

- 1 -

**DETERMINACION RAPIDA DE COLOIDES AMORFOS Y SU RELACION
CON ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS EN SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO,
NARIÑO, COLOMBIA**

Por

HERNANDO PABON SILVA

"Las ideas y conclusiones aportadas en la
Tesis de Grado, son de responsabilidad
exclusiva de su autor".

**Tesis de Grado presentada como requisito parcial
para optar al título de**
INGENIERO AGRONOMO
Universidad de Nariño.

Presidentes de Tesis

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

RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A., M. Sc.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA**

1977

"Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son de responsabilidad exclusiva de su autor". SILVA MURTADO

A MIS FAMILIARES

Artículo 1o. del Acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

FINICO 1

GERARDO FARIAS SILVA

AGRADECIMIENTOS A :

RICARDO GONZALEZ RIASCOS I.A., M. Sc.

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

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

GAUDEL CUELLAR SILVA I.A.

EFREN CORRAL QUINTERO I.A., M. Sc.

JOSUIN GARCIA JAINES I.A., M. Sc.

HERNAN BORDADO GRJUELA I.A., M. Sc.

A MIS PADRES MIGUEL VIVINGS LARANA I.A.

A LA MEMORIA DE BYRON SILVA HURTADO

A MIS FAMILIARES JESUS JURADO MARTINEZ I.A.

A MIS AMIGOS HERNAN POJAN GUERRERO I.A.

LUIS FELIX CHEVARRA I.A.

FRANCISCO GONZALEZ DE LA ESPERANZA

Universidad de Havana, Facultad de Ciencias
Agrícolas

DEDICO :

HERNANDO PABON SILVA

Escuela de Ingenieros de la
Facultad de Ciencias Agrícolas

Facultad de Ciencias Agropecuarias de Pal-
ma

Todas las personas que en una u otra forma
colaboraron en el desarrollo de la presente
investigación.

AGRADECIMIENTOS A :

RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A., M. Sc.

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

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

GABRIEL CUELLAR SILVA I.A.

EFREN CORAL QUINTERO I.A., M. Sc.

JOAQUIN CAMBOA JAIMES I.A., M. Sc.

HERNAN BURBANO ORJUELA I.A., M. Sc.

MIGUEL VIVEROS ZARAMA I.A.

MIGUEL BARONA

LUCY AGUILERA RIASCOS

OSCAR JURADO MARTINEZ I.A.

HERNAN ROJAS GUERRERO I.A.

LUIS FELIPE GUEVARA I.A.

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias
Agrícolas

Personal del Laboratorio de Suelos de la
Facultad de Ciencias Agrícolas

Facultad de Ciencias Agropecuarias de Pal-
mira

Todas las personas que en una u otra forma
colaboraron en el desarrollo de la presente
investigación.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Características generales de suelos derivados de cenizas volcánicas	3
2.1.1 Composición química y mineralógica	4
2.1.2 Edad de las cenizas	5
2.1.3 Morfología	5
2.1.3.1 Formación y procedencia de la alófana en los suelos	8
2.2 Características de los andosoles en Colombia.	9
2.2.1 Características morfológicas	9
2.2.2 Características mineralógicas	10
2.2.3 Características fisico-químicas	10
2.3 Características de los andosoles en Nariño	11
a. Suelos desarrollados sobre cenizas volcáni- cas	12
b. Suelos desarrollados de materiales comple- jos	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	21
III. MATERIALES Y METODOS	14
3.1 Suelos y localización	14
3.1.1 Suelos Andept	14
3.1.2 Suelos Tropept	16
3.2 Geología	17
3.3 Clima y ecología	18
3.4 Análisis de laboratorio	18
3.5 Métodos	18

3.5.1	Determinación de las propiedades físicas	18
3.5.1.1	Textura	18
3.5.1.2	Agregados estables al agua . .	18
3.5.1.3	Porosidad	18
3.5.1.4	Densidad de las partículas . .	19
3.5.1.5	Densidad aparente	19
3.5.1.6	Plasticidad	19
	a. Límite plástico superior .	19
	b. Límite plástico inferior .	19
	c. Índice de plasticidad . . .	19
3.5.1.7	Constantes de humedad	19
	a. Coeficiente higroscópico . .	19
	b. Punto de marchitamiento . .	19
	c. Capacidad de campo	19
	d. Agua aprovechable	20
3.5.2	Propiedades químicas	20
3.5.2.1	Reacción del suelo (suelo agua 1:1)	20
3.5.2.2	Reacción del suelo (NaF 1M) . .	20
3.5.3	Análisis estadístico	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	21
4.1	Determinación rápida de coloides amorfos pH (NaF 1M) y su relación con algunas propiedades físicas	21
4.1.1	Contenido de arcilla	21
4.1.2	Densidad aparente y porosidad total . .	23
4.1.3	Agregados estables al agua	23
4.1.4	Plasticidad	24
4.1.5	Capacidad de campo y agua aprovechable .	25

ILUSTRACIONES

	Pág.
FIGURA 1. Localización del sitio y lugar donde se tomaron las muestras	15
FIGURA 2. Relación entre el pH (NaF 1M) y el pH en agua (1:1), en suelos Tropept y Andept bajo condición de cultivo y pradera	83
FIGURA 3. Relación entre el pH (NaF 1M) y el pH en agua (1:1), en suelos Tropept y Andept bajo condición de pradera	84
FIGURA 4. Relación entre el pH (NaF 1M) y el contenido de arcillas en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo y pradera	85
FIGURA 5. Relación entre el pH (NaF 1M) y el contenido de arcillas en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo	86
FIGURA 6. Relación entre el pH (NaF 1M) y el contenido de arcillas en suelos Tropept y Andept, bajo condición de pradera	87
FIGURA 7. Relación entre el pH (NaF 1M) y el porcentaje de porosidad en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo y pradera	88
FIGURA 8. Relación entre el pH (NaF 1M) y el porcentaje de porosidad en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo	89
FIGURA 9. Relación entre el pH (NaF 1M) y el porcentaje de porosidad en suelos Tropept y Andept, bajo condición de pradera	90
FIGURA 10. Relación entre el pH (NaF 1M) y el porcentaje de agregados estables al agua > 2 mm en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo y pradera	91

FIGURA 11.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el porcentaje de agregados estables al agua > 2 mm en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo	92
FIGURA 12.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el porcentaje de agregados estables al agua > 2 mm en suelos Tropept y Andept, bajo condición de pradera	93
FIGURA 13.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el porcentaje de agua aprovechable en suelos Tropept y Andept, <u>ba</u> jo condición de cultivo y pradera	94
FIGURA 14.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el porcentaje de agua aprovechable en suelos Tropept y Andept, <u>ba</u> jo condición de cultivo	95
FIGURA 15.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el porcentaje de agua aprovechable en suelos Tropept y Andept, <u>ba</u> jo condición de pradera	96
FIGURA 16.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el índice plásti <u>co</u> en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo y pradera	97
FIGURA 17.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el índice plásti <u>co</u> en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo	98
FIGURA 18.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el índice plásti <u>co</u> en suelos Tropept y Andept, bajo condición de pradera	99
FIGURA 19.	Relación entre el pH (NaF 1M) y la capacidad de campo en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo y pradera	100
FIGURA 20.	Relación entre el pH (NaF 1M) y la capacidad de campo en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo	101

FIGURA 21.	Relación entre el pH (NaF 1M) y la capacidad de campo en suelos Tropept y Andept, bajo condición de pradera	102
FIGURA 22.	Relación entre el pH (NaF 1M) y la densidad aparente en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo y pradera	103
FIGURA 23.	Relación entre el pH (NaF 1M) y la densidad aparente en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo	104
FIGURA 24.	Relación entre el pH (NaF 1M) y la densidad aparente en suelos Tropept y Andept, bajo condición de pradera	105
FIGURA 25.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el límite plástico superior en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo y pradera	106
FIGURA 26.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el límite plástico superior en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo	107
FIGURA 27.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el límite plástico superior en suelos Tropept y Andept, bajo condición de pradera	108
FIGURA 28.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el límite plástico inferior en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo y pradera	109
FIGURA 29.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el límite plástico inferior en suelos Tropept y Andept, bajo condición de cultivo	110
FIGURA 30.	Relación entre el pH (NaF 1M) y el límite plástico inferior en suelos Tropept y Andept, bajo condición de pradera	111

TABLAS

		Pág.
TABLA	XIII. Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de	
TABLA	I. Reacción del suelo en la localidad de Aranda, bajo condiciones de cultivo y pradera	30
TABLA	II. Reacción del suelo en la localidad de Botana, bajo condiciones de cultivo y pradera	31
TABLA	III. Reacción del suelo en la localidad de Cantabuco, bajo condiciones de cultivo y pradera	32
TABLA	IV. Reacción del suelo en la localidad de Chapalito, bajo condiciones de cultivo y pradera	33
TABLA	V. Reacción del suelo en la localidad de Cuja-cal, bajo condiciones de cultivo y pradera	34
TABLA	VI. Reacción del suelo en la localidad de Daza, bajo condiciones de cultivo y pradera	35
TABLA	VII. Reacción del suelo en la localidad de Jenoy, bajo condiciones de cultivo y pradera	36
TABLA	VIII. Reacción del suelo en la localidad de La Laguna, bajo condiciones de cultivo y pradera	37
TABLA	IX. Reacción del suelo en la localidad de Obonuco, bajo condiciones de cultivo y pradera	38
TABLA	X. Reacción del suelo en la localidad de Toroba-jo, bajo condiciones de cultivo y pradera	39
TABLA	XI. Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de Aranda, bajo condición de cultivo y pradera.	40
TABLA	XII. Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de Botana, bajo condición de cultivo y pradera.	41

TABLA	XIII.	Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de Catambuco, bajo condición de cultivo y pradera	42
TABLA	XIV.	Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de Chapalito, bajo condición de cultivo y pradera	43
TABLA	XV.	Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de Cujacal, bajo condición de cultivo y pradera	44
TABLA	XVI.	Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de Daza, bajo condición de cultivo y pradera	45
TABLA	XVII.	Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de Jenoy, bajo condición de cultivo y pradera	46
TABLA	XVIII.	Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de La Laguna, bajo condición de cultivo y pradera	47
TABLA	XIX.	Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de Obonuco, bajo condición de cultivo y pradera	48
TABLA	XX.	Densidad aparente, densidad real y porosidad total obtenidas en suelos de la localidad de Torobajo, bajo condición de cultivo y pradera	49
TABLA	XXI.	Estabilidad de agregados 2 mm, límites de plasticidad, índice de plasticidad y clasificación, obtenidos en suelos de la localidad de Aranda, bajo condición de cultivo y pradera	50

TABLA	XXII.	Estabilidad de agregados > 2 mm, límites de plasticidad, índice de plasticidad y clasificación, obtenidos en suelos de la localidad de Botana, bajo condición de cultivo y pradera	51
TABLA	XXIII.	Estabilidad de agregados > 2 mm, límites de plasticidad, índice de plasticidad y clasificación, obtenidos en suelos de la localidad de Catambuco, bajo condición de cultivo y pradera	52
TABLA	XXIV.	Estabilidad de agregados > 2 mm, límites de plasticidad, índice de plasticidad y clasificación, obtenidos en suelos de la localidad de Chapalito, bajo condición de cultivo y pradera	53
TABLA	XXV.	Estabilidad de agregados > 2 mm, límites de plasticidad, índice de plasticidad y clasificación, obtenidos en suelos de la localidad de Cujacal, bajo condición de cultivo y pradera	54
TABLA	XXVI.	Estabilidad de agregados > 2 mm, límites de plasticidad, índice de plasticidad y clasificación, obtenidos en suelos de la localidad de Daza, bajo condición de cultivo y pradera	55
TABLA	XXVII.	Estabilidad de agregados > 2 mm, límites de plasticidad, índice de plasticidad y clasificación, obtenidos en suelos de la localidad de Jenoy, bajo condición de cultivo y pradera	56

TABLA	XXVIII.	Estabilidad de agregados > 2 mm, límites de plasticidad, índice de plasticidad y clasificación, obtenidos en suelos de la localidad de La Laguna, bajo condición de cultivo y pradera	57
TABLA	XXIX.	Estabilidad de agregados > 2 mm, límites de plasticidad, índice de plasticidad y clasificación, obtenidos en suelos de la localidad de Obonuco, bajo condición de cultivo y pradera	58
TABLA	XXX.	Estabilidad de agregados > 2 mm, límites de plasticidad, índice de plasticidad y clasificación, obtenidos en suelos de la localidad de Torobajo, bajo condición de cultivo y pradera	59
TABLA	XXXI.	Análisis textural en suelos de la localidad de Aranda, bajo condición de cultivo y pradera	60
TABLA	XXXII.	Análisis textural en suelos de la localidad de Botana, bajo condición de cultivo y pradera	61
TABLA	XXXIII.	Análisis textural en suelos de la localidad de Catambuco, bajo condición de cultivo y pradera	62
TABLA	XXXIV.	Análisis textural en suelos de la localidad de Chapalito, bajo condición de cultivo y pradera	63
TABLA	XXXV.	Análisis textural en suelos de la localidad de Cujacal, bajo condición de cultivo y pradera	64

TABLA	XXXVI.	Análisis textural en suelos de la localidad de Daza, bajo condición de cultivo y pradera	65
TABLA	XXXVII.	Análisis textural en suelos de la localidad de Jenoy, bajo condición de cultivo y pradera	66
TABLA	XXXVIII.	Análisis textural en suelos de la localidad de La Laguna, bajo condición de cultivo y pradera	67
TABLA	XXXIX.	Análisis textural en suelos de la localidad de Obonuco, bajo condición de cultivo y pradera	68
TABLA	XL.	Análisis textural en suelos de la localidad de Torobajo, bajo condición de cultivo y pradera	69
TABLA	XLI.	Humedad presente, capacidad de campo, punto de marchitamiento y agua aprovechable, en suelos de la localidad de Aranda, bajo condición de cultivo y pradera	70
TABLA	XLII.	Humedad presente, capacidad de campo, punto de marchitamiento y agua aprovechable, en suelos de la localidad de Botana, bajo condición de cultivo y pradera	71
TABLA	XLIII.	Humedad presente, capacidad de campo, punto de marchitamiento y agua aprovechable, en suelos de la localidad de Catambuco, bajo condición de cultivo y pradera	72
TABLA	XLIV.	Humedad presente, capacidad de campo, punto de marchitamiento y agua aprovechable, en suelos de la localidad de Chapalito, bajo condición de cultivo y pradera	73

TABLA	XLV.	Humedad presente, capacidad de campo, punto de marchitamiento y agua aprovechable, en suelos de la localidad de Cujacal, bajo <u>condición</u> de cultivo y pradera	74
TABLA	XLVI.	Humedad presente, capacidad de campo, punto de marchitamiento y agua aprovechable, en suelos de la localidad de Daza, bajo <u>condición</u> de cultivo y pradera	75
TABLA	XLVII.	Humedad presente, capacidad de campo, punto de marchitamiento y agua aprovechable, en suelos de la localidad de Jenoy, bajo <u>condición</u> de cultivo y pradera	76
TABLA	XLVIII.	Humedad presente, capacidad de campo, punto de marchitamiento y agua aprovechable, en suelos de la localidad de La Laguna, bajo <u>condición</u> de cultivo y pradera	77
TABLA	XLIX.	Humedad presente, capacidad de campo, punto de marchitamiento y agua aprovechable, en suelos de la localidad de Obonuco, bajo <u>condición</u> de cultivo y pradera	78
TABLA	L.	Humedad presente, capacidad de campo, punto de marchitamiento y agua aprovechable, en suelos de la localidad de Torobajo, bajo <u>condición</u> de cultivo y pradera	79
TABLA	LI.	Coefficientes de regresión (r) y de asociación (R^2) entre pH (NaF 1M) y algunas <u>propiedades físicas</u> de los suelos Andept y Tropept	80
TABLA	LII.	Efecto proximal relativo de los componentes de labranza sobre algunas <u>propiedades físicas</u> de suelos Tropept y Andept en el <u>Altiplano</u> de Pasto	81

TABLA LIII. Cálculo de densidad aparente, porosidad, agregados estables al gua y peso del suelo por hectárea para diferentes valores de pH (NaF 1M), mediante el uso de las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) en suelos bajo pradera.

82

BERNARDO PABON SILVA

1. INTRODUCCION

El conocimiento de las propiedades físicas de los suelos, permite proyectar una serie de actividades agrícolas relacionadas con el adecuado manejo de los mismos. Los suelos del Altiplano de Paste son derivados de rocas volcánicas y presentan coloides arcillosos como la alúmina y vermiculita, cuya presencia y proporción permite identificar con rapidez el suelo a estudiar.

Aunque no es el único criterio de clasificación, a través de la determinación del pH con cloruro de sodio 1M, se puede verificar con facilidad la presencia de coloides arcillosos en el suelo. Un pH mayor de 9,5 indica que el suelo tiene un porcentaje mayor del 50% de coloides arcillosos, clasificándose este suelo como Andept. Si el pH es menor de 9,5 el contenido de coloides arcillosos es menor del 50%, clasificándose el suelo como Tropapt (10).

(*) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Antonio Ariza Marín del I.A., N. G., y Ricardo Cuervo Nolasco I.A., N. G.

La influencia de los coloides amorfos en las propiedades físicas de los suelos del Altiplano de Pasto.
DETERMINACION RAPIDA DE COLOIDES AMORFOS Y SU RELACION
CON ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS EN SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO,
debo darlo a aquéllos. **NARIÑO, COLOMBIA (¹)**

La presente investigación tuvo como finalidad determinar con un método rápido la presencia de coloides amorfos en suelos del Altiplano de Pasto, observando la incidencia de los mismos en las propiedades físicas de los suelos, tanto bajo condición de pradera como de cultivo, lo cual permitirá tener pautas para el manejo adecuado en cada uno de estas dos circunstancias.

HERNANDO PABON SILVA

I. INTRODUCCION

El conocimiento de las propiedades físicas de los suelos, permite proyectar una serie de actividades agrícolas relacionadas con el adecuado manejo de los mismos. Los suelos del Altiplano de Pasto son derivados de cenizas volcánicas y presentan coloides amorfos como la alófana y vermiculita, cuya presencia y proporción permite identificar con rapidez el suelo a estudiar.

Aunque no es el único criterio de clasificación, a través de la determinación del pH con fluoruro de sodio 1M, se puede verificar con facilidad la presencia de coloides amorfos en el suelo. Un pH mayor de 9,5 indica que el suelo tiene un porcentaje mayor del 50% de coloides amorfos, clasificándose este suelo como Andept. Si el pH es menor de 9,5 el contenido de coloides amorfos es menor del 50%, clasificándose el suelo como Tropept (18).

(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. y Ricardo Guerrero Riascos I.A., M. Sc.

La influencia de los coloides amorfos sobre algunas propiedades físicas de los suelos es importante, ya que estos influyen sobre el manejo que debe darse a aquellos.

3.1 Características generales de suelos derivados de cenizas volcánicas

La presente investigación tuvo como finalidad determinar con un método rápido la presencia de coloides amorfos en suelos del Altiplano de Pasto, observando la incidencia de los mismos en las propiedades físicas de los suelos, tanto bajo condición de pradera como de cultivo, lo cual permitirá trazar pautas para el manejo adecuado en cada una de estas dos circunstancias. materiales parentales siempre y cuando las condiciones pedológicas de clima, topografía, vegetación y tiempo sean ideales.

Los suelos denominados andosoles representan la unidad más característica de los suelos derivados de cenizas volcánicas. Estos suelos se desarrollan dentro de una amplia gama de condiciones climáticas tanto en los climas tropicales muy húmedos como en las regiones frías y secas. Los andosoles tienen ocurrencia preferencialmente en regiones cuyo clima varía de tropical húmedo a templado húmedo (42, 12).

En América, los andosoles están extensamente difundidos en el borde occidental del continente, asociados a depósitos de cenizas provenientes de la actividad de los volcanes andinos, que forman parte a su vez del extenso cinturón volcánico Círculo-pacífico (4).

En la reunión celebrada en Tokyo sobre "Clasificación y correlación de los suelos volcánicos" se estableció la denominación de andosol para "suelos minerales en que la fracción activa es dominada por material de los conos en su estado del 1912". Estos suelos tienen una alta capacidad de retención de humedad, un horizonte superficial escaso, frías, relativamente grueso, poseen un contenido alto de materia orgánica, una densidad aparente baja y poca permeabilidad. Pueden tener un horizonte "B" sin mostrar cantidades significativas de arcilla iluvial. Ocurren bajo condiciones climáticas húmedas y subhúmedas (13).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Características generales de suelos derivados de cenizas volcánicas

Según Swindale (39), Ohmura (35), Flach (20), Taylor (41) y Be-soain (3), las cenizas volcánicas son el material parental de una gran diversidad de suelos, algunos de los cuales pueden originarse también a partir de otros materiales parentales siempre y cuando las condiciones pedogénicas de clima, topografía, vegetación y tiempo sean ideales.

Los suelos denominados andosoles representan la unidad modal más característica de los suelos derivados de cenizas volcánicas. Estos suelos se desarrollan dentro de una amplia gama de condiciones climáticas tanto en los climas tropicales muy húmedos como en las regiones frías y secas. Los andosoles tienen ocurrencia preferencialmente en regiones cuyo clima varía de tropical húmedo a templado húmedo (42, 12).

En América, los andosoles están extensamente difundidos en el borde occidental del continente, asociados a depósitos de cenizas provenientes de la actividad de los volcanes andinos, que forman parte a su vez del extenso círculo volcánico Circum-pacífico (4).

2.1.1 Composición química y mineralógica

En la reunión celebrada en Tokyo sobre "Clasificación y correlación de los suelos volcánicos" se estableció la denominación de andosol para "suelos minerales en que la fracción activa es dominada por materiales amorfos en un mínimo del 50%". Estos suelos tienen una alta capacidad de retención de humedad, un horizonte superficial oscuro, friable, relativamente grueso, poseen un contenido alto de materia orgánica, una densidad aparente baja y poca pegajosidad. Puede tener un horizonte "B" sin mostrar cantidades significativas de arcilla iluvial. Ocurre bajo condiciones climáticas húmedas y subhúmedas (33).

Según Kawai (29), los andosoles se caracterizan por altos contenidos de humus, baja densidad aparente, alta capacidad de absorción, alta capacidad de retención de humedad y alta capacidad de intercambio catiónico. Todas estas propiedades son derivadas de las fracciones de arcilla activa, las cuales son dominadas por los materiales amorfos.

Los andosoles considerados típicos, se hallan preferentemente sobre topografía suave, ligeramente ondulada y entre los 1.300 y 3.000 metros de altitud. Los hay también sobre topografía pendiente, a elevaciones superiores o inferiores a las indicadas, en cuyo caso las características morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas típicas de los andosoles se hallan poco marcadas (31).

Martini (33) manifiesta que predomina la idea de que ceniza volcánica es todo material fino no consolidado que ha sedimentado en el aire. Sin embargo hay autores (6, 34) que hacen notar la formación de suelos volcánicos muy similares a los andosoles, sobre materiales volcánicos como lavas, piedra pomez, brechas, tobas y aglomerados. Apparently la formación de andosoles es favorecida, por lo menos dentro de ciertos límites de tiempo, por la superficie de contacto, el contenido de vidrios volcánicos y el libre desagüe que ocurre en las cenizas finas no consolidadas.

2.1.1 Composición química y mineralógica

Las cenizas andesíticas con alto contenido de vidrios volcánicos y bajas en cuarzo, sílice, hierro y bases, favorecen la génesis de suelos bajos en estos minerales, ácidos y altos en materiales amorfos que se estabilizan con la materia orgánica, para dar color oscuro, la textura media, estructura esponjosa, consistencia grasosa y alta capacidad de cambio, típica de los andosoles (33).

Las cenizas basálticas, altas en plagioclasa, piroxenos y anfíboles y elementos como hierro, calcio y magnesio, tienden a originar suelos arcillosos, bajos en cuarzo, altos en hierro y ligeramente ácidos.

cambio de color en función de la humedad es característico en los andosoles, que evolucionan rápidamente para formar suelos como los latosoles (33).

Las cenizas riolíticas altas en cuarzo y feldespatos y elementos como sílice, potasio y sodio, tienden a formar suelos arenosos, altos en cuarzo, grieses y ácidos, que evolucionan rápidamente para formar suelos como los podzoles (33).

2.1.2 Edad de las cenizas

Martini (33) manifiesta que las cenizas datan del presente, hasta fines del Terciario, con predominancia en el Pleistoceno, siendo por este motivo responsables de la abundancia de andosoles. Los andosoles son en cierta forma un accidente del tiempo, donde la edad de las cenizas juega un papel tan importante como la composición química y mineralógica, a lo cual se le da tanta importancia en la formación de los andosoles.

La edad de la ceniza parece determinar el grado de alteración de los vidrios volcánicos, la acumulación de alófana, la fijación de materia orgánica, el desarrollo del perfil y el grado y dirección en que deben actuar los demás factores pedogenéticos (18).

2.1.3 Morfología

Los andosoles son suelos volcánicos, aun cuando ocurren bajo condiciones climáticas variables, poseen una morfología relativamente uniforme, que refleja en gran parte la influencia de materiales amorfos derivados de vidrios volcánicos presentes en el material parental (21, 20, 35, 39, 43). La influencia del clima y otros factores pedogenéticos se dejan ver más en algunas propiedades químicas y físicas (33).

El perfil consiste en una secuencia A(B)C, en donde el horizonte "A" es profundo, mayor de 50 cm y algunas veces mayores de 100 cm; oscuro, variando dentro del horizonte o entre perfiles de 10 YR 1/1 a 10 YR 3/2 en húmedo; en seco el valor y la croma tienden a aumentar de 1 a 3 unidades, adquiriendo un matiz gris oscuro en lugar de negro. Este fuerte

cambio de color en función de la humedad es característico en los andosoles. La textura es media y puede variar de franco arenosa a franco, franco-limosa, franco-arcillo-arenosa, franco-arcillosa o franco-arcillo-limosa; la estructura es granular o bloque subangular, moderada y fina o muy fina; la consistencia ligeramente plástica y ligeramente pegajosa en mojado y friable o muy friable en húmedo; sin motes, concreciones, revestimientos o piedras y con abundantes raíces. El límite entre los horizontes A y (B) es generalmente abrupto, aunque puede ser más gradual en zonas con una alta precipitación pluvial (33).

El horizonte (B) es de color claro, pardo amarillento, pardo gris o gris amarillento con valores y cromas de 4 a 6; comúnmente el color varía entre 10 YR 5/3 y 10 YR 5/6 en húmedo; en seco los colores también tienden a ser más claros. La textura es media; la estructura es de bloque subangular, débil, fina o media, poco visible en húmedo pero mucho más evidente en seco; la consistencia ligeramente plástica y ligeramente pegajosa en mojado y friable o firme en húmedo; en mojado da una sensación grasosa o resbalosa y de poseer una gran capacidad de retención de agua. Sin motes, concreciones o piedras y con pocas raíces (33).

El horizonte C de los andosoles consiste generalmente de cenizas grises, posiblemente andesíticas y materiales pumíceos. Los andosoles de áreas relativamente secas se rajan y las grietas tienden a agrandarse con la profundidad, alcanzando mayor tamaño en el subsuelo, según sea el contenido de materiales amorfos (33).

La estructura granular de los suelos tiende a ser débilmente desarrollada y no es muy aparente en el suelo húmedo, exceptuando la estructura granular de los suelos bajo condición de pradera. Aparentemente el alto contenido de alófana y materia orgánica y por consiguiente de agua, es responsable de la estructura débil, del agrietamiento de los suelos al secarse bajo condiciones de campo (33).

Martini (33) sostiene que aunque el perfil es bien drenado no hay revestimiento de arcillas debido a su bajo contenido o a la poca dispersión de agua de éstas, predominantemente amorfas. El mismo autor ma

nifiesta que los andosoles son suelos altos en materiales amorfos y materia orgánica, bien estructurados y drenados, poco meteorizados y con perfiles jóvenes, y que para lograr un alto contenido de alófana se necesita un material parental rico en vidrios volcánicos, con relaciones si/Al bajas y aluminio en coordinación tetraédrica.

Los andosoles más profundos en América Central ocurren en áreas de volcanismo activo, en donde erupciones periódicas rejuvenecen el material parental aportando nuevas reservas de vidrios (34).

En los suelos volcánicos la alófana fija la materia orgánica, en tal forma que la hace poco asequible a la acción de los microorganismos, lo cual le permite aun después de varios años de cultivo mantener hasta un 20% o más de material orgánico, que es generalmente mayor al contenido de los suelos adyacentes no derivados de cenizas volcánicas (20, 41, 43).

La gran cantidad de materia orgánica se debe también a la buena fertilidad y alta capacidad de retención de agua de estos suelos que producen un alto crecimiento vegetativo y al clima templado húmedo que abunda en los andosoles, lo cual produce una descomposición orgánica lenta (33).

Según Birrell (6) el pH es afectado también por la mineralogía del suelo, siendo de débil a fuertemente ácido, cuando predomina la alófana y casi neutro cuando abunda la montmorillonita.

