

COMPARACION DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO  
DE TERMINADA POR CUATRO METODOS EN SUELOS DEL  
ALTIPLANO DE PASTO

Por

EDUARDO CHAVES DE LOS RIOS  
FRANKLIN ALBERTO PAZOS ROSERO

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

Presidente de Tesis

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PASTO - COLOMBIA

1.973

AN  
T  
637.41  
OK 512  
Ej. 1

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

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

A MIS PADRES

A MI ESPOSA Y NIÑOS

A MI HIJO

A MIS HERMANOS

DEDICO

EDUARDO CHAVES DE LOS RIOS

RECOMENDACIONES A:

A MIS PADRES

LUIS LEONARDO DURAN E.A., E.S.

A MI ESPOSA E HIJOS

BERNARDO DURAN CASTAÑO E.A., E.S.

A MIS HERMANOS

RICARDO LEON VIVEROS SARDIA E.A.

A MIS FAMILIARES

MRS. MARCELLANO SARDIA E.A.

FRANCISCO VIVEROS DE LA FAMILIA

LA UNIVERSIDAD DE MARIBO

DEDICO

Al personal de la Universidad de Maribo

FRANKLIN ALBERTO PAZOS ROSERO

Agrícola.

Esas las personas que en una u otra forma colaboraron en el desarrollo del presente estudio.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION . . . . .	1
II. REVISION DE LITERATURA . . . . .	2
2.1 Conceptos generales sobre la capacidad de intercambio catiónico . . . . .	3
<b>RECONOCIMIENTOS A:</b> por quince del intercambio catiónico . . . . .	4
2.2 Capacidad . . . . .	LUCIO LEGARDA BURBANO I.A., M.Sc.
los cálculos . . . . .	HERNAN BURBANO ORJUELA I.A., M.Sc.
2.3 Factores de la CEC . . . . .	MIGUEL ANGEL VIVEROS ZARAMA I.A.
2.4.1 . . . . .	HNO. MAXIMILIANO GALLARDO I.A.
2.4.2 . . . . .	FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA
2.4.3 . . . . .	LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO
2.4.4 . . . . .	Al personal del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas.
2.5 . . . . .	Todas las personas que en una u otra forma colaboraron en el desarrollo del presente estudio.
III. MATERIALES Y METODOS . . . . .	16
3.1 . . . . .	16
3.2 . . . . .	17
3.2.1 . . . . .	17
3.2.2 . . . . .	18

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION . . . . .	1
II. REVISION DE LITERATURA . . . . .	3
2.1 Conceptos generales sobre la capacidad de intercambio catiónico . . . . .	3
2.2 Naturaleza química del intercambio ca- tiónico. . . . .	4
2.3 Capacidad de intercambio catiónico de los coloides del suelo . . . . .	5
2.4 Factores que afectan la determinación de la CIC. . . . .	8
2.4.1 Tipo de catión y anión. . . . .	8
2.4.2 Tamaño efectivo de los cationes	9
2.4.3 Hidratación y deshidratación. .	9
2.4.4 Tipo de disolvente. . . . .	10

	Pág.
3.2.3 Humedad . . . . .	21
3.2.4 Reacción del suelo. . . . .	21
3.2.5 Materia orgánica. . . . .	22
3.2.6 Métodos para determinar la capacidad de intercambio catiónico . . . . .	22
3.2.6.1 Método del Acetato de Amonio $\text{NH}_4\text{OAc}$ . . . . .	22
3.2.6.2 Método del Acetato de Calcio $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ . . . . .	23
3.2.6.3 Método del Acetato de Sodio $\text{NaOAc}$ . . . . .	24
3.2.6.4 Método del Formol. . . . .	25
3.3 Análisis Estadístico. . . . .	26
IV. DISCUSION Y RESULTADOS. . . . .	29
4.1 Eficiencias de las metodologías. . . . .	30
4.2 Determinación de la CIC por el método del Acetato de Amonio y Formol . . . . .	45
4.3 Determinación de la CIC por el método del Acetato de Calcio y Acetato de Sodio. . . . .	47
4.4 Relación entre CIC y la materia orgánica. . . . .	49
4.5 CIC y Arcillas . . . . .	50



ILUSTRACIONES

	Pág.
Figura 1. Mapa de la zona estudiada. Tomado de Escobar y Jurado (18). . . . .	20
Figura 2. Relación entre la CIC determinada por el método del Acetato de Amonio y la Materia Orgánica de los suelos y sub-suelos estudiados . . . . .	31
Figura 3. Relación entre la CIC determinada por el método del Formol y la Materia Orgánica de los suelos y subsuelos estudiados . . . . .	32
Figura 4. Relación entre la CIC determinada por el método del Acetato de Sodio y la Materia Orgánica de los suelos y sub-suelos estudiados. . . . .	33
Figura 5. Relación entre la CIC determinada por el método del Acetato de Calcio y la Materia Orgánica de los suelos y sub-suelos estudiados . . . . .	34
Figura 6. Relación entre la CIC determinada por el método del Acetato de Amonio y las Arcillas de los suelos y subsuelos estudiados. . . . .	35
Figura 7. Relación entre la CIC determinada por el método del Formol y las Arcillas de los suelos y subsuelos estudiados. . . . .	36

	Pág.
Figura 8. Relación entre la CIC determinada por el método del Acetato de Sodio y las Arcillas de los suelos y subsuelos estudiados. . . . .	37
Figura 9. Relación entre la CIC determinada por el método del Acetato de Calcio y las Arcillas de los suelos y subsuelos estudiados . . . . .	38
Figura 10. Relación entre la CIC determinada por el método del Acetato de Amonio y el pH de los suelos y subsuelos estudiados . . . . .	39
Figura 11. Relación entre la CIC determinada por el método del Formol y el pH de los suelos y subsuelos estudiados . . . . .	40
Figura 12. Relación entre la CIC determinada por el método del Acetato de Sodio y pH de los suelos y subsuelos estudiados. . . . .	41
Figura 13. Relación entre la CIC determinada por el método del Acetato de Calcio y pH de los suelos y subsuelos estudiados . . . . .	42

TABLAS

	Pág.
Tabla I. Capacidad de intercambio catiónico de algunos suelos de regiones tropicales	16
Tabla II. Capacidad de intercambio catiónico de algunos suelos nariñenses. . . . .	17
Tabla III. Resultados obtenidos de la determinación de la CIC por los métodos estudiados para el suelo (Resultados en me/100 g). . . . .	57
Tabla IV. Resultados obtenidos de la determinación de la CIC por los métodos estudiados para el subsuelo (Resultados en me/100 g). . . . .	58
Tabla V. Contenidos máximo, promedio y mínimo de la capacidad de intercambio catiónico en función de los métodos estudiados para el suelo (Resultados en me/100 g) . . . . .	59
Tabla VI. Contenidos máximo, promedio y mínimo de la capacidad de intercambio catiónico en función de los métodos estudiados para el subsuelo (Resultados en me/100 g). . . . .	60
Tabla VII. Comparación de promedios de la CIC por medio de la prueba de "t" entre -	

	Pág.
los métodos estudiados para el suelo	61
Tabla VIII. Comparación de promedios de la CIC - por medio de la prueba de "t" entre los métodos estudiados para el subsue- lo . . . . .	62
Tabla IX. Media, desviación estandar, varian- cia y coeficiente de variación en -- función de los métodos para el suelo	63
Tabla X. Media, desviación estandar, varian- cia y coeficiente de variación en -- función de los métodos para el sub- suelo. . . . .	64
Tabla XI. Significancia de los métodos estudia- dos en la determinación de la CIC pa- ra el suelo. . . . .	65
Tabla XII. Significancia de los métodos estudia- dos en la determinación de la CIC pa- ra el subsuelo . . . . .	66

COMPARACION DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO  
DETERMINADA POR CUATRO METODOS EN SUELOS  
DEL ALTIPLANO DE PASTO (\*)

Por EDUARDO CHAVES DE LOS RIOS  
FRANKLIN ALBERTO PAZOS ROSERO

I. INTRODUCCION

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), probablemente la más importante propiedad de los suelos, ha sido ampliamente estudiada, lo cual ha hecho posible el conocimiento de sus aspectos químicos y físicos, entre los cuales pueden citarse de una manera sobresaliente: textura, estructura, pH, contenido de materia orgánica, actividad biológica, superficie específica de las arcillas, composición de la solución del suelo, fertilidad, naturaleza de los coloides, etc.

---

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

La determinación de la CIC en los suelos tropicales derivados de cenizas volcánicas se ha estudiado muy poco y frecuentemente se utilizan métodos que han dado buenos resultados en suelos de regiones templadas. Además, estos métodos se emplean en suelos tropicales sin una evaluación estadística adecuada.

(23) En Colombia, y particularmente en Narino estudios acerca de la evaluación de algunas técnicas químicas usadas comunmente para determinar la CIC, aún no se han llevado a cabo.

Por lo anterior, se planteó el presente trabajo cuyo principal objetivo es el de evaluar la eficiencia de algunos métodos químicos para determinar la CIC en suelos con influjo de cenizas volcánicas, como es el caso de los suelos del Altiplano de Pasto.

## 100 II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Conceptos generales sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico.

Way y Thompson en 1.850, citados por Fuentes (23), fueron los primeros en observar el proceso de intercambio catiónico en el suelo. El mismo autor (23) señala que Hendricks, Kelley, Marshall, Pauling, Ross, Hoffman y otros entre 1.930 y 1.940, establecieron la naturaleza cristalina de las arcillas, constituyendo así las bases fundamentales del concepto actual de los fenómenos de intercambio catiónico. Hoy en día se acepta que la CIC del suelo, es la resultante de las cargas negativas de los minerales arcillosos cristalinos y de grupos funcionales de los coloides orgánicos o aluminosilicatos inorgánicos amorfos, generalmente conocidos como alófana.

La CIC se expresa en forma de miliequivalentes por 100 gramos de suelo (me/100 g). Este término se define como un miligramo de hidrógeno o la cantidad de cualquier otro ión que puede combinarse con él o desplazarlo. De esta manera, si una arcilla tiene una capacidad de intercambio catiónico de un miliequivalente por 100 g es capaz de adsorber o combinarse con un miligramo de H o su equivalente,

por cada 100 g. de sustancia seca, esto es, un miligramo para cada 100 miligramos de arcilla o sea 10 partes por millón (38).

Buckman (11) afirma que la CIC se expresa como el número de peso de miliequivalentes del total de cationes que pueden ser retenidos por 100g de suelo o materia coloidal.

Los suelos varían considerablemente en su CIC, dependiendo de la cantidad y clase de sustancia coloidal contenida. Minerales tales como el cuarzo, feldespatos y las micas que componen la arena, el limo y los separados gruesos de los suelos, exhiben poca habilidad para intercambiar cationes. Suelos de textura gruesa, por consiguiente, tendrán una baja capacidad de intercambio catiónico, mientras que suelos de textura fina tendrán una alta capacidad de intercambio (11).

