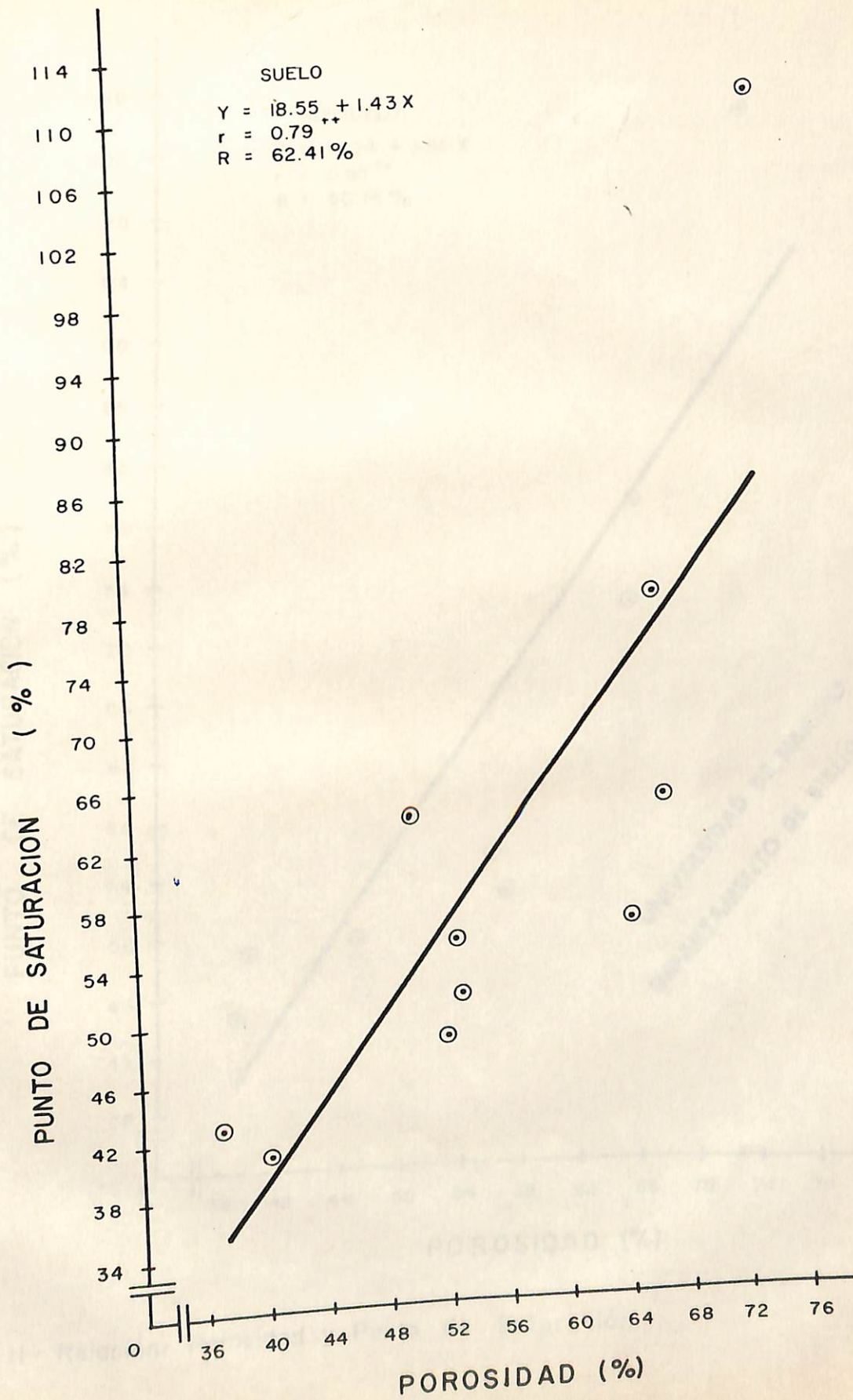


Fig. - 10- Relación : Porosidad y Punto de Saturación.