Otra característica de los andosoles es la de presentar una alta capacidad de fijación y retención de fósforo; baja disponibilidad de nitrógeno, no obstante su alto contenido de materia orgánica; elevada capacidad total de intercambio y alto contenido de óxidos hidratados de hierro y aluminio (10, 11).

Besoain (3) indica que los suelos evolucionados presentan menor fijación de fósforo, en comparación con aquellos que han evolucionado menos; esto se debe a que en los suelos que más han evolucionado, la alófana se ha derivado a formas cristalinas con menor superficie de reacción (halloysitas, caolinita).

2.1.3.1 Formación y procedencia de la alófana en los suelos

Las alófanas derivadas de cenizas volcánicas son de gran importancia en Colombia, por ejemplo. La alófana ($NSiO_2 \cdot Al_2O_3$ y H_2O) probablemente no se forma mediante uno sino a través de dos o más mecanismos en el suelo, pero básicamente estos incluirán coprecipitación de soluciones o geles o formación directa a partir de vidrios o feldespatos desordenados (3).

2.2.1 Características morfológicas

Diversos autores (6, 13, 19, 28, 38) conciben la formación de la alófana a partir de la coprecipitación de soluciones o geles que contengan una alta proporción de sílice y alúmina liberados desde minerales primarios; se considera que en tal proceso, los vidrios y parcialmente feldespatos y minerales básicos deberían intemperizarse primeramente hasta una solución o degradación a un estado amorfo por ruptura de las uniones entre la sílice y los otros grupos oxidados unidos a ella.

Besoain (3) afirma que primero aparecerían formas atómicas y luego geles de alúmina y sílice altamente hidratados, produciéndose pérdidas simultáneas de bases y sílice, pero el hierro tendería a permanecer en el sistema, estimulando las condiciones del medio a que la alúmina y sílice coprecipiten, constituyendo una fracción coloidal.

Fieldes (16) considera que en un comienzo tal fracción estuvo formada por fases discretas de sílice y alúmina, pero con el tiempo estas fases se unieron al azar a través de enlaces cruzados. El mismo autor estima que posiblemente arcillas provenientes de la transformación directa de vidrios volcánicos puedan tener una estructura al azar, similar a la de la alófana, independiente de procesos que impliquen disoluciones o nuevas precipitaciones.

Fieldes y Furket (17) sostienen que residuos amorfos de vidrios hidratados mantienen su estructura original y se identifican con la alófana tanto en definición como en propiedades. Un criterio semejante se podría aplicar a los feldespatos desordenados.

2.2 Características de los andosoles en Colombia

Los suelos derivados de cenizas volcánicas son de gran importancia en Colombia, por cuanto una extensión considerable de ellos, que se encuentran sobre las cordilleras andinas, tienen como material parental ceniza, tobas y lavas volcánicas (31).

2.2.1 Características morfológicas

Luna (31) manifiesta que morfológicamente los andosoles en Colombia, se identifican con aquellos establecidos en otros lugares del mundo. En el Japón por Kanno (28), en Nueva Zelandia por Birrell (6), en Hawaii por Swindale y Sherman (40). Sin embargo, estos suelos presentan en Colombia ciertas peculiaridades que los distinguen de los suelos de otras latitudes.

Estudios efectuados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi sobre suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia, citados por Luna (31), han comprobado que la mayor parte de los suelos se derivan de cenizas ricas en rocas riolíticas, dacíticas y en menor proporción de rocas andesíticas ricas en hiperstena y hornblenda. El vidrio volcánico encontrado es por lo general ácido.

Luna (31) manifiesta que los colores oscuros predominan en los horizontes del perfil (especialmente en los horizontes superiores). Se encuentran colores más claros en el primer horizonte, en suelos pertenecientes a regiones de clima templado, como son aquellos de la zona cafetera de Caldas. En algunos de estos suelos es posible distinguir los diferentes estratos o capas de ceniza correspondientes a tiempos distantes de deposición.

El horizonte superior de los andosoles posee por lo regular textura franca, algo arenosa, llegando a ser más pesada en etapas más avanzadas de meteorización. Los límites inferiores indican infiltración de materia orgánica en el subsuelo; consistencia no plástica y pegajosa (31).

2.2.2 Características mineralógicas

Según Luna (31), los suelos volcánicos de Colombia reúnen las siguientes características mineralógicas :

a. Pequeña cantidad de vidrio volcánico y abundante fitolitos en las fracciones de limo y arena fina

b. La alófana es el principal constituyente de la fracción arcilla en la parte superior del suelo; halloysita hidratada, caolinita y gibbsita se encuentran por lo general en los horizontes inferiores.

2.2.3 Características fisico-químicas

De acuerdo a Luna (31), las características fisico-químicas de los suelos volcánicos de Colombia son :

a. pH ácido a ligeramente ácido

b. Baja saturación de bases

c. Capacidad catiónica de cambio alta y capacidad de intercambio aniónico relativamente alta

d. pH superior a 9,4 al tratar 1 g de suelo con 50 ml de fluoruro de sodio 1M luego de un minuto

e. Contenido alto de materia orgánica

f. Dispersión difícil

g. Retención de humedad por encima del 20% a 15 atmósferas.

2.3 Características de los andosoles en Nariño

Los andosoles en el Departamento de Nariño se encuentran a alturas superiores a 2.800 m; estos suelos han recibido adiciones recientes, provenientes del Volcán Galeras (31).

a. Suelos desarrollados sobre conitos volcánicos

Simons, citado por Wright (43), hace mención de suelos derivados de ceniza volcánica en la faja tropical de la costa del Pacífico; suelos que no han sido estudiados.

Los suelos del Altiplano de Túquerres se encuentran alrededor de los 3.000 y 3.100 m de altura, con temperatura que oscila entre 6 y 11°C durante el día y más bajas durante la noche; la precipitación es de 500 a 1.000 mm por año. El suelo se ha desarrollado sobre una capa de ceniza volcánica de 130 cm de espesor, de color oscuro; las capas subyacentes son depósitos de arena y arcilla de colores más claros (31).

Luna (31) manifiesta que la zona volcánica del Departamento de Nariño se encuentra formada por andesitas, basaltos y tobas del Cenozoico; los resultados del análisis mineralógico de las arenas indican un alto contenido de cuarzo y menor proporción de feldespatos alcalinos y hornblenda o hiperestena. Se trata de material dacítico-andesítico, donde el vidrio volcánico es ácido. El material dominante de la fracción arcilla es la alófa en el primer horizonte y minerales caolíníficos (meta-halloysita), en los horizontes subyacentes. La proporción relativamente alta de minerales meteorizables en el perfil y la naturaleza de los minerales componentes de la arcilla, indican que se trata de un suelo poco desarrollado.

Blasco (7) afirma que los suelos volcánicos de Nariño tienen un nivel alto de materia orgánica, pH ácido o ligeramente ácido, capacidad de intercambio catiónico alta y mayormente dependiente de la materia orgánica, concentración de potasio cambiante alta y de magnesio y calcio variable.

Luna y Carlhoun (32) en un estudio sobre génesis y clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas del Departamento de Nariño, concluyen que en el Altiplano de Pasto se encuentran los siguientes tipos de suelos :

otros minerales, tales como tober, material soluvial andesítico y ceniza volcánica que ha sido trabajada previamente o transportada por acción del agua.

a. Suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas

Son suelos profundos del tipo AC ó A(B)C en los cuales el horizonte A pasa de 50 cm de espesor y es de colores oscuros. Su textura es franco-arenosa, franco-limosa y excepcionalmente franco-arcillosa. Su consistencia es friable y muy friable, siendo escasos los suelos de consistencia firme. El contenido de carbono orgánico es muy alto; la capacidad de intercambio catiónico es alta, pero la mayor parte de ella es dependiente del pH. La saturación de bases es baja y el hidrógeno intercambiable muy alto. El pH en agua (1:2) del horizonte A oscila entre 4,8 y 5,4 y el obtenido en NaF 1M es mayor de 10, lo que indica altos contenidos de coloides amorfos. La densidad aparente es menor de 0,85 g/cc y son muy pobres en fósforo aprovechable.

Desde el punto de vista mineralógico, en las arenas predominan las plagioclasas en la fracción liviana y la hornblenda en la fracción densa. El cuarzo es muy escaso, lo cual conjuntamente con otras características mineralógicas indica que la composición de la ceniza es andesítica. En la fracción arcillosa de los horizontes superiores predominan las arcillas amorfas y la halloysita hidratada. En las arcillas las que más abundan son la halloysita y la meta-halloysita.

La clasificación de estos suelos en el sistema Séptima Aproximación (32) es la siguiente :

Orden	:	Inceptisoles
Suborden	:	Andept
Grandes grupos	:	Dystrandept
		Vytrandept

b. Suelos desarrollados de materiales complejos

Son suelos desarrollados sobre cenizas en combinación con otros minerales, tales como tobas, material coluvial andesítico y ceniza volcánica que ha sido trabajada previamente o transportada por acción del agua.

Morfológicamente son del tipo AC ó A(B)C y presentan características variadas dependiendo de la proporción y clase del material con el cual se encuentra asociada la ceniza. Comparando con los suelos del grupo anterior (Andept) poseen colores más claros, poseen estructura más desarrollada y son de consistencia firme, algo plásticos y pegajosos y poco porosos. Son ligeramente ácidos con alta saturación de bases y bajo contenido de carbono orgánico. El contenido de arcilla es mucho más alto que el encontrado para suelos derivados exclusivamente de cenizas volcánicas. La densidad aparente se acerca a la unidad y el pH en NaF 1M da valores inferiores a 9,5 lo cual indica que estos suelos tienen cantidades inferiores al 50% de material amorfo. La capacidad de intercambio catiónico es alta pero inferior a la de los suelos Andept, en cambio el fósforo aprovechable es de bajo a mediano, pero mayor que en los suelos Andept.

Dentro de los minerales livianos, componentes de las arenas, predominan los feldespatos plagioclásticos y dentro de los pesados la hornblenda. El cuarzo es muy escaso, lo cual quiere decir que los materiales originales son del tipo andesítico. Dentro de las arcillas las que más abundan son la halloysita y la meta-halloysita.

La clasificación de estos suelos de acuerdo al Sistema Séptima Aproximación (32), es la siguiente :

Orden : Inceptisoles

Suborden : Trocept

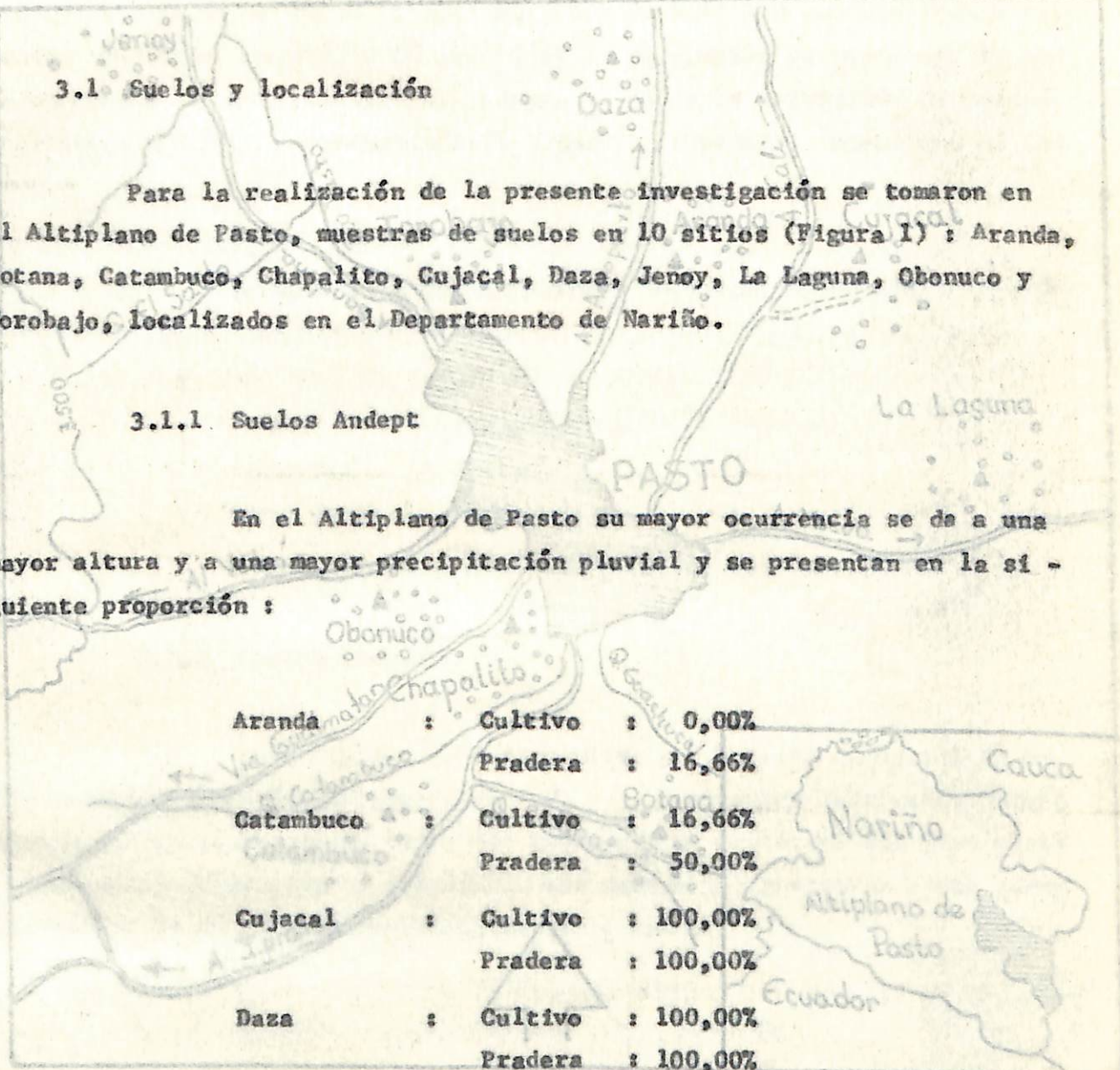
III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Suelos y localización

Para la realización de la presente investigación se tomaron en el Altiplano de Pasto, muestras de suelos en 10 sitios (Figura 1): Aranda, Botana, Catambuco, Chapalito, Gujacal, Daza, Jenoy, La Laguna, Obonuco y Torobajo, localizados en el Departamento de Nariño.

3.1.1. Suelos Andept

En el Altiplano de Pasto su mayor ocurrencia se da a una mayor altura y a una mayor precipitación pluvial y se presentan en la siguiente proporción :



Aranda	:	Cultivo	:	0,00%
		Pradera	:	16,66%
Catambuco	:	Cultivo	:	16,66%
		Pradera	:	50,00%
Gujacal	:	Cultivo	:	100,00%
		Pradera	:	100,00%
Daza	:	Cultivo	:	100,00%
		Pradera	:	100,00%
Jenoy	:	Cultivo	:	100,00%
		Pradera	:	100,00%
Obonuco	:	Cultivo	:	33,33%
		Pradera	:	100,00%

FIG. 1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Presentan como características generales texturas livianas que van de franco a franco arenoso o franco limoso; alto contenido de carbono orgánico, en ocasiones mayor al 4% (11); su pH en NaF 1M es mayor

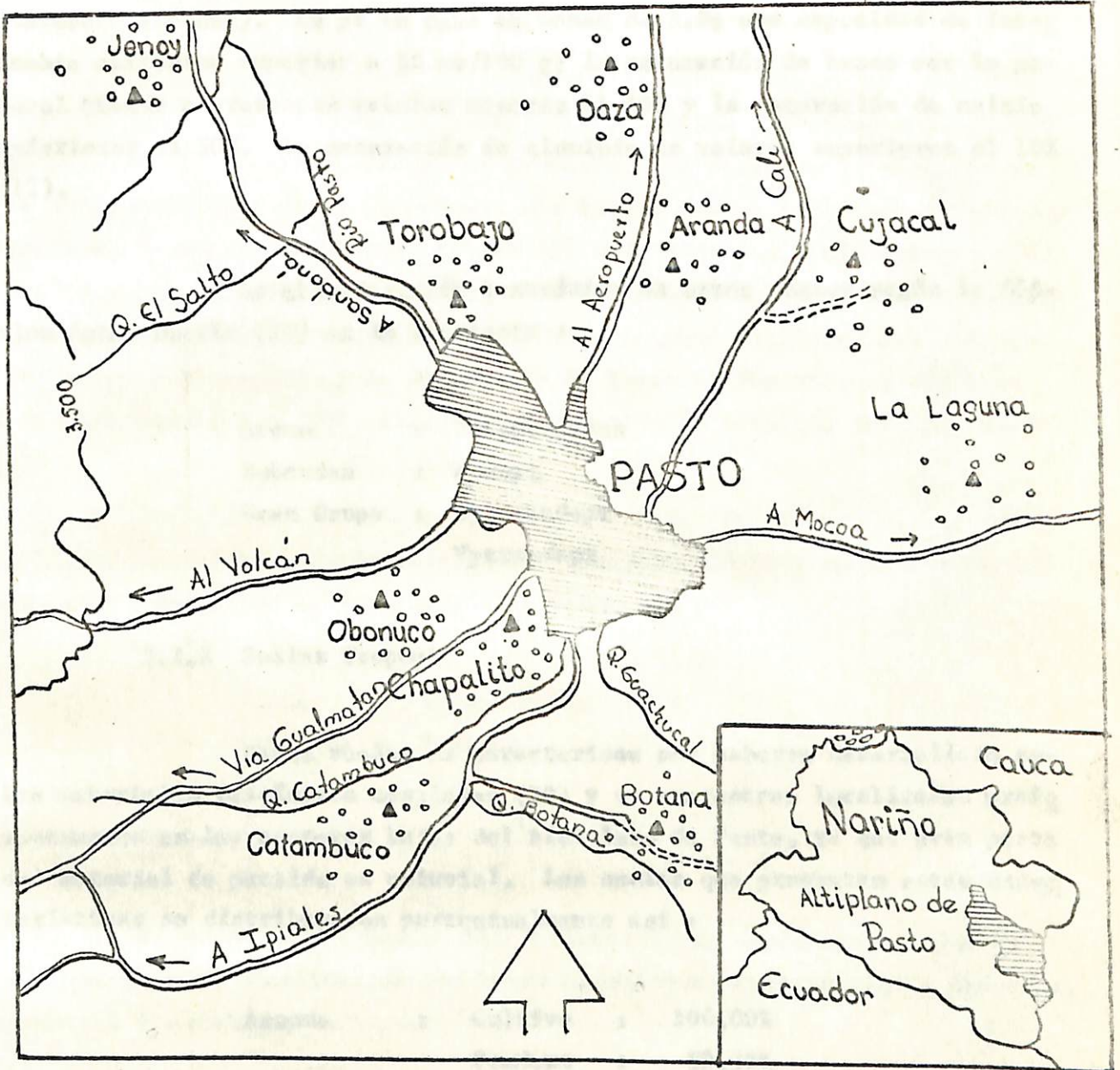


FIG. 1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

▲ UBICACIÓN DE LOCALIDADES Y (.....) SITIOS DE MUESTREO

SITUACIÓN; 1 13°16' LATITUD NORTE, 77°17'00" LONGITUD OESTE

ESCALA: 1:50.000

† TOMADO DE DÁVILA Y TORRES (11).

de 9,5, lo que indica un contenido mayor del 50% de coloides amorfos (especialmente alófana). Su pH en agua es menor de 5,8; una capacidad de intercambio catiónico superior a 35 me/100 g; la saturación de bases por lo general tiende a presentar valores menores al 40% y la saturación de calcio inferiores al 30%. La saturación de aluminio da valores superiores al 10% (11).

La clasificación taxonómica de estos suelos según la Séptima Aproximación (32) es la siguiente:

Orden : Inceptisoles

Suborden : Andept

Gran Grupo : Dystrandept

Vytrandept

3.1.2 Suelos Tropept

Orden : Inceptisoles

Suborden : Tropept

Estos suelos se caracterizan por haberse desarrollado sobre materiales volcánicos complejos (32) y se encuentran localizados preferentemente en los sectores bajos del Altiplano de Pasto, ya que gran parte del material de partida es coluvial. Los suelos que presentan estas características se distribuyeron porcentualmente así:

Aranda : Cultivo : 100,00%

Pradera : 83,33%

Botana : Cultivo : 100,00%

Pradera : 100,00%

Catambuco : Cultivo : 83,33%

Pradera : 50,00%

Chapalito : Cultivo : 100,00%

Pradera : 100,00%

Obonuco : Cultivo : 66,66%

Pradera : 0,00%

3.3 Clima y Suelo	Torobajo	:	Cultivo	:	100,00%
			Pradera	:	100,00%

La temperatura media anual del Altiplano de Pasto está comprendida entre 10 y 14°. En el presente trabajo estos suelos constituyen el 59,16% de la muestra. Se caracterizan por presentar una profundidad efectiva mucho menor que los Andept, de colores más claros debido ante todo a un menor contenido de materia orgánica (menor del 4%); son suelos más pesados debido a un mayor contenido de arcillas. Su pH en agua muestra valores superiores a 5,5, presentando una capacidad de intercambio catiónico con valores inferiores a 30 me/100 g; la saturación de bases es superior al 40% y la de calcio superior al 30%, siendo la saturación de aluminio inferior al 30% (11).

De acuerdo al sistema taxonómico Séptima Aproximación (32) este grupo de suelos se los puede clasificar así:

Orden : Inceptisoles

Suborden : Tropept

3.2 Geología

El Altiplano de Pasto está conformado por depósitos volcánicos del Cuaternario, constituidos por tobas andesíticas cuaternarias y modernas, andesitas y aluviones cuaternarios (36).

Los depósitos volcánicos más recientes los forman capas de ceniza provenientes de los volcanes Galeras, Morasurco, Patascoy y Bordoncillo, de espesor variable dependiendo de la topografía, dirección del viento y proximidad de los volcanes. También se encuentra otro tipo de depósitos volcánicos formados por mezcla de ceniza y material cascajoso u otro tipo de material de origen coluvial andesítico (36).

3.3 Clima y ecología

La temperatura media anual del Altiplano de Pasto está comprendida entre 10 y 14°C. La precipitación anual promedio es de 800 a 1.100 mm (9, 26).

Según el estudio de las formaciones vegetales de Colombia (15), en el Altiplano de Pasto se encuentran las siguientes: Bosque seco montano bajo y Bosque húmedo montano bajo.

3.4 Análisis de laboratorio

Los análisis de las propiedades físicas de los suelos se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño y en el de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, Universidad Nacional de Colombia.

3.5 Métodos

3.5.1 Determinación de las propiedades físicas

3.5.1.1 Textura

Se siguió el método del hidrómetro descrito por González (22).

3.5.1.2 Agregados estables al agua

Se determinó de acuerdo a la técnica descrita por Tiulín y modificada por Yoder (44), mediante el empleo del aparato diseñado por Woodruff y adaptado por Adames y Levy (1).

3.5.1.3 Porosidad

Se calculó en base a la densidad aparente y a la densidad de las partículas.

3.5.1.4 Densidad de las partículas

Se determinó por el método del picnómetro, siguiendo la técnica descrita por Silva (38).

3.5.1.5 Densidad aparente

Se siguió el método descrito por Arturo y Eraso (2)

3.5.1.6 Plasticidad

a. Límite plástico superior

Se siguió el método de Bodman descrito por González (22), utilizando el aparato de Casagrande

b. Límite plástico inferior

Se determinó utilizando el método descrito por Guerrero y Mantilla (25)

c. Índice de plasticidad

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

3.5.1.7 Constantes de humedad

a. Coeficiente higroscópico

Se siguió el método descrito por Guerrero (24)

b. Punto de marchitamiento

Se determinó por medio del método de los platos de presión, descrito por González (22)

c. Capacidad de campo

Se determinó por el método de las ollas de presión, descrito por González (22) presente investigación se presentan en las Tablas I a XIII y Figuras 2 a 30.

d. Agua aprovechable

Se calculó por diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento.

3.5.2. Propiedades químicas

3.5.2.1 Reacción del suelo (suelo-agua 1:1)

Se determinó empleando un potenciómetro tipo Beckman H_2 , utilizando una mezcla de suelo agua 1:1 (38)

3.5.2.2 Reacción del suelo (NaF 1M)

Se calculó empleando un potenciómetro tipo Beckman H_2 , utilizando una mezcla de 1 g de suelo y 50 ml de fluoruro de sodio 1M, según la técnica de Fieldes y Ferrot, descrita por Dávila y Torres (11).

3.5.3. Análisis estadístico

Las muestras se clasificaron de acuerdo al tipo de cobertura y a su pH en fluoruro de sodio 1M. Se hicieron análisis de correlación lineal entre el pH en NaF 1M y las principales propiedades físicas de los suelos, tanto bajo condición de cultivo como de pradera, y en conjunto.

no es propiamente cierto. IV. RESULTADOS Y DISCUSION. Los resultados obtenidos en la presente investigación se presentan en las Tablas I a LIII y Figuras 2 a 30.

4.1 Determinación rápida de coloides amorfos (pH en NaF 1M) y su relación con las propiedades físicas

En la Tabla LI se presentan los coeficientes de regresión (r), su significancia estadística y los coeficientes de determinación u asociación (R^2) obtenidos entre las diferentes propiedades físicas estudiadas y los valores de pH (NaF 1M).

Para el análisis de regresión y correlación lineal se tuvieron en cuenta tres grupos de suelos : a) Condición de pradera y cultivo; b) Condición de pradera y c) Condición de cultivo. Esto se justifica por cuanto es de esperar que el manejo del suelo, implícito en el tipo de cobertura, afecte la acción de los coloides amorfos sobre las diferentes propiedades. Este efecto se considera en un acápite específico.

En conjunto, los coeficientes de correlación obtenidos son altos y, por tanto, se puede afirmar que la concentración de coloides amorfos está influyendo sobre todas las propiedades físicas estudiadas a un nivel de confiabilidad estadística superior al 99% de probabilidades ($P < 0,01$).

4.1.1 Contenido de arcilla

Para las tres condiciones de estudio (pradera-cultivo, pradera y cultivo) la determinación rápida de coloides amorfos relacionó inversamente con el contenido de arcillas (Figuras 4, 5 y 6). Esto supone que entre mayor sea la ocurrencia de coloide amorfo, menor será el contenido de arcilla determinado en el laboratorio, lo que aparentemente constituye una contradicción, pues siendo el coloide amorfo una arcilla, la relación debería ser inversa a la encontrada. La explicación radica en el hecho de que

no es propiamente cierto que los suelos alofánicos sean bajos en arcilla, sino que el análisis granulométrico no logra determinarla a causa de los siguientes fenómenos:

a. Dificil dispersión

Conforme lo han observado varios investigadores (3, 5, 11, 28, 29, 33) los suelos alofánicos ofrecen una gran resistencia a la dispersión causada por su alta estabilidad estructural. Este fenómeno implica que en el análisis mecánico la sedimentación de una buena parte de la arcilla ocurra junto con la arena o limo en forma de agregados no dispersados.

b. Efecto del secado de la muestra

Para el análisis mecánico, usualmente se acostumbra secar el suelo al aire o a la estufa, lo que para el caso de los andosoles causa alteraciones físicas de consideración, tal como la contracción irreversible y formación de agregados (12, 28, 33, 35, 39). Este último efecto supone un incremento en su ya alta estabilidad estructural y, por tanto, en su dificultad de dispersión.

En consecuencia, los resultados obtenidos en el presente estudio, tan solo significan que conforme se incrementa el contenido de coloides amorfos se incrementa también la dificultad de dispersión y, en consecuencia, disminuye la cantidad de arcilla detectada en el laboratorio.

La acción de los coloides amorfos sobre el contenido de arcilla depende de la cobertura o uso del suelo, según lo demuestran los coeficientes de determinación encontrados para pradera (56,3%) y para cultivo (28,3%). Este efecto del uso del suelo será discutido más adelante, en conjunto con las demás propiedades físicas. Es claro, entonces, que en primer lugar se discutirán las relaciones obtenidas al considerar en conjunto las condiciones de pradera y cultivo.

4.1.2 Densidad aparente y porosidad total

Es conocido que densidad aparente y porosidad son dos propiedades íntimamente relacionadas en sentido inverso, de donde resulta que las correlaciones con el pH (NaF 1M) serán contrarias.

En efecto, de la Tabla LI se deduce que la acción de los coloides alofánicos sobre la densidad aparente es inversa, en tanto que sobre la porosidad es de sentido contrario, lo que significa que a medida que se incrementa el contenido de alófana en los suelos la densidad aparente disminuye (Figuras 22, 23 y 24) y la porosidad aumenta (Figuras 7, 8 y 9), mostrando coeficientes de asociación relativamente altos y similares : 62,8% y 59,6%, respectivamente.

Los altos valores de espacio poroso registrados en los suelos Andept están asociados con la acentuada acción agregante de los coloides alofánicos en combinación con compuestos orgánicos, al formar complejos organominerales estables, lo que genera una alta cantidad de microporos, según se discutirá más adelante.