## 2.2 Naturaleza química del Intercambio Catiónico.

Para que se efectúe el reemplazo de una gran cantidad de cationes adsorbidos, se requiere que el catión reemplazante se aplique en exceso. La cantidad relativa del exceso depende de la naturaleza

za de los cationes adsorbidos y de la fuerza de reemplazamiento (fuerza de adsorción) del catión en el electrolito (11). De acuerdo con su fuerza de reemplazamiento, los cationes de un suelo común pueden ser ordenados en escala descendente como siguen: H Ca Mg K o Na (11).

Saenz (41) opina que influye mucho en la adsorción relativa y reemplazamiento de cationes, el hecho de que estos formen productos insolubles, así aunque el Ca sea fuertemente adsorbido, es fácilmente reemplazado, si puede formar compuestos indisolubles con el oxalato o fosfato. Señala además que, en la mayoría de los suelos, con excepción de los alcalinos, la base principal de cambio es el Ca, luego el Mg, K, Na, en cambio en los suelos salinos la base principal de cambio es el Na.

### 2.3 Capacidad de Intercambio Catiónico de los coloides del suelo.

Para establecer la CIC de los coloides del suelo, es necesario tener en cuenta los factores más adecuados de los cuales se deriva el concepto de CIC de los coloides del suelo (46).

Una de las características importantes, pa

ra analizar la capacidad de intercambio catiónico de los coloides del suelo, es el pH. Al respecto Urbina (46) afirma que los coloides poseen algunas características químicas que permiten identificarlas cuantitativamente con el pH, aunque se encuentre en estrecha relación con otras sustancias del suelo.

Espinoza (19) considera que otra de las propiedades de los coloides del suelo, como por ejemplo de la alófana es que presenta valores diferentes de capacidad total de intercambio catiónico a pH 7,0 cuando ha sido pretratado a pH 3,5 o a pH 10,5. Esta diferencia en capacidad total de intercambio catiónico se denomina el valor delta de la CIC, que en el caso de la alófana es de 100 miliequivalentes por 100 g de suelo.

Loganathan (33) dice que la CIC de los suelos está relacionada con la CIC del componente alófanico y obtuvo una correlación de  $0,834^{++}$  entre la CIC de algunos suelos de Hawaii y el porcentaje de alófana que contienen.

En los minerales del tipo caolínico la capacidad de cambio es de 8 a 12 me/100 g de suelo. Los montmorilloníticos tienen valores que oscilan

entre 70 y 100 me/100 g; las micas ordinarias presen-  
tan un valor muy bajo o casi nulo para su capacidad  
de cambio; las illitas exhiben valores para la capa-  
cidad de cambio de 20 a 40 me/100 g; las vermiculi-  
tas poseen una capacidad de cambio del orden de 80 a  
150 me/100 g; los valores de la CIC de la alófana  
fluctúan entre 20 y 100 me/100 g aunque los valores  
más frecuentes se sitúan alrededor de 40 a 80 me/100  
g. (2, 3, 11, 21, 40). En cuanto a la materia orgáni-  
ca el valor de la CIC varía entre 150 a 250 me/100 g.

González y Callizo (24) anotan que muchos  
de estos materiales varían además en capacidad de cam-  
bio con el tamaño del grano, este efecto es especial-  
mente importante en aquellos silicatos en que la prin-  
cipal causa responsable del fenómeno de cambio ióni-  
co es la existencia de enlaces rotos en la zona de  
fractura de los cristales. Así, la capacidad de cam-  
bio de la caolinita o illita aumenta en proporción im-  
portante al disminuir el tamaño del grano, mientras  
que en los silicatos del grupo de la montmorilloniti-  
ta, el influjo de este factor es escaso.

Saenz (41) señala que la capacidad de in-  
tercambio de los coloides del suelo es muy variable,  
pues siempre hay presentes distintos minerales de ar-

cilla, y sus proporciones relativas varían considerablemente de acuerdo con las condiciones de clima y material del suelo.

## 2.4 Factores que afectan la determinación de la CIC.

### 2.4.1 Tipo de catión y anión.

Sawhney y colaboradores (42) han realizado estudios sobre el influjo de diferentes cationes sobre la CIC, usando para saturar los suelos cationes fijables como  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{K}^+$  y cationes no fijables tales como el  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Na}^+$ ; en suelos montmorilloníticos obtuvieron valores de CIC muy próximos, para  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{K}^+$ . En suelos ricos en vermiculita, la CIC medida al saturar con  $\text{K}^+$  y reemplazar con  $\text{NH}_4^+$ , fué mucho menor que al saturar con  $\text{Na}^+$  como solución reemplazadora en suelos saturados con  $\text{Ca}^{++}$ , los valores de CIC fueron significativamente mayores que cuando se usó acetato de amonio.

Wada y Harada citados por Fuentes (23), en estudios sobre la concentración y tipo de catión usado para medir la CIC en suelos y arcillas, determinaron que el efecto de la concentración salina de equilibrio, parece más marcado en arcillas que

contienen alófana más imogolitas, con una relación  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  alrededor de 1, siendo seguido por alófana con una relación  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  de 2, posteriormente por halloysita y finalmente por montmorillonita. Respecto a la acción del catión utilizado, los valores más altos de CIC se obtuvieron para un suelo con alófana más imogolita cuando se usó  $\text{Ba}^{++}$  o  $\text{Ca}^{++}$  como cationes saturadores.

#### 2.4.2 Tamaño efectivo de los cationes.

Birrel (4) señala que la CIC de los suelos alofánicos, determinada por el método convencional de lixiviación, es dependiente del tamaño efectivo de los cationes utilizados, de la concentración de la solución lixiviada, de la fuerza y el volumen del alcohol utilizado en el lavado. Indica además, que la adsorción no ocurre en ausencia del agua y que está influida por el equilibrio de los valores de pH de las soluciones. Experimentos de titulación indicaron que los suelos que contenían alófana, al igual que montmorillonita mostraban poca o ninguna tendencia a retener iones  $\text{H}^+$  cambiabiles (4).

#### 2.4.3 Hidratación y deshidratación.

Kanehiro y Sherman (31) han in -

investigado el efecto de la deshidratación del suelo seco al aire y en hornos a  $105^{\circ}\text{C}$ , comprobando que la CIC se redujo significativamente y que esta reducción se incrementó con el aumento de precipitación en la región de Hawaii. La profundidad de los perfiles incrementó el efecto. Un latosol básico bajó de 125,8 me/100 g a 37,6 me/100 g en cien días de deshidratación al sol. La remoción de la cubierta vegetal en un suelo virgen, causó un detrimento en la CIC de 16,8% en horizontes superficiales al final de un período de diez meses en un latosol húmico. La CIC fue medida por el método del acetato de amonio a pH 7,0 (31).

Kanehiro y Sherman (31), Schalscha y colaboradores (43) han estudiado el efecto del secamiento en suelos derivados de cenizas volcánicas con altos contenidos de minerales amorfos sobre algunas de sus propiedades y afirman que la CIC disminuyó en suelos secados al aire y hornos a temperaturas de  $105^{\circ}\text{C}$ .

#### 2.4.4 Tipo de disolvente.

Rich (39) al estudiar algunos suelos que retenían sales, encontró la eficiencia de varios disolventes en la remoción de sal de saturación

## 2.5 Relación de la CIC con la Materia Orgánica y las Arcillas.

Martini (35) encontró en suelos derivados de cenizas volcánicas de Centro América que la capacidad de intercambio catiónico correlacionó bien con el contenido de materia orgánica ( $r = 0,70^{++}$ ). Según el autor, esta alta capacidad de cambio posiblemente, se debe al alto contenido de alófana y de materia orgánica y a veces a algo de arcilla del tipo 2:1 de esos suelos.

Rirrell (5) y Flash (22) encontraron al comparar la capacidad total de cambio del suelo con la de la fracción mineral, que aproximadamente el 49-99 por ciento de ésta, se puede atribuir a la fracción mineral y el 1-52 por ciento se puede atribuir a la fracción orgánica.

Yuan y colaboradores, mencionados por Fuentes (23) al estudiar la contribución orgánica y mineral en la CIC de 85 suelos clasificados en los órdenes: entisoles, inceptisoles, mollisoles y spodosoles, encontraron que para la mayoría de éstos la correlación entre el contenido de arcilla y la CIC y, el contenido de materia orgánica y la CIC era significativa, aunque la correlación entre la materia

orgánica y la capacidad de intercambio fué la más alta ( $r = 0,897$ ).

En las Tablas I y II se observan valores de CIC de Kamprath y Welch (30) estudiando factores relacionados con el contenido de materia orgánica en suelos, obtuvieron correlaciones significativas con el porcentaje de materia orgánica y el contenido de arcilla. La CIC medida a pH 7,0 varió de 62 a 279 me/100 g.

Los valores de capacidad de intercambio que oscilan entre 5,30 y 83 me/100 g de suelo.

Syers y colaboradores (45), en un trabajo sobre la contribución del carbono orgánico y la fracción mineral en la CIC, obtuvieron correlaciones altamente significativas ( $r = 0,96^{++}$ ) para el carbono orgánico y CIC, mientras que para la correlación CIC y arcilla fué obtenido un coeficiente bajo ( $r = 0,57$ ).

Helling et al. (26) al investigar la contribución de la materia orgánica y los minerales arcillosos con relación al pH de las soluciones saturadas, encontraron que el efecto del pH de la solución, en la determinación de la CIC de 60 suelos de Winscon sin (EE.UU.) determinada dentro del rango de pH 2,8 a 8,0 era altamente significativa. La contribución media de la materia orgánica a la CIC total en este grupo de suelos varió de 19% a pH de 2,5 a 45% a pH de 8,0.

Tabla I

Figura 2.6 Variabilidad de la CIC. DE ALGUNOS SUELOS EN REGIONES TROPICALES

En las Tablas I y II se observan valores de CIC de algunos suelos de áreas tropicales y regiones nariñenses. Estos datos sin pretender ser una revisión amplia de la literatura, muestran la gran variabilidad que presenta el intercambio catiónico en los suelos de zonas tropicales. En los datos presentados se encuentran valores de capacidad de intercambio que oscilan entre 5,30 y 83 me/100 g de suelo.