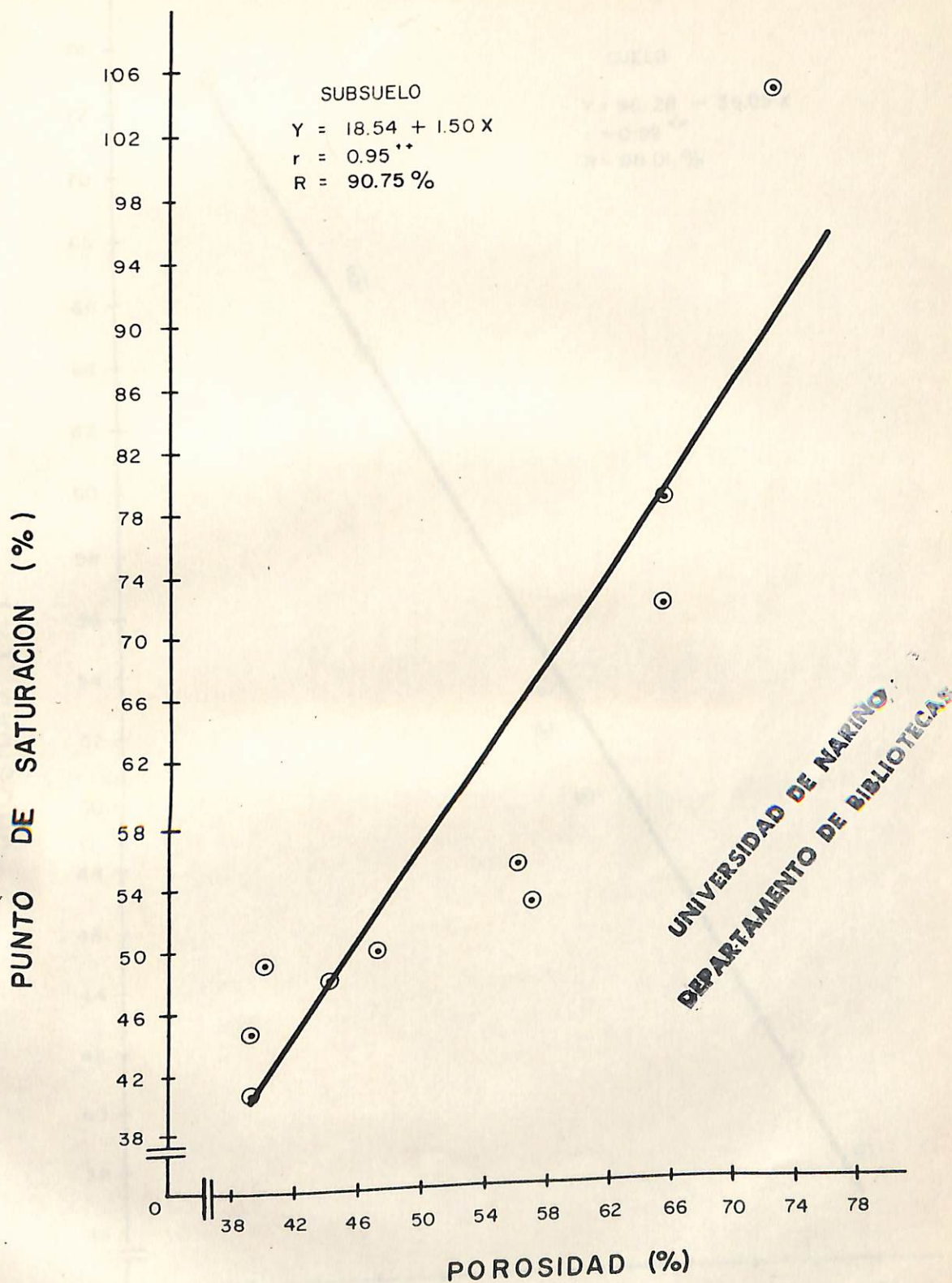


Fig.- II - Relación: Porosidad y Punto de Saturación

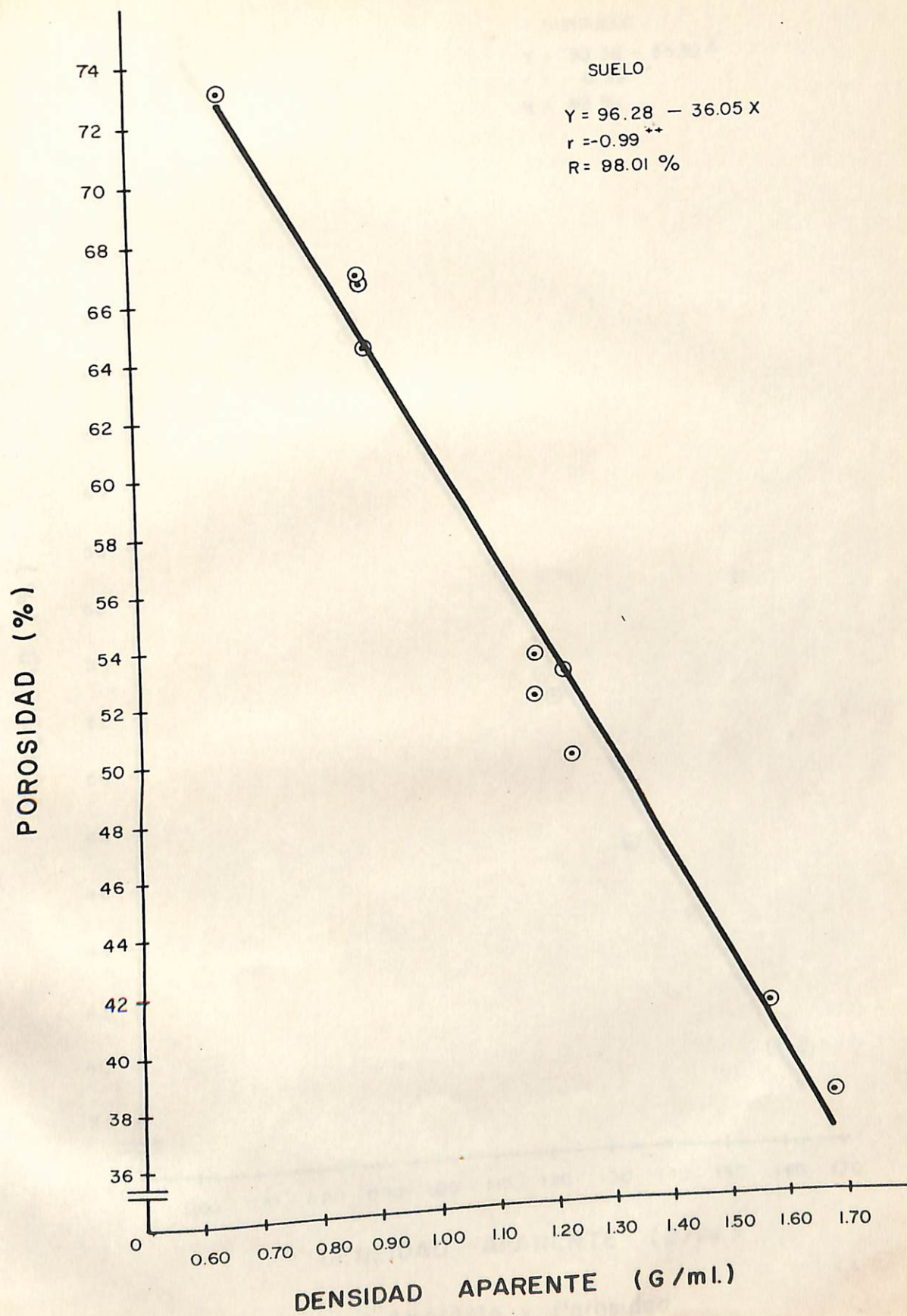