Un aspecto práctico de importancia derivado de la mayor porosidad en los andosoles es su menor peso por hectárea, lo cual tiene trascendencia en lo que respecta a los cálculos inherentes a la interpretación de análisis químicos y la recomendación de fertilizantes y enmiendas.

4.1.3 Agregados estables al agua

La estabilidad de los agregados aumenta al incrementarse el pH (NaF 1M), con un coeficiente de asociación 60,1%, bajo condición de cultivo y pradera, resultado que se interpreta en el sentido de que los coloides alofánicos promueven la formación de agregados muy estables en los suelos Andept, en tanto que en los suelos Tropept la estabilidad disminuye al disminuir el contenido de alófana (Figuras 10, 11 y 12).

(8) han planteado que el desarrollo de un alto grado de estabilidad estructural en los andosoles se debe a la formación de complejos estables alófana-materia orgánica, a través del aluminio, como lo sugiere Jackman (27), o por la intervención de la sílice, según la reciente evidencia experimental obtenido por Griffinth y Schnitzer (23). De otra parte, Kubota (30) acaba de divulgar resultados experimentales según los cuales los grupos $Al(OH)_3$ de la alófana actúan a manera de "puente" entre las partículas de arcilla, generando así una fuerte agregación.

El significado práctico de los resultados obtenidos con respecto a la agregación es de cierta importancia, ya que los suelos Andept, al mostrar una mayor estabilidad en su agregación, serán menos susceptibles a la acción de la erosión y a la degradación estructural causada por la labranza, que los suelos Troept. Esto es de particular interés para el caso de los suelos estudiados, a causa de las altas pendientes de la región andina del sur de Colombia.

La mayor susceptibilidad a la erosión de los suelos Troept es un elemento que actualmente es probable de una maneja objetiva, cuando parcelas de minifundio asentadas en este suborden han perdido, en muchos casos, sino toda, gran parte de la capa vegetal, en contraste con la enorme profundidad de la correspondiente a los suelos Andept, aun bajo fuertes pendientes.

4.1.4 Plasticidad

4.1.4.1 Capacidad de campo y agua disponible

Aunque en menor grado de intensidad, en comparación con las propiedades anteriores, el contenido de coloides amorfos incide significativamente sobre los parámetros de plasticidad (Tabla LI). (Figuras 14, 20 y 21) y el agua disponible (Figuras 13, 14 y 15) es directa y muestra una asociación de 18,9% y 21,3%.

El pH (NaF IM) relaciona directamente, tanto con el límite plástico superior (Figuras 25, 26 y 27) ($R^2 = 42,4\%$) como con el inferior (Figuras 28, 29 y 30) ($R^2 = 40,6\%$) en tanto que afecta inversamente

($R^2 = 9,9\%$) el índice de plasticidad (Figuras 16, 17 y 18). Cada unidad de incremento en el p_{li} (S_{af} 1N), el nivel de agua aprovechable aumenta en 7%.

La relación inversa con el índice de plasticidad nos dice que a medida que se incrementa el contenido de alófana, disminuye el rango de humedad en que el suelo se muestra plástico. La relación directa con el límite plástico inferior supone que conforme hay mayor acumulación de coloides amorfos se incrementa también la cantidad de agua que el suelo necesita para pasar de friable a plástico.

En términos de orden práctico, las relaciones obtenidas indican que el alto contenido de arcillas alofánicas en los suelos Andept tiende a atenuar su plasticidad y a incrementar los requerimientos de humedad para que el suelo se torne plástico. Los dos resultados suponen que los Andept presentan menos susceptibilidad al deterioro estructural por acción de la labranza que los suelos Tropept.

La acción de los coloides amorfos sobre los componentes de plasticidad es similar a la ejercida por la materia orgánica en los suelos del Altiplano de Pasto, según la evidencia previa obtenida por Escobar y colaboradores (14). Esta coincidencia, desde luego, no es casual, pues se conoce que el incremento en coloides amorfos supone incremento en el contenido de materia orgánica (11). De donde resulta muy probable que la acción de la alófana sobre la plasticidad y sobre otras propiedades físicas como agregación, porosidad y retención de agua, se debe, al menos en parte, al efecto de la materia orgánica acomplejada con aquel.

4.1.5 Capacidad de campo y agua aprovechable

Consecuente con su acción sobre la porosidad, el efecto de las arcillas amorfas sobre la capacidad de campo (Figuras 19, 20 y 21) y el agua disponible (Figuras 13, 14 y 15) es directo y muestra una asociación de 68,9% y 61,9%, respectivamente.

De acuerdo a la ecuación de regresión, por cada unidad de incremento en el pH (NaF 1M), el nivel de agua aprovechable aumenta en 7%.

La alta capacidad de almacenamiento de humedad en los suelos de naturaleza alofánica es una propiedad referida por los investigadores de los suelos volcánicos (5, 6, 12, 28, 33, 35, 39). Esta característica, asociada con la alta porosidad total, implica que en los andosoles difícilmente se presentará, bajo condiciones de campo, una situación de saturación de humedad que resulta en un déficit de aireación y, por otra parte, la alta disponibilidad de agua supone que estos suelos presentan una eficiente conservación de la humedad en las épocas secas.

El examen global de las altas correlaciones y asociaciones encontradas entre los valores de pH (NaF 1M) y las propiedades físicas, permite afirmar que este método ofrece una buena aproximación en el estimativo del nivel de coloides amorfos en los suelos, pues no de otra manera se podría explicar su acción definida sobre las características físicas, en adición a las químicas, de acuerdo a lo demostrado previamente por Dávila y Torres (11).

De otra parte, la argumentación anterior da base para concluir que la determinación de coloides amorfos, propuesta por Fieldes y Perrot (18), además de ser un estimativo rápido, eficiente y barato de los coloides amorfos relaciona muy bien no solo con indicadores químicos de la fertilidad (11), sino también con parámetros físicos de importante trascendencia en lo pertinente a disponibilidad de agua y aire para la planta, en la resistencia al deterioro estructural, susceptibilidad a la erosión y, en general, sobre propiedades del suelo que determinan criterios de uso, manejo y conservación.

4.2 El uso del suelo y la acción de los coloides amorfos sobre las propiedades físicas

Del análisis de los coeficientes de regresión y correlación obtenidos bajo condiciones de pradera y cultivo (Tabla LI) se deduce que la ac-

Al respecto, resalta especialmente los resultados alcanzados en la acción de los coloides amorfos sobre el contenido de arcillas, densidad aparente, porosidad y porcentaje de agregados estables, depende del tipo de cobertura bajo la cual se encontraba y, por tanto, de las prácticas de manejo a las cuales estaban sometidos los suelos del Altiplano de Pasto.

La acción diferencial del contenido de coloides por efecto del uso del suelo es particularmente intensa e interesante en el caso de la densidad aparente, porosidad y estabilidad de la agregación, pues mientras bajo pradera los coeficientes de asociación respectivos fueron : 80,3%, 98,4%, y 83,9%, bajo cultivo la asociación bajó radicalmente a niveles de 48,7%, 34,7% y 52,7%.

En términos prácticos, los resultados anteriores significan que bajo condiciones de pradera la porosidad, densidad aparente y agregación dependen en más del 80% del contenido de coloides amorfos, mientras que bajo cultivo esta dependencia decae a valores cercanos o inferiores al 50%. La interpretación de este fenómeno podría explicarse de la siguiente manera : la acción del cultivo con todas sus labores asociadas, como arada, rastrellada, incorporación de residuos, etc., incide también sobre la agregación, densidad aparente y porosidad, causando, por tanto, una disminución acentuada en la acción de los coloides amorfos.

Puesto que los coeficientes de asociación indican el porcentaje en que cada variable física depende del contenido de coloides amorfos, las diferencias entre los valores R^2 obtenidos bajo pradera y cultivo permitirán una aproximación tentativa a la evaluación del efecto de la labranza sobre densidad aparente, estabilidad de agregados y porosidad.

Si se acepta la premisa anterior, el estimativo proximal del efecto relativo de los componentes de laboreo del suelo en el Altiplano de Pasto, será el que se muestra en la Tabla LII.

En términos estadísticos la interpretación de estos valores indica que bajo condiciones de cultivo, el efecto relativo de la labranza explica en un 31,7% la variación de la densidad aparente, en un 63,7% la variabi-

Al respecto, resaltan especialmente los resultados alcanzados para la porosidad. Esta importante propiedad depende casi en un 100% del contenido de coloides amorfos, bajo condiciones de pradera, en tanto que bajo cultivo la mayor parte del efecto benéfico del coloide es reemplazado por la acción de los componentes de manejo o labranza.

La alta asociación y correlación estadística conseguida bajo condiciones de pradera para densidad aparente, porosidad y agregados estables permite aceptar que el valor de pH (NaF 1M) constituye un buen parámetro para predecir esas propiedades mediante la aplicación de las ecuaciones de regresión respectivas, en la siguiente forma :

$$\begin{array}{lcl} \text{Densidad aparente} & & \\ \text{(Pradera) (g/cc)} & = & 2,79 - 0,18 (\text{pH NaF 1M}) \quad (1) \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Porosidad total} & & \\ \text{(Pradera) (\%)} & = & 6,44 (\text{pH NaF 1M}) - 8,55 \quad (2) \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Agregados estables} & & \\ \text{al agua (\%)} & = & 14,35 + 6,73 (\text{pH NaF 1M}) \quad (3) \\ \text{(Pradera)} & & \end{array}$$

El alcance práctico de la aplicación de las ecuaciones (1), (2) y (3) es claro : la determinación rápida y sencilla del pH (NaF 1M) permitirá estimar, para los suelos del Altiplano de Pasto, su densidad aparente, porosidad y estabilidad de agregados, siempre y cuando estos suelos se encuentren bajo cobertura natural, con un alto grado de confiabilidad estadística. Bajo condiciones de cultivo la situación cambia y el uso de ecuaciones similares no es factible por cuanto, como ya se ha visto, la acción de la alófana es sustituida en gran parte por el efecto de la labranza.

Con respecto a la aplicación de las ecuaciones (1), (2) y (3) hay que tomar en cuenta la restricción que presenta el uso de la regresión estadística, en el sentido de que es aplicable únicamente cuando el valor

de "X" en este caso pH (NaF 1M), se encuentre entre el rango de valores observados experimentalmente.

TABLA I

Puesto que el peso de una hectárea de suelo para 15 cm de profundidad es un valor de suma utilidad práctica, de la ecuación (1) se puede derivar otra relación matemática que permite obtener peso/Ha (Kg) a partir de pH (NaF 1M) :

$$\text{Peso/Ha/15 cm} = 2,79 - 0,18 (\text{pH NaF 1M}) \times 15 \times 10^5 \quad (5)$$

Para fines prácticos esta ecuación (4) puede ser de suma utilidad siempre y cuando el suelo se encuentre bajo pradera. A título ilus-trativo, la Tabla LIII muestra los valores de porosidad, densidad aparente, agregados estables y peso/Ha calculados para diferentes valores de pH (NaF 1M), mediante la aplicación de ecuaciones propuestas.

La relación inversa encontrada entre la reacción del suelo (pH en agua) y el contenido de coloides amorfos se explica ante todo en el hecho de que al incrementarse el pH (NaF 1M), aumenta el contenido de alófa na y por lo tanto el aluminio y el sílice, aumentando el grado de acidez, disminuyendo lógicamente el pH en agua o reacción del suelo (Figuras 2 y 3).

1	5,40	9,20	Tropop
2	7,40	8,20	Tropop
3	6,10	9,10	Tropop
4	6,70	9,10	Tropop
5	6,20	9,00	Tropop
6	5,80	10,00	Andop

TABLA I

TABLA I

REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE ARANDA,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	pH en agua	pH en (NaF 1M)	Clasificación
Cultivo			
1	6,50	9,30	Tropept
2	6,40	8,90	Tropept
3	6,20	8,70	Tropept
4	5,80	8,90	Tropept
5	6,50	9,20	Tropept
6	6,50	8,80	Tropept
Pradera			
1	6,40	9,00	Tropept
2	7,40	8,80	Tropept
3	6,10	9,10	Tropept
4	6,70	9,10	Tropept
5	6,30	9,00	Tropept
6	5,80	10,00	Andept

TABLA II

REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE BOTANA,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	pH en agua	pH en (NaF 1M)	Clasificación
Cultivo			
1	5,60	9,30	Tropept
2	5,40	8,70	Tropept
3	6,10	9,30	Tropept
4	5,90	8,80	Tropept
5	5,50	9,30	Tropept
6	6,30	8,80	Tropept
Pradera			
1	5,70	8,70	Tropept
2	5,90	8,50	Tropept
3	6,30	8,60	Tropept
4	5,90	9,30	Tropept
5	6,80	9,00	Tropept
6	5,30	8,70	Tropept

TABLA III

REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE CATAMBUCO
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	pH en agua	pH en (NaF 1M)	Clasificación
Cultivo			
1	6,40	9,10	Tropept
2	6,20	9,00	Tropept
3	5,90	9,40	Tropept
4	6,20	8,90	Tropept
5	6,00	8,20	Tropept
6	6,20	9,50	Andept
Pradera			
1	6,70	9,30	Tropept
2	7,20	9,20	Tropept
3	7,10	9,50	Andept
4	6,70	8,90	Tropept
5	6,50	9,60	Andept
6	6,90	9,90	Andept

TABLA IV

REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE CHAPALITO
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	pH en agua	pH en (NaF 1M)	Clasificación
Cultivo			
1	6,90	8,80	Tropept
2	6,40	8,70	Tropept
3	7,40	8,90	Tropept
4	6,80	8,40	Tropept
5	6,60	8,50	Tropept
6	7,00	8,50	Tropept
Pradera			
1	6,80	8,90	Tropept
2	6,70	8,60	Tropept
3	6,90	9,30	Tropept
4	6,90	8,90	Tropept
5	7,30	9,20	Tropept
6	6,90	9,00	Tropept

TABLA V

REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE CUJACAL
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	pH en agua	pH (NaF 1M)	Clasificación
Cultivo			
1	5,90	9,60	Andept
2	6,20	9,80	Andept
3	6,00	9,80	Andept
4	5,70	9,90	Andept
5	5,80	9,80	Andept
6	5,90	9,70	Andept
Pradera			
1	5,80	9,80	Andept
2	5,90	9,60	Andept
3	6,20	9,80	Andept
4	5,90	9,70	Andept
5	5,70	9,90	Andept
6	6,00	9,80	Andept

TABLA VI

REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE DAZA
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	pH en agua	pH (NaF 1M)	Clasificación
Cultivo			
1	5,60	11,70	Andept
2	5,70	11,50	Andept
3	6,10	11,40	Andept
4	5,70	11,90	Andept
5	5,60	11,30	Andept
6	5,80	11,20	Andept
Pradera			
1	5,60	11,30	Andept
2	5,60	11,70	Andept
3	5,70	11,50	Andept
4	5,80	11,20	Andept
5	5,70	11,90	Andept
6	6,10	11,40	Andept

TARLA VIII
TABLA VII

REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE LA LAGUNA
REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE JENOV
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condiciones		pH en agua	pH (NaF 1M)	Clasificación
Condición		pH en agua	pH (NaF 1M)	Clasificación
Cultivo				
	1	4,90	9,00	Tropept
	2	5,10	10,80	Andept
	3	5,60	10,50	Andept
	4	5,90	10,60	Andept
	5	6,00	11,00	Andept
	6	5,90	9,90	Andept
	7	5,80	10,00	Andept
Pradera				
	1	5,70	8,20	Tropept
	2	6,30	10,40	Andept
	3	5,60	10,50	Andept
	4	6,30	10,40	Andept
	5	5,70	9,80	Andept
	6	6,00	10,50	Andept
	7	5,60	11,00	Andept

TABLA VIII

REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE LA LAGUNA
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	pH en agua	pH (NaF 1M)	Clasificación
Cultivo			
1	4,90	9,00	Tropept
2	5,10	8,90	Tropept
3	5,10	8,80	Tropept
4	4,40	8,80	Tropept
5	5,00	8,90	Tropept
6	5,20	8,90	Tropept
Pradera			
1	5,20	8,20	Tropept
2	5,60	8,60	Tropept
3	4,60	8,90	Tropept
4	5,40	8,90	Tropept
5	5,70	8,70	Tropept
6	5,40	8,90	Tropept

TABLA IX

REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE OBONUCO
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	pH en agua	pH (NaF 1M)	Clasificación
Cultivo			
1	6,20	9,20	Tropept
2	6,10	9,00	Tropept
3	6,10	9,60	Andept
4	5,90	9,50	Andept
5	6,00	8,90	Tropept
6	6,20	9,30	Tropept
Pradera			
1	6,10	9,70	Andept
2	6,00	9,70	Andept
3	5,80	9,80	Andept
4	6,00	9,50	Andept
5	5,90	10,10	Andept
6	5,90	10,10	Andept

TABLA X

REACCION DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE TOROBAJO

BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición		pH en agua	pH (NaF 1M)	Clasificación
Cultivo				
	1	6,60	9,00	Tropept
	2	5,80	8,60	Tropept
	3	6,50	8,90	Tropept
	4	5,60	8,70	Tropept
	5	6,10	9,20	Tropept
	6	6,20	8,40	Tropept
Pradera				
	1	6,40	8,90	Tropept
	2	6,20	8,60	Tropept
	3	6,30	8,70	Tropept
	4	6,50	8,80	Tropept
	5	6,40	8,40	Tropept
	6	6,30	8,30	Tropept

TABLA XI

DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
OBTENIDAS EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE ARANDA,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad %
Cultivo			
1	1,07	2,70	60,37
2	1,27	2,37	46,41
3	1,18	2,26	47,78
4	1,17	2,19	46,58
5	1,11	2,66	58,27
6	1,31	2,15	39,07
Pradera			
1	1,22	2,18	44,04
2	1,29	2,27	43,18
3	1,06	2,51	57,77
4	1,14	2,65	56,99
5	1,20	2,48	51,62
6	0,72	2,47	70,85

TABLA XVII
TABLA XII

DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
OBTENIDAS EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE BOTANA,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad %
Cultivo			
1	0,99	2,37	58,23
2	1,28	2,34	45,30
3	0,92	2,33	60,52
4	1,26	2,44	48,37
5	1,25	2,45	48,98
6	1,29	2,40	46,25
Pradera			
1	1,20	2,16	44,45
2	1,37	2,13	35,68
3	1,33	2,16	38,43
4	1,22	2,39	48,96
5	1,23	2,37	48,11
6	1,30	2,19	40,64

TABLA XIII
TABLA XIV

DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
OBTENIDAS EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE CATAMBUCO
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad %
Cultivo			
1	1,21	2,55	52,55
2	1,07	2,13	49,77
3	0,75	2,04	63,24
4	1,09	2,38	54,21
5	1,37	2,46	44,32
6	0,80	2,21	62,81
Pradera			
1	0,94	2,08	54,81
2	0,92	2,03	54,68
3	1,09	2,49	56,23
4	1,07	2,31	53,68
5	0,93	2,36	61,02
6	0,90	2,29	60,70

TABLA XIV

DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
OBTENIDAS EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE CHAPALITO
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad %
Cultivo			
1	1,10	2,26	51,33
2	1,23	2,44	49,59
3	1,07	2,26	52,65
4	1,22	2,32	47,41
5	1,16	2,24	48,21
6	1,05	2,08	49,52
Pradera			
1	1,28	2,25	43,11
2	1,29	2,14	39,72
3	1,19	2,35	49,36
4	1,31	2,30	43,04
5	1,27	2,44	47,95
6	1,21	2,23	45,74

TABLA XV

DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
OBTENIDAS EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE CUJACAL
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad %
Cultivo			
1	1,18	2,21	46,61
2	1,07	2,14	50,00
3	1,03	2,12	51,42
4	1,04	2,22	53,15
5	1,10	2,21	50,21
6	1,15	2,25	40,89
Pradera			
1	1,09	2,20	50,45
2	1,14	2,24	49,11
3	1,06	2,14	50,47
4	1,17	2,20	46,82
5	1,03	2,21	53,39
6	1,02	2,11	51,66

TABLA XVI

DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
OBTENIDAS EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE DAZA,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad %
Cultivo			
1	0,75	2,05	63,41
2	0,76	2,01	62,19
3	0,79	2,04	61,27
4	0,75	2,43	69,14
5	0,89	2,16	58,80
6	0,85	2,04	58,33
Pradera			
1	0,88	2,15	59,07
2	0,74	2,04	63,73
3	0,76	2,01	62,19
4	0,84	2,03	58,62
5	0,75	2,42	69,01
6	0,78	2,04	61,76

TABLA XVII

DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
OBTENIDAS EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE JENÓY,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad %
Cultivo			
1	0,95	2,18	56,42
2	0,99	2,11	53,08
3	0,99	2,19	54,79
4	0,72	2,10	65,71
5	1,08	2,08	48,08
6	1,02	2,15	52,56
Pradera			
1	0,83	2,15	61,40
2	0,83	2,19	62,10
3	0,95	2,33	59,23
4	0,93	2,22	58,11
5	0,80	2,16	62,96
6	0,84	2,33	63,95

TABLA XVIII

DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
OBTENIDAS EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE LA LAGUNA
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad %
Cultivo			
1	1,15	2,25	48,89
2	1,20	2,40	50,00
3	1,24	2,19	43,38
4	1,26	2,30	45,21
5	1,18	2,25	47,55
6	1,30	2,40	45,83
Pradera			
1	1,28	2,30	44,35
2	1,35	2,47	45,34
3	1,16	2,48	53,22
4	1,14	2,38	52,10
5	1,31	2,40	45,41
6	1,28	2,49	48,59

TABLA XIX

DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
OBTENIDAS EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE OBONUGO
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad %
Cultivo			
1	0,90	2,35	61,70
2	0,85	2,09	59,33
3	0,84	2,55	67,05
4	0,82	2,12	61,32
5	0,97	2,07	53,14
6	0,83	2,25	63,11
Pradera			
1	0,94	2,08	54,81
2	1,06	2,31	54,11
3	0,96	2,14	55,14
4	0,96	1,99	51,76
5	0,95	2,17	56,22
6	0,93	2,23	58,30

TABLA XX

DENSIDAD APARENTE, DENSIDAD REAL Y POROSIDAD TOTAL
OBTENIDAS EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE TOROBAJO,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Densidad aparente (g/cc)	Densidad real (g/cc)	Porosidad %
Cultivo			
1	0,91	2,08	56,25
2	1,15	2,13	46,01
3	0,95	2,11	54,98
4	0,97	2,02	51,98
5	0,93	2,29	59,39
6	1,16	2,23	48,88
Pradera			
1	1,03	2,41	57,26
2	1,22	2,37	48,52
3	1,13	2,22	49,10
4	1,10	2,19	49,77
5	1,12	2,16	48,15
6	1,24	2,31	46,32

TABLA XXI

ESTABILIDAD DE AGREGADOS > DE 2 mm, LIMITES DE PLASTICIDAD,
INDICE DE PLASTICIDAD Y CLASIFICACION OBTENIDOS EN LOS SUELOS
DE LA LOCALIDAD DE ARANDA, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Estabilidad de agregados 2 mm	Límite plástico superior %	Límite plástico inferior %	Indice de plasticidad	Clasifi- cación
Cultivo					
1	72,96	48,44	34,42	13,02	No plástico
2	69,44	51,22	38,39	12,83	No plástico
3	66,62	52,82	41,45	11,37	No plástico
4	70,06	40,43	32,56	7,87	No plástico
5	70,71	45,02	33,55	11,47	No plástico
6	68,10	38,37	24,92	13,45	No plástico
Pradera					
1	85,20	46,83	33,39	13,44	No plástico
2	83,32	36,09	22,86	13,23	No plástico
3	72,02	39,32	26,11	13,21	No plástico
4	72,02	57,89	42,57	15,32	Lig. plást.
5	70,04	46,34	30,03	16,31	Lig. plást.
6	86,60	61,88	52,32	9,56	No plástico

TABLA XXII

ESTABILIDAD DE AGREGADOS > DE 2 mm, LIMITES DE PLASTICIDAD,
INDICE DE PLASTICIDAD Y CLASIFICACION OBTENIDOS EN LOS SUELOS
DE LA LOCALIDAD DE BOTANA, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Estabilidad de agregados 2 mm	Límite plástico superior %	Límite plástico inferior %	Índice de plasticidad	Clasifi- cación
Cultivo					
1	86,44	50,55	43,98	6,57	No plástico
2	67,84	50,00	40,68	9,32	No plástico
3	72,84	50,31	39,10	11,21	No plástico
4	69,74	40,48	33,84	6,64	No plástico
5	71,26	49,68	35,63	14,05	Lig. plást.
6	70,54	45,35	33,29	12,06	No plástico
Pradera					
1	81,68	59,44	56,24	3,20	No plástico
2	68,24	60,74	53,55	7,17	No plástico
3	69,86	51,86	43,42	8,44	No plástico
4	84,20	51,64	45,23	8,41	No plástico
5	73,76	44,88	37,50	7,38	No plástico
6	70,16	46,08	38,17	7,91	No plástico

TABLA XXIII

ESTABILIDAD DE AGREGADOS > DE 2 mm, LIMITES DE PLASTICIDAD,
INDICE DE PLASTICIDAD Y CLASIFICACION OBTENIDOS EN LOS SUELOS
DE LA LOCALIDAD DE CATAMBUCO, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Estabilidad de agregados 2 mm	Límite plástico superior %	Límite plástico inferior %	Indice de plasticidad	Clasifi- cación
Cultivo					
1	73,74	47,18	26,30	20,88	Plástico
2	72,92	42,30	30,79	11,51	No plástico
3	75,26	43,69	33,28	10,41	No plástico
4	70,52	56,12	41,17	14,95	Lig. plást.
5	21,28	62,35	51,85	10,50	No plástico
6	76,12	60,29	48,65	11,64	No plástico
Pradera					
1	78,28	55,45	45,02	10,43	No plástico
2	77,02	42,92	36,86	6,06	No plástico
3	80,36	39,08	30,77	8,31	No plástico
4	75,62	50,00	31,12	18,88	Lig. plást.
5	81,88	55,56	51,28	4,28	No plástico
6	84,48	57,27	51,92	5,35	No plástico

TABLA XXIV

ESTABILIDAD DE AGREGADOS $>$ DE 2 mm, LIMITES DE PLASTICIDAD,
INDICE DE PLASTICIDAD Y CLASIFICACION OBTENIDOS EN LOS SUELOS
DE LA LOCALIDAD DE CHAPALITO, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Estabilidad de agregados 2 mm	Límite plástico superior %	Límite plástico inferior %	Índice de plasticidad	Clasifi- cación
Cultivo					
1	69,60	30,33	20,99	9,34	No plástico
2	69,20	40,08	25,92	14,16	Lig. plást.
3	70,54	40,75	26,41	14,34	Lig. plást.
4	67,00	42,24	24,65	18,59	Lig. plást.
5	68,48	38,22	21,60	16,62	Lig. plást.
6	69,64	36,35	21,77	14,58	Lig. plást.
Pradera					
1	71,66	46,42	32,56	13,86	No plástico
2	70,82	41,74	39,05	11,69	No plástico
3	74,00	42,84	33,43	9,41	No plástico
4	71,78	45,54	30,42	15,12	Lig. plást.
5	79,82	41,49	33,95	7,54	No plástico
6	72,92	42,85	32,61	10,24	No plástico

TABLA XXV

ESTABILIDAD DE AGREGADOS > DE 2 mm, LIMITES DE PLASTICIDAD,
INDICE DE PLASTICIDAD Y CLASIFICACION OBTENIDOS EN LOS SUELOS
DE LA LOCALIDAD DE CUJACAL, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Estabilidad agregados 2 mm	Límite plástico superior %	Límite plástico inferior %	Indice de plasticidad	Clasifi- cación
Cultivo					
1	79,24	51,30	45,55	5,75	No plástico
2	81,76	55,94	50,87	5,07	No plástico
3	81,34	52,56	47,42	5,14	No plástico
4	82,12	50,67	45,55	5,12	No plástico
5	81,52	54,15	49,03	5,12	No plástico
6	80,44	51,69	46,55	5,14	No plástico
Pradera					
1	82,51	54,14	49,02	5,12	No plástico
2	80,23	51,29	45,54	5,75	No plástico
3	82,75	55,93	50,86	5,07	No plástico
4	81,43	51,68	46,54	5,14	No plástico
5	83,11	50,67	44,54	6,13	No plástico
6	82,24	52,55	47,41	5,14	No plástico

TABLA XXVI

ESTABILIDAD DE AGREGADOS > DE 2 mm, LIMITES DE PLASTICIDAD,
INDICE DE PLASTICIDAD Y CLASIFICACION OBTENIDOS EN LOS SUELOS
DE LA LOCALIDAD DE DAZA, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Estabilidad de agregados 2 mm	Límite plástico superior %	Límite plástico inferior %	Indice de plasticidad	Clasifi- cación
Cultivo					
1	84,00	69,68	61,44	8,24	No plástico
2	83,52	71,36	56,66	14,70	Lig. plást.
3	82,52	67,14	64,62	2,52	No plástico
4	88,06	72,86	68,05	4,81	No plástico
5	81,66	66,26	58,33	7,93	No plástico
6	80,48	60,20	45,45	14,75	Lig. plást.
Pradera					
1	83,65	66,25	58,32	7,93	No plástico
2	87,01	69,67	61,43	8,24	No plástico
3	85,51	71,35	56,65	14,70	Lig. plást.
4	83,47	60,19	45,54	14,75	Lig. plást.
5	90,05	72,85	68,04	4,81	No plástico
6	84,51	67,13	64,61	2,52	No plástico

TABLA XXVII

ESTABILIDAD DE AGREGADOS > DE 2 mm, LIMITES DE PLASTICIDAD,
INDICE DE PLASTICIDAD Y CLASIFICACION OBTENIDOS EN LOS SUELOS
DE LA LOCALIDAD DE JENOV, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Estabilidad de agregados 2 mm	Límite plástico superior %	Límite plástico inferior %	Indice de plasticidad	Clasifi- cación
Cultivo					
1	82,12	61,59	56,66	4,93	No plástico
2	80,86	50,79	46,00	4,70	No plástico
3	81,52	56,42	50,00	6,42	No plástico
4	81,50	55,36	50,00	5,36	No plástico
5	79,04	58,79	53,55	5,24	No plástico
6	79,14	46,35	40,76	5,50	No plástico
Pradera					
1	80,46	63,90	58,53	5,37	No plástico
2	81,54	61,27	54,21	7,06	No plástico
3	80,22	50,78	46,93	3,85	No plástico
4	79,78	57,84	52,07	5,77	No plástico
5	81,50	55,73	51,15	4,58	No plástico
6	92,94	62,39	55,23	7,16	No plástico

TABLA XXVIII

ESTABILIDAD DE AGREGADOS > DE 2 mm, LÍMITES DE PLASTICIDAD,
INDICE DE PLASTICIDAD Y CLASIFICACION OBTENIDOS EN LOS SUELOS
DE LA LOCALIDAD DE LA LAGUNA, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Estabilidad de Agregados 2 mm	Límite plástico superior %	Límite plástico inferior %	Indice de plasticidad	Clasifi- cación
Cultivo					
1	72,66	57,49	50,33	7,16	No plástico
2	71,12	53,79	51,09	2,70	No plástico
3	68,58	53,06	47,90	5,16	No plástico
4	67,46	67,31	55,38	11,93	No plástico
5	70,98	51,75	42,22	8,53	No plástico
6	70,62	47,20	35,77	11,42	No plástico
Pradera					
1	68,52	63,47	49,11	14,36	Lig. plást.
2	70,64	48,29	44,94	3,35	No plástico
3	77,22	57,55	50,00	7,55	No plástico
4	77,26	51,16	43,26	7,90	No plástico
5	73,94	49,73	44,60	5,13	No plástico
6	77,72	48,69	34,38	14,31	Lig. plást.