Región	Suelo	CIC (me/100g suelo)	Ref.
	Serie de suelos latosólicos	70,2	"
Nariño	Serie amarilla	7,04	21
	Serie roja	24,9	"
	Serie roja	26,2	"
	Serie amarilla típica	23,8	"
	Serie esmeralda	7,3	"
Nariño	Serie (latosol)	59,0	76
	Serie (latosol)	20,5	"
	Serie (latosol)	30,0	"
Cauca	Serie (latosol)	75,5	30
	Serie (latosol)	25,7	"
	Serie (latosol)	41,2	"
	Serie (latosol)	30,14	"
Nariño	Serie (latosol)	84,4	13, 28
	Serie (latosol)	28,4	"
	Serie (latosol)	13,7	"
	Serie (latosol)	22,2	"
	Serie (latosol)	16,2	"

TABLA I

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO DE ALGUNOS SUELOS  
EN REGIONES TROPICALES

País	Suelo	CIC me/100g suelo	Ref.
Costa Rica	Berrisito (andosol)	29,8	21
	Colorado (latosol)	28,8	"
	Reventazon (aluvial)	28,0	"
	Cervantes (andosol)	49,3	"
Hawaii	Subhúmico latosol	19,8	21
	Latosol húmico	58,2	"
	Latosol húmico hídrico	83,4	"
	Latosol húmico ferruginoso	15,0	"
	Parde forestal latosólico	70,2	"
Brasil	Latosol amarillo	7,04	21
	Terra rossa	24,9	"
	Latosol rojo	16,2	"
	Latosol amarillo húmico	18,8	"
	Latosol conereccionario	7,3	"
Honduras	Tapaloca (aluvial)	59,0	36
	Sampire (aluvial)	20,5	"
	Sanaria (aluvial)	50,0	"
Guatemala	Bacal (andosol)	33,5	38
	Cayolate (andosol)	23,7	"
	Chigaj (andosol)	41,1	"
	Tiquisate (andosol)	50,14	"
Nicaragua	Serie la Lapa (Inceptisol)	24,4	13,44
	Serie Chinandega (Inceptisol)	28,4	"
	Serie la Mora (Inceptisol)	13,3	"
	Serie Chichigalpa (Inceptisol)	22,1	"
	Serie Telica (Inceptisol)	16,2	"

III. NUTRIENTES Y RESERVAS

TABLA II

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO  
DE ALGUNOS SUELOS NARIÑENSES

En el presente trabajo se utilizaron como

L U G A R	CIC me/100g suelo		REFERENCIA
	Suelo	Subsuelo	
Ancuya	40,38	40,76	16
Chachaguf	17,76	20,36	"
Consacá	36,17	28,85	"
Peñol	45,17	19,55	"
La Unión	14,99	5,30	"
Linare	26,62	21,59	"
Samaniego	21,16	19,15	"
Sandoná	25,13	15,24	"
San José	16,25	22,79	"
San Pablo	15,49	6,53	"
Botna	22,05	29,38	1
Túquerres	49,25	29,78	"
Guátara	20,50	26,34	"
Junín	23,15	33,23	"
Diviso	29,12	23,92	"
Tumaco	39,86	41,67	"
San Luis	15,57	15,11	25
Aldana	21,07	21,11	"
Carlosana	18,20	29,34	"
Ipiales	16,54	9,05	"
Pupiales	13,70	12,65	"

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Materiales.

En el presente trabajo se utilizaron muestras de suelos del Altiplano de Pasto, situado en el Departamento de Nariño, al Sur - Oeste de Colombia. Las coordenadas geográficas del Departamento son:  $0^{\circ}37' - 2^{\circ}47'$  Latitud Norte y  $79^{\circ}03' - 76^{\circ}47'$  Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich (48).

Geológicamente, el Altiplano de Pasto está formado por una mezcla de material volcánico cascajoso; la composición de las rocas eruptivas neovolcánicas consiste principalmente de brechas con cantos de andesita, bombas andesíticas de tamaño muy variable, tobas de Lapillis, cenizas en diferentes grados de compactación, y derrames de andesita (12, 32).

La zona estudiada está situada entre los 2.400 y 2.800 m.s.n.m., con una precipitación, temperatura y humedad promedias de 800 mm,  $13,5^{\circ}\text{C}$  y 65%, respectivamente (28).

Ecológicamente según Holdridge (27) y Espinal y Montenegro (20), el Altiplano de Pasto, en su mayor parte pertenece al bosque Montano bajo seco

MUNICIPIO de PASTO

Análisis de la zona donde se tomaron las muestras de suelos

(Tomado del mapa elaborado por el Ing. Nal. de Estadística.)

y bosque Montano bajo húmedo.

Los sitios de muestreo (Figura 1) se localizaron en las regiones de:

- 1 Mapachico
- 2 Catambuco Pendiente
- 3 Cabrera
- 4 Obonuco
- 5 Catambuco Plano
- 6 Aranda
- 7 Genoy
- 8 Pejendino
- 9 La Laguna
- 10 Botana
- 11 Anganoy
- 12 Jongovito
- 13 Cujacal
- 14 Tablazo
- 15 Gualmatán

Las muestras se tomaron bajo la condición de pradera y en las dos primeras capas del perfil. Los dos suelos son derivados de cenizas volcánicas y quedan al pie del volcán Galeras (4.200 m.s.n.m.), topográficamente son suelos que presentan condiciones favorables para la agricultura y ganadería y de indudable porvenir económico.

Fig. 1 - Sitios de toma de muestras. (Tomado de Escobar y Jorale - 19-)

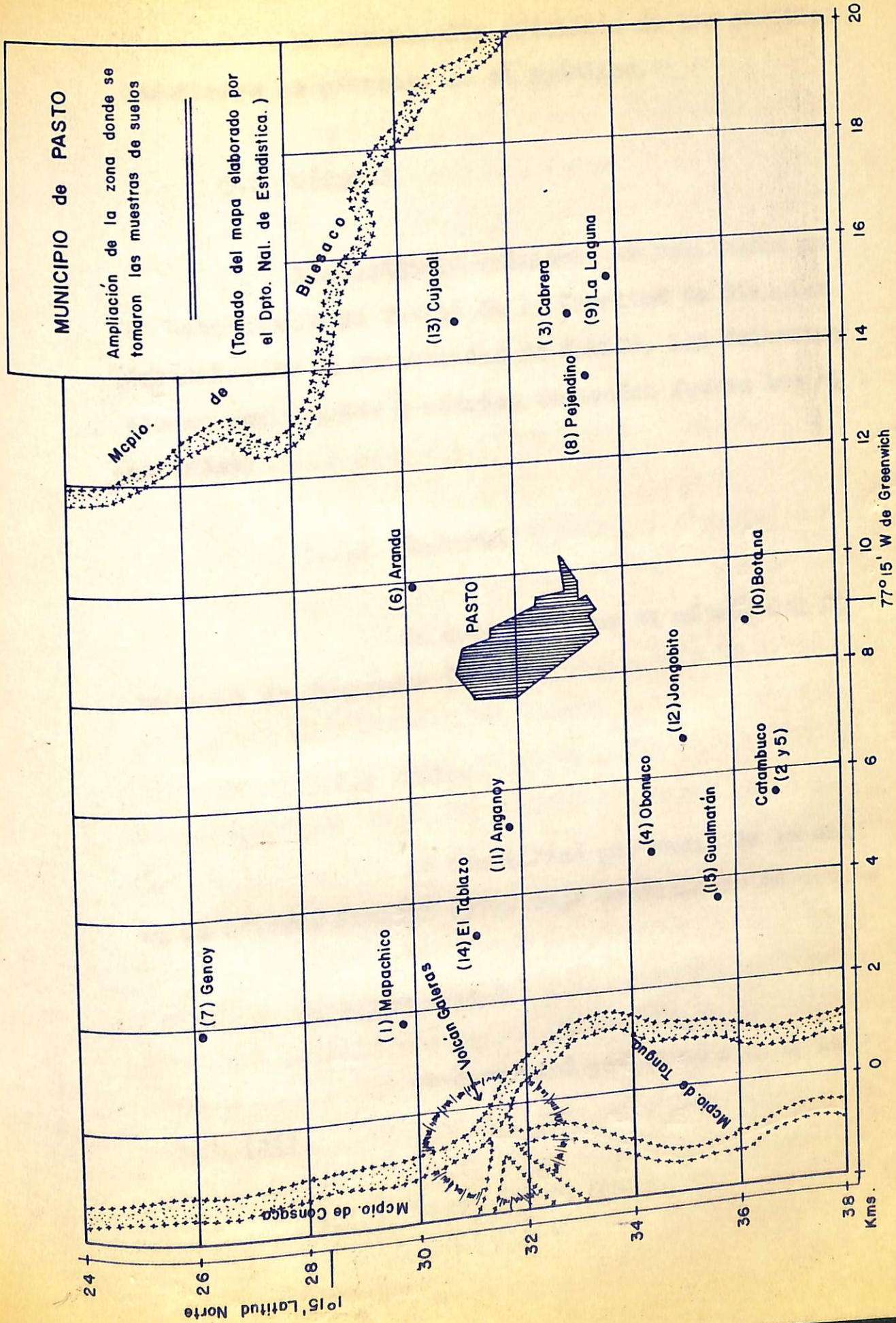


Fig. 1. — Sitios de toma de muestras. ( Tomado de Escobar y Jurado -18- )

La descripción detallada de los perfiles estudiados se presenta en el Apéndice.

### 3.2 Métodos.

Los análisis químicos, se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño. Las determinaciones verificadas y métodos empleados fueron los siguientes:

#### 3.2.1 Textura.

Se determinó por el método del Hidrómetro de Bouyoucos (9).

#### 3.2.2 Color.

Se identificó por medio de la carta de colores Munsell (37), bajo condiciones de campo.

#### 3.2.3 Humedad.

Se determinó por el método de la estufa (29).

#### 3.2.4 Reacción del suelo.

utilizando una mezcla suelo-agua 1:1 (29).

### 3.2.5 Materia Orgánica.

Se obtuvo empleando la técnica descrita por Walkley Black (47).

### 3.2.6 Métodos para determinar la capacidad de intercambio catiónico.

#### 3.2.6.1 Método del Acetato de Amonio $\text{NH}_4\text{OAc}$ .

Se pesan 10 g de suelo, previa determinación de su humedad a  $110^\circ\text{C}$ . durante 24 horas, esta cantidad se lleva a recipientes de 250 ml y se agregan 30 ml de acetato de amonio 1N, a pH 7,0, se agita durante 30 minutos, luego se filtra a través de papel cinta azul de 9 cm de diámetro, se lava posteriormente con 5 porciones de 20 ml cada una de acetato de amonio 1N a pH 7,0 y luego con 5 porciones de 20 ml cada una de etanol del 95%, a continuación se lixivia el suelo con 450 ml de cloruro de potasio al 10% y pH 2,5 (29).