Fig. -12- Relación : Densidad Aparente y Porosidad.

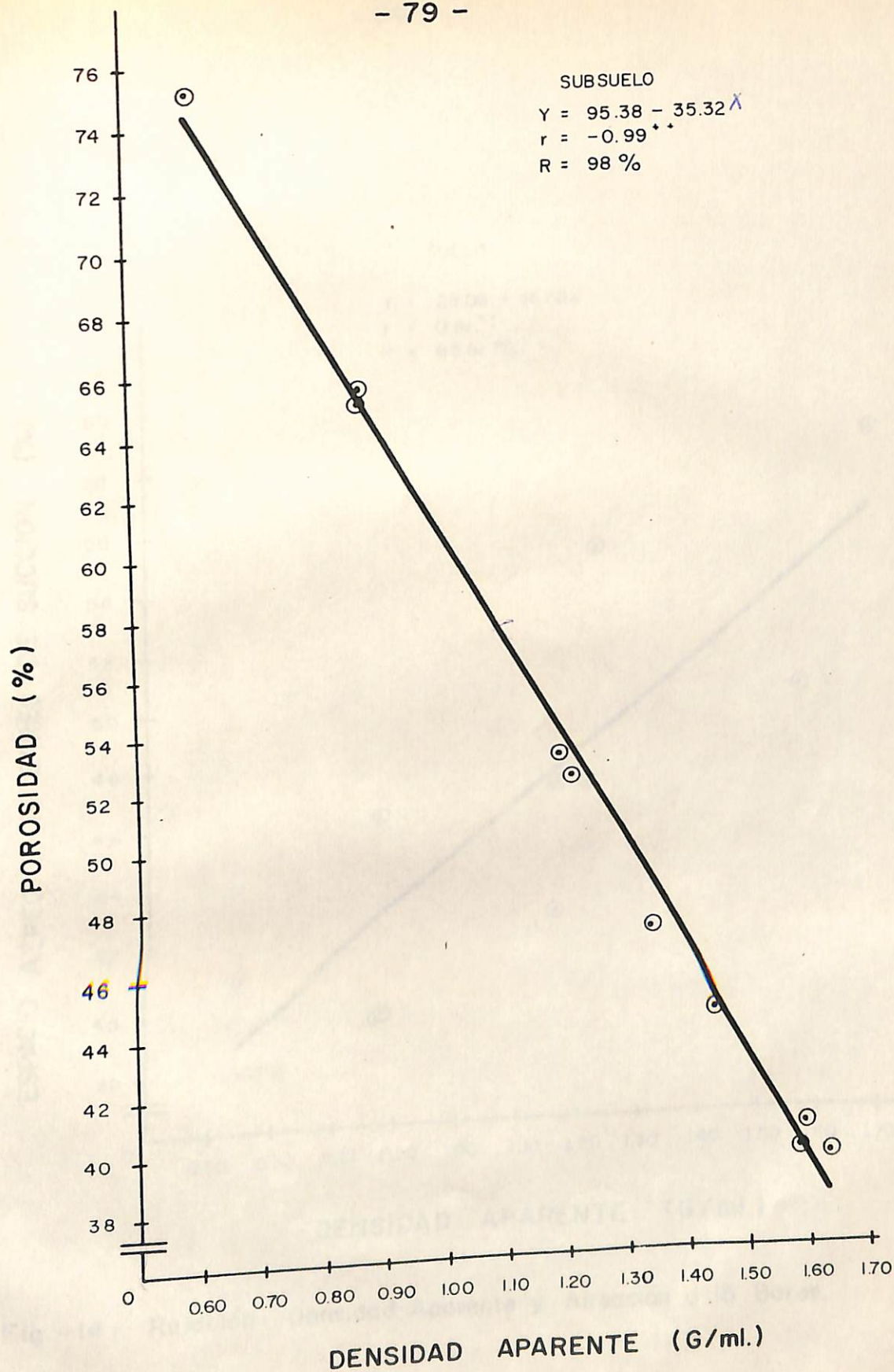


Fig. - 13 - Relación : Densidad Apparente y Porosidad.