TABLA XXIX

ESTABILIDAD DE AGREGADOS > DE 2 mm, LIMITES DE PLASTICIDAD,
INDICE DE PLASTICIDAD Y CLASIFICACION OBTENIDOS EN LOS SUELOS
DE LA LOCALIDAD DE OBONUCO, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Estabilidad de agregados 2 mm	Límite plástico superior %	Límite plástico inferior %	Indice de plasticidad	Clasifi- cación
Cultivo					
1	73,86	58,42	49,29	9,13	No plástico
2	72,96	59,32	54,05	5,27	No plástico
3	77,96	59,27	56,25	3,02	No plástico
4	75,70	66,36	57,14	9,22	No plástico
5	70,76	59,98	50,00	9,98	No plástico
6	74,22	60,84	55,00	5,84	No plástico
Pradera					
1	80,08	64,22	56,02	8,17	No plástico
2	80,22	62,62	57,57	5,05	No plástico
3	81,44	60,99	54,83	6,16	No plástico
4	78,66	62,70	56,66	7,04	No plástico
5	92,62	62,00	60,46	1,54	No plástico
6	83,54	65,24	62,50	2,74	No plástico

TABLA XXX

ESTABILIDAD DE AGREGADOS > DE 2 mm, LÍMITES DE PLASTICIDAD,
INDICE DE PLASTICIDAD Y CLASIFICACION OBTENIDOS EN LOS SUELOS
DE LA LOCALIDAD DE TOROBAJO, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Estabilidad de agregados 2 mm	Límite plástico superior %	Límite plástico inferior %	Indice de plasticidad	Clasifi- cación
Cultivo					
1	71,78	57,46	50,76	6,70	No plástico
2	68,88	53,86	46,61	7,25	No plástico
3	70,86	58,95	51,17	7,78	No plástico
4	69,58	53,78	46,34	7,44	No plástico
5	72,20	60,32	50,00	10,32	No plástico
6	65,18	61,91	56,98	5,02	No plástico
Pradera					
1	70,50	47,54	42,50	5,04	No plástico
2	69,30	50,82	38,09	12,73	No plástico
3	69,76	47,08	42,10	4,98	No plástico
4	70,14	47,66	35,28	12,38	No plástico
5	68,38	48,55	43,18	5,37	No plástico
6	80,64	47,78	30,00	17,78	Lig. plást.

TABLA XXXI

ANÁLISIS TEXTURAL DE SUELOS DE LA LOCALIDAD DE ARANDA
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
Cultivo				
1	58,83	13,13	24,05	Franco-arenoso
2	40,47	24,12	35,41	Franco
3	36,47	28,53	35,00	Franco-arcilloso
4	36,88	24,53	38,59	Franco
5	41,47	18,53	40,00	Franco
6	49,96	26,83	23,21	Franco-arcillo-arenoso
Pradera				
1	47,47	21,12	31,41	Franco
2	45,47	27,79	26,74	Franco-arcilloso
3	45,47	20,59	33,94	Franco
4	42,88	20,53	36,59	Franco
5	40,47	21,69	37,84	Franco
6	49,47	13,59	36,94	Franco

TABLA XXXII

ANÁLISIS TEXTURAL EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE BOTANA,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
Cultivo				
1	52,88	9,12	38,00	Franco-arenoso
2	40,88	17,12	42,00	Franco
3	45,73	10,53	43,74	Franco
4	41,43	14,83	43,74	Franco
5	49,47	10,53	40,00	Franco
6	42,88	15,12	42,00	Franco
Pradera				
1	41,47	18,04	40,49	Franco
2	39,88	25,12	35,00	Franco-arcilloso
3	34,88	21,12	44,00	Franco
4	53,73	12,53	33,74	Franco-arenoso
5	44,88	13,12	42,00	Franco
6	37,47	20,83	41,70	Franco

TABLA XXXIII

ANALISIS TEXTURAL EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE CATAMBUCO
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
Cultivo				
1	37,96	18,04	42,00	Franco
2	45,47	20,53	34,00	Franco
3	39,73	14,04	46,23	Franco
4	33,47	31,12	35,41	Franco-arcilloso
5	39,73	22,53	37,79	Franco
6	40,96	14,04	45,00	Franco
Pradera				
1	40,96	15,53	43,33	Franco
2	43,47	17,04	39,49	Franco
3	40,47	13,12	46,41	Franco
4	39,47	20,53	34,00	Franco-arcilloso
5	41,97	11,12	46,91	Franco
6	45,47	11,12	43,41	Franco

TABLA XXXIV

ANALISIS TEXTURAL EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE CHAPALITO
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
Cultivo				
1	38,88	29,12	32,00	Franco-arcilloso
2	41,17	30,83	28,00	Franco-arcilloso
3	40,88	25,83	33,29	Franco-arcilloso
4	37,17	31,83	31,00	Franco-arcilloso
5	36,41	31,12	32,47	Franco-arcilloso
6	44,61	31,83	23,76	Franco-arcilloso
Pradera				
1	39,17	25,86	35,00	Franco-arcilloso
2	39,17	30,83	30,00	Franco-arcilloso
3	42,17	21,83	36,00	Franco
4	42,17	24,83	33,00	Franco
5	41,17	21,83	37,00	Franco
6	42,41	22,12	35,47	Franco

TABLA XXXV

ANALISIS TEXTURAL EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE GUAJACAL
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
Cultivo				
1	42,88	23,69	33,43	Franco
2	42,88	19,59	37,53	Franco
3	47,17	15,59	37,24	Franco
4	49,17	13,59	36,00	Franco
5	44,41	19,59	36,00	Franco
6	38,41	21,69	39,90	Franco
Pradera				
1	42,88	19,59	37,53	Franco
2	42,88	23,69	33,43	Franco
3	44,41	19,59	36,00	Franco
4	38,41	21,69	39,90	Franco
5	49,17	13,59	37,24	Franco
6	47,17	15,59	37,24	Franco

TABLA XXXVI

ANÁLISIS TEXTURAL EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE DAZA
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
Cultivo				
1	55,47	10,83	33,70	Franco-arenoso
2	47,17	14,53	38,30	Franco
3	47,17	14,83	38,00	Franco
4	53,47	10,53	36,00	Franco-arcilloso
5	55,73	14,83	29,44	Franco-arcilloso
6	47,17	16,53	36,30	Franco
Pradera				
1	55,73	14,83	29,44	Franco-arcilloso
2	55,47	10,83	33,70	Franco-arcilloso
3	47,17	14,53	38,30	Franco
4	47,14	16,53	36,30	Franco
5	53,47	10,53	36,00	Franco-arcilloso
6	47,17	14,83	38,00	Franco

TABLA XXXVII

ANALISIS TEXTURAL EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE JENÓY
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
Cultivo				
1	44,00	8,53	47,47	Franco-arenoso
2	40,00	14,53	45,47	Franco
3	39,41	13,12	47,47	Franco
4	40,00	12,53	47,47	Franco
5	43,41	15,12	41,47	Franco
6	39,70	14,83	45,47	Franco
Pradera				
1	38,00	14,53	47,47	Franco
2	42,59	12,53	44,88	Franco
3	39,41	11,12	49,47	Franco
4	44,00	16,53	39,47	Franco
5	31,94	12,59	55,47	Franco-arenoso
6	39,41	11,12	49,47	Franco

TABLA XXXVIII

ANALISIS TEXTURAL EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE LA LAGUNA
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
Cultivo				
1	37,74	12,53	49,73	Franco-arenoso
2	37,41	13,12	49,47	Franco-arenoso
3	42,00	23,12	34,88	Franco
4	32,71	27,12	40,17	Franco-arcilloso
5	38,71	15,12	46,17	Franco
6	23,74	16,53	59,73	Franco-arenoso
Pradera				
1	32,29	32,83	34,88	Franco-arcilloso
2	38,00	28,53	33,47	Franco-arcilloso
3	37,71	17,12	45,17	Franco
4	33,74	18,53	47,73	Franco
5	34,24	27,59	38,17	Franco-arcilloso
6	35,70	22,83	41,47	Franco

TABLA XXXIX

ANALISIS TEXTURAL EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE OBONICO
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
Cultivo				
1	54,41	12,12	33,47	Franco-arenoso
2	55,73	13,04	31,23	Franco-arenoso
3	63,41	10,12	26,47	Franco-arenoso
4	64,88	10,83	24,29	Franco-arenoso
5	54,88	13,53	31,59	Franco-arenoso
6	61,19	11,53	27,28	Franco-arenoso
Pradera				
1	57,41	10,12	32,47	Franco-arenoso
2	56,73	10,04	33,23	Franco-arenoso
3	62,73	8,08	29,19	Franco-arenoso
4	56,88	11,53	31,69	Franco-arenoso
5	61,73	8,08	30,19	Franco-arenoso
6	52,88	7,83	39,29	Franco-arenoso

TABLA XL

ANALISIS TEXTURAL EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE TOROBAJO
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
Cultivo				
1	41,47	14,53	44,00	Franco
2	43,47	22,27	34,26	Franco
3	45,96	16,27	37,77	Franco
4	39,47	20,53	40,00	Franco
5	52,96	14,53	32,51	Franco-arcilloso
6	37,73	22,53	39,74	Franco
Pradera				
1	41,47	16,53	42,00	Franco
2	39,47	22,53	38,00	Franco
3	52,27	20,53	27,20	Franco-arc-arenoso
4	45,73	20,04	34,23	Franco
5	37,47	26,53	36,00	Franco
6	39,47	26,53	34,00	Franco

TABLA XLI

HUMEDAD PRESENTE, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITAMIENTO
Y AGUA APROVECHABLE EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE ARANDA,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Humedad presente %	Capacidad de campo %	Punto de marchita miento %	Agua aprovechable %
Cultivo				
1	38,02	37,72	21,97	15,75
2	51,02	36,47	27,53	8,94
3	30,06	30,34	20,60	9,74
4	34,86	35,68	28,18	7,50
5	28,49	37,61	27,60	10,41
6	32,96	34,96	20,29	6,67
Pradera				
1	38,31	33,88	20,61	13,27
2	30,39	30,19	25,49	4,70
3	38,57	37,89	23,17	14,72
4	34,83	38,16	24,16	14,00
5	35,72	30,22	26,63	3,59
6	36,67	43,58	22,15	21,43

TABLA XLII

HUMEDAD PRESENTE, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITAMIENTO
Y AGUA APROVECHABLE EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE TOTANA,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Humedad presente %	Capacidad de campo %	Punto de marchita miento %	Agua aprovechable %
Cultivo				
1	40,79	36,23	17,13	19,10
2	40,79	27,29	12,31	14,98
3	40,89	31,66	15,43	16,23
4	42,07	31,20	22,18	9,02
5	34,32	35,20	20,83	14,37
6	33,23	27,42	21,15	6,27
Pradera				
1	62,21	33,40	21,16	12,24
2	63,41	28,75	23,22	5,52
3	45,42	30,77	23,18	7,59
4	32,32	37,82	18,13	19,69
5	37,82	35,71	20,63	15,08
6	41,12	31,18	23,08	8,10

TABLA XLIII

HUMEDAD PRESENTE, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITAMIENTO
Y AGUA APROVECHABLE EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE CATAMBUO,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Humedad presente %	Capacidad de campo %	Punto de marchita miento %	Agua aprovechable %
Cultivo				
1	41,47	43,80	24,80	19,00
2	38,58	40,10	28,23	11,87
3	38,27	46,41	23,28	23,13
4	45,31	39,12	28,65	10,47
5	48,74	38,90	31,85	7,05
6	46,54	50,11	21,17	28,94
Pradera				
1	52,78	44,92	25,77	19,15
2	42,48	43,99	27,12	16,87
3	36,16	47,88	22,92	24,96
4	32,24	43,40	29,03	14,37
5	32,17	47,89	21,86	26,03
6	42,72	51,47	31,28	20,19

TABLA XLIV

HUMEDAD PRESENTE, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITAMIENTO
Y AGUA APROVECHABLE EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE CHAPALITO,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición		Humedad presente %	Capacidad de campo %	Punto de marchita miento %	Agua aprovechable %
Cultivo					
	1	39,07	39,56	22,16	17,40
	2	25,97	37,87	23,18	14,69
	3	24,85	39,79	21,84	17,95
	4	26,50	30,60	26,44	4,25
	5	23,39	36,14	23,32	12,82
	6	22,11	35,76	28,14	7,62
Pradera					
	1	21,59	35,44	22,17	13,27
	2	21,95	30,87	24,18	6,69
	3	21,09	45,09	18,23	26,86
	4	22,33	35,41	24,09	11,32
	5	23,59	38,12	19,14	18,89
	6	21,75	37,84	21,64	16,20

TABLA XLV

HUMEDAD PRESENTE, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITAMIENTO
Y AGUA APROVECHABLE EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE CUJACAL,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Humedad presente %	Capacidad de campo %	Punto de marchita miento %	Agua aprovechable %
Cultivo				
		41,47	33,33	8,14
1	38,62	44,61	21,48	23,13
2	42,49	50,20	21,73	28,47
3	43,22	56,87	30,29	26,58
4	39,78	50,53	27,44	23,09
5	38,00	42,10	22,87	20,23
6	36,72			
Pradera				
		50,52	27,43	23,09
1	38,00	41,47	33,32	8,14
2	38,26	44,60	21,47	23,13
3	42,94	43,09	22,86	20,23
4	36,27	56,86	30,28	26,58
5	39,87	50,19	21,72	28,47
6	43,22			

- 75 -
TABLA XLVI

HUMEDAD PRESENTE, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITAMIENTO
Y AGUA APROVECHABLE EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE DAZA ,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Humedad presente %	Capacidad de campo %	Punto de marchita miento %	Agua aprovechable %
Cultivo				
1	31,67	55,44	23,83	31,61
2	53,32	53,75	23,11	30,64
3	54,63	52,58	22,61	29,97
4	53,70	58,49	29,15	29,34
5	44,53	48,25	25,75	22,50
6	47,34	45,76	24,68	21,08
Pradera				
1	44,36	48,24	20,74	27,50
2	31,77	55,43	25,83	29,60
3	53,32	53,74	26,10	27,64
4	47,43	45,75	20,67	25,08
5	53,07	58,48	28,14	30,34
6	54,36	52,57	22,60	29,97

TABLA XLVII

HUMEDAD PRESENTE, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITAMIENTO
Y AGUA APROVECHABLE EN LOS SUELOS DE LA LOCALIDAD DE JENÓY,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Humedad Presente %	Capacidad de campo %	Punto de marchita miento %	Agua aprovechable %
Cultivo				
1	45,69	53,53	22,56	30,97
2	43,20	53,14	21,53	31,61
3	42,79	53,16	28,94	24,22
4	43,10	58,54	25,26	33,28
5	43,30	50,75	29,70	21,05
6	33,47	51,54	25,50	26,04
Pradera				
1	46,94	51,83	25,73	26,10
2	54,67	58,33	28,96	29,37
3	49,80	50,75	29,98	20,77
4	47,68	46,48	22,44	24,04
5	48,82	54,81	24,49	30,32
6	41,69	58,70	28,52	30,18

TABLA XLVIII

HUMEDAD PRESENTE, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITAMIENTO
Y AGUA APROVECHABLE EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE LA LAGUNA,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Humedad presente %	Capacidad de campo %	Punto de marchita miento %	Agua aprovechable %
Cultivo				
		51,01	21,65	29,36
1	55,27	44,72	22,92	21,80
2	63,85	34,24	23,02	12,22
3	77,50	33,62	23,17	10,45
4	74,84	42,83	22,78	20,05
5	66,80	44,11	20,85	23,26
6	40,87			
Pradera				
		35,03	22,30	12,73
1	84,61	35,34	22,74	12,60
2	36,87	39,28	23,13	16,15
3	45,94	38,00	22,43	15,57
4	54,35	36,73	25,11	11,62
5	43,45	49,52	25,71	23,81
6	43,32			

TABLA XLIX

HUMEDAD PRESENTE, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITAMIENTO
Y AGUA APROVECHABLE EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE OBONUCO,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición	Humedad presente %	Capacidad de campo %	Punto de marchita- miento %	Agua aprovechable %
Cultivo				
1	54,43	47,06	34,06	13,00
2	51,72	44,76	31,62	13,14
3	53,94	40,52	21,45	19,07
4	60,18	48,84	31,45	17,39
5	50,51	44,36	31,87	12,49
6	59,63	47,09	32,37	14,72
Pradera				
1	44,88	46,77	30,38	16,39
2	54,71	48,73	35,17	13,56
3	39,23	48,75	33,57	15,18
4	34,95	46,26	33,64	12,62
5	45,43	50,84	29,21	21,63
6	55,56	48,97	32,45	16,52

TABLA L

HUMEDAD PRESENTE, CAPACIDAD DE CAMPO, PUNTO DE MARCHITAMIENTO
Y AGUA APROVECHABLE EN SUELOS DE LA LOCALIDAD DE TOROBAJO,
BAJO CONDICION DE CULTIVO Y PRADERA

Condición		Humedad presente %	Capacidad de campo %	Punto de marchita miento %	Agua aprovechable %
Cultivo					15,10
	1	28,93	37,33	22,23	
			35,39	24,34	11,05
	2	33,11			
			37,32	30,94	6,33
	3	31,73		29,96	6,92
			36,88		
Pradera	4	24,06		33,23	11,15
			44,38		
	5	34,93		31,93	6,26
			38,19		
	6	33,09			
Pradera				25,61	13,59
			39,20		
	1	22,39		25,76	12,10
			37,86		
	2	19,75		25,40	13,12
			38,52		
	3	25,54		32,23	6,44
			38,67		
	4	24,25		30,80	5,79
			36,59		
	5	26,75		29,37	6,30
			35,67		
	6	26,10			

TABLA LI

COEFICIENTES DE REGRESION (r) Y DE ASOCIACION (R^2) ENTRE pH (NaF 1M) (DETERMINACION RAPIDA DE COLOIDES AMORFOS) Y ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS ANDEPT Y TROPEPT

Propiedad	Pradera y cultivo n = 120		Pradera n = 60		Cultivo n = 60	
	r	(R^2 , %)	r	(R^2 , %)	r	(R^2 , %)
% Arcillas	- 0,6322**	39,96	- 0,7506**	56,34	- 0,5330**	28,37
Densidad aparente	- 0,7929**	62,88	- 0,8972**	80,49	- 0,6985**	48,75
% Porosidad	0,7724**	59,66	0,9923**	98,47	0,5894**	34,74
% Agregados estables al agua	0,7753**	60,12	0,9161**	83,93	0,7262**	52,73
Límite plástico superior	0,6513**	42,42	0,6781**	45,98	0,6267**	39,27
Límite plástico inferior	0,6373**	40,61	0,6454**	41,68	0,6701**	44,90
Índice de plasticidad	- 0,3148**	9,91	- 0,3066*	9,40	- 0,3175*	10,08
Capacidad de campo	0,8202**	68,93	0,8344**	69,62	0,8264**	68,29
Agua aprovechable	0,7868**	61,91	0,8141**	66,27	0,7639**	58,35

** : Significancia con el 99% de confianza estadística

* : Significancia con el 95% de confianza estadística

TABLA LIII

TABLA LII

CÁLCULO DE DENSIDAD APARENTE, POROSIDAD, AGREGADOS ESTABLES Y PESO DE SUELO POR HECTÁREA PARA DIFERENTES VALORES DE pH (De 12), MEDIANTE EL USO DE LAS SITUACIONES (1), (2), (3) Y (4) EN CUERPOS DE LABRANZA

EFFECTO PROXIMAL RELATIVO DE LOS COMPONENTES DE LABRANZA

SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELOS TROPEO Y ANDEPT EN EL ALTIPLANO DE PASTO

Y ANDEPT EN EL ALTIPLO			
Característica	Efecto de la alófana		Estimativo de la acción de la labranza
	Pradera	Cultivo	
Densidad aparente	80,49%	48,75%	31,74%
Porosidad	98,47%	34,74%	63,73%
Agregados estables al agua	83,93%	52,73%	31,20%

TABLA LIII

CALCULO DE DENSIDAD APARENTE, POROSIDAD, AGREGADOS ESTABLES Y PESO DE SUELO POR HECTAREA PARA DIFERENTES VALORES DE pH (NaF 1M), MEDIANTE EL USO DE LAS ECUACIONES (1), (2), (3) Y (4) EN SUELOS BAJO PRADERA

pH (NaF 1M)	Densidad aparente g/cc	Porosidad total %	Agregados estables %	Peso por Ha (15 cm) (Kg)
9,4	1,098	51,986	77,612	1'647.000
9,5	1,080	52,630	78,285	1'620.000
9,6	1,062	53,274	78,958	1'593.000
9,7	1,044	53,918	79,631	1'566.000
9,8	1,026	54,526	80,304	1'539.000
9,9	1,008	55,206	80,977	1'512.000
10,0	0,990	55,850	81,650	1'485.000
10,1	0,972	56,494	82,323	1'458.000
10,2	0,954	57,782	82,996	1'431.000
10,3	0,936	58,426	83,669	1'404.000
10,4	0,918	59,070	84,342	1'377.000
10,5	0,900	59,714	85,015	1'350.000
10,6	0,882	60,358	85,688	1'323.000
10,7	0,864	61,002	86,361	1'296.000
10,8	0,846	61,646	87,034	1'269.000
10,9	0,828	62,290	87,707	1'242.000
11,0	0,810	62,934	88,380	1'215.000

FIG. 2 RELACION ENTRE EL pH (NAF 1M) Y EL pH EN AGUA EN SUELOS TROPICAL Y (a) Y ANDREPT (b) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICION DE CULTIVO Y DE PRADERA.

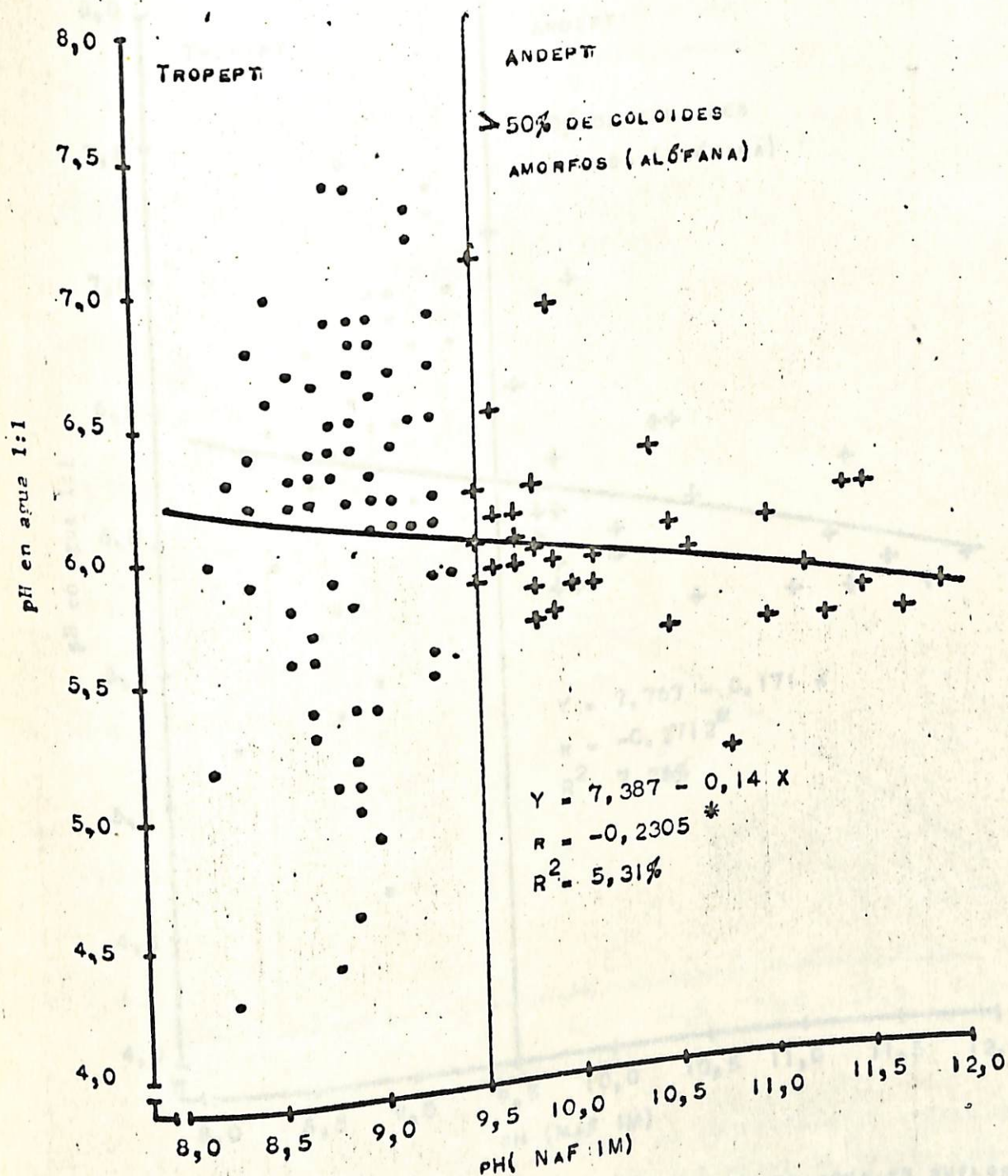


FIG. 2 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF 1M) Y EL PH EN AGUA EN SUELOS TROEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO Y DE PRADERA.