Se pasa el líquido filtrado a un balón aforado de 100 ml y se enrasa; se toman

25 ml y se colocan en el balón micro-Kjeldahl añadiendo 25 ml de hidróxido de sodio del 40% y recogiendo el destilado sobre 25 ml de ácido bórico al 4% con indicador y se deja pasar vapor hasta que se recojan 200 ml de destilado, luego se titula o se valora con ácido sulfúrico al 0,1N.

Se lleva un blanco, añadiendo al balón 10 ml de cloruro de potasio al 10% pH 2,5 en la misma forma como se hizo en las muestras (29).

### 3.2.6.2 Método del Acetato de Calcio $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ .

Se pesa en balanza de torsión el equivalente de 1 g de suelo tamizado a 2 mm, se coloca en tubos de centrifuga de 50 ml, se lava con 4 porciones de 25 ml de acetato de calcio 1N, pH 7,0, agitando en agitador horizontal 4 veces, la primera por 12 horas y las restantes por 1 hora, saturado de sal con acetato de calcio, se lava el exceso de sal con 2 porciones de 25 ml de agua destilada, agitando durante 15 minutos, y con 3 porciones de 25 ml de etanol del 95%. Posteriormente se agita por una hora en agitador horizontal, luego se desplaza el calcio con 4 porciones de 25 ml de acetato de amonio 1N,

pH 7,0, agitando durante 2 horas cada vez. Se completa el volumen a 100 ml, se preparan alícuotas y se determina Ca por espectrofotometría de llama (23).

### 3.2.6.3 Método del Acetato de Sodio NaOAc

Se toman 5 g de suelo previa de terminación de la humedad y se colocan en recipientes de 250 ml, añadiendo 50 ml de acetato de sodio 1N, pH 8,2; se agita con varilla durante 5 minutos, luego se filtra con papel cinta azul de 9 cm de diámetro, se lava la muestra con 5 porciones de 20 ml de etanol del 95%, el ión sodio adsorbido es reemplazado en la muestra por  $\text{NH}_4^+$  para lo cual se siguen los siguientes pasos:

a) Se deshecha el filtrado anterior y se lavan los recipientes de vacío.

b) Se empata el conjunto nuevamente y se lava el suelo con 4 porciones de 25 ml cada una de acetato de amonio 1N.

c) Se evapora el filtrado hasta sequedad, destruyendo la materia orgánica posteriormente (29).

Según Jackson (29), la materia orgánica se destruye al añadir primero 5 ml de ácido nítrico concentrado, que se evaporan a sequedad a lo anterior se adicionan 1 ml. de ácido perclórico y 3 ml de ácido nítrico concentrados que también se llevan a sequedad. El residuo se humedece con 1 ml de ácido clorhídrico concentrado, se calienta y evapora casi hasta sequedad (color amarillo meloso), se recupera con 10 ml de ácido clorhídrico 0,1N se calienta suavemente y se añaden 25 ml de agua destilada. Se filtra a través de papel cinta azul de 9 cm de diámetro, llevando a volumen final de 100 ml.

Se continúa en la misma forma (de recuperación, filtración, etc.), hasta destruir la materia orgánica presente.

El sodio se determina con espectro fotómetro de llama calibrando previamente una curva con blancos y patrones (29).

#### 3.2.6.4 Método del Formol.

Después de establecer la humedad a  $110^{\circ}\text{C}$ , se toman 10 g de suelo, agregando 10 ml de acetato de amonio 1N, pH 7,0 se agitan por 30 minutos y se dejan en reposo. Luego se filtra con pa

pel filtro cinta azul de 9 cm de diámetro, y se lava con 5 porciones de 20 ml cada una de acetato de amonio.

A continuación, el suelo se lava con 5 porciones de 10 ml cada una de etanol neutralizado del 95%. Posteriormente se deshecha el filtrado y se lavan los recipientes, se conectan nuevamente éstos y se añaden 5 porciones de 10 ml cada una de cloruro de sodio al 10% para lixiviar, esto se hace con poca succión.

Al filtrado se le adicionan 10 ml. de formol al 40% neutralizado, finalmente, se titula con NaOH 0,1N (indicador fenolftaleína) hasta obtener un color rosado tenue.

### 3.3 Análisis Estadístico.

Para determinar estadísticamente el mejor tratamiento se compararon los promedios de los diferentes métodos estudiados por medio de la prueba de "t".

Se determinaron algunos parámetros de dispersión como la variancia, la desviación estandar y el coeficiente de variabilidad, así como la media  $\bar{x}$ .

no medida de tendencia central o de posición. Además, se establecieron regresiones y correlaciones lineales entre la CIC y la materia orgánica, pH, arcillas y, entre la CIC estimada y la CIC determinada por los métodos estudiados.

Se determinó la CIC estimada por medio de la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{CIC estimada} = & \% \text{ de materia orgánica} \times 2 \\ & + 50\% \text{ de arcillas} \times 1 \\ & + 50\% \text{ de arcillas} \times 0,6 \end{aligned}$$

El factor 2 se obtuvo de 200 me/100 g que tiene la materia orgánica, ya que por estudios anteriores se ha reportado que la CIC de la materia orgánica es de 200 me/100 g (2, 3, 11, 21, 40).

El factor 1 se obtuvo de 100 me/100 g que tiene la vermiculita y el factor 0,6 se obtuvo de 60 me/100 g que tiene la alófana, según investigaciones realizadas por numerosos investigadores (2, 3, 11, 21, 40).

Se debe anotar que las determinaciones se

realizaron dos veces con cada método y los resultados obtenidos se promediaron, esto se hizo con el fin de obtener mayor exactitud en los resultados y disminuir la variabilidad. También es conveniente considerar que las muestras tomadas en el campo fueron promediadas de 20 sitios que se muestrearon en un radio no menor de 200 m.

En las Tablas III y IV se presentan los valores de pH obtenidos en los diferentes sitios estudiados, tanto para el suelo como para el agua.

En las Tablas V y VI se registran los contenidos de nitrógeno, fósforo y calcio de la capacidad de intercambio catiónica para el suelo y agua, obtenidos con los 4 sitios estudiados.

De acuerdo a los resultados, el promedio de la capacidad de intercambio para el suelo es de 71.34 meq/100 g. con el método de la resina, 71.50 meq/100 g. con el método del formal, 70.87 meq/100 g. con el método de la resina y 71.34 meq/100 g. con el método del formal. Para el agua la capacidad de intercambio catiónica es de 27.24 meq/100 g. con el método de la resina y 27.24 meq/100 g. con el método del formal. Los resultados de la capacidad de intercambio catiónica para el suelo y agua se presentan en las Tablas III y IV.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas I y IV del Apéndice se observan algunos datos de las propiedades físico-químicas de los suelos y subsuelos estudiados, pudiéndose apreciar que son suelos ácidos o ligeramente ácidos, con adecuado contenido de materia orgánica y textura franca.

En las Tablas III y IV se presentan los valores de CIC obtenidos con los diferentes métodos estudiados, tanto para el suelo como para el subsuelo.

En las Tablas V y VI se registran los contenidos máximo, promedio y mínimo de la capacidad de intercambio catiónico para el suelo y subsuelo, obtenidos con los 4 métodos estudiados.

De acuerdo a los resultados, el promedio de capacidad de intercambio para el suelo es de 31,55 me/100 g, con el método del  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , 24,50 me/100 g, con el método del formol, 10,67 me/100 g, con el método del  $\text{NaOAc}$  y 9,32 me/100 g con el método del  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ . Para el subsuelo la capacidad de intercambio catiónico es de 28,04 me/100 g con el método del  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , 21,6 me/100 g, con el método del formol, de 10,20 me/100 g para el  $\text{NaOAc}$  y de 6,91 me/100 g, con el método

do del  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ .

En las Tablas VII a XII aparecen los análisis estadísticos, de los diferentes métodos comparados.

En las Figuras 2 a 13 aparecen algunas relaciones entre la CIC y materia orgánica, pH, arcillas de los suelos y subsuelos.

#### 4.1 Eficiencias de las Metodologías.

En relación al tipo de metodología utilizado es notoria la disparidad que presentan los cuatro métodos estudiados con respecto a los valores obtenidos de CIC. Con el método del  $\text{NH}_4\text{OAc}$  se obtuvieron los valores más altos, con el  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  los menores, siendo más o menos intermedios el método del  $\text{foxmol}$  y  $\text{NaOAc}$ . Los métodos estudiados en este trabajo para determinar la CIC, se basan en que los cationes del suelo adsorbidos son reemplazados por  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  y así la cantidad de estos cationes adsorbidos puede determinarse cuantitativamente.

Estos métodos como se puede apreciar en las Tablas III y IV presentan una gran variabilidad. Los valores obtenidos con los iones monovalentes, según se observa en estas Tablas, son más o menos simi-

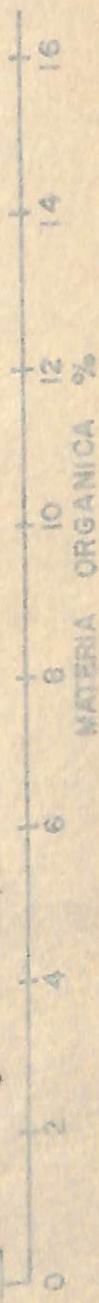


Fig. 2.— Relación entre la CIC determinada por el método del  $\text{Ca}_2\text{NH}_4$  y la materia orgánica de los suelos y subsuelos estudiados

$\frac{\bullet}{\bullet}$  Suelo  
 $\hat{Y} = 23,741 + 1,387 X$   
 $r = 0,479784^*$   
 $R^2 = 23,0193 \%$   
 $\frac{\circ}{\circ}$  Subsuelo  
 $\hat{Y} = 27,745 + 0,015 X$   
 $r = 0,041128$   
 $R^2 = 1,692 \%$