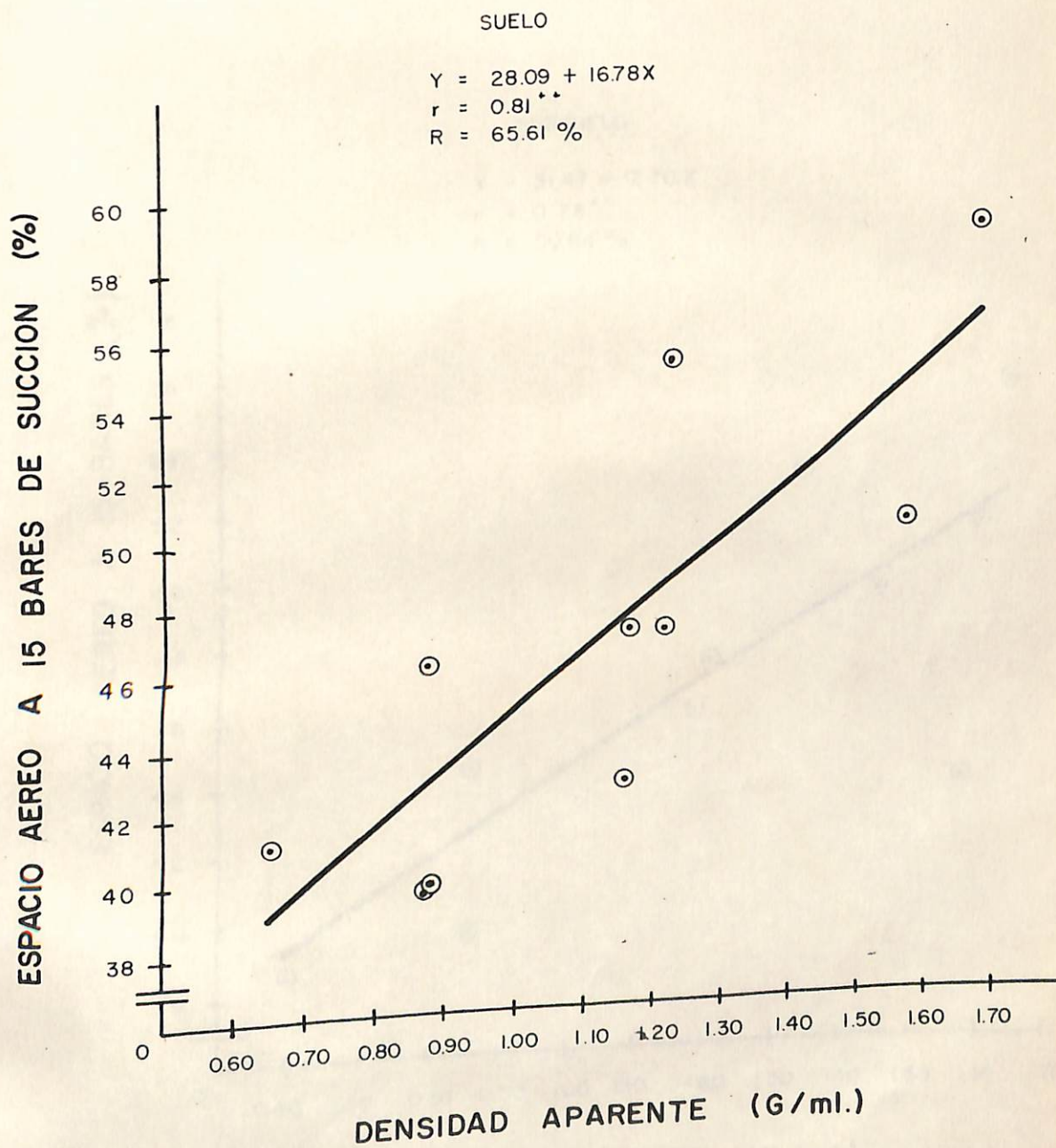


Fig.-14- Relación: Densidad Apparente y Aireación a 15 Bares.