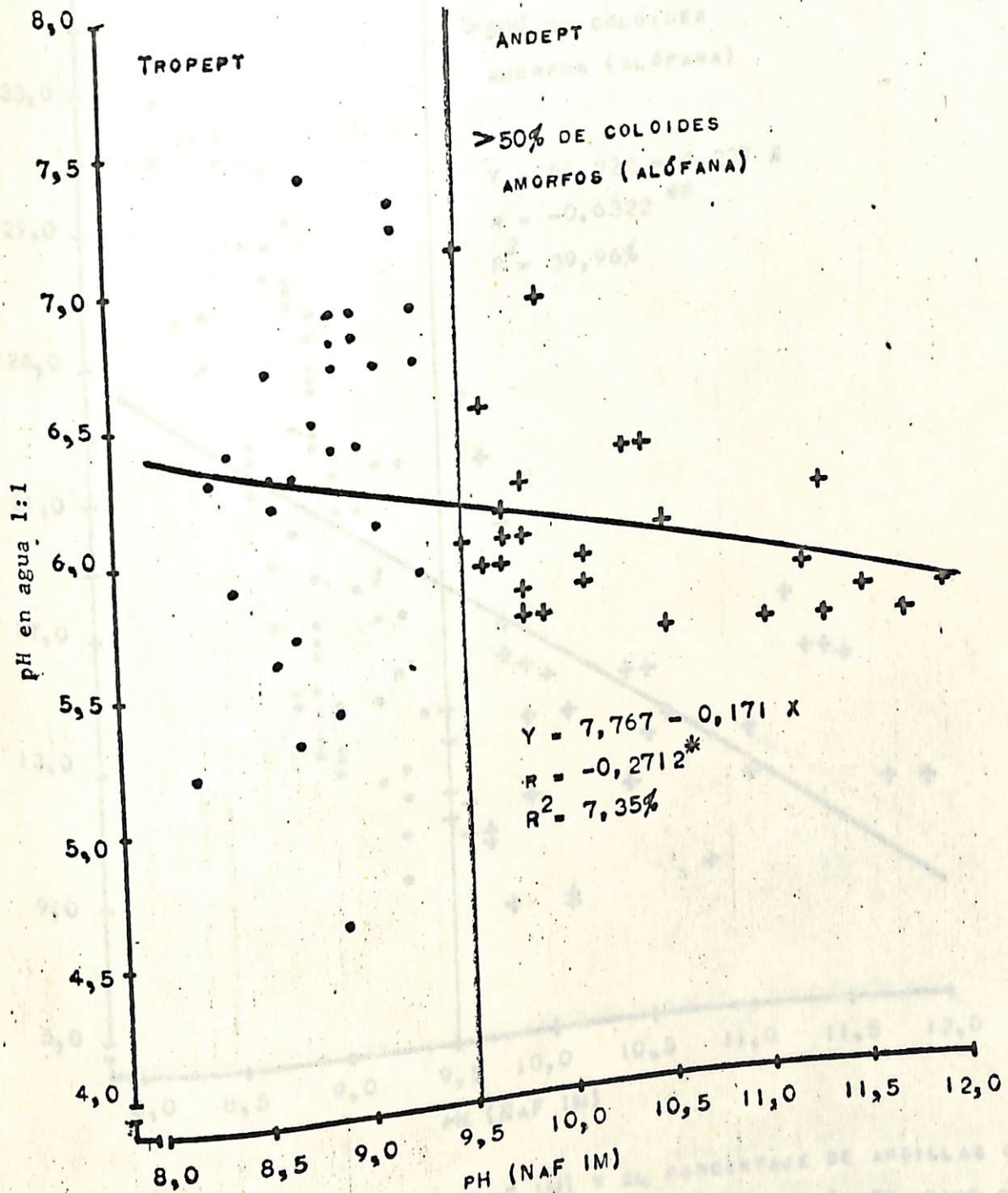


FIG. 3 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PH EN AGUA EN SUELOS TROPEPT (p) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE PRADERA.

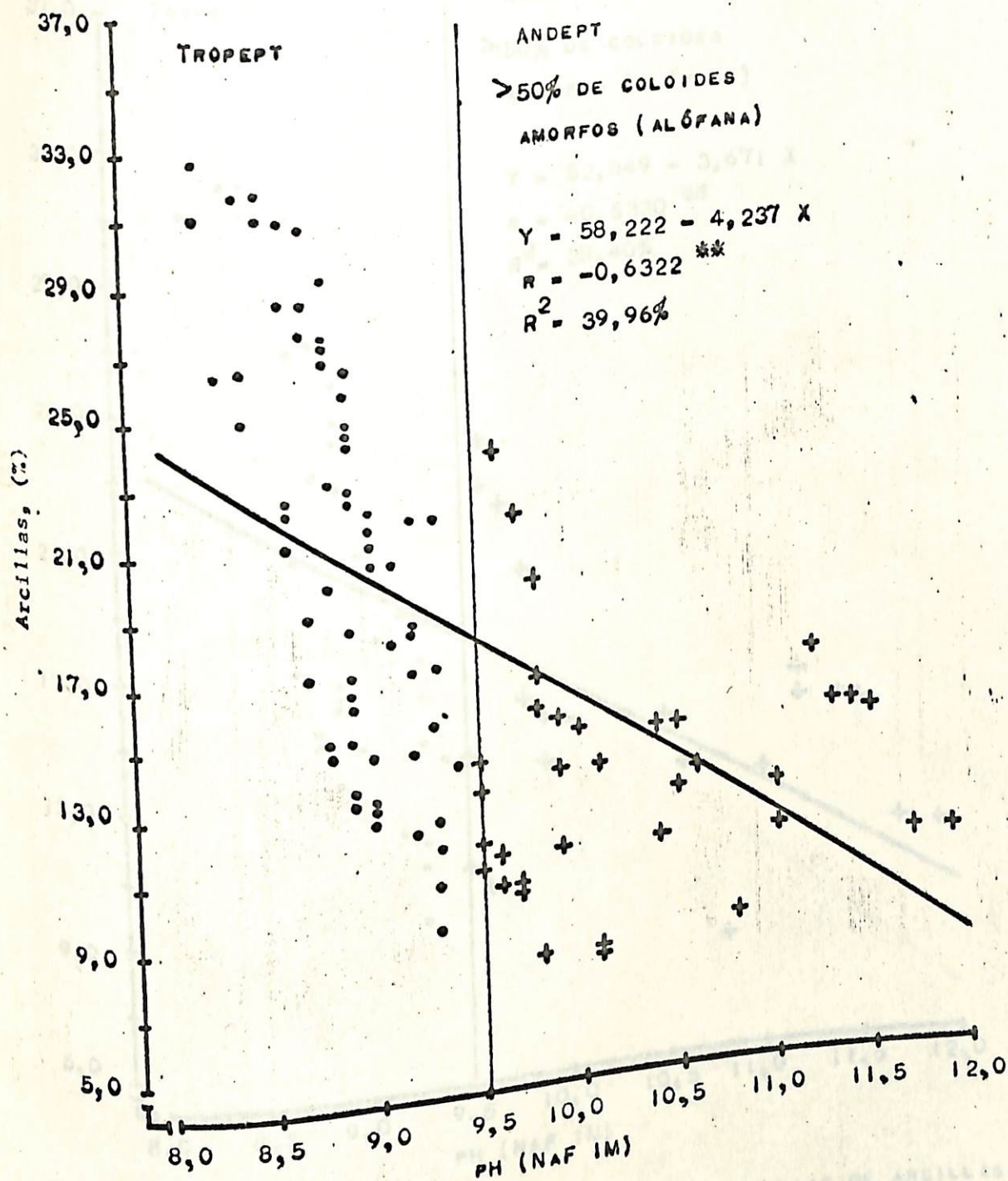


FIG. 4. RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PORCENTAJE DE ARCILLAS EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO Y DE PRADERA.

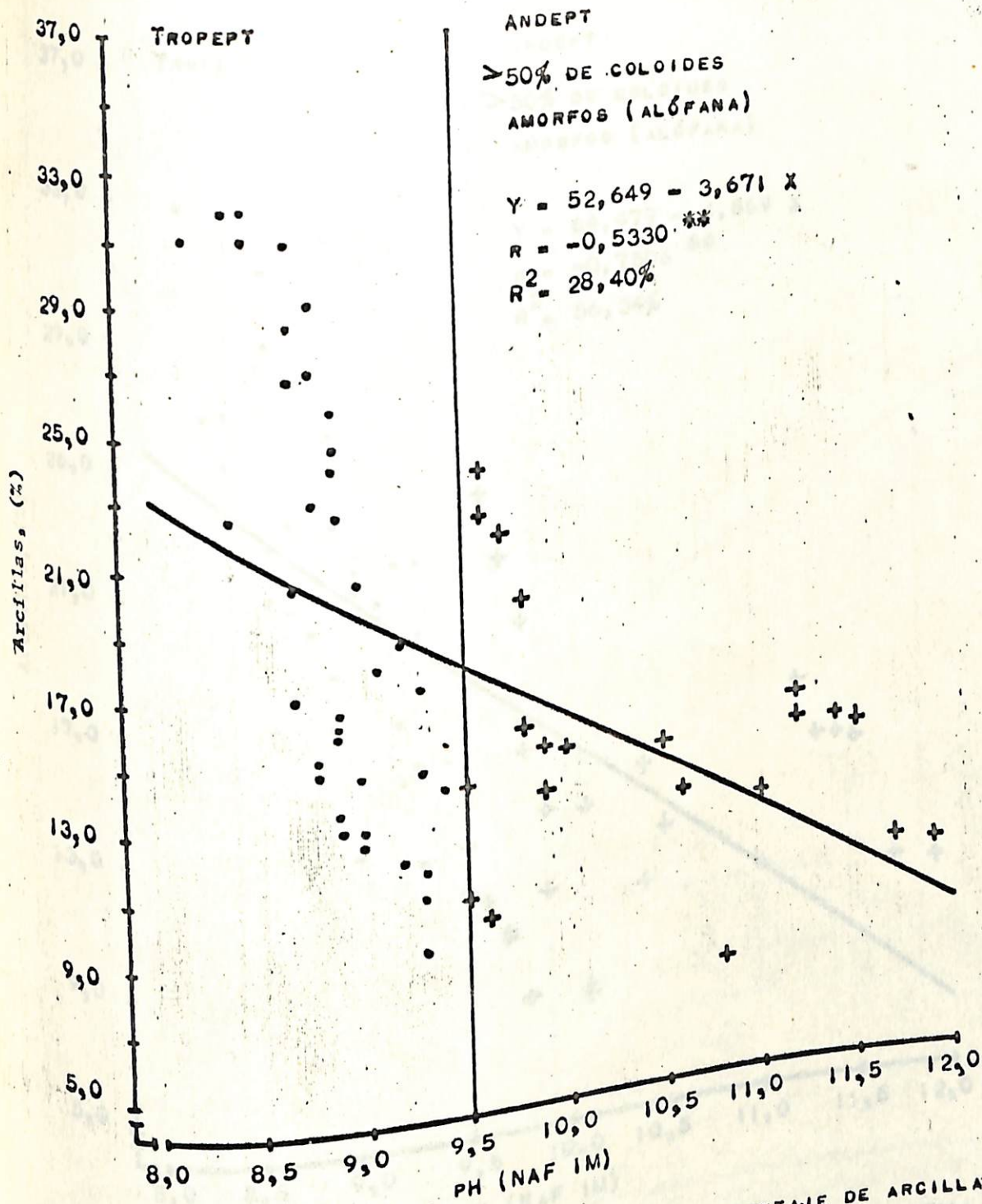


FIG. 5. RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PORCENTAJE DE ARCILLAS EN SUE-
LOS TROEPT (•) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDI-
CIÓN DE CULTIVO.

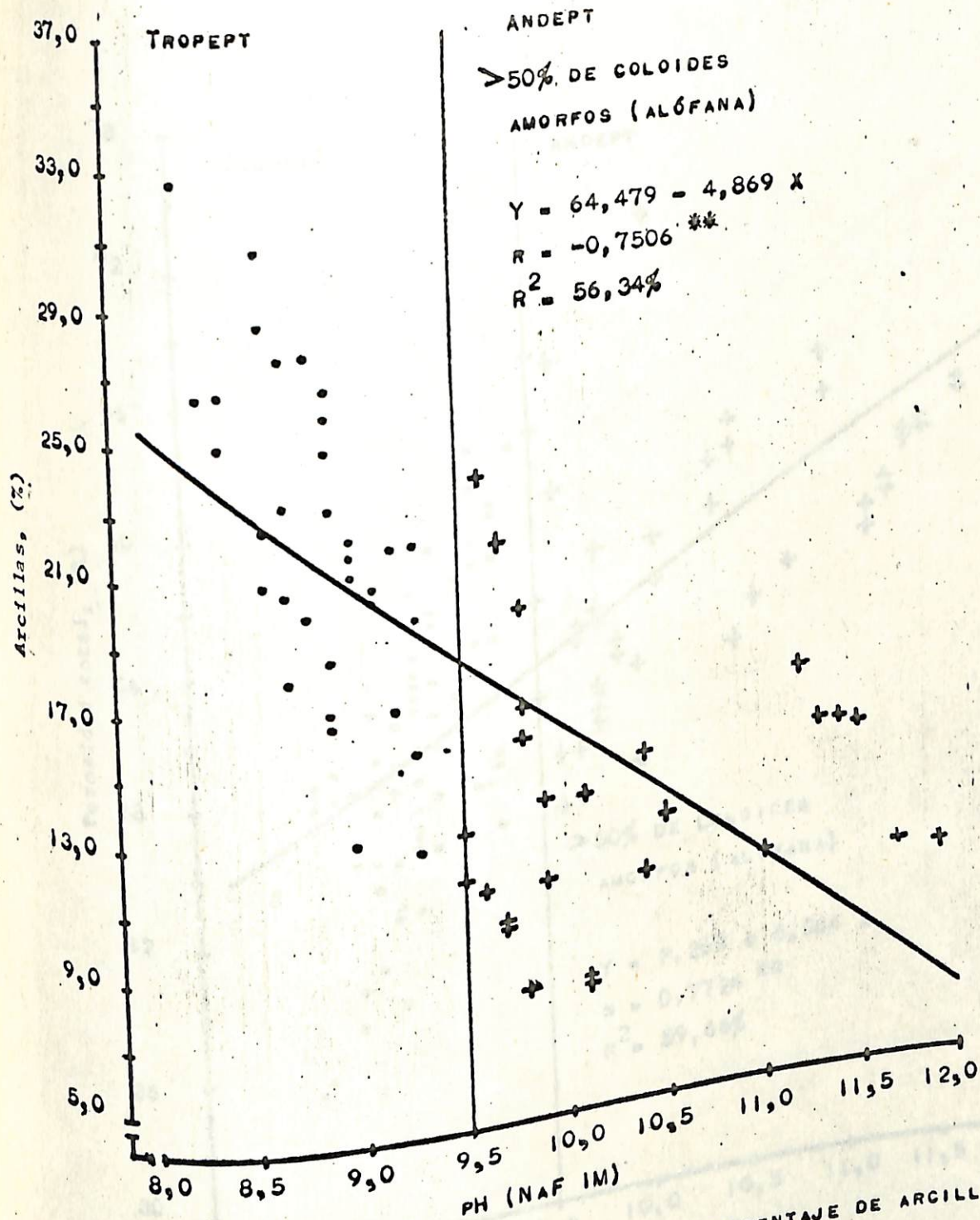


FIG. 6 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PORCENTAJE DE ARCILLAS EN SUE-
LOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDI-
CIÓN DE PRADERA.

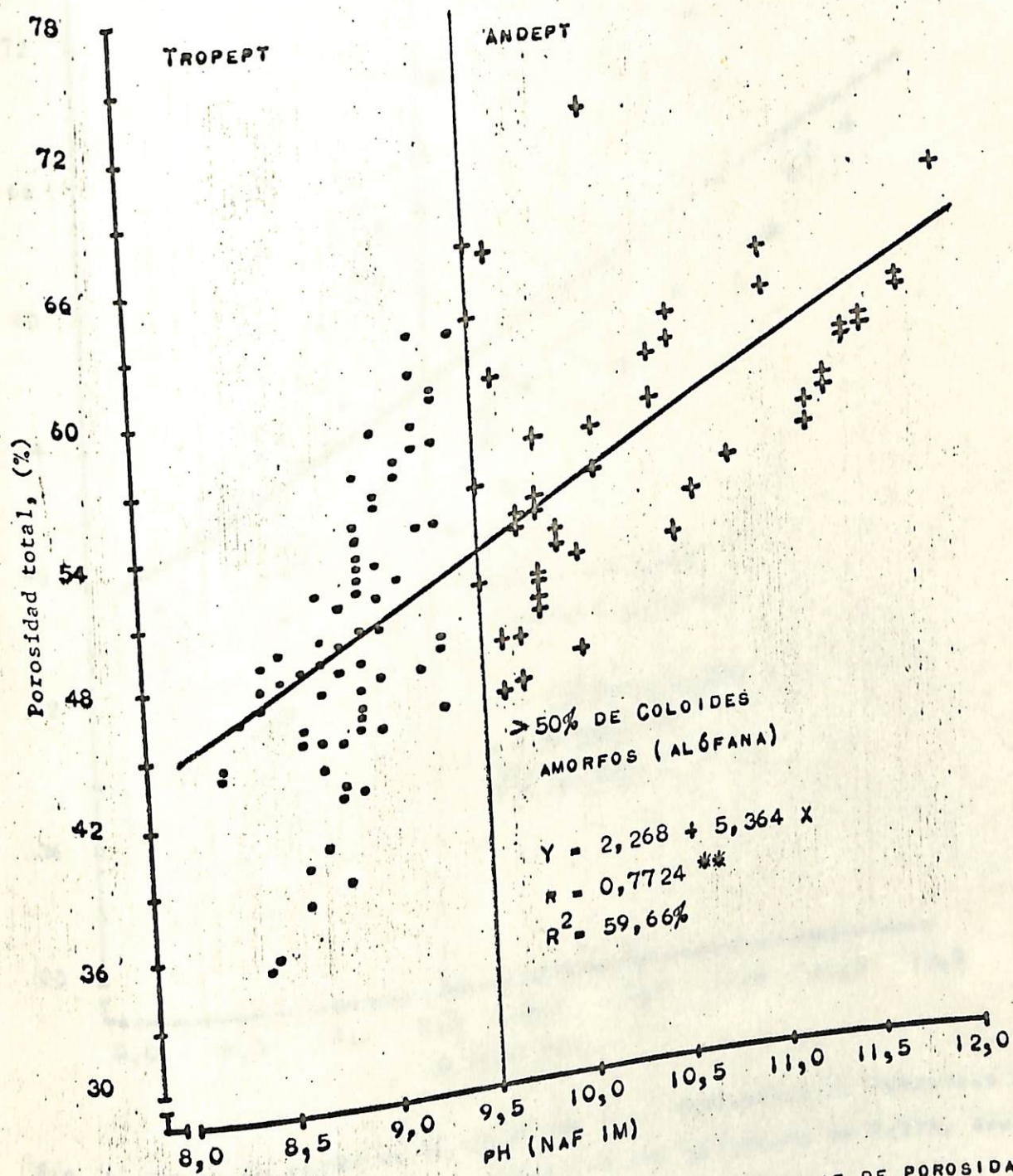
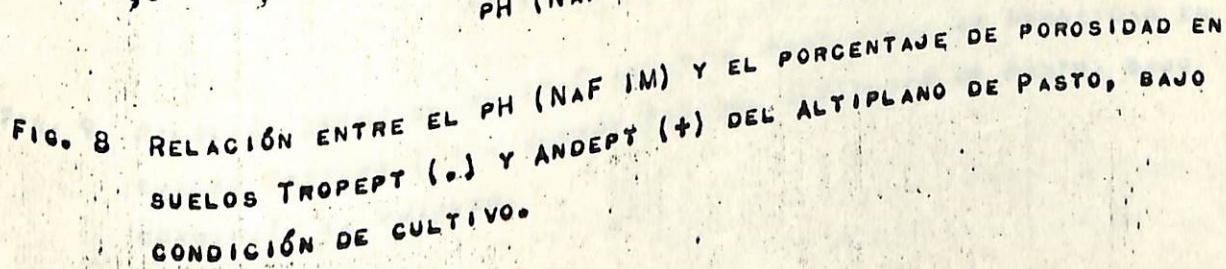


FIG. 7 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PORCENTAJE DE POROSIDAD EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO Y DE PRADERA.



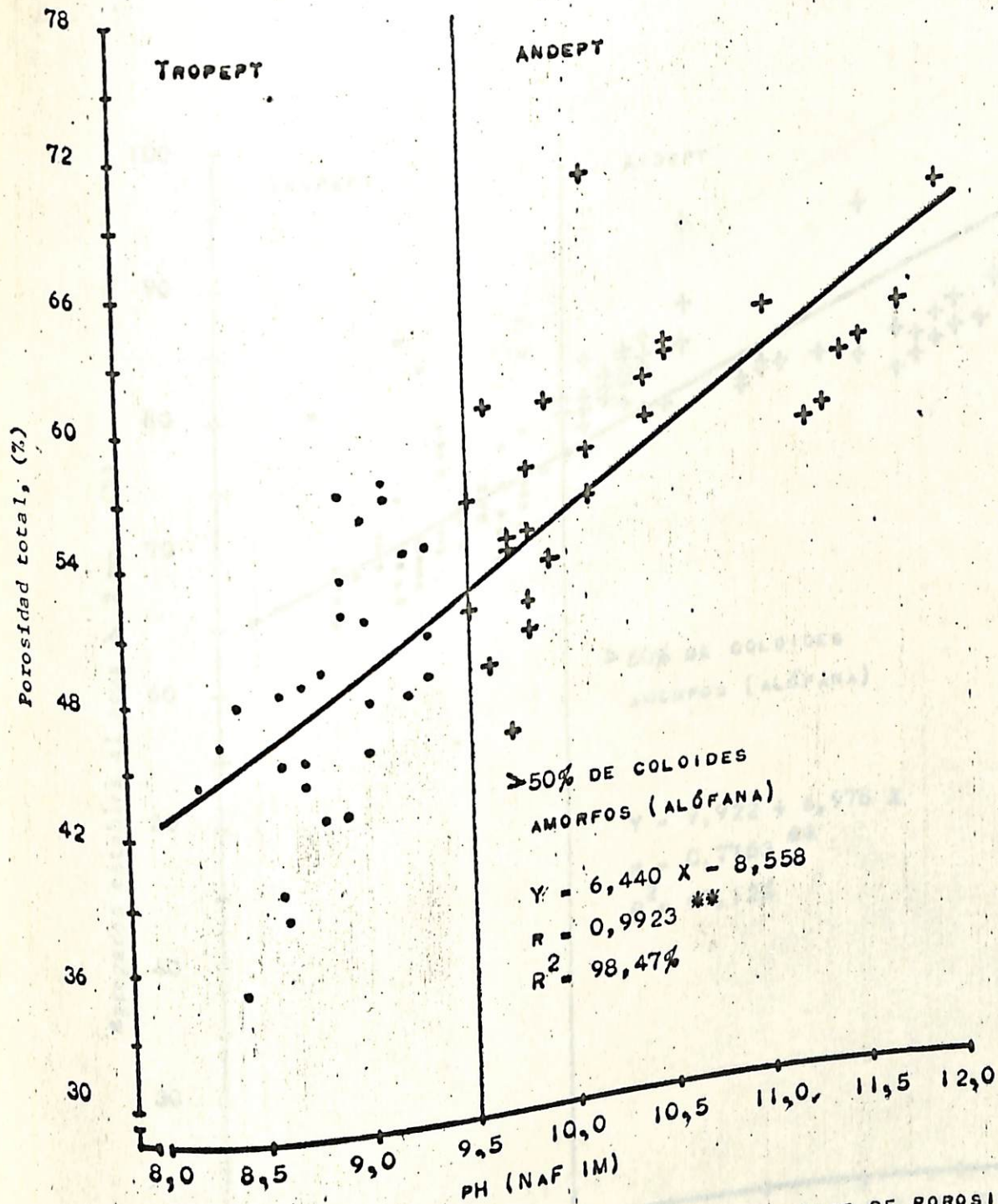


FIG. 9 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PORCENTAJE DE POROSIDAD EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE PRADERA.

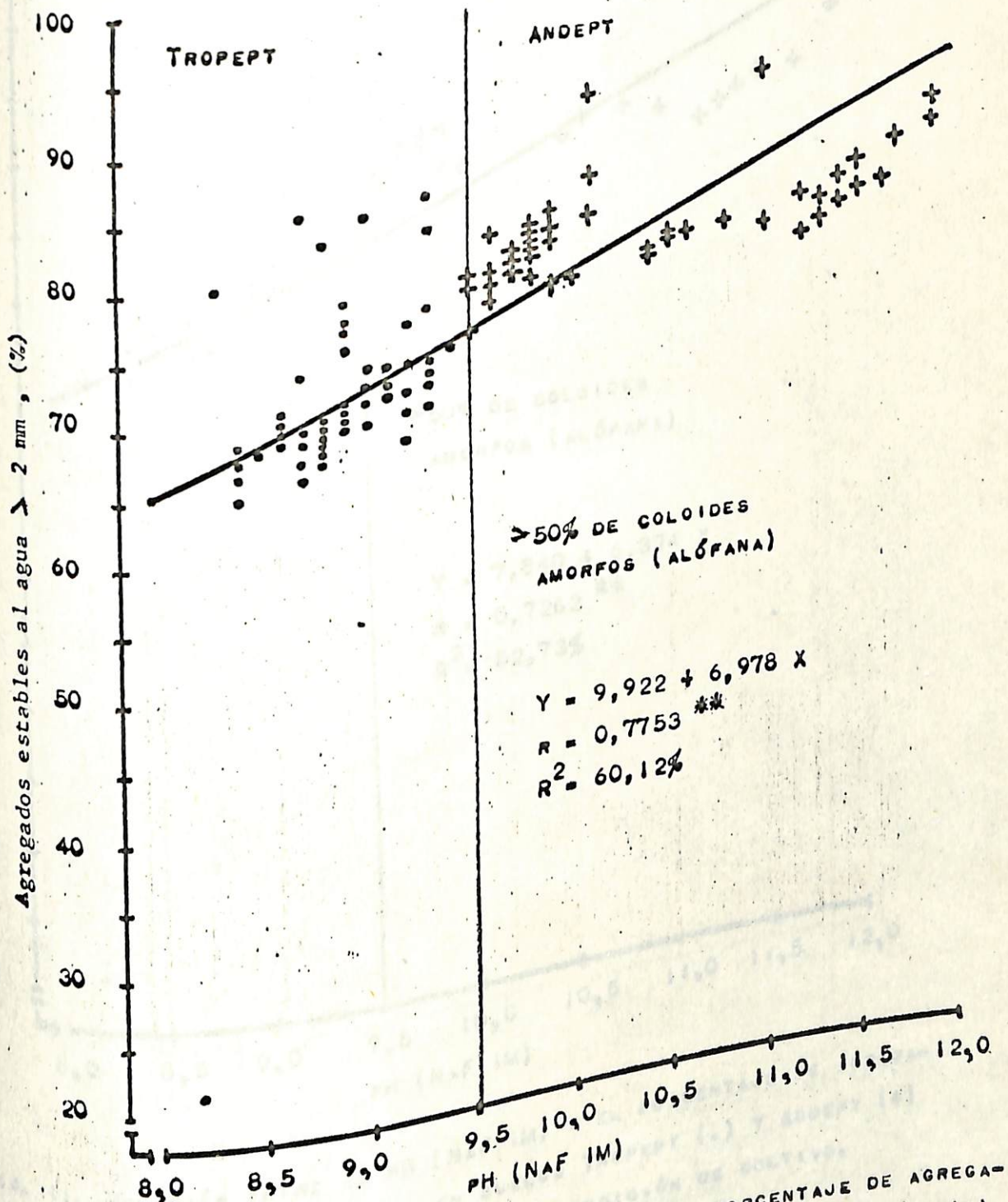


FIG. 10 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PORCENTAJE DE AGREGADOS ESTABLES AL AGUA EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO Y DE PRADERA.