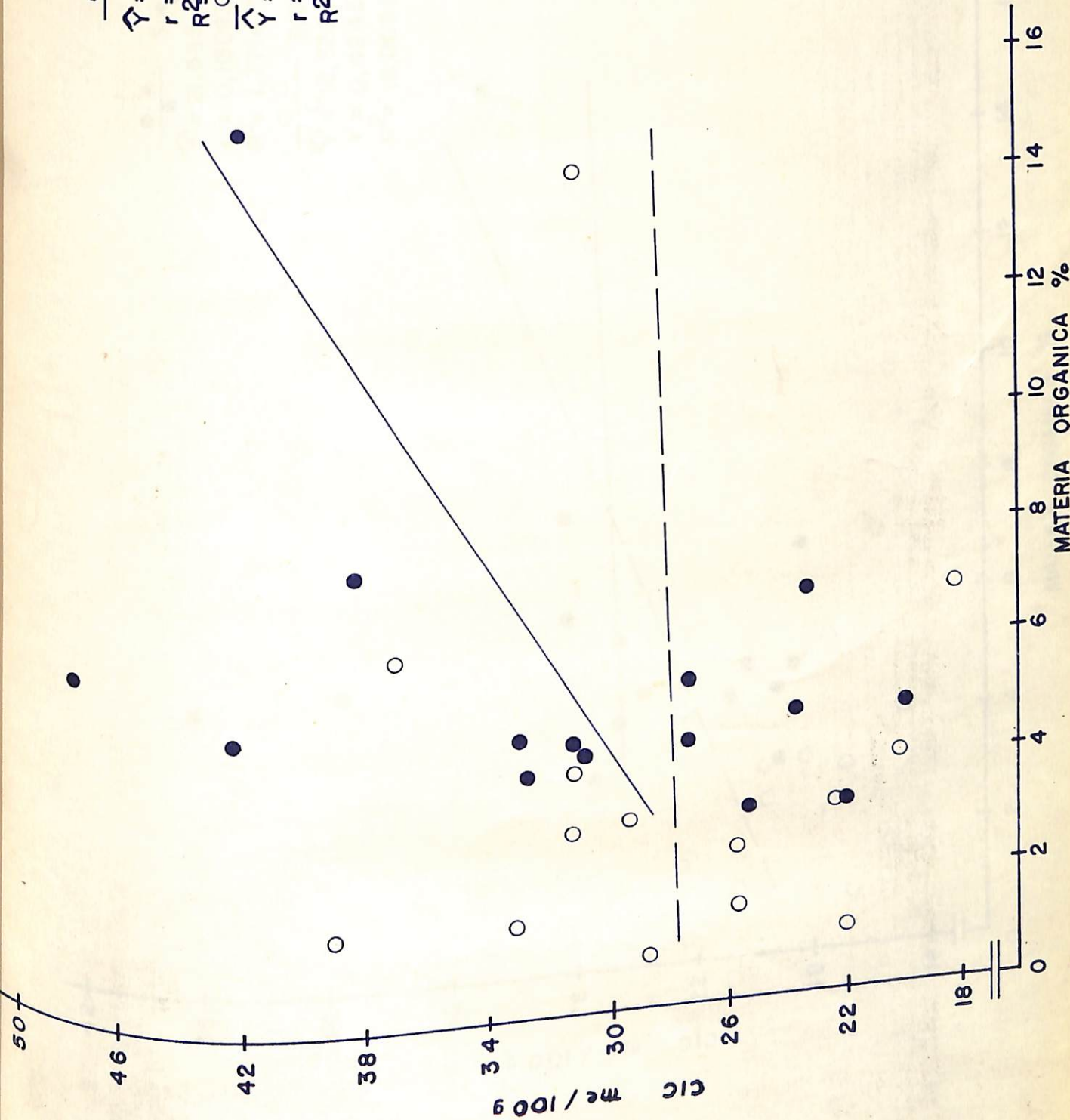


Fig. 2.— Relación entre la CIC determinada por el método del  $OA_2NH_4$  y la materia orgánica de los suelos y subsuelos estudiados

$\hat{Y} = 21,585 + 0,5191 X$   
 $r = 0,113093$   
 $R^2 = 1,7714 \%$

$\hat{Y} = 18,632 + 0,7551 X$   
 $r = 0,42438$   
 $R^2 = 18,0098 \%$

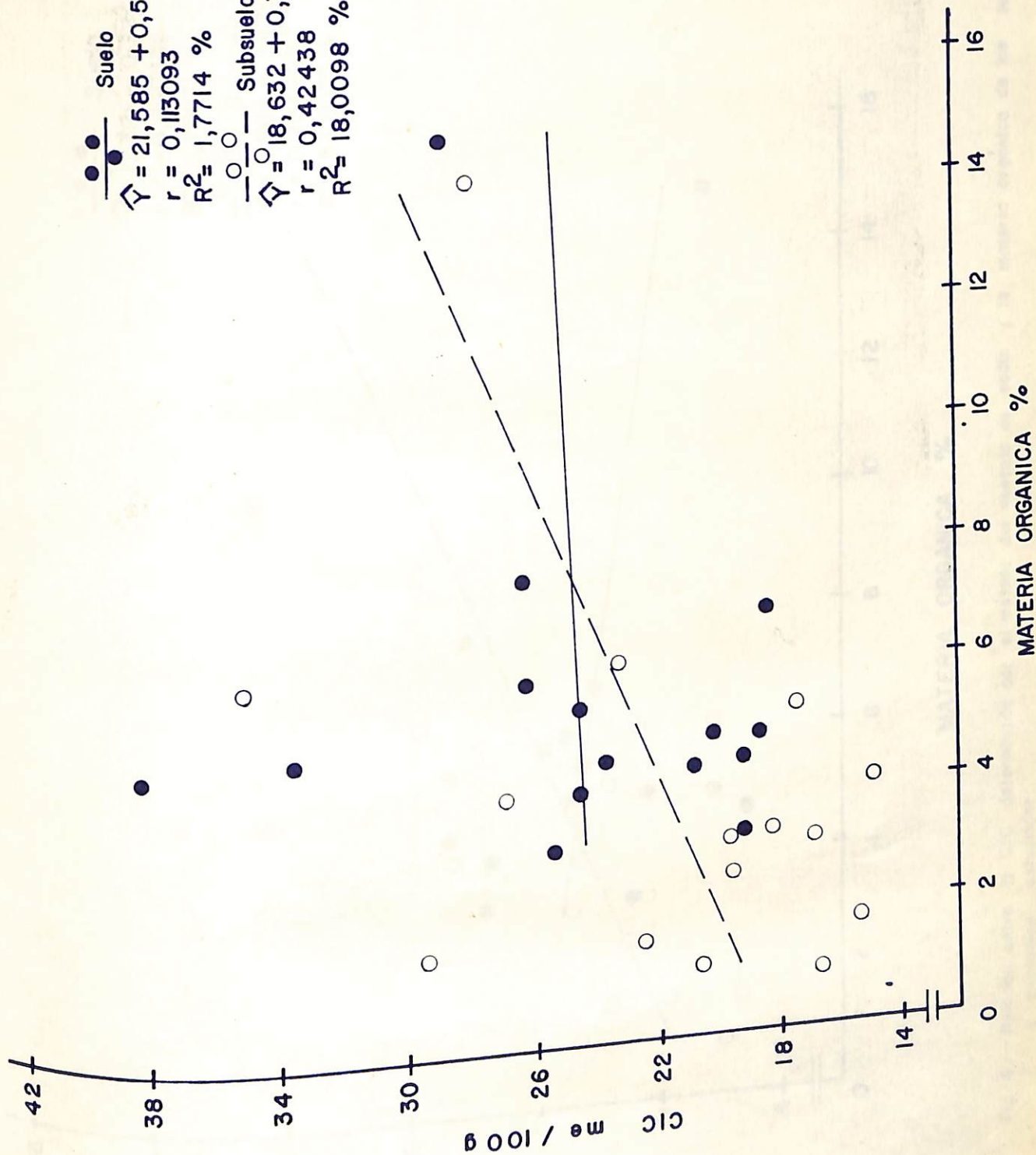


Fig. 3.— Relación entre la CIC determinada por el método del formol y la materia orgánica de los suelos y subsuelos estudiados.