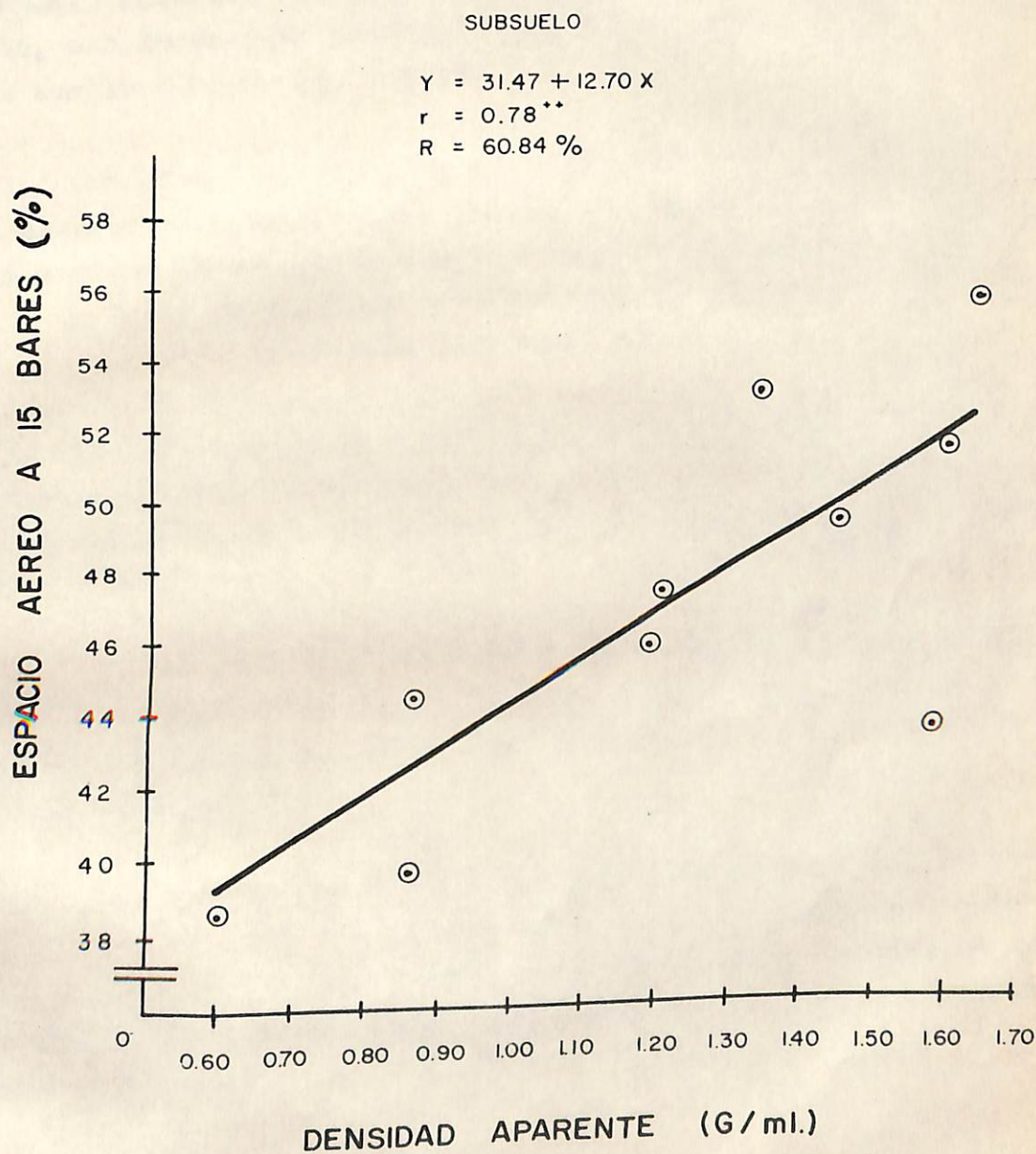


Fig. - 15- Relación: Densidad Apparente y Aireación a 15 Bares.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La textura mediana con tendencia a gruesa predomina en las dos capas. La similitud de los valores de los separados entre suelo y subsuelo se debe a que no han sufrido el proceso de estratificación. Igualmente, la clase textural y la profundidad de los perfiles, son favorables para los cultivos de café, plátano y pastos los cuales dominan en la zona.

2. Los agregados estables al agua son mayores en el suelo que en el subsuelo, habiéndose encontrado que el grado de agregación es mediano en la primera capa y bajo en la segunda. Este aspecto es de tener en cuenta, ya que por la topografía accidentada existe el peligro a la erosión hídrica.

3. Los valores de la densidad aparente son altos, reduciendo lógicamente la porosidad total; aunque los promedios de ésta van de medianos a bajos, no influyen desfavorablemente en la disponibilidad de aire y agua en el suelo.

4. Los suelos varían entre no plástico y ligeramente plásticos. Esto implica que no existe problemas en el manejo físico de **los mismos, especialmente** en lo relacionado con la utilización de maquinaria agrícola.

5. Los valores de capacidad de retención de humedad, en general, son bajos si se los compara con los suelos derivados de cenizas volcánicas. Por otra parte, la disponibilidad de agua es suficiente para no recurrir al riego, labor que en lo que respecta al cultivo del café, no se realiza en el país.

VI. RESUMEN

ESTUDIO FÍSICODIFUSIVO DE LOS SUELOS DE LA ZONA CAFETERA DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN, NARIÑO, COLOMBIA.

En el presente estudio se llevó a cabo la determinación de algunas propiedades físicas del suelo y subsuelo de la zona cafetera del Municipio de La Unión.

Los parámetros físicos determinados fueron: textura, agregados estables al agua, porosidad, densidad aparente, densidad de las partículas, plasticidad, constantes de humedad, puntos de succión, humedad volumétrica, agua disponible, aireación, materia orgánica y pH.

Predominan los suelos Franco-arenosos, Franco-areno-arcillosos, Francos y Franco-arcillosos; los agregados estables al agua mayores de 2 mm fueron de 52,16% y 35,36% para la primera y segunda capa, respectivamente; la densidad de las partículas no tuvo mayor cambio en las dos capas, obteniendo para el suelo 2,52 g/ml y 2,53 g/ml para el subsuelo; los promedios de la densidad aparente fueron 1,13 g/ml y 1,23 g/ml para la primera y segunda capa, respectivamente; los promedios del índice de plasticidad fueron 16,49% y 15,96% para el suelo y subsuelo; el espacio aéreo a 0,3 bares fue de 17,53% en el suelo y subsuelo de 27,68%, a 15,0 bares fue 46,88% y 47,09% para la primera y segunda capa, respectivamente; la retención de humedad a 0,3 bares fue de 44,19% y 35,35%, a 15,0 bares fue de 17,18% y 18,38% para suelo y subsuelo, respectivamente; el agua disponible a 1,0 bar fue de 56,11% en el suelo y de 53,86% en el subsuelo, en relación a la tensión de 15,0 bares; la materia orgánica dio como promedio 5,22% y 4,69% para suelo y subsuelo, respectivamente y el pH 6,18 en el suelo y 6,07 en el subsuelo.