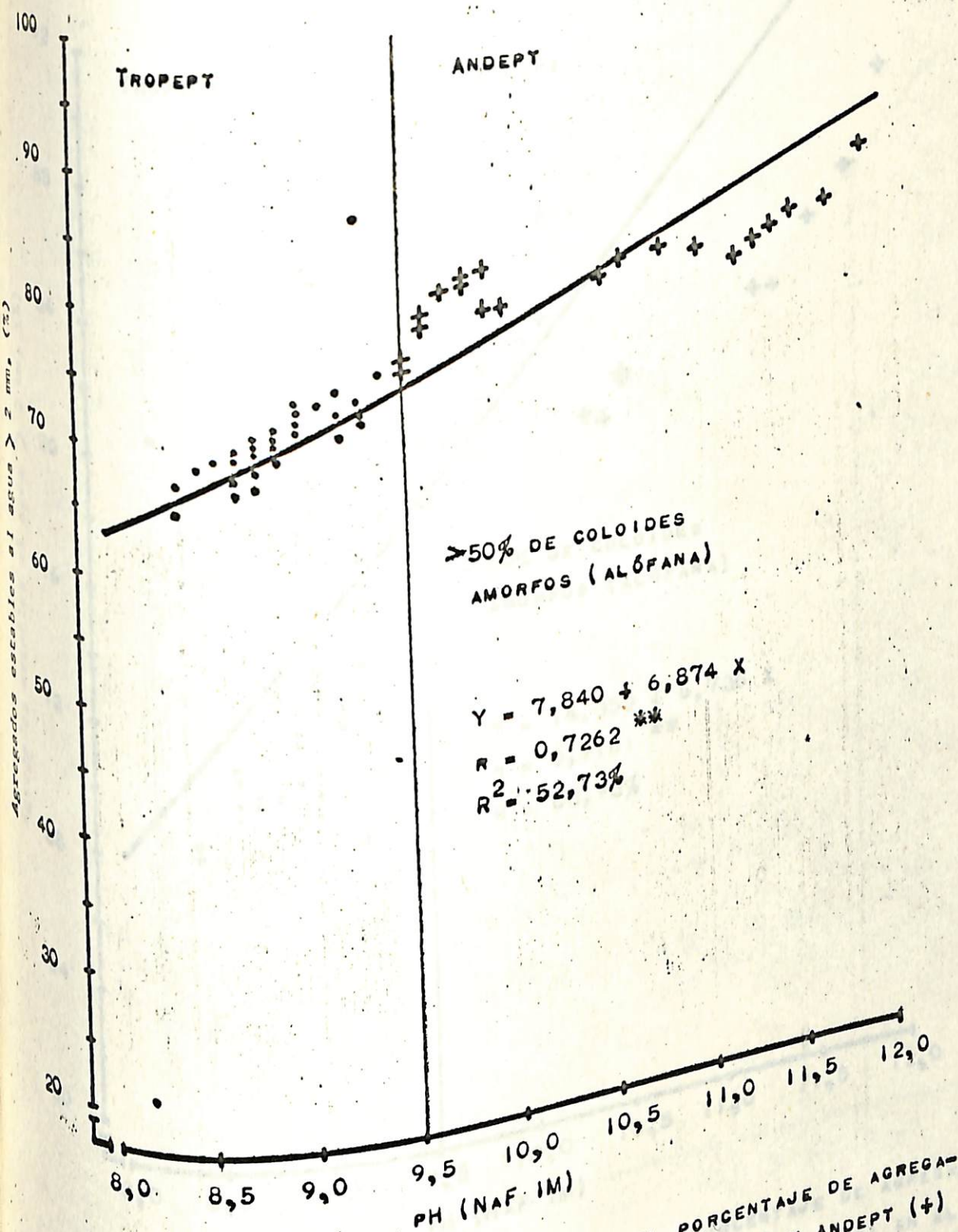


FIG. 11 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PORCENTAJE DE AGREGADOS ESTABLES AL AGUA EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO.

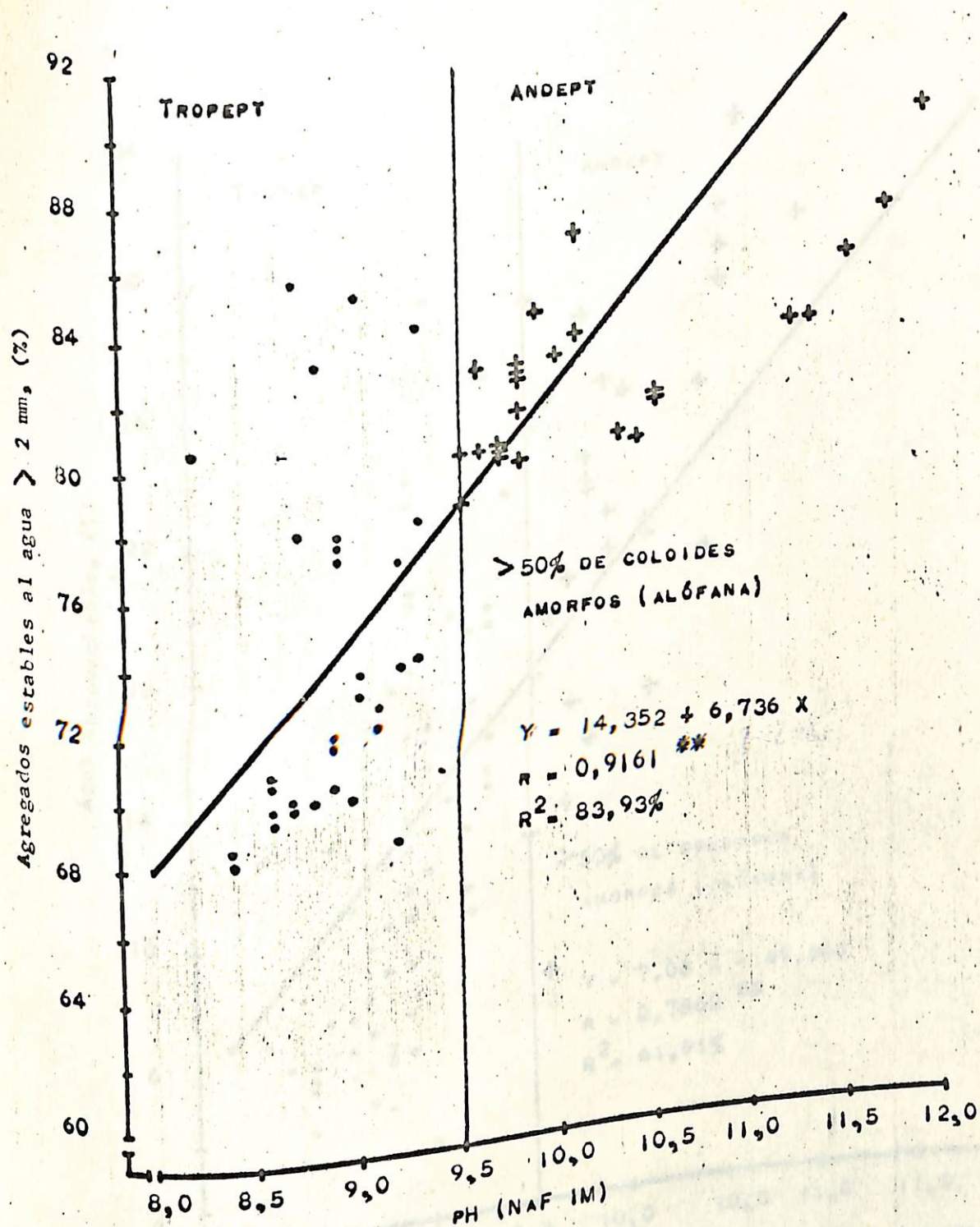


FIG. 12 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PORCENTAJE DE AGREGADOS ESTABLES AL AGUA EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) EN EL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE PRADERA.

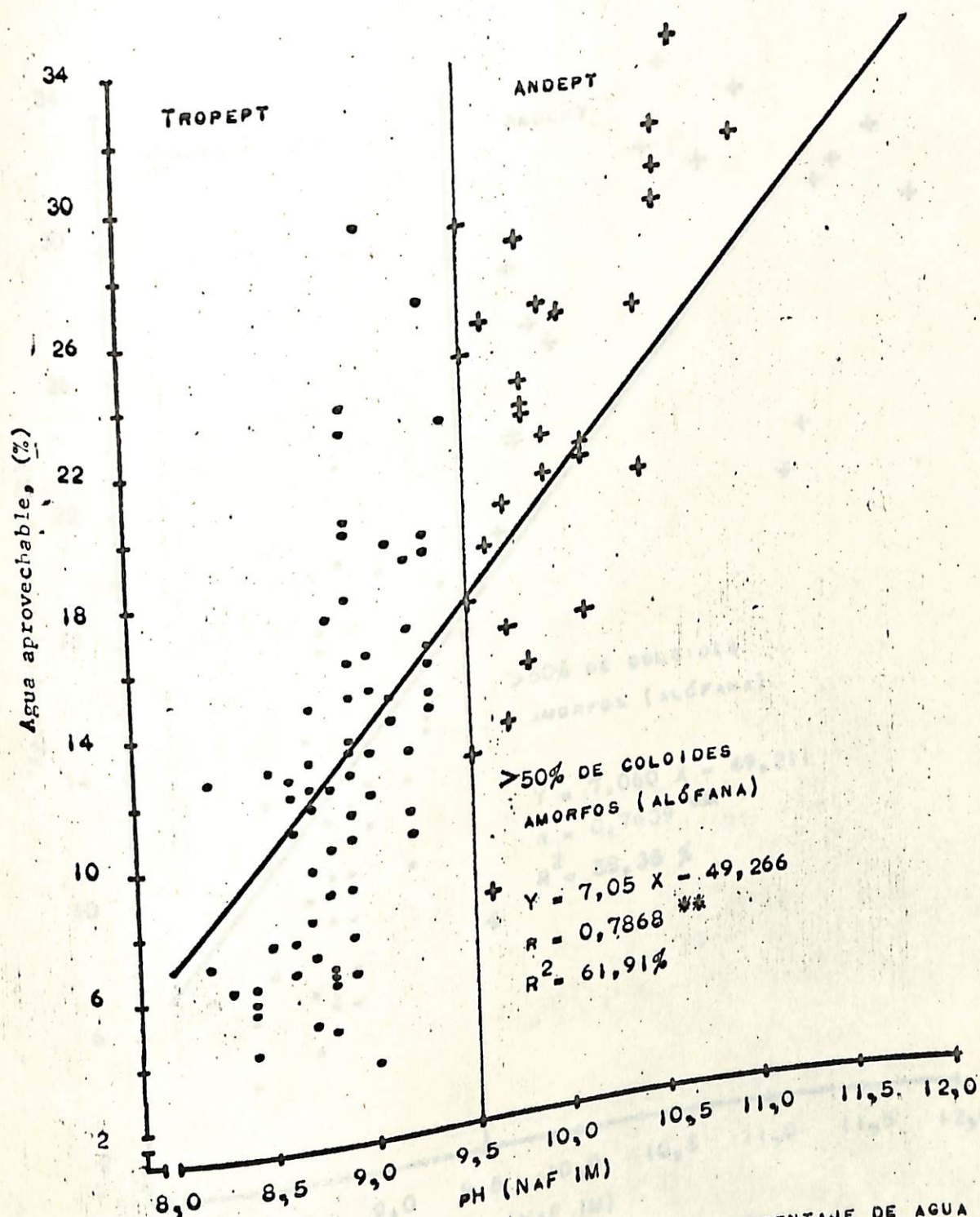


FIG. 13 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PORCENTAJE DE AGUA APROVECHABLE EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO Y DE PRADERA.

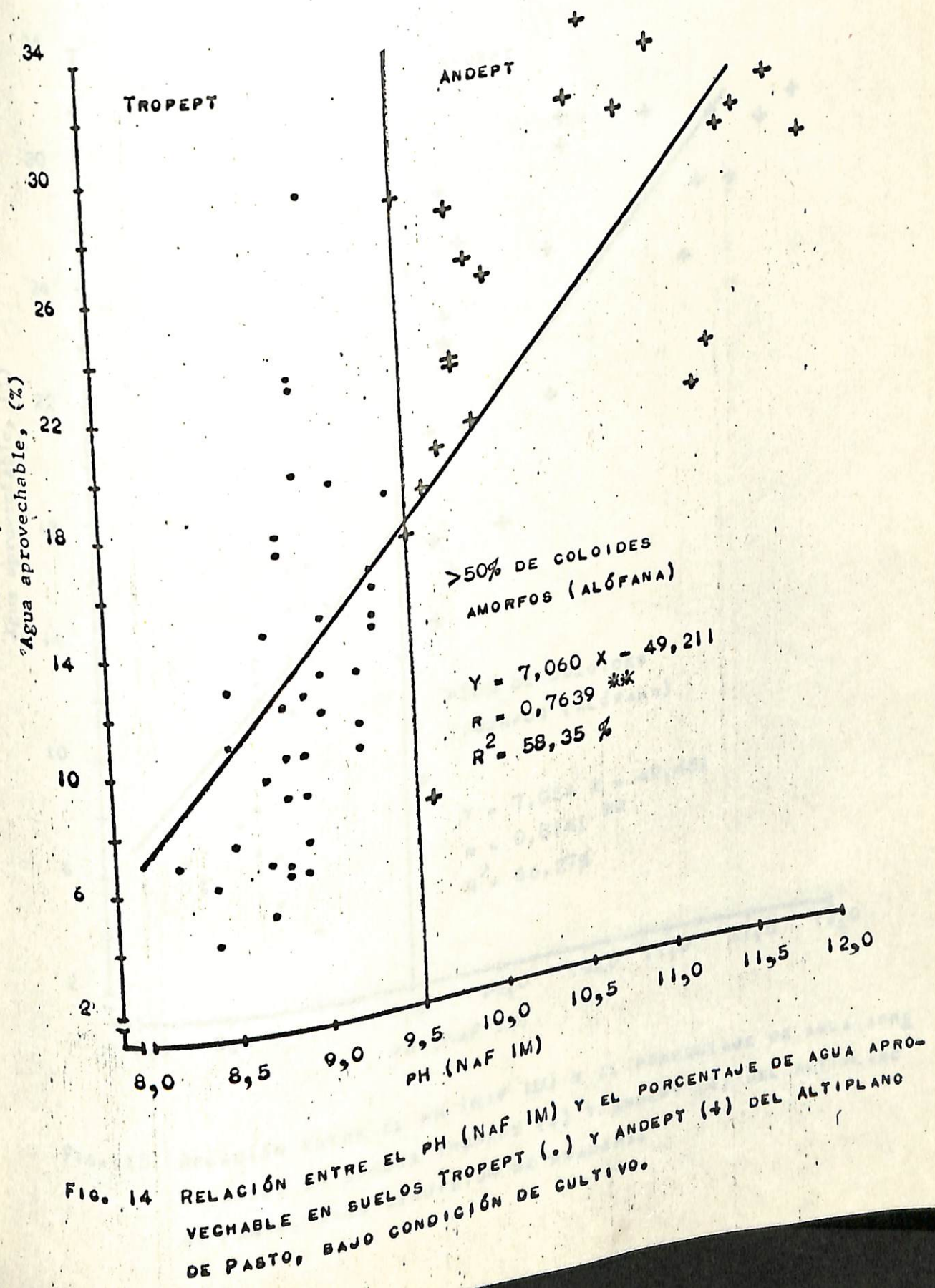
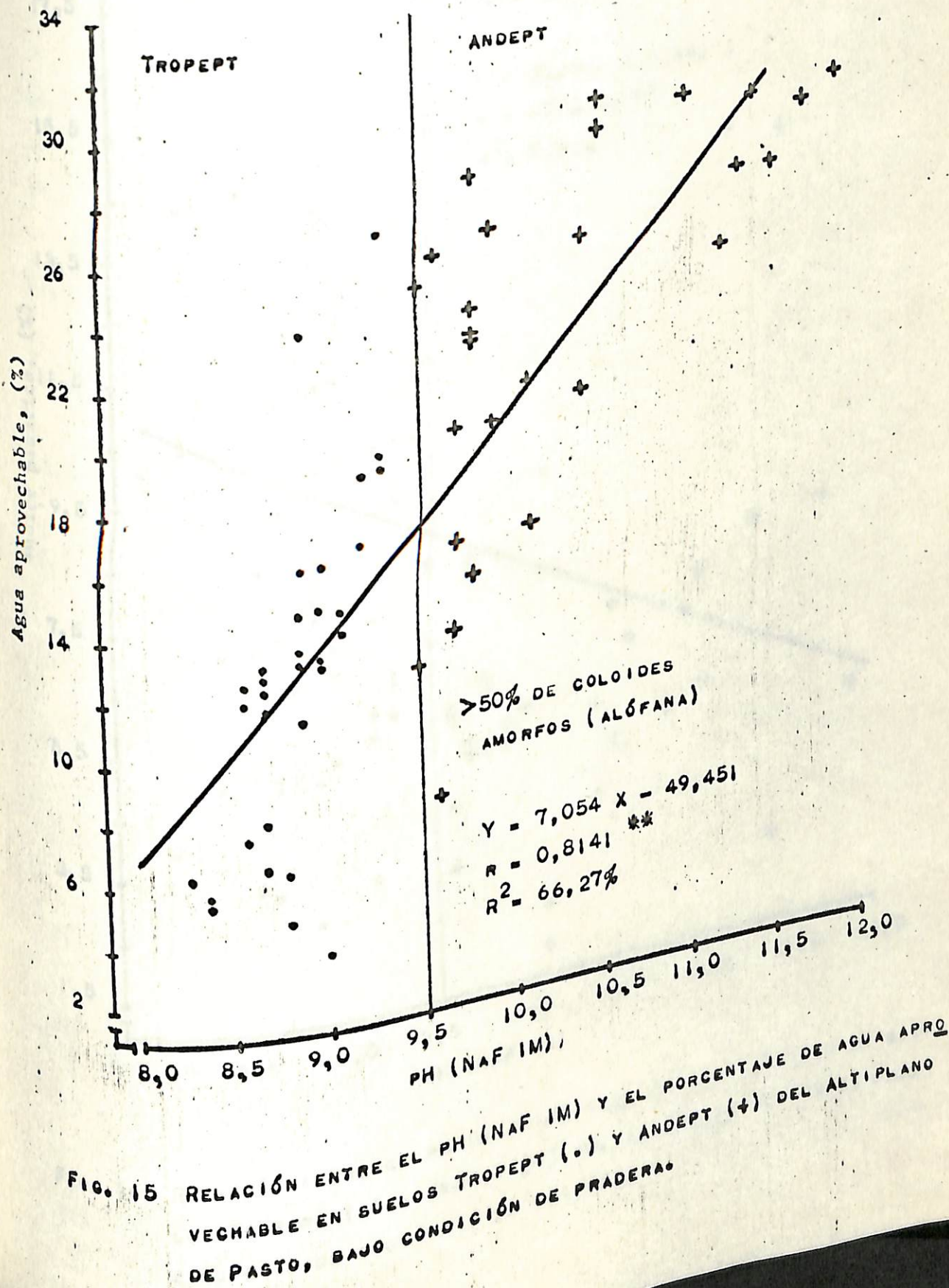


FIG. 14 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL PORCENTAJE DE AGUA APROVECHABLE EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO.



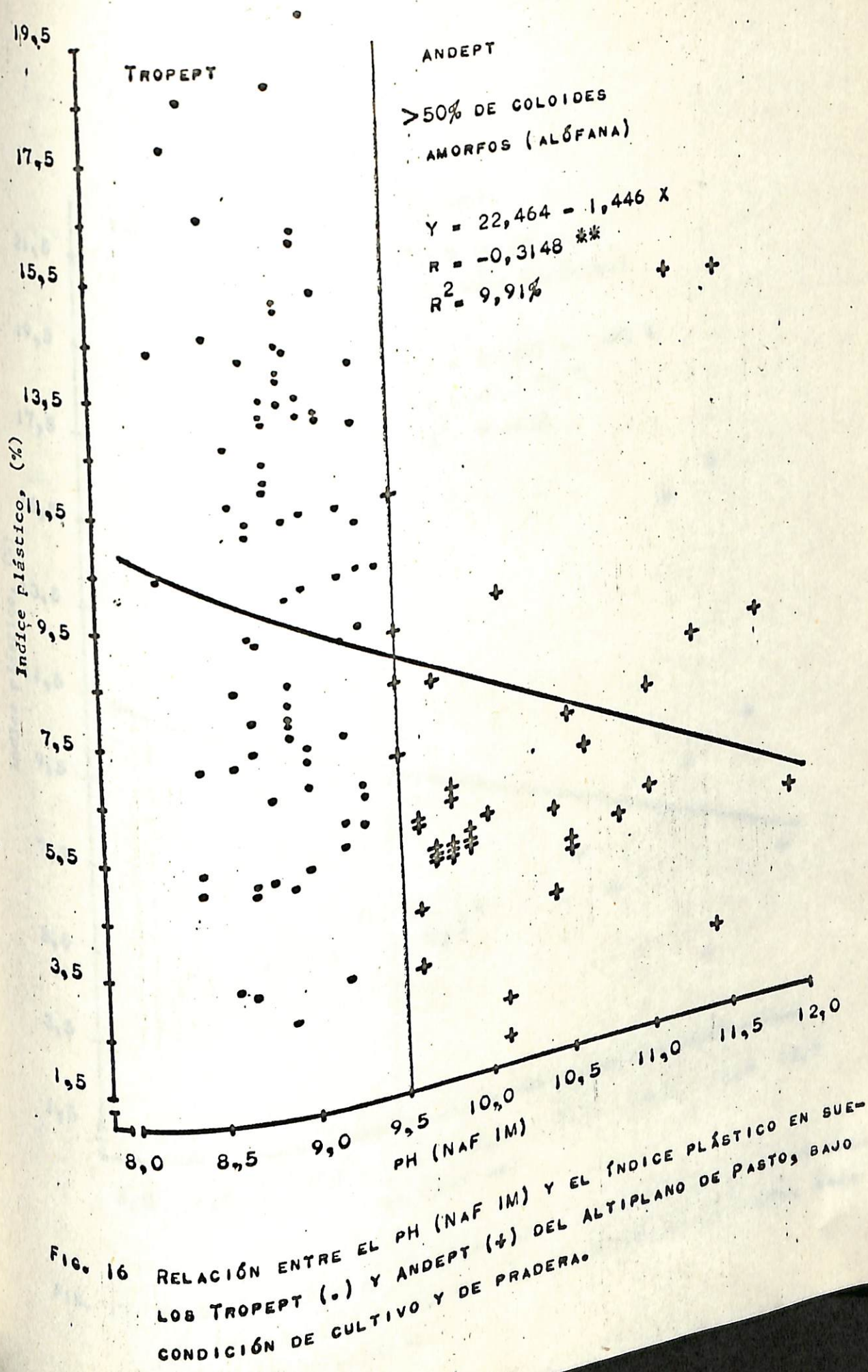
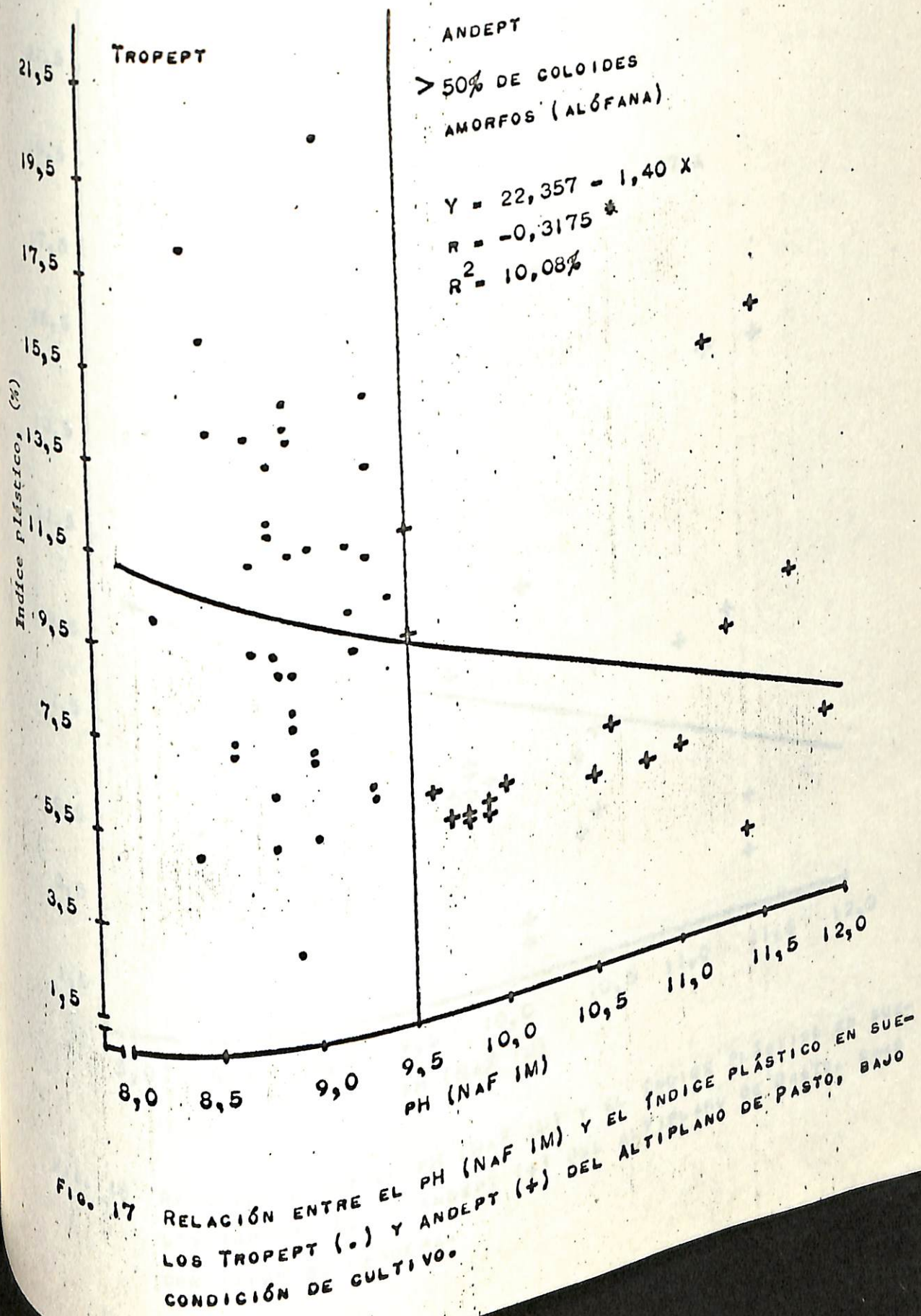


FIG. 16 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL ÍNDICE PLÁSTICO EN SUE-
LOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO
CONDICIÓN DE CULTIVO Y DE PRADERA.



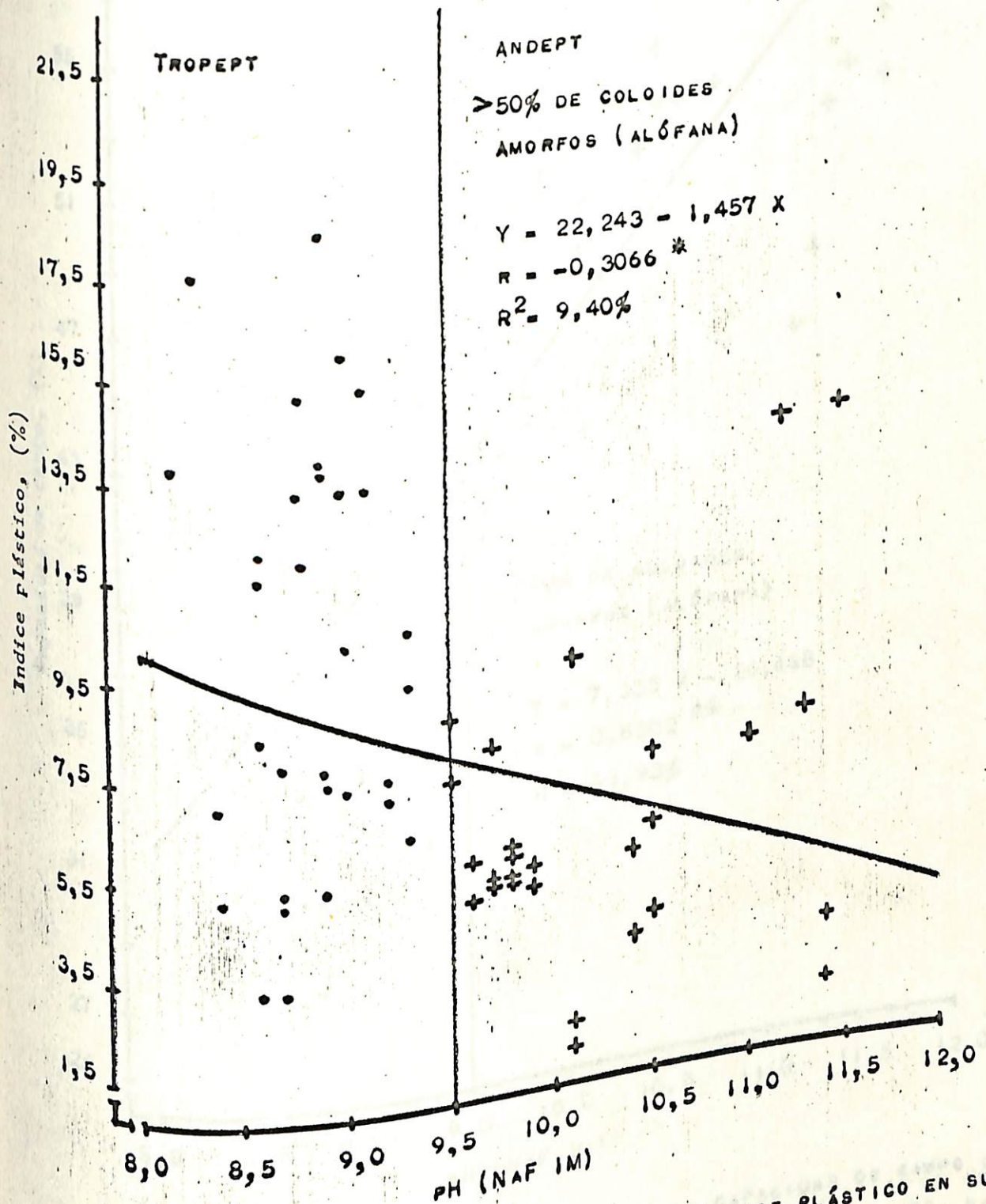
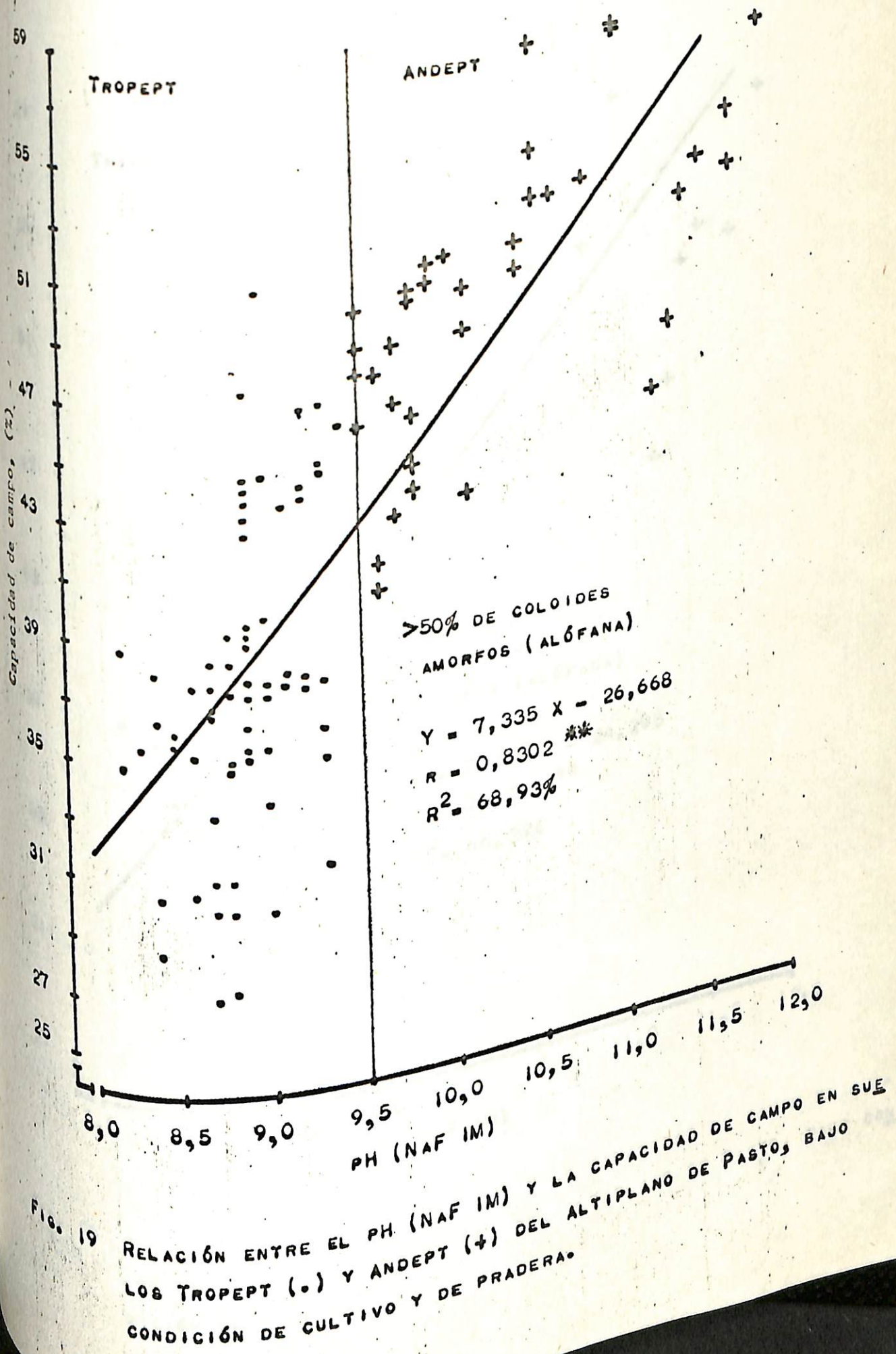


FIG. 18 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL ÍNDICE PLÁSTICO EN SUE-
LOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO
CONDICIÓN DE PRADERA.