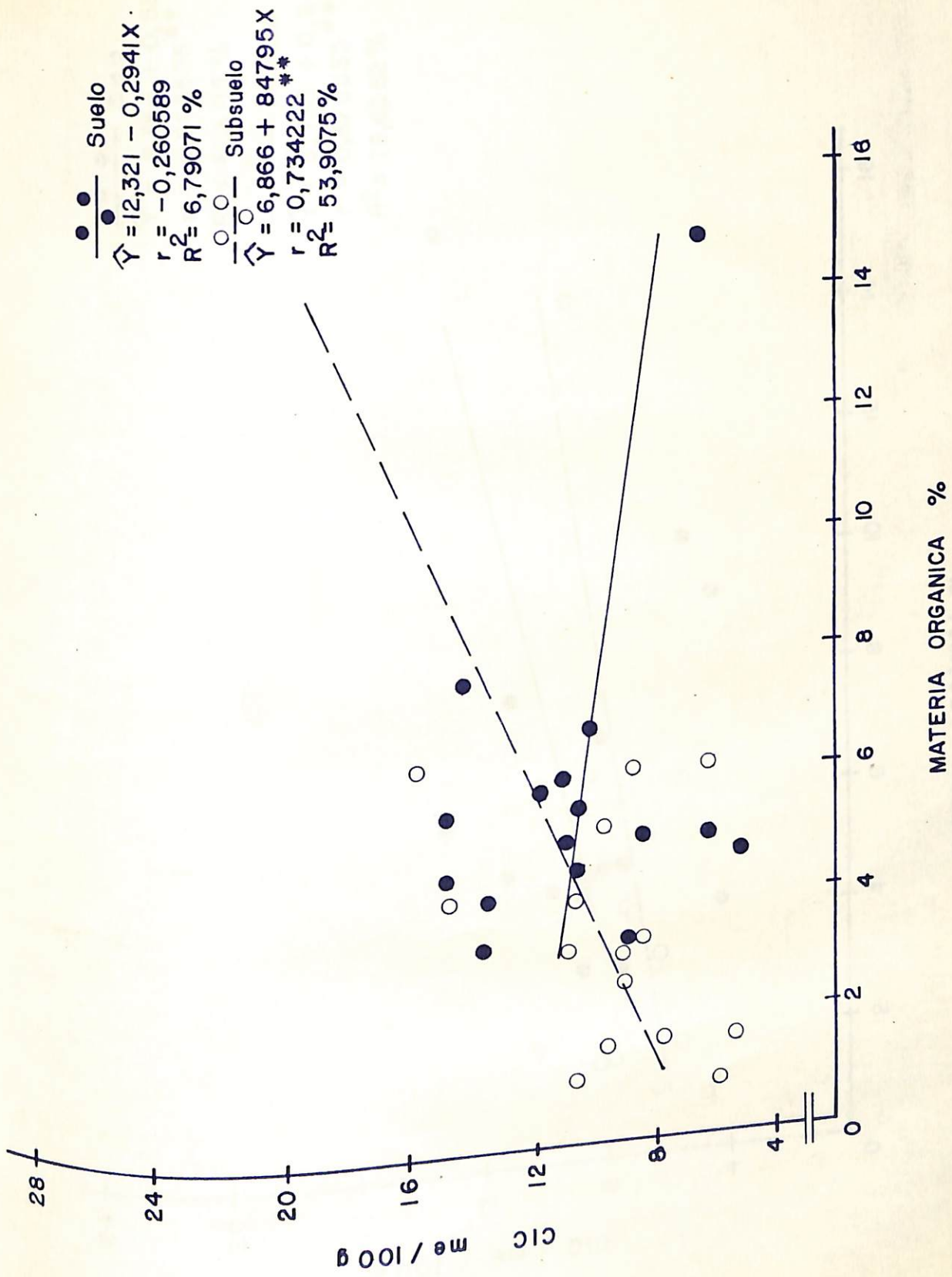
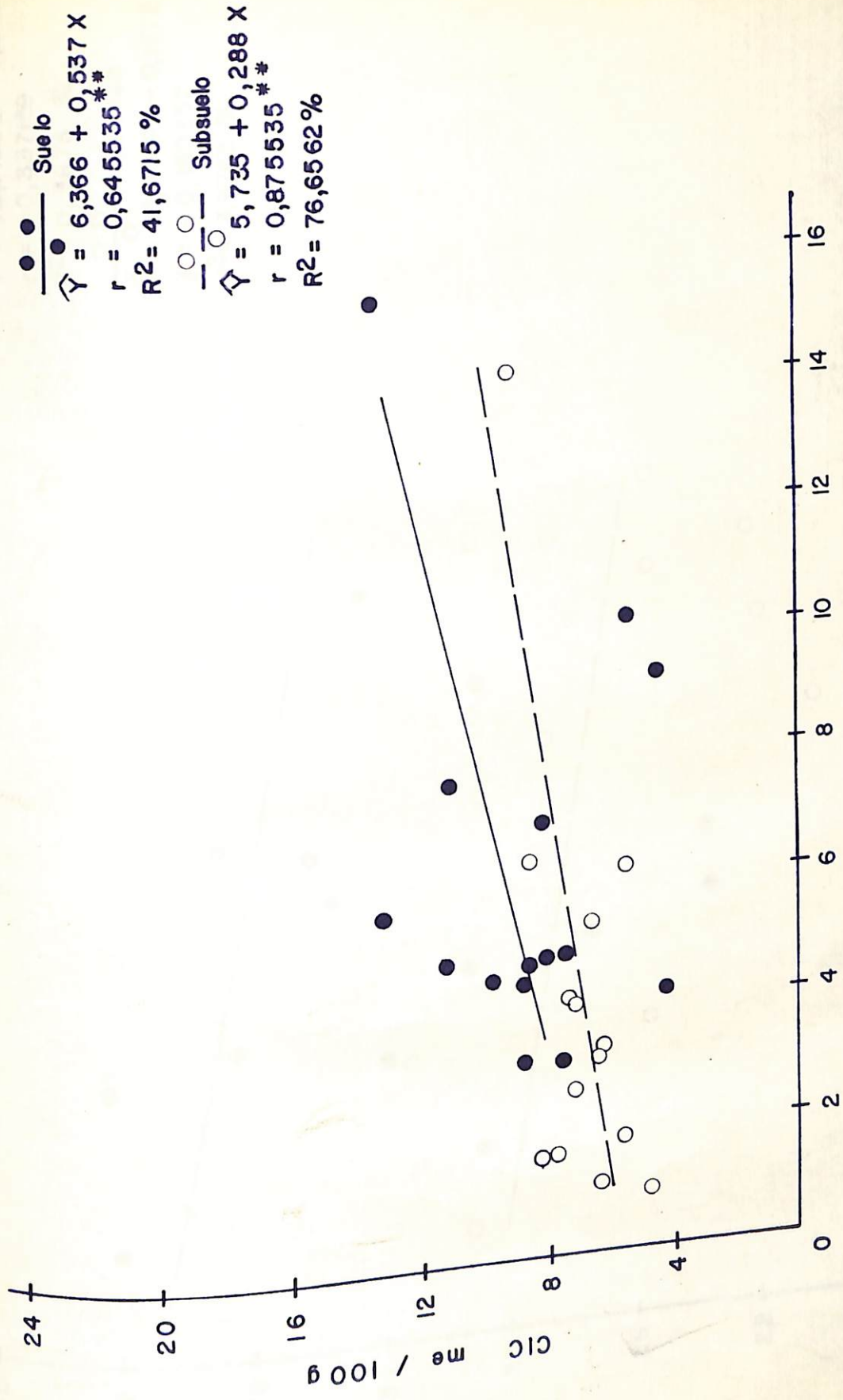


Fig. 4. - Relación entre la CIC determinada por el método del acetato de sodio y la materia orgánica de los suelos y subsuelos estudiados.



MATERIA ORGANICA %

Fig. 5.- Relación entre la CIC determinada por el método del acetato de calcio y la materia orgánica de los suelos y subsuelos estudiados.

$\frac{\bullet}{\bullet}$  Suelo  
 $\hat{Y} = 42,71502 - 0,5411X$   
 $r = -0,337159$   
 $R^2 = 11,3676 \%$

$\frac{\circ}{\circ}$  Subsuelo  
 $\hat{Y} = 32,43276 - 0,1672X$   
 $r = -0,199357$   
 $R^2 = 3,9743 \%$

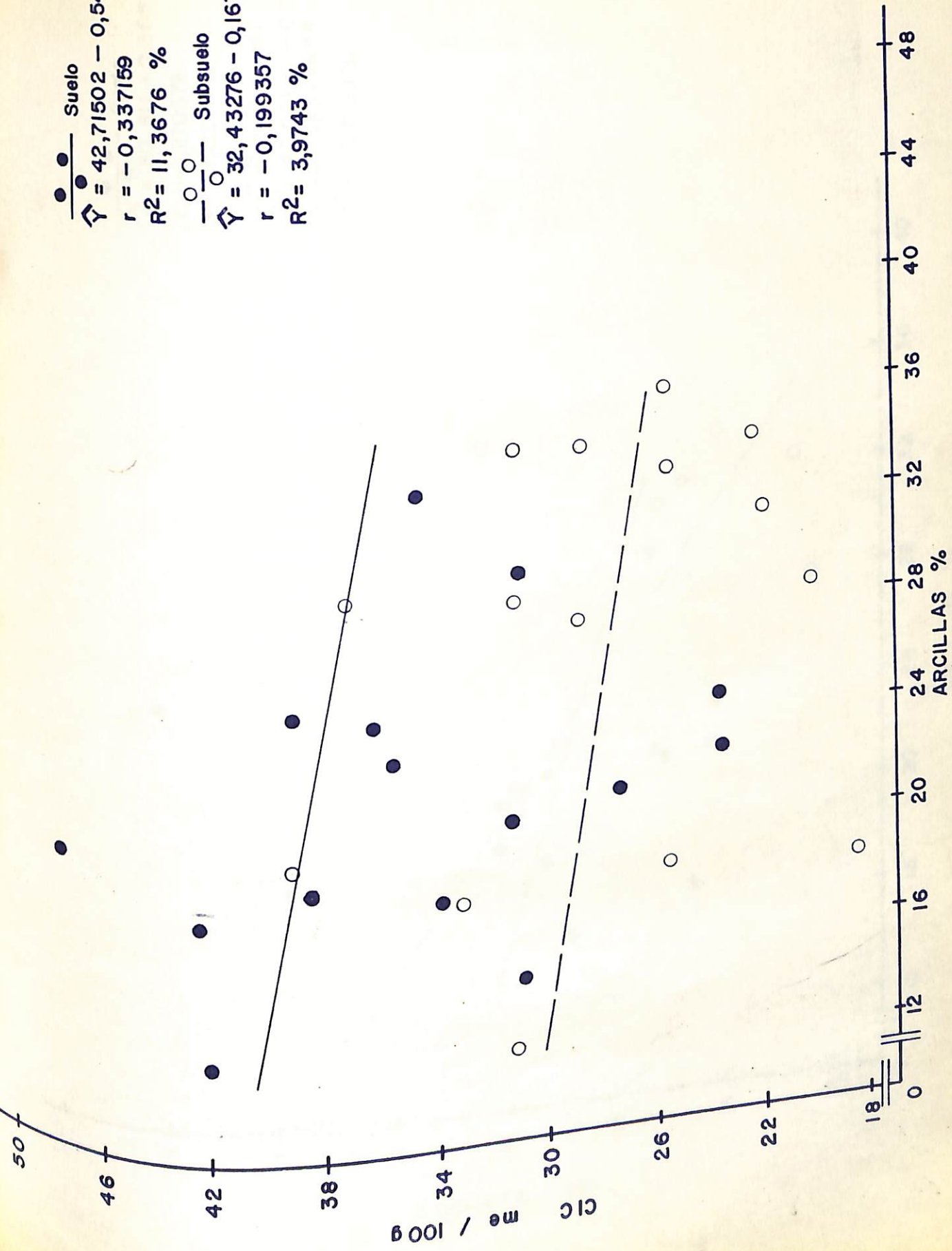


Fig. 6.- Relación entre la CIC determinada por el método del acetato de amonio y las arcillas de los suelos y subsuelos estudiados

● — Suelo  
 $\hat{Y} = 8,247 + 0,117 X$   
 $r = 0,186609$   
 $R^2 = 3,4823 \%$

○ — Subsuelo  
 $\hat{Y} = 16,45464 - 0,238 X$   
 $r = -0,446897$   
 $R^2 = 19,9717 \%$