VI. SUMMARY

EDAPHIC-PHYSICAL STUDY OF COFFEE ZONE SOILS, MUNICIPALITY OF LA
UNION, NARIÑO, COLOMBIA.

In coffee zone of the Municipality of La Union, Department of Nariño, determinations of some physical properties of soil and sub soil were made.

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

The soils predominance are : Sand loamy, Sand silt loamy, Loamy and Clay loamy soils; water stability of aggregates were 52,16% and 35,36% for first and second layer respectively; particle density did not show changes; obtained values were 2,52 g/ml for soil and 2,53 g/ml for subsoil; bulk density averages were 1,13 g/ml and 1,23 g/ml for first and second layer; plasticity index averages were 16,49% for soil and 15,96% for subsoil; porous space at 0,3 bars were 17,50% and 27,68% for soil and subsoil; at 15,0 bars were 46,88% and 47,90% for first and second layer respectively; water retention at 0,3 bars were 44,19% and 35,35% and at 15,0 bars were 17,18% and 18,38% for soil and subsoil respectively; available water at 1,0 bar was 56,11% for soil and 53,86% for subsoil, both in relation to 15,0 bars of suction; organic matter showed average values of 5,22% and 4,69% for soil and subsoil respectively; pH was 6,18 for soil and 6,07 for subsoil.

355-403. 1971.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ADAMES, J. y H.L. LEVY. Propiedades físicas de algunos suelos del Valle del Cauca. Acta Agronómica (Colombia) 10 (3-4) : 213-253. 1960.
2. ALLISON, L.E. et al. Suelos salinos y sódicos. Diagnóstico y rehabilitación. 2a. ed. México, Imprenta Venecia, 1962. 172p.
3. ANGULO, C. y C. MARTINEZ. Propiedades físicas de algunos suelos en el piso Tropical del Departamento de Nariño, Llanura del Pacífico, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 81p.
4. ANUARIO METEOROLOGICO. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Chinchiná, Colombia, 1970. 63p.
5. ANASCO, G. y T.D. CORDOBA. Propiedades físicas de algunos suelos del Valle del Patía, Cauca, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1972. 64p.
6. ARIAS, H.A. Efecto de tres métodos de labranza sobre los parámetros edafotécnicos de riego. Tesis M. Sc. Bogotá, Colombia, Programa para Graduados UN-ICA, 1972. 49p.
7. _____ y R.R. GUERRERO. Algunas propiedades físicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Pasto, Colombia, determinados por diferentes métodos. Turrialba 21 (4) : 393-403. 1971.

8. ARTURO, G.M. y E.G. ERASO. Estudio de algunas propiedades físicas en suelos de la región de clima medio del Suroccidente de Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 109p.

B Lock
9. BASTIDAS, A. y M. JACOME. Propiedades físicas de los suelos del Valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1969. 164p.

10. BAVER, L.D. Soil physics. 3th ed. New York, John Wiley, 1956. 489p.

11. ———, W.L. GARDNER y W.R. GARDNER. Física de suelos. Trad. del inglés por Jorge Rodríguez. México, UTEHA, 1973. 530p.

12. BLAIR, F.E. Manual de riegos y avenamientos. Serie de estudios N° 8. Bogotá, INCORA, 1965. 360p.

13. BODMAN, G.B. Methods of measuring soil consistency. Soil Science 68 (1) : 37-56. 1949.

14. BUCKMAN, H.O. y N.C. BRADY. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. del inglés por Salord Barceló. México, UTEHA, 1965. 540p.

15. CHARRY, J. Conferencias de suelos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1970. 110p. (mimeografiado).

16. CHAVES, E. Atlas de Nariño. Bogotá, Arco, 1959. (33p.)

La misma

17. CORAL, Q.E. Evaluación de cuatro métodos para determinar la capacidad de campo del Municipio de Pasto, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1970. 37p.
18. DAKER, A. Agua na agricultura. 3er. volumen. Irrigação e Drenagem. 3a. ed. Sao Paulo, Freitas Bastos, 1970. 430p.
19. DULCE, A.J. y M. SANTACRUZ. Propiedades físicas de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Ipiiales, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 57p.
20. ESCOBAR, G., R. JURADO y R. GUERRERO. Propiedades físicas de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Turrialba 22 (3) : 338-346. 1972.
21. FORSYTHE, W. La densidad aparente del suelo y la interpretación del análisis de laboratorio para el campo. Turrialba 19 (1) : 128-131. 1969.
22. ———, S. GAVANDE 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.
23. FOTH, H.D. y C. MILLER. Fundamentos de la ciencia del suelo. México, Continental, 1961. 320p.
24. FRANCO, F.H. Comparación de algunos métodos para determinar la estabilidad de los agregados al agua. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1965. 51p.