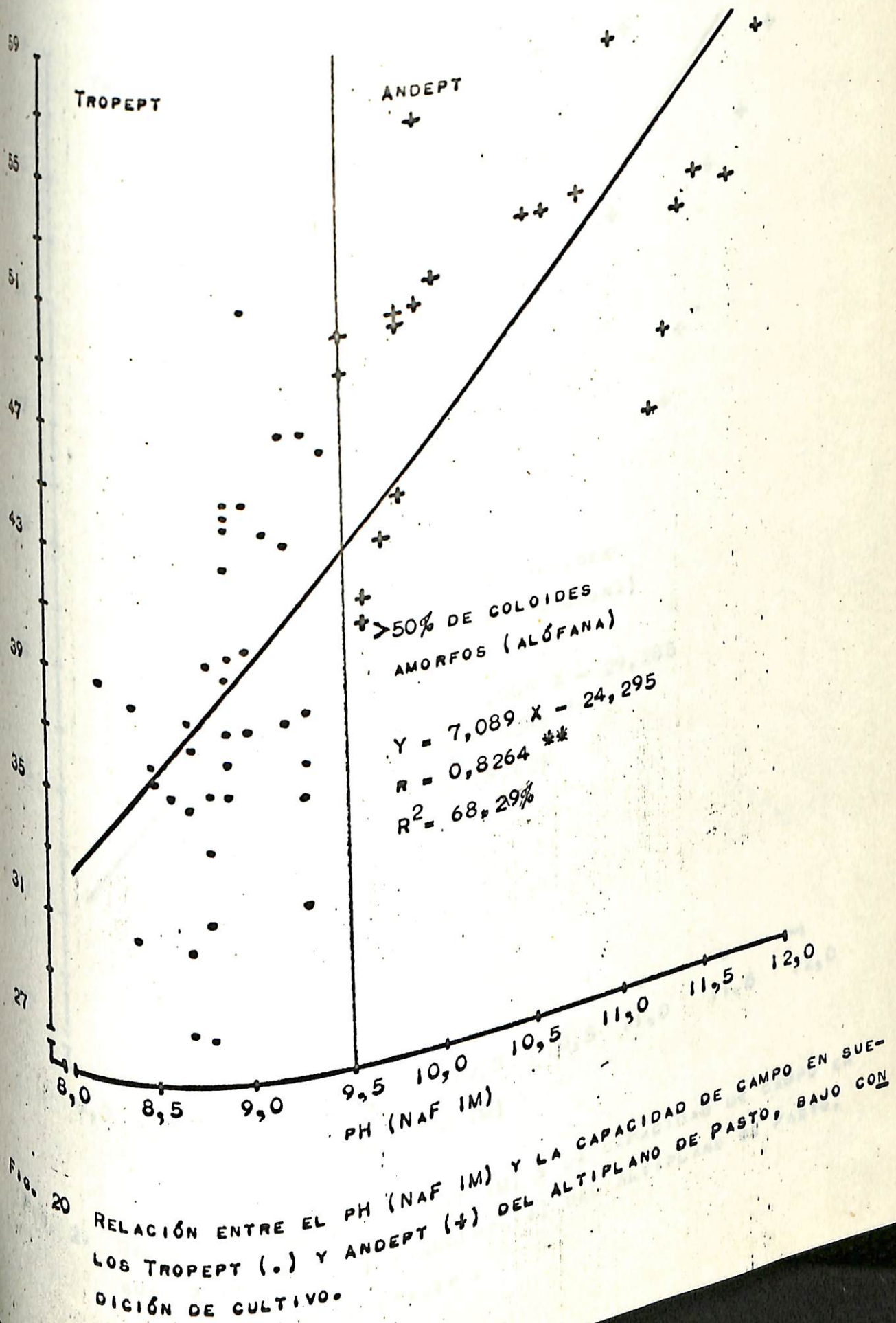
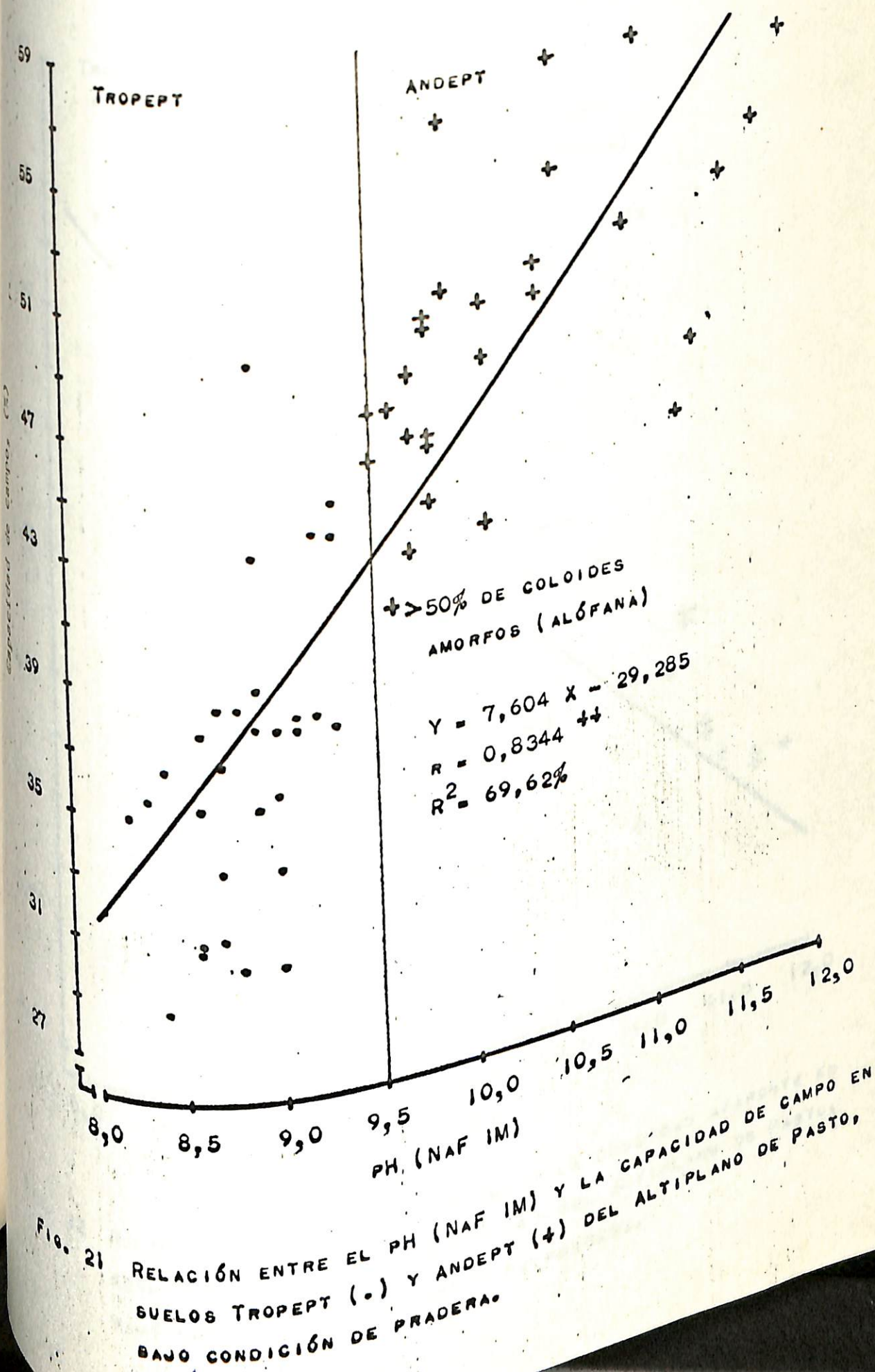


FIG. 20 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y LA CAPACIDAD DE CAMPO EN SUE- DICIÓN DE CULTIVO.



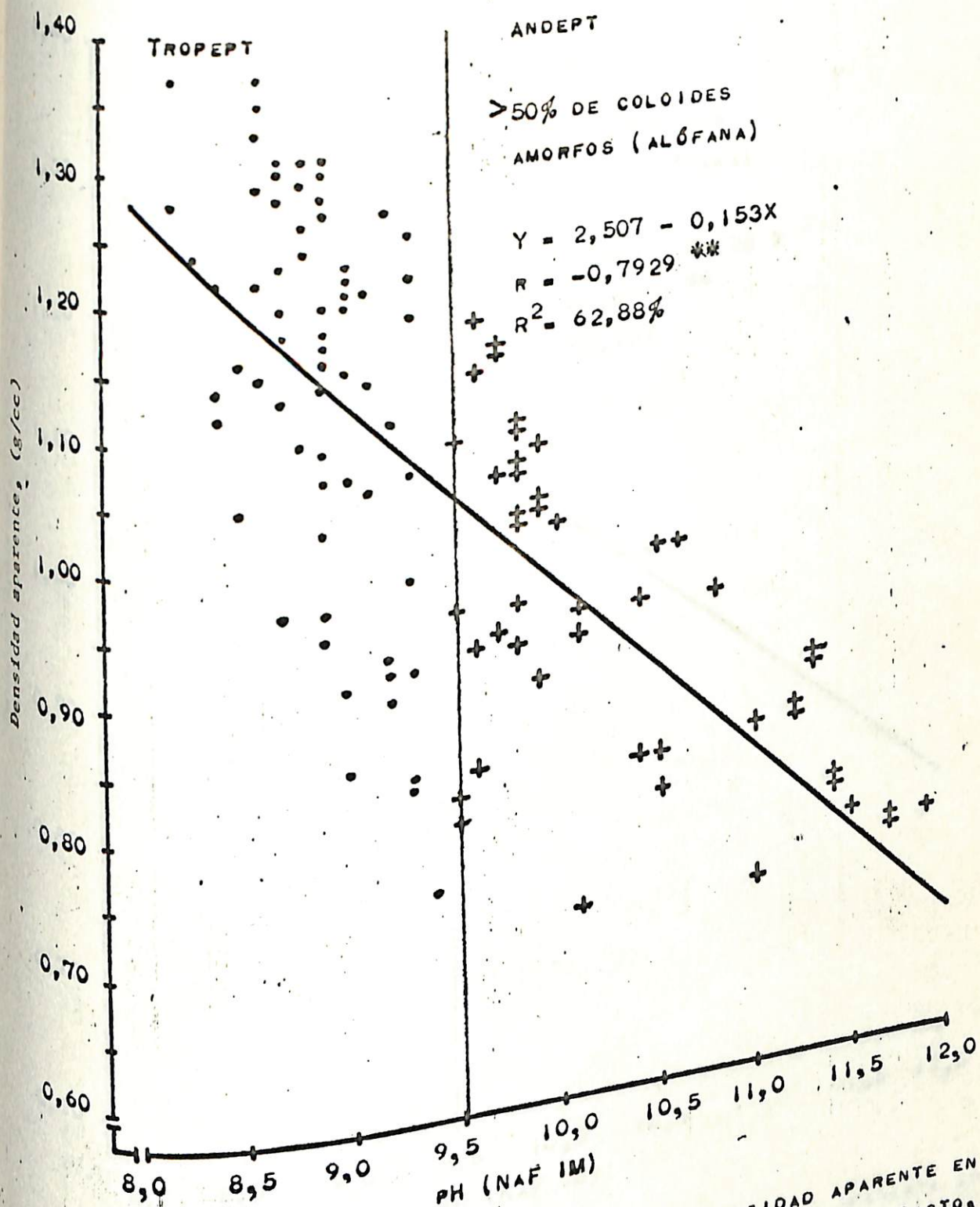
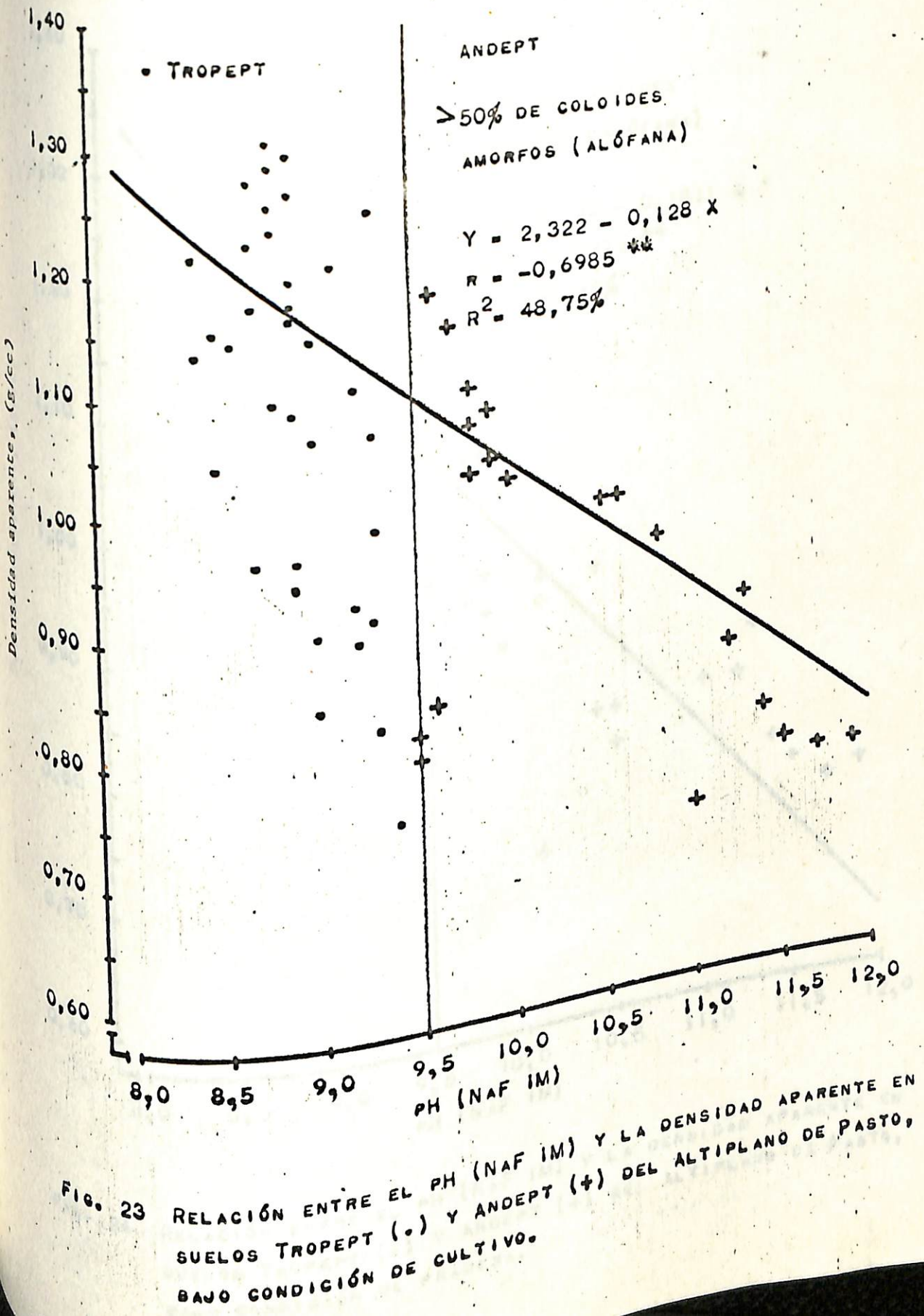


FIG. 22 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y LA DENSIDAD APARENTE EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO Y DE PRADERA.



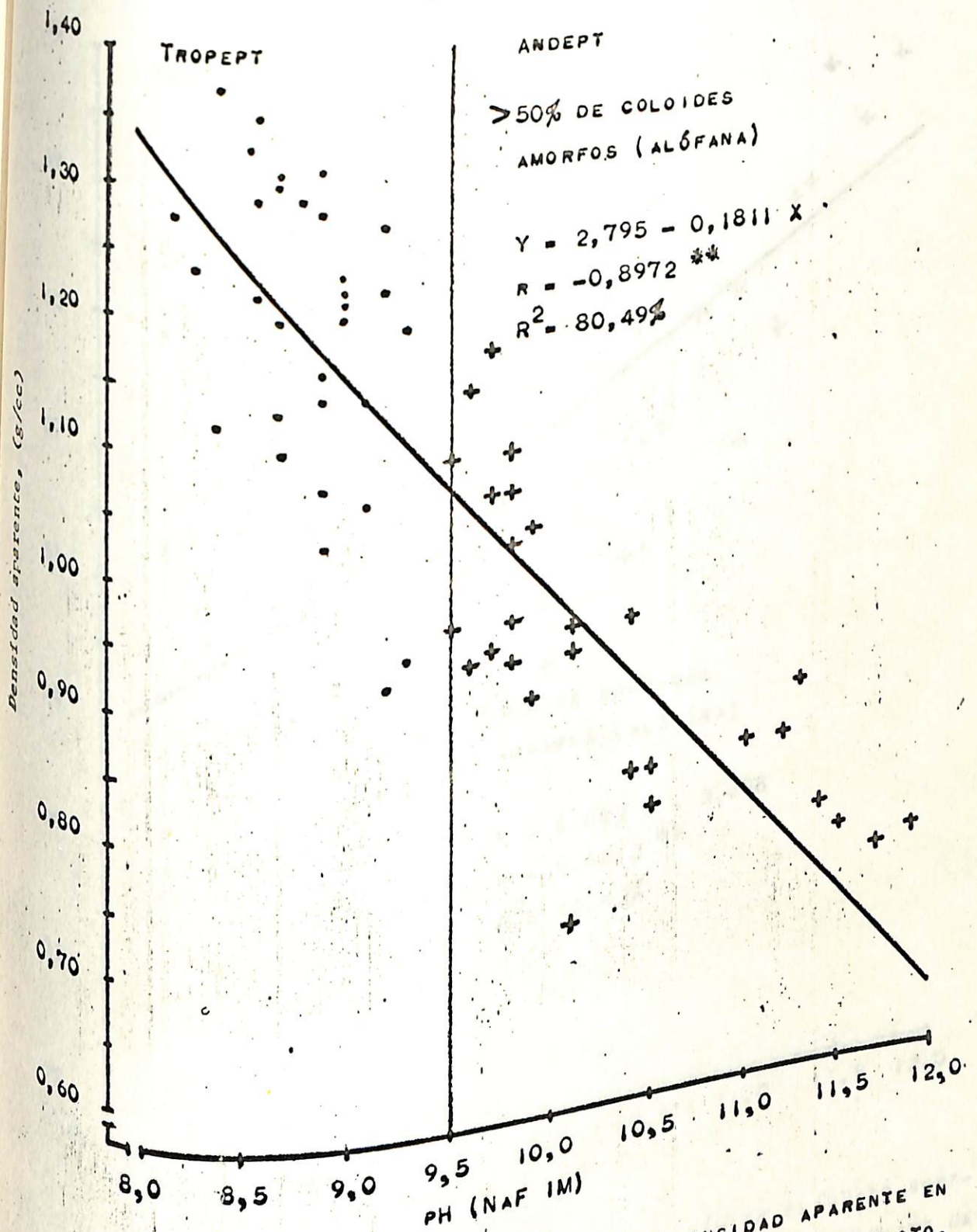


FIG. 24 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y LA DENSIDAD APARENTE EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE PRADERA.

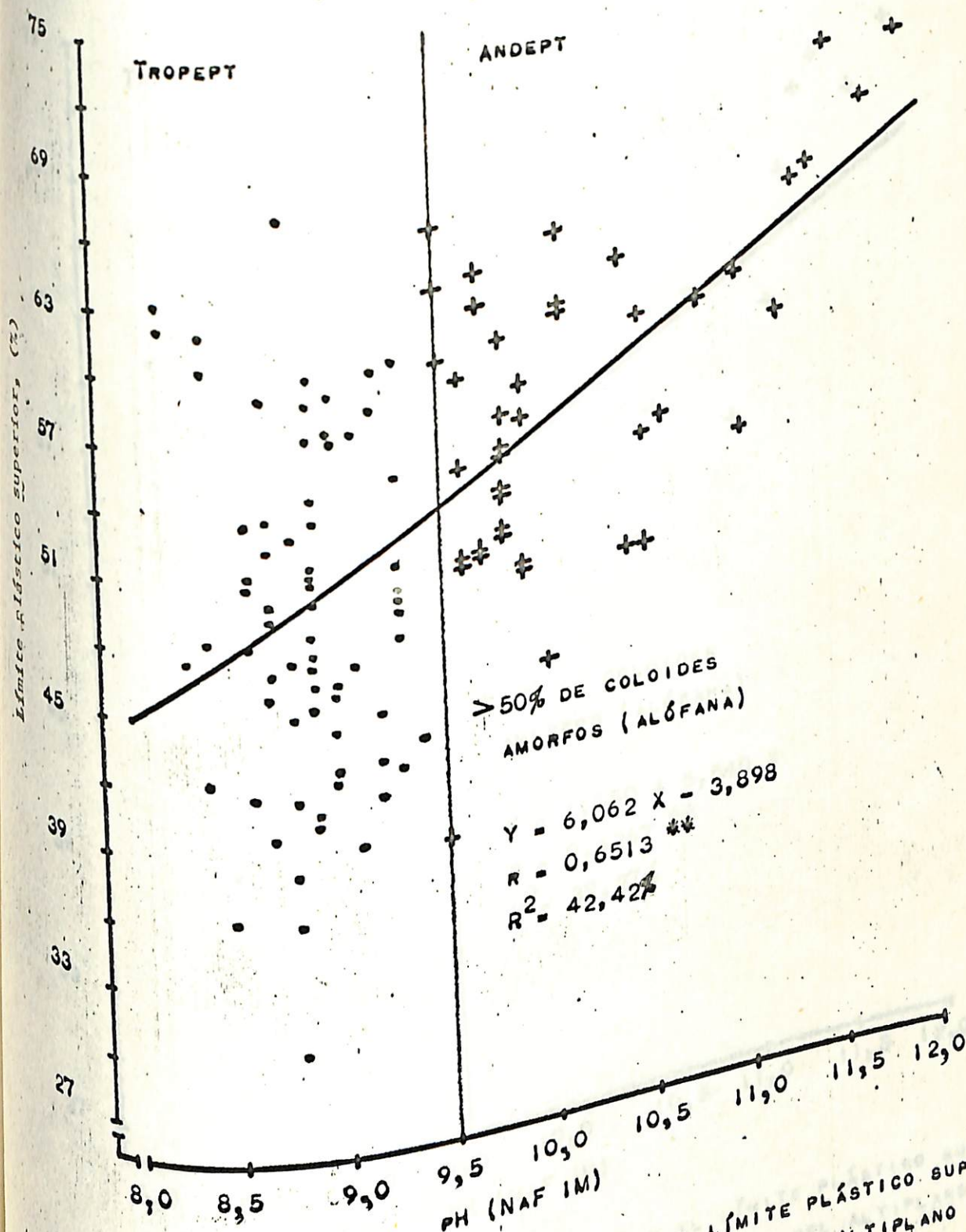


FIG. 25 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL LÍMITE PLÁSTICO SUPERIOR EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO Y PRADERA.

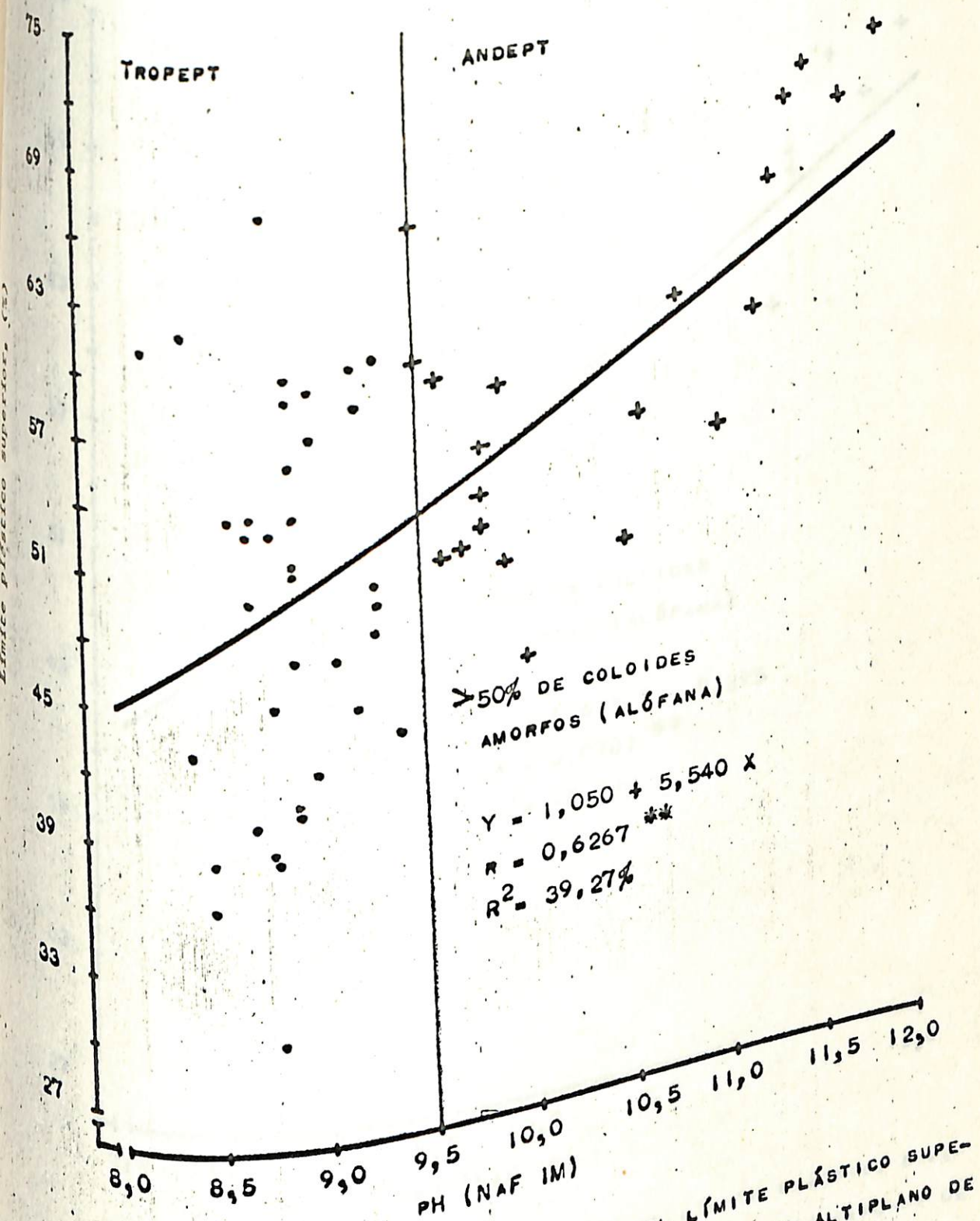


FIG. 26 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL LÍMITE PLÁSTICO SUPERIOR EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO.