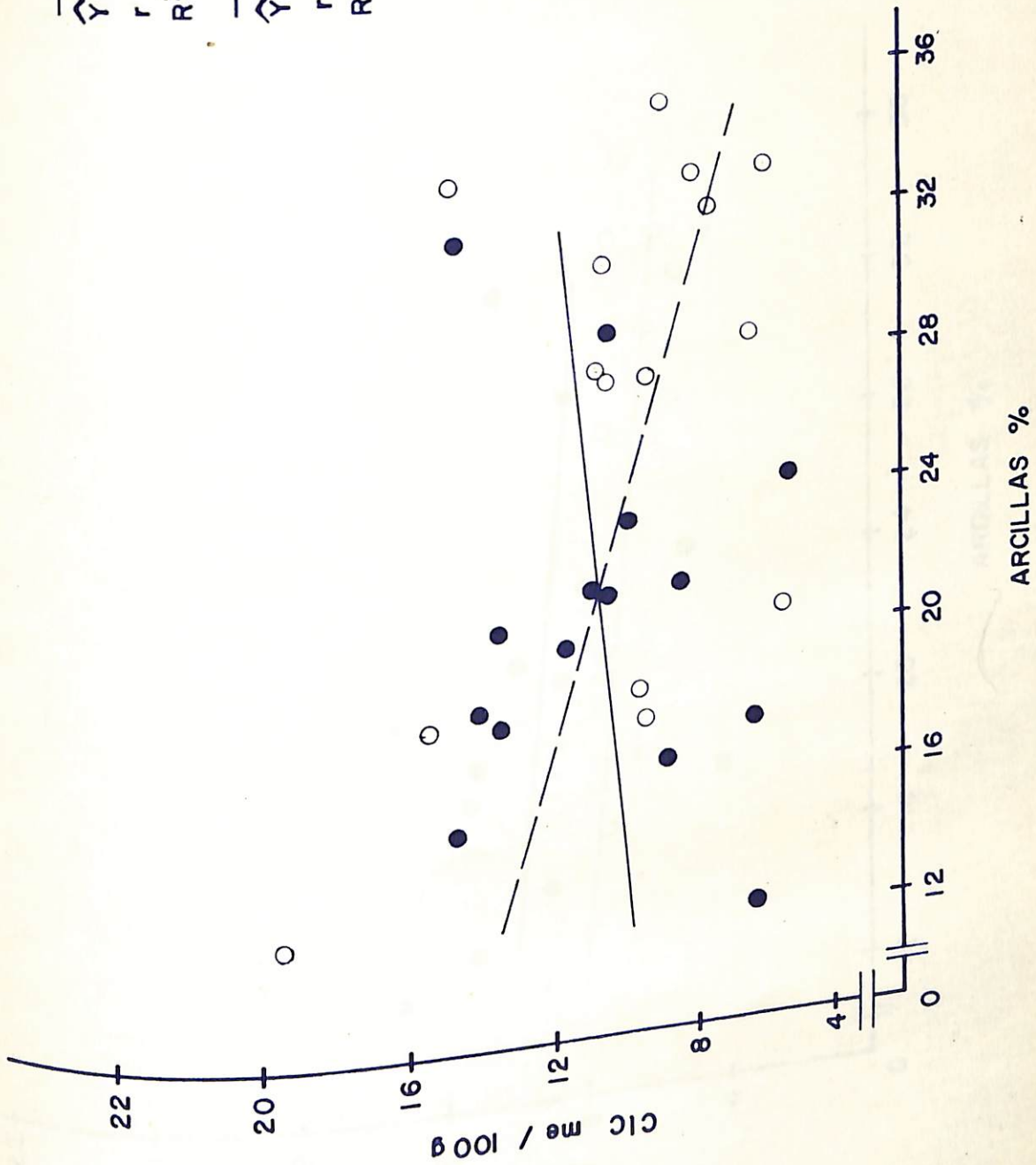


Fig. 8. — Relación entre la CIC determinada por el método del acetato de sodio y las arcillas de los suelos y subsuelos estudiados.

$\frac{\bullet\bullet}{\bullet} \text{--- Suelo}$   
 $\hat{Y} = 11,184 - 0,091X$   
 $r = -0,197392$   
 $R^2 = 3,8964 \%$   
 $\frac{\circ\circ}{\circ} \text{--- Subsuelo}$   
 $\hat{Y} = 9,74824 - 0,1081X$   
 $r = -0,687242^{**}$   
 $R^2 = 47,2302 \%$

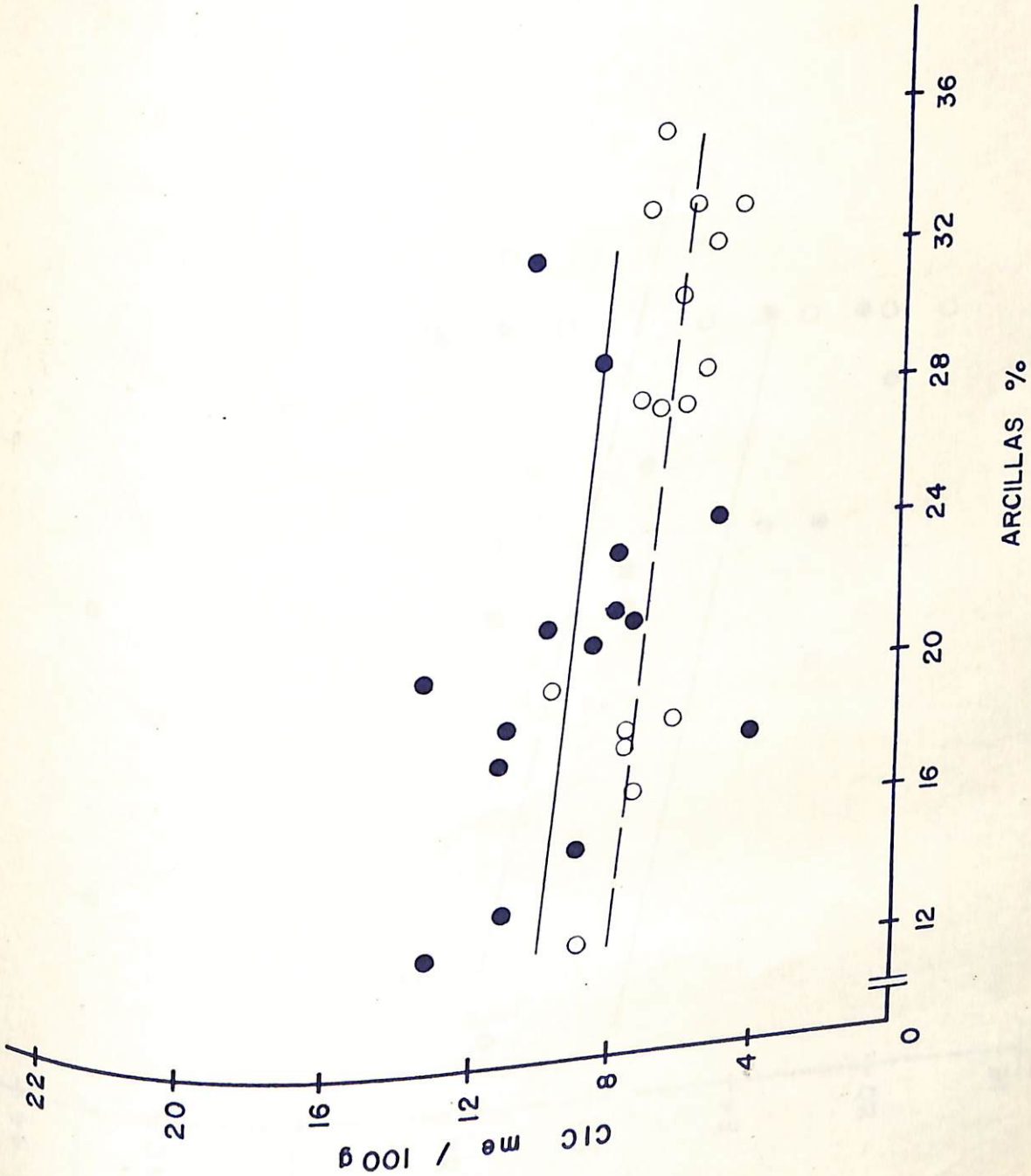


Fig. 9.- Relación entre la CIC determinada por el método del acetato de calcio y las arcillas de los suelos y subsuelos estudiados.

$\hat{Y} = 32,935464 - 4,168 X$   
 $r = -0,224434$   
 $R^2 = 5,0371\%$

$\hat{Y} = 48,645 - 4,163 X$   
 $r = -0,177316$   
 $R^2 = 3,1441\%$

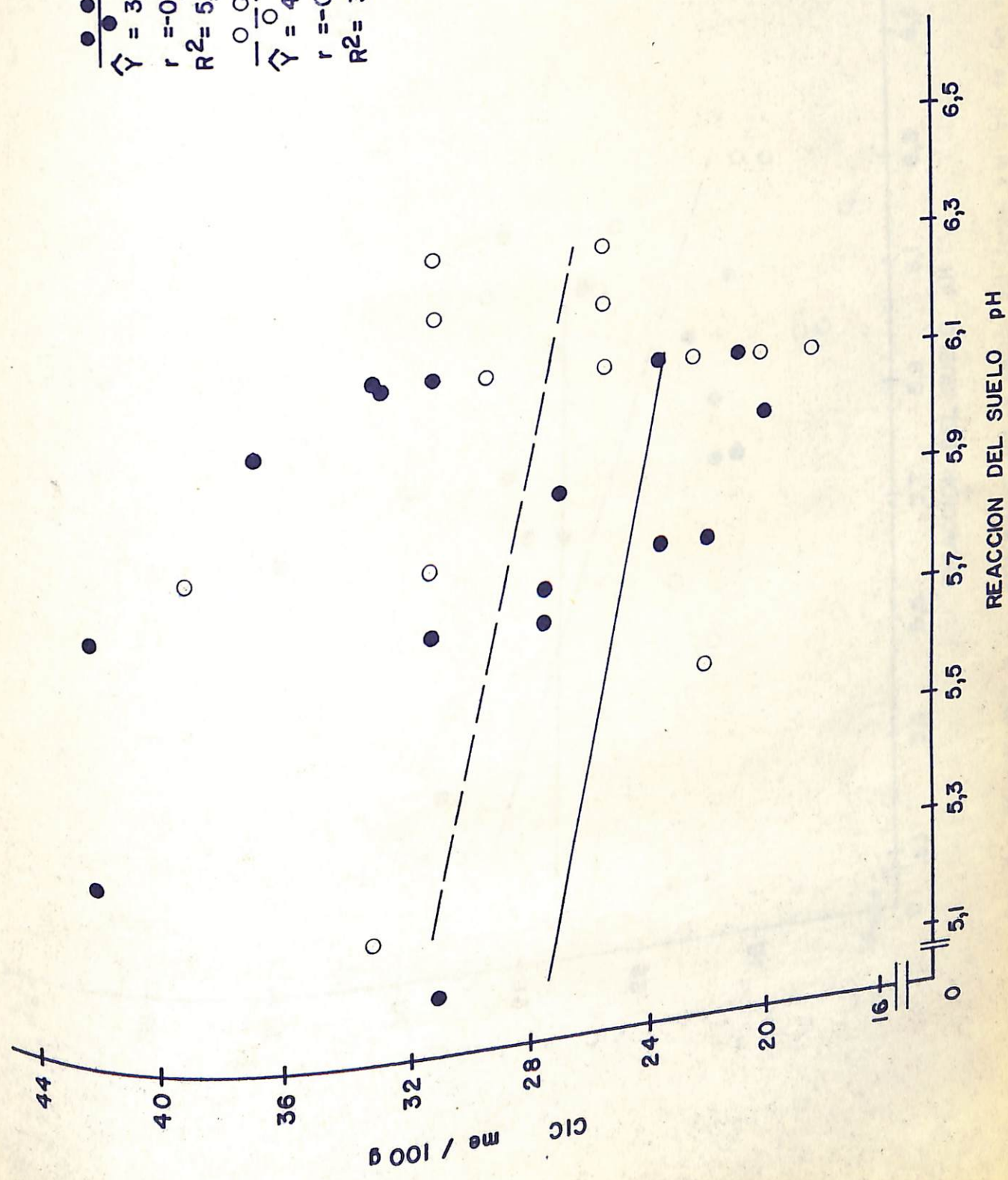


Fig. 10. - Relación entre la CIC determinada por el método del acetato de amonio y el pH de los suelos y subsuelos estudiados