25. GAVANDE, S.A. Física de suelos. México, Limusa-Wiley, 1972.
351p.
26. GONZALEZ, O.S., R.R. GUERRERO y H.A. ARIAS. Propiedades físicas de algunos suelos de la Sabana de Tüquerres, Nariño, Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) 4 (2) : 39-50. 1972.
27. GONZALEZ, M.A. Manual de laboratorio de suelos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1964. 96p.
28. GRASSI, C.A. Manual de drenaje agrícola. Material de Enseñanza N° 63. Mérida, Venezuela, CIDIAT, 1969. 186p.
29. GUERRERO, R.R. Conferencias de laboratorio de suelos. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1965. s.p. (mimeografiado).
30. _____, 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. 97p.
31. KONONOVA, M. Soil organic matter. 2a. ed. Trad. T.Z. Nowakoway y A. Newman. Oxford, Pergamon, 1966. 544p.
32. KRAMER, J.P. Plant and soil water relationships. New York, McGraw-Hill, 1949. 437p.
33. LOPEZ, B.J. Propiedades físicas de algunos suelos volcánicos de Guachucal, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1972. 94p.
34. LUTHIN, J.N. Drenaje de tierras agrícolas. Trad. A. Blackall. México, Limusa-Wiley, 1967. 684p.

35. MELA, P. Tratado de edafología y sus distintas aplicaciones. 2a. ed. Zaragoza, Agrociencia, 1963. 615p.
36. MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS. Laboratorio Nacional de Fomento Minero, Pasto, Informe 625 : Estudio Geológico del Departamento de Nariño. 1946. 59p. (mimeografiado).
37. PALOTTA, U. *publ. en* The stability of structure in soils of Sardinia in relation to some physical-chemical characteristics. Soil and Fertilizers 28 (8) : 265-268. 1957. ✓
38. REY, C.H. Riegos y Drenajes. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1971. 183p.
39. SILVA, M.F. Métodos de análisis del laboratorio de suelos. Publicación IT-6. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1960. 138p.
40. THOMPSON, L.M. El suelo y su fertilidad. Barcelona, Reverté, 1962. pp. 22-30.
41. VARELA, J. Estudio general de suelos del sector Pasto-Rio Mayo. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1963. 103p.
42. 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.

APPENDIX 10, PART 10, 1

Localities:

Medians (row)

0-30

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

30-60

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

A P P E N D I C E

... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 1

Localización: Carretera Pasto-Popayán, margen izquierda K 86
"Cartago".

Horizonte (cms.)

0-30

Textura:

Franco-arenoso

Estructura:

Granular

Consistencia:

Moderadamente blando

Color:

10YR 3/1 (seco) very dark gray

7.5YR 2/0 (húmedo)

pH:

5.50

30-60

Textura:

Franco-arenoso

Estructura:

Migajosa

Consistencia:

Moderadamente blando

Color:

10YR 3/3 (seco)

10YR 2/1 (húmedo)

pH:

5.50

Datos generales:

Altura:

2.170 m.s.n.m.

Drenaje externo:

Bueno

Drenaje interno:

Regular

Erosión:

Moderada

Uso actual:

Café

Topografía:

Relieve ondulado

Pendiente:

14%

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 2

Localización:

Localización:

Carretera Pasto-Popayán, margen izquierda K 90
"Buenos Aires".

Horizonte (cms.)

0-40

Textura:

Estructura:

Consistencia:

Color:

PH:

Franco-arenoso

Granular

Blando

10YR 4/3 (seco)

10YR 3/2 (húmedo)

5.80

40-80

Textura:

Estructura:

Consistencia:

Color:

pH:

Franco-arenoso

Migajosa

Blando

10YR 4/3 (seco)

10YR 3/2 (húmedo)

5.80

Datos generales:

Altura:

Drenaje externo:

Drenaje interno:

Erosión:

Uso actual:

Topografía:

Pendiente:

2.70 m.s.n.m.

Buena

Buena

Moderada

Café, Caña, Pastos

Ondulada

18%

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 3

Localización: Carretera Pasto-Popayán, margen derecho K 95
" El Sauce "

Horizonte (cms.)

0-50

Textura:

Estructura:

Consistencia:

Color:

pH:

Textura:

Estructura:

Consistencia:

Color:

pH:

Franco-Arenoso

Granular

Blando

10YR 4/3 (Seco)

10YR 3/2 (Húmedo)

6.50

Franco-Arenoso

Columnar

Blando

10YR 4/3 (Seco)

10YR 3/2 (Húmedo)

6.00

Datos generales

Altura:

Drenaje externo:

Drenaje interno:

Erosión:

Usos actual:

Topografía:

Pendiente:

1.790 m.s.n.m.

Bueno

Bueno

Moderada

Café, Plátano

Relieve ondulado

19%

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 4

Localización:	Carretera Pasto-Popayán margen derecho K 102 "Betulia".	
Horizonte (cms.)	Textura:	Franco-arcillo-arenoso
0-40	Estructura:	Granular
	Consistencia:	Friable
	Color:	10YR 4/3 (seco)
		10YR 3/1 (húmedo)
	pH:	5.50
40-80	Textura:	Franco-arcillo-arenoso
	Estructura:	Granular
	Consistencia:	Friable
	Color:	10YR 5/4 (seco)
		10YR 3/1 (húmedo)
	pH:	6.00
Datos generales:	Altura:	1.620 m.s.n.m.
	Drenaje externo:	Bueno
	Drenaje interno:	Bueno
	Erosión:	Moderada
	Uso Actual:	Café y pastos naturales
	Topografía:	Ondulada
	Pendiente:	19%

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 5

Localización: Carretera Pasto-Popayán, margen izquierdo K 107
"La Caldera".