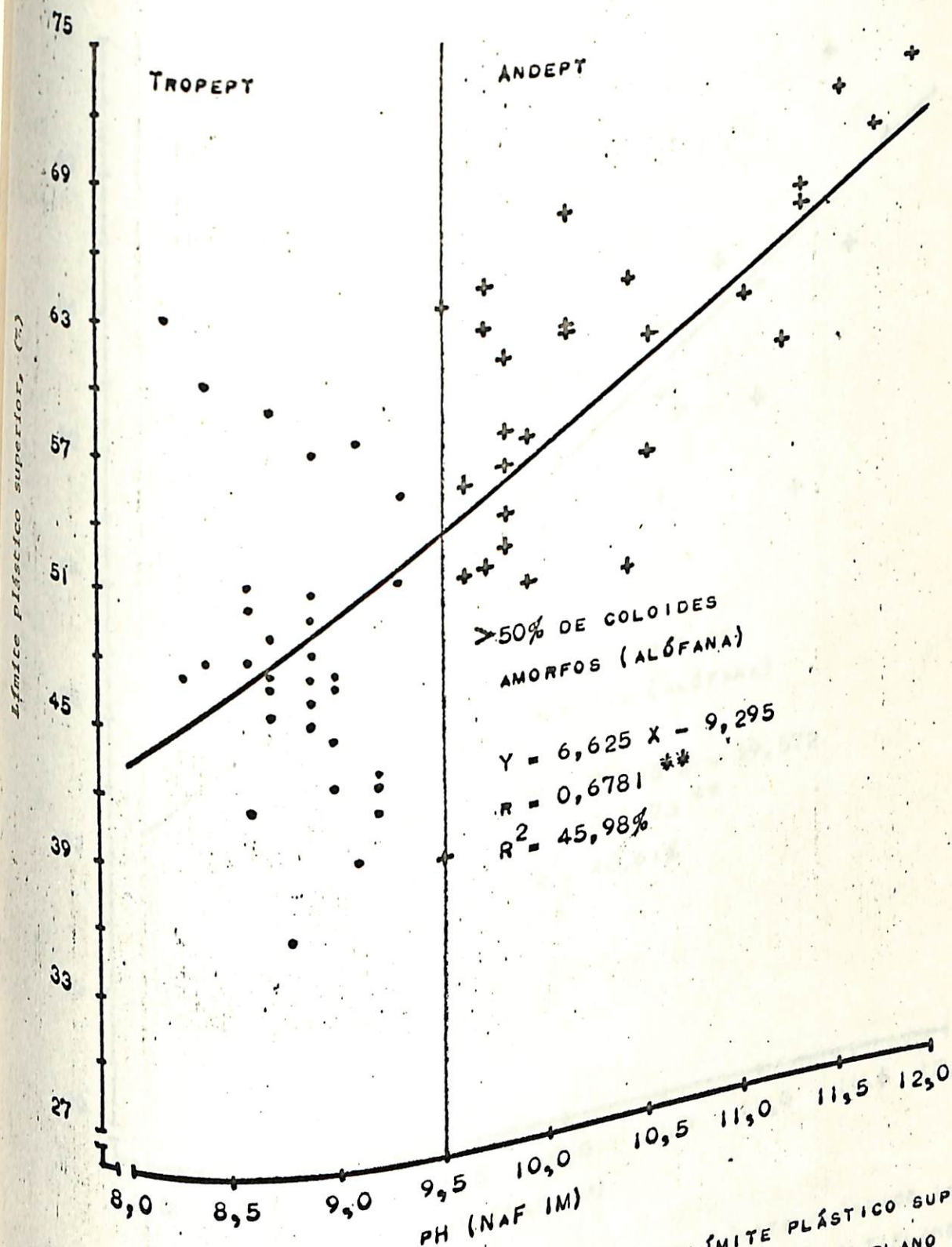
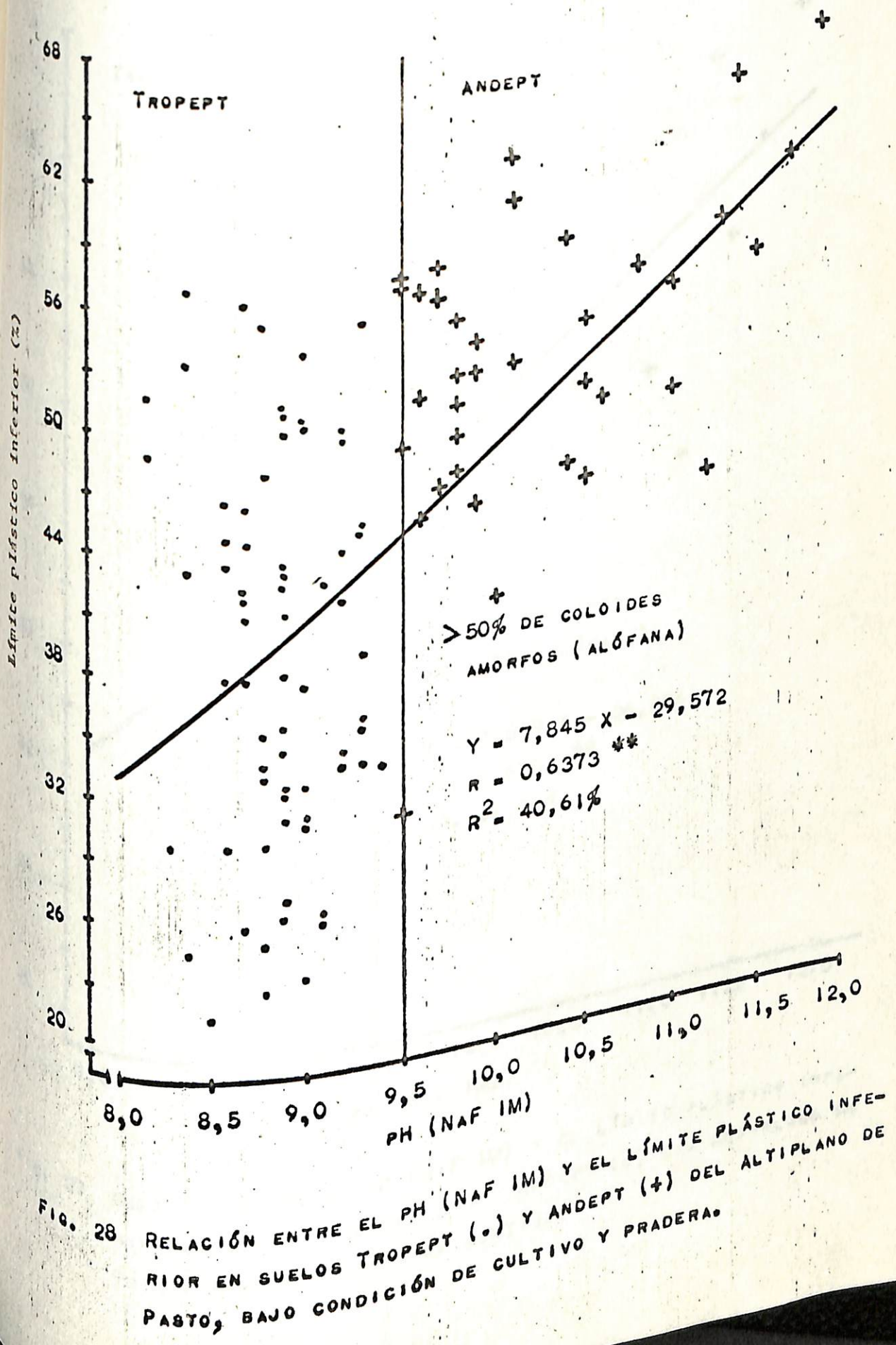


FIG. 27 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL LÍMITE PLÁSTICO SUPERIOR EN SUELOS TROPEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE PRADERA.



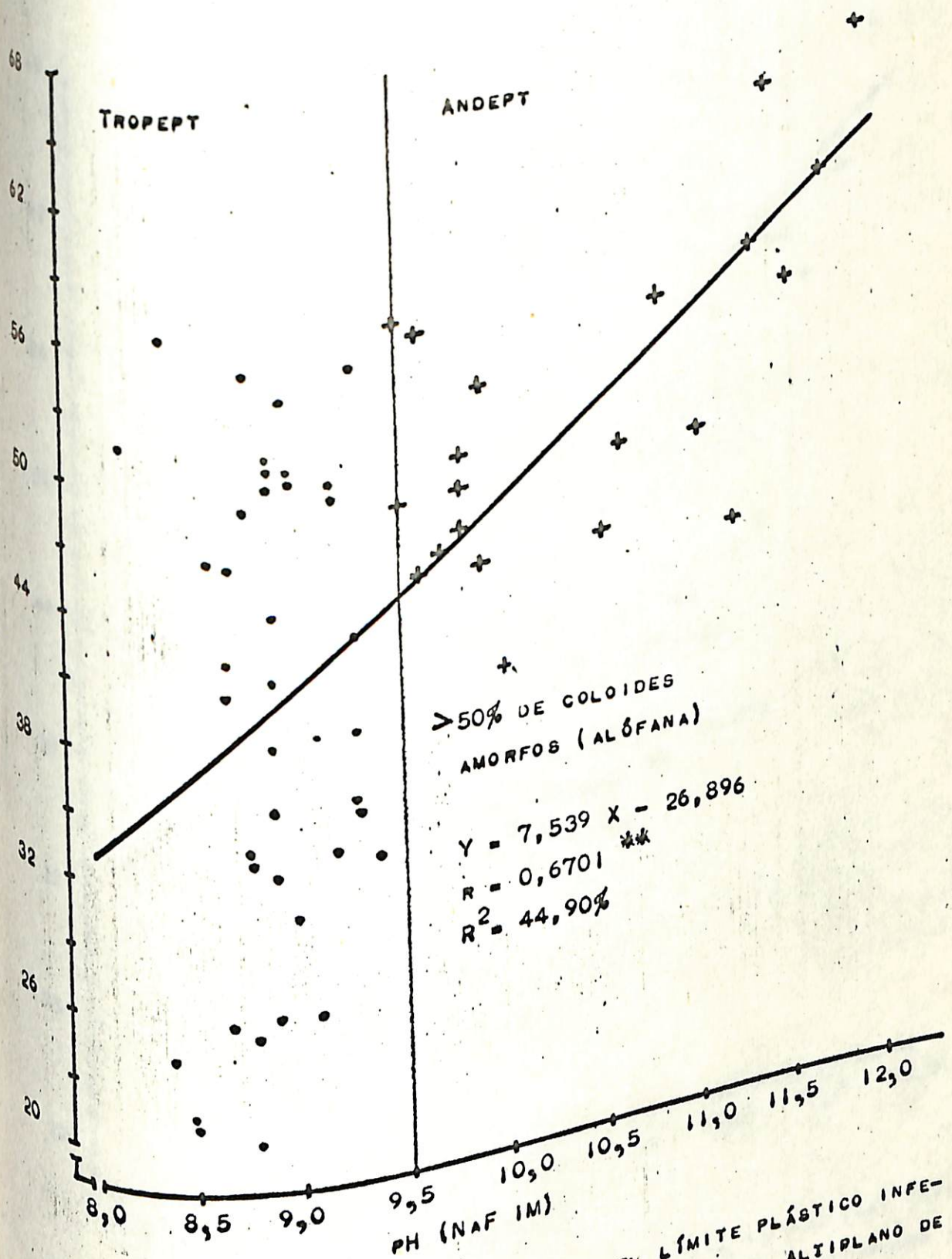


FIG. 29 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL LÍMITE PLÁSTICO INFERIOR EN SUELOS TROEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE CULTIVO.

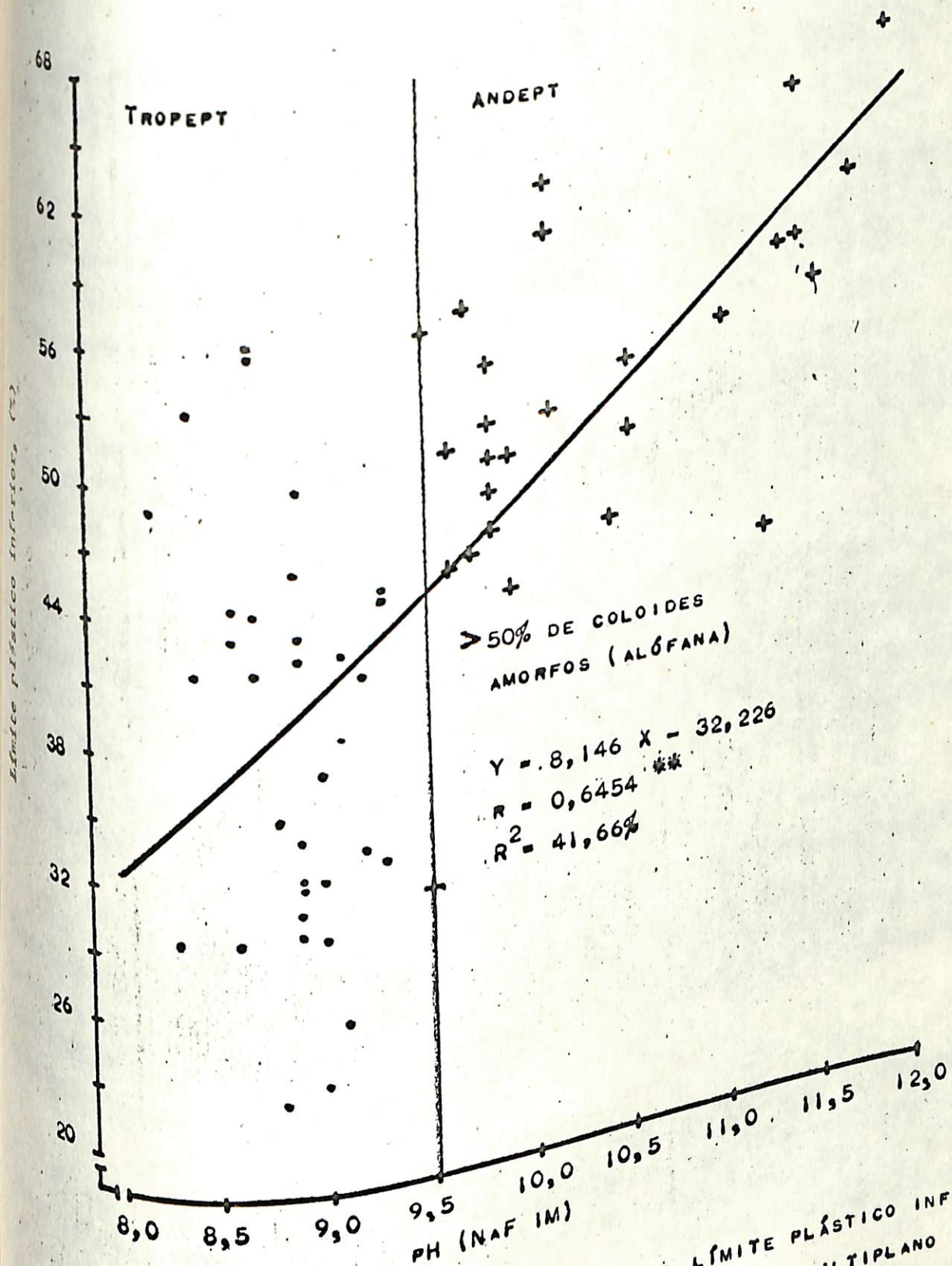


FIG. 30 RELACIÓN ENTRE EL PH (NAF IM) Y EL LÍMITE PLÁSTICO INFERIOR EN SUELOS TROEPT (.) Y ANDEPT (+) DEL ALTIPLANO DE PASTO, BAJO CONDICIÓN DE PRADERA.

V. CONCLUSIONES

Según los resultados observados en la presente investigación se concluye lo siguiente :

1. Los coeficientes de correlación obtenidos permiten concluir que la concentración de coloides amorfos influye sobre todas las propiedades físicas estudiadas, a un nivel de confiabilidad estadística superior al 99% de probabilidades
2. Conforme se incrementó el contenido de coloides amorfos se incrementó también la dificultad de dispersión y, en consecuencia, disminuyó la cantidad de arcilla determinada en el análisis mecánico
3. El aumento del contenido de arcilla amorfa está asociado con una disminución en la densidad aparente ($R^2 = 62,8\%$), un incremento en la porosidad total ($R^2 = 59,6\%$), un aumento en el porcentaje de agregados estables al agua ($R^2 = 60,1\%$), una disminución en los componentes de plasticidad y un aumento en la capacidad de campo ($R^2 = 68,9\%$) y agua aprovechable ($R^2 = 61,9\%$)
4. De lo anterior se deduce que los suelos Andept del Altiplano de Pasto presentan mejores características físicas que los Troept en lo referente a disponibilidad de aire, disponibilidad y almacenamiento de agua, estabilidad de la estructura y susceptibilidad a la erosión y degradación estructural por acción de la labranza
5. El hecho de que la acción de las arcillas amorfas sobre las propiedades físicas estudiadas sea similar al efecto producido por la materia orgánica, permite plantear la hipótesis de que la influencia benéfica de los coloides amorfos se deba fundamentalmente a la formación de complejos alófonos-materia orgánica

6. La buena asociación y correlación obtenida entre los valores de pH (NaF 1M) y las variables físicas estudiadas constituyen evidencias experimentales, que refrendan la validez del método rápido de Fieldes y Perrot para determinación de coloides amorfos.

7. La cobertura de cultivo, con todas las labores de labranza implícitas, disminuyó acentuadamente el efecto benéfico de los coloides amorfos sobre porosidad total y agregados estables al agua.

8. Una evaluación proximal y tentativa permite establecer que en los suelos del Altiplano de Pasto, el efecto de la labranza explica la variación de densidad aparente, porosidad total y agregados estables al agua en un 31,6%, 63,7% y 31,2%, respectivamente.

9. Los altos valores en los respectivos coeficientes de correlación permiten predecir, con alto margen de confiabilidad, la densidad aparente, porosidad total, agregados estables al agua y peso de la hectárea, mediante el uso de los valores de pH (NaF 1M) y las ecuaciones de regresión en suelos del Altiplano de Pasto, bajo condiciones de pradera.

VI. RESUMEN

Los suelos del Altiplano de Pasto, son derivados de cenizas volcánicas, presentando coloides amorfos como la alófana y vermiculita, cuya presencia y proporción permite identificar rápidamente el suelo a estudiar.

La utilización del método rápido de Fieldes y Perrot, permitió conocer el contenido de coloides amorfos de los suelos del Altiplano de Pasto, clasificándose como andosoles, orden Inceptisoles y en los siguientes subórdenes :

1. Suelos Andept : se caracterizan por tener alta estabilidad de agregados, alta profundidad efectiva, alta porosidad total, baja densidad aparente y bajo contenido de arcillas.

2. Suelos Tropept : tienen menor capacidad de retención de humedad, menor estabilidad de agregados, alto contenido de arcillas, menor profundidad efectiva, menor porosidad total y mayor densidad aparente que los suelos Andept.

La influencia que los coloides amorfos (especialmente alófana) ejercen sobre las propiedades físicas de los suelos, se manifiesta a través de los elevados coeficientes de correlación u asociación. Cuando existe en el suelo cobertura natural (pradera) se incrementa el grado de correlación.

La alta asociación y correlación encontrada entre los valores de pH (NaF 1M) y las variables físicas estudiadas, confirman la validez del método rápido de Fieldes y Perrot para la determinación de coloides amorfos.

SUMMARY

Highlands of Pasto soils, derived from volcanic ashes, show amorph colloids as allophane and vermiculite, whose presence and proportion allow ready identification of the soil.

Fieldes and Perrot fast method, allowed to know amorph colloids content of Highlands Pasto soils, classifying them as Andosols, Inceptisols order and following suborders :

1. Andept : characterized by a high aggregate stability, high effective depth, high total porosity, low bulk density and low clay content.
2. Tropept : lesser capacity of moisture retention and aggregate stability, higher clay content, lower effective depth and total porosity and higher bulk density than Andept soils.

The influence of amorph colloids (allophane specially) exerted on physical properties of soil, is showed by the high correlation and association coefficients. Correlation increases when there is natural coberture (prairies).

High association and correlation, between pH (NaF 1M) and physical studied properties confirm validity of Fieldes and Perrot method for determining amorph colloids.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ADAMES, J. y LEVY, L. Propiedades físicas de algunos suelos de la zona plana del Municipio de Palmira. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, 1960. 59 p.
2. ARTURO, G. y ERASO, G. Estudio de algunas propiedades físicas en suelos de la región de clima medio del suroccidente de Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 109 p.
3. DESOAIN, E. Mineralogía de las arcillas de suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, IICA, Turrialba, Costa Rica, 1969. pp. B.1.1.-B.1.17.
4. ———. Mineralogía de las arcillas de suelos volcánicos de Costa Rica. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Pasto, Colombia, 1972. 50 p.
5. ———. Mineralogía de la fracción limo en dos suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile. Proyectos de estudios y reconocimiento de suelos chilenos. Santiago, Ministerio de Agricultura-FAO, 1968. pp. 1-4.
6. BIRRELL, K. S. Some properties of volcanic ash soils. In FAO Report No. 14, on the meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. Tokyo, 1964. pp. 74-81.
7. BLASCO, L. M. Características químicas de los suelos volcánicos de Nariño, Colombia. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, IICA, Turrialba, Costa Rica, 1969. pp. B.8.1.-B.8.10.

8. BROADBENT, I. K. et al. Mineralization of carbon and nitrogen in some New Zealand allophanic soils. Soil Science 98(2): 118-128. 1964.
9. CHAVES, M. et al. Estudio socioeconómico de Nariño. Bogotá, Ministerio del Trabajo, División de Seguridad Social Campesina, 1959. 219 p.
10. CUELLAR, G. Efecto de la adición de carbonato de calcio y superfosfato triple en la mineralización del fósforo en suelos volcánicos de la Sabana de Túquerres, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1973. 63 p.
11. DAVILA, A. E. y TORRES, C. H. Características generales, criterios de clasificación y disponibilidad de microelementos en algunos suelos del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 127 p.
12. DUDAL, R. Correlation of soils derived from volcanic ash. In FAO Report No. 14, on the meeting on the classification of soils from volcanic ash. Tokyo, 1964. pp. 134-137.
13. EGAWA, T. y SATO, A. A study on DTA curves of the allophanic clays from volcanic ash soils in Japan. Advances in Clay Science. Tokyo 2(385): 498-500. 1960.
14. ESCOBAR, G., JURADO, R. y GUERRERO, R. R. Propiedades físicas de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Turrialba 22(3): 338-346. 1972.
15. ESPINAL, T. L. y MONTENEGRO, E. Formaciones vegetales de Colombia; Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1963. 201 p.

16. FIELDER, M. The nature of allophane in soils. Part 1 : Significance of structural randomness in pedogenesis. New Zealand Journal of Soil Science 9(3): 608-622. 1966.
17. _____. y FURKET, R. J. Nature of allophane in soils. Part 2 : Differences in composition. New Zealand Journal of Soil Science 9(3): 608-622. 1966.
18. _____. y PERROT, L. D. The nature of allophanic in soils. Rapid field and laboratory test for allophanic. New Zealand Journal of Soil Science 9(3): 623-639. 1966.
19. _____. y SWINDALE, L. D. Nature of allophane in soils. Parte 2 : Differences in composition. New Zealand Journal of Soil Science 9(3): 608-622. 1966.
20. FLACH, K. The classification of ash derived soils in the United States of America. In FAO Report No. 14, on the meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. Tokyo, 1964. pp. 111-114.
21. _____. Genesis and morphology of ash derived soils in the United States of America. In FAO Report No. 14, on the meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. Tokyo, 1964. pp. 61-70.
22. GONZALEZ, A. Manual de laboratorio de suelos. Palmira, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, 1969. 75 p.
23. GRIFFINTH, S. M. y SCHNITZER, M. Analytical characteristics of humic and fulvic acids extracted from tropical volcanic soils. Soil Science Society of America Proceedings 39(5): 861-867. 1975.
24. GUERRERO, R. Conferencias de laboratorio de Suelos. Pasto, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1965. (Mimeografía do).

25. GUERRERO, R. y MANTILLA, A. P. Propiedades físicas de algunos suelos de la zona plana del Municipio de Palmira. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, 1964. 79 p.
26. _____. Reconocimiento general de la Estación Experimental Obonuco. Pasto, Instituto Colombiano Agropecuario, 1961. 41 p.
27. JACKMAN, R. H. Organic phosphorus in New Zealand soils under pasture. II Relation between organic phosphorus content and some soils characteristics. Soil Science 70 : 293-299. 1955.
28. KANNO, I. Clay minerals of volcanic ash soils pumice in Japan. Advance Clay Science 1 : 213-233. Tokyo. 1959.
29. KAWAI, K. Method of determining amorphous for characterizing andosols. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA, Pasto, Colombia, 1972. 22 p.
30. KUBOTA, T. Role of hidroxyaluminium ions in the interparticle bonding of layer aluminosilicate clays. Soil Science and Plant Nutrition 21(1): 1-11. 1975.
31. LUNA, Z. C. Aspectos genéticos de Andosoles en Colombia. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA, Turrialba, Costa Rica, 1969. pp. A.3.1.-A.3.13.
32. _____. y CARLHOUN, G. F. Suelos derivados de ceniza volcánica del Departamento de Nariño. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Dirección Agrológica, 1973. 157 p.
33. MARTINI, J. A. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas en Centro América. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA, Turrialba, Costa Rica, 1969. pp. A.5.1.-A.5.19.

34. MARTINI, J. A. Principales grandes grupos de América Central y México. *Fitotecnia Latinoamericana* 4 : 57-79. 1967. 14 : 9-22.
35. OHMASA, M. Scope of volcanic ash soils; their extent and distribution. *In* FAO Report No. 14, on the meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. Tokyo, 1964. pp. 7-8.
36. ROYO, A. y GOMEZ, J. Datos para la geología económica de Nariño y Alto Putumayo. *In* Compilación de estudios geológicos oficiales de Colombia. Bogotá, Ministerio de Minas y Petróleos, 1963. 138 p.
37. SILVA, M. F. et al. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Publicación IT-6. 1963. 138 p.
38. SUDO, T. et al. Mineralogy and geology of Japanese volcanic ash soils. 8th International Congress of Soil Science. Bucarest, Rumanian, 1964. pp. 1095-1104.
39. SWINDALE, L. D. The properties of soils derived from volcanic ash. *In* FAO Report No. 14, on the meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. Tokyo, 1964. pp. 82-86.
40. _____ y SHERMAN, D. Hawaiian soils from volcanic ash. *In* FAO Report No. 14, on the meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. Tokyo, 1964. 36-49 p.
41. TAYLOR, N. The classification of ash derived soils in New Zealand. *In* FAO Report No. 14, on the meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. Tokyo, 1964. pp. 101-110.
42. THORPE, J. y SMITH, G. D. Higher categories of soil classification; order, suborder and great soil. *Soil Science* 67 : 117-126. 1949.

43. WRIGHT, A. C. The "Andosols" or "Humic allophane" soils of South America world. Soil Resources Report, FAO, 1964. 14 : 9-22.
44. YODER, R. E. A direct method aggregate method aggregate analysis of soils and study of the physical nature of erosion losses. Journal American Society of Agronomy 28(3): 337-351. 1936.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO

F
631.43
P111
Ej. 1

Inventario: 20358
Autor: Hernando Pabón Silva
Título: Determinación rápida de



T
631.43
P111
Ej.1

20358

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)

Universidad de Nariño
BIBLIOTECA
ALBERTO QUIJANO GUERRERO

20358 -