Horizonte: (cms.)

0-40

Textura:

Franco-arenoso

Estructura:

Granular

Consistencia:

Blando

Color:

10YR 6/4 (seco)

10YR 5/3 (húmedo)

pH:

6.40

40-80

Textura:

Franco-arcillo-arenoso

Estructura:

Granular

Consistencia:

Migajoso

Color:

10YR 5/4 (seco)

10YR 4/1 (húmedo)

pH:

6.30

Datos generales:

Altura:

1.520 m.s.n.m.

Drenaje externo:

Malo

Drenaje interno:

Malo

Erosión:

Severa

Uso Actual:

Café, plátano

Topografía:

Relieve quebrado

Pendiente:

28%

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 6

Localización: Carretera Pasto-Popayán, margen izquierdo K 112
"El Peligro".

Horizonte (cms.)

0-30

Textura:

Estructura:

Consistencia:

Color:

pH:

Franco-arcilloso

Granular

Mlanda

5YR 4/3 (seco)

5YR 3/3 (húmedo)

7.10

30-70

Textura:

Estructura:

Consistencia:

Color:

pH:

Franco-arcilloso

Prismática

Ligeramente friable

5YR 4/3 (seco)

5YR 3/3 (húmedo)

6.80

Datos generales:

Altura:

Drenaje externo:

Drenaje interno:

Erosión:

Uso actual:

Topografía:

Pendiente:

1.370 m.s.n.m.

Regular

Regular

Severa

Café, caña

Relieve montañoso

30%

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 7

Localización: Carretera Pasto-Popayán, margen izquierdo 1 K
antes del puente sobre el Río Mayo.

Horizonte (cms.)

0-40

Textura:

Estructura:

Consistencia:

Color:

pH:

Franco-arenoso

Granular

Friable

7.5YR 5/2 (seco)

7.5YR 3/2 (húmedo)

6.50

40-80

Textura:

Estructura:

Consistencia:

Color:

pH:

Franco-arenoso

Granular

Friable

7.5YR 5/2 (seco)

7.5YR 3/2 (húmedo)

6.60

Datos generales:

Altura:

Drenaje externo:

Drenaje interno:

Erosión:

Uso actual:

Topografía:

Pendiente:

1.320 m.s.n.m.

Buono

Buono

Severa

Pastos naturales

Relieve montañoso

30%

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 8

Localización: Carretera Pasto-Popayán, margen izquierdo K 93
"La Palmita".

Horizonte (cms.)

0-40

Textura:
Estructura:
Consistencia:
Color:

pH:

Franco
Granular
Blando
10YR 6/4 (seco)
10YR 4/4 (húmedo)
7.00

40-80

Textura:
Estructura:
Consistencia:
Color:

pH:

Franco
Migajosa
Ligeramente friable
10YR 7/4 (seco)
10YR 5/4 (húmedo)
6.20

Datos generales:

Altura:
Drenaje externo:
Drenaje interno:
Erosión:
Topografía:
Uso actual:
Pendiente:

1.920 m.s.n.m.
malo
Malo
Moderada
Relieve ondulado
Café, plátano
20%

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 9

Localización:

Carretera que de la Unión conduce a El Carmen,
margen derecha K 2.

Horizonte (cms).

0-60

Textura:

Estructura:

Consistencia:

Color:

pH:

Franco-arcilloso

Granular

Friable

10YR 4/1 (seco)

10YR 2/1 (húmedo)

6.00

60-90

Textura:

Estructura:

Consistencia:

Color:

pH:

Franco-arenoso

Granular

Friable

10YR 4/2 (seco)

10YR 2/2 (húmedo)

6.10

Datos Generales:

Altura:

Drenaje externo:

Drenaje interno:

Erosión:

Uso actual:

Topografía:

Pendiente:

1.900 m.s.n.m.

Bueno

Regular

Moderada

Café, Plátano, pastos

Relieve ondulado

19%

DESCRIPCION DEL PERFIL No. 10

Localización: Carretera Pasto-Popayán, margen izquierda K 93
"La Unión".

Horizonte (cms.)

0-50

Textura:	Franco-arenoso
Estructura:	Granular
Consistencia:	Blando
Color:	10YR 3/1 (seco)
	2.5Y 2/0 (húmedo)
pH:	5.50

50-90

Textura:	Franco-arenoso
Estructura:	Granular
Consistencia:	Blanda
Color:	10YR 3/2 (seco)
	2.5Y 2/0 (húmedo)
pH:	5.40

Datos generales:

Altura:	2.000 m.s.n.m.
Drenaje externo:	Bueno
Drenaje interno:	Regular
Erosión:	Moderada
Uso actual:	Café
Topografía:	Relieve ondulado
Pendiente:	19%

AN	
T	20362
631.43	
P3482	Paz Meneses, Ricardo
Ej.1.	Estudio físico de la
	zona cafetera del municipio de LANCE
	Unión, Nariño, Colombia.
NOMBRE	Piedad Benavides
No. del Carnet	8141163
NOMBRE	Juan Amp
No. del Carnet	8116
NOMBRE	Jorge Velaz
No. del Carnet	97108150
NOMBRE	Deisy Bravo
No. del Carnet	22031259

AN
T
631.43
P3482
Ej.1.

20362