— Suelo  
 $\hat{Y} = 27,748 - 0,581X$   
 $r = -0,034191$   
 $R^2 = 0,11691\%$

--- Subsuelo  
 $\hat{Y} = 62,0909 - 6,779X$   
 $r = -0,371785$   
 $R^2 = 13,8224\%$

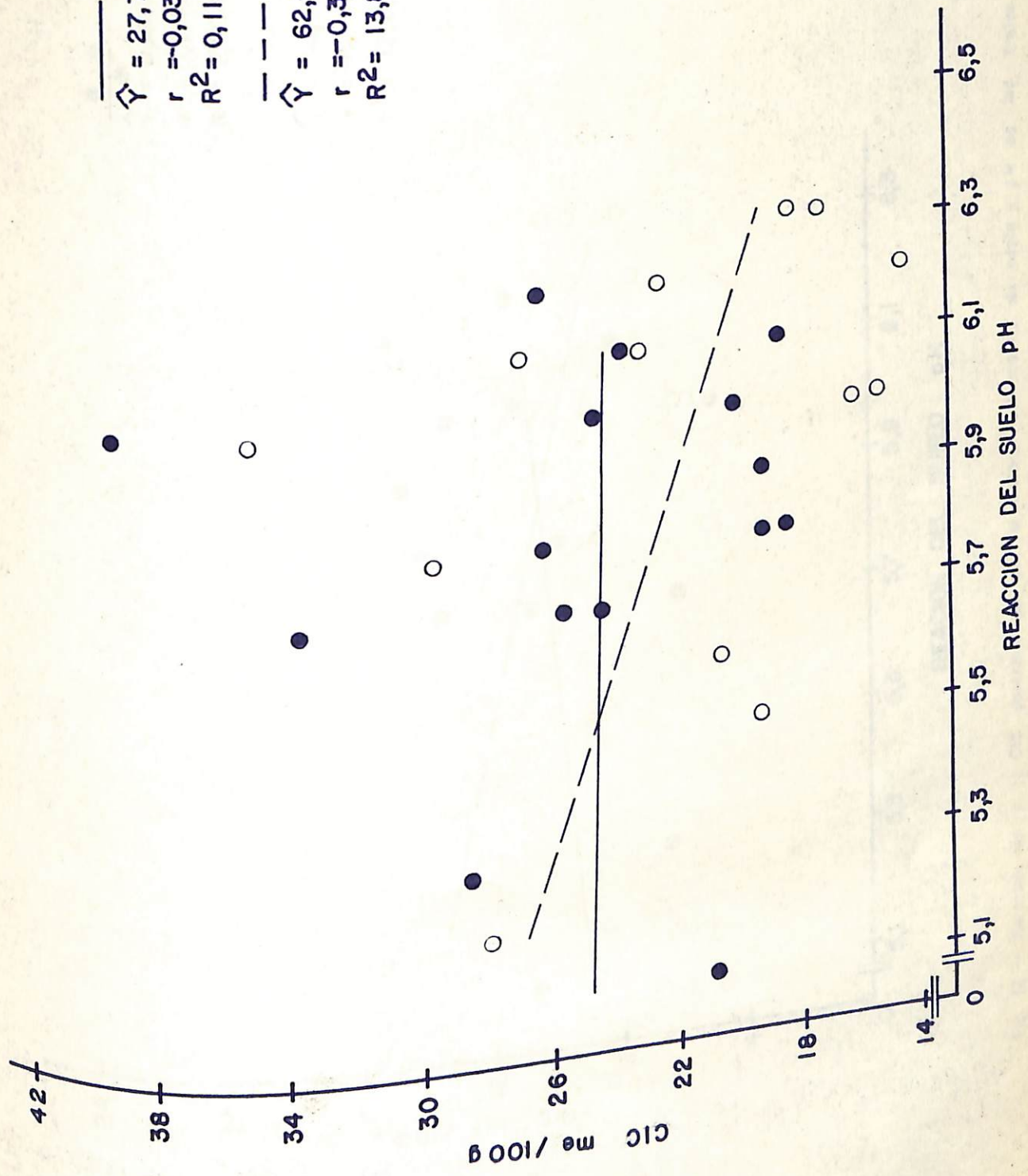


Fig. 11.- Relacion entre la CIC determinada por el método del formal y el pH de los suelos y subsuelos estudiados.

● — Suelo  
 $\hat{Y} = 0,1892 + 1,8073X$   
 $r = 0,197239$   
 $R^2 = 3,8903 \%$

○ — Subsuelo  
 $\hat{Y} = 34,9580 - 4,145X$   
 $r = -0,350437$   
 $R^2 = 12,2806 \%$

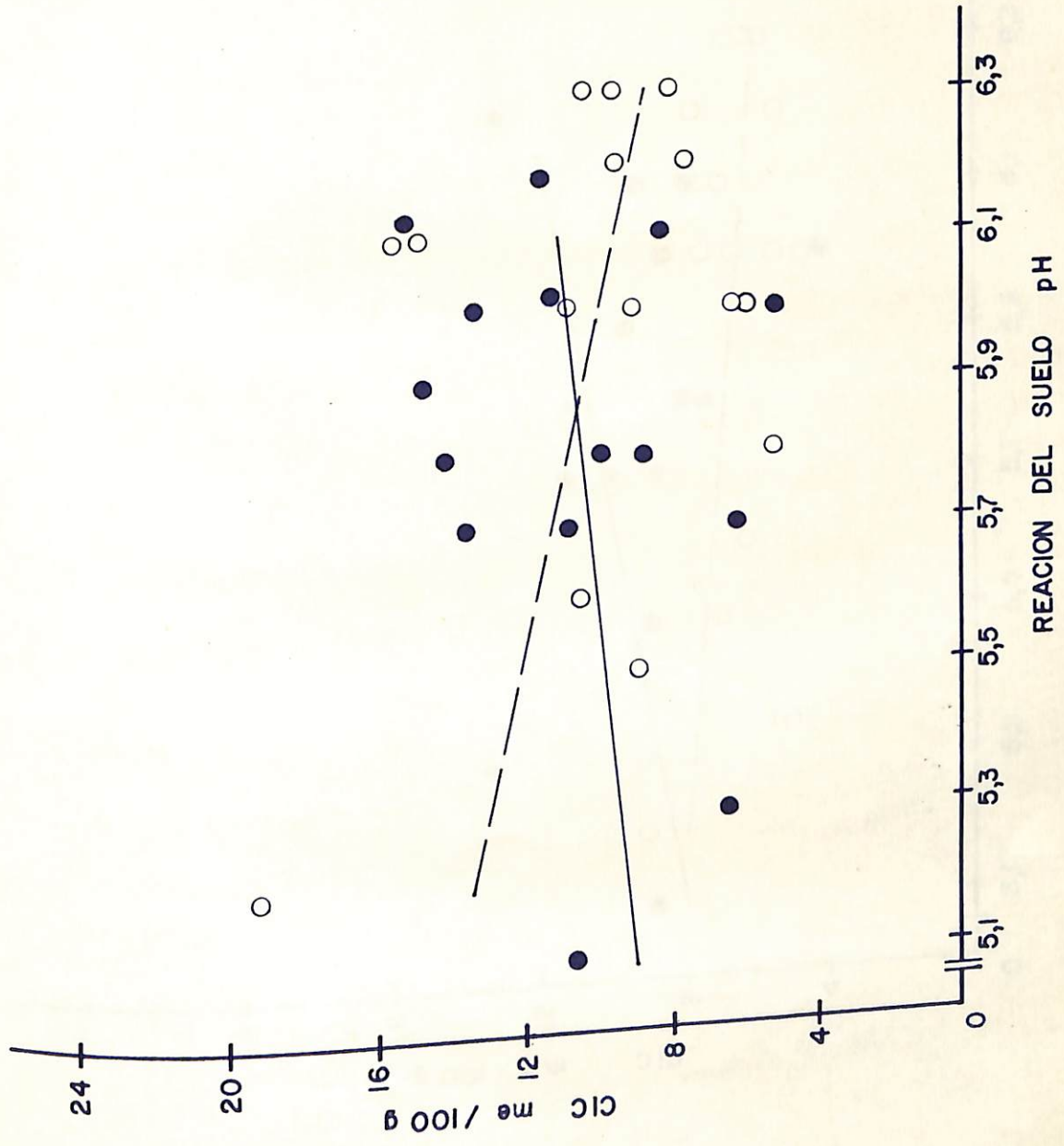


Fig. 12.- Relación entre la CIC determinada por el método del acetato de sodio y pH de los suelos y subsuelos estudiados.

lares, utilizando el  $\text{NH}_4$  y en los métodos del acetato de amonio y formol, muy inferiores utilizando el Na, en el acetato de Na, mientras que los iones divalentes como el Ca en el acetato de calcio, dan valores marcadamente inferiores al  $\text{NH}_4$  y ligeramente inferiores al Na.

Según los resultados obtenidos se observa cierta consistencia en los valores de CIC para los cuatro métodos estudiados. Así, con el método del  $\text{NH}_4\text{OAc}$  el promedio de CIC para el suelo es de 31,55 me/100 g, para el subsuelo es de 28,04 me/100 g, valores ligeramente superiores a los obtenidos por el método del formol cuyos promedios para el suelo y subsuelo son de 24,50 me/100 g y 21,60 me/100 g, respectivamente. Igual tendencia se puede apreciar en las Tablas V y VI para el método del  $\text{Ca(OAc)}_2$  cuyos valores promedios de CIC son de 9,32 me/100 g para el suelo y 6,91 me/100 g para el subsuelo.

Estadísticamente se puede observar según las Tablas VII y VIII que la prueba de "t" da más confiabilidad a los métodos del  $\text{NH}_4\text{OAc}$  y formol y menor confiabilidad al método del NaOAc y  $\text{Ca(OAc)}_2$ . En consecuencia el orden de confiabilidad de estos métodos de mayor o menor, puede establecerse de la siguiente manera, atendiéndose a esta prueba:

NH<sub>4</sub>OAc    Formol    NaOAc    Ca(OAc)<sub>2</sub>

El contenido promedio de la CIC por el método del NH<sub>4</sub>OAc para los suelos estudiados del Altiplano de Pasto fué de 31,50 me/100 g, superior al obtenido por los demás métodos estudiados que en su orden son: Formol 24,50 me/100 g, NaOAc 10,67 me/100 g, Ca(OAc)<sub>2</sub> 9,32 me/100 g.

En las Tablas IX y X aparecen algunos parámetros de dispersión para determinar la variabilidad de los métodos estudiados tanto para el suelo y el subsuelo. Entre estos parámetros sobresale la desviación estandar. Sin embargo no es posible comparar fácilmente las desviaciones estandar de los diferentes métodos, tanto más por cuanto las metodologías son diferentes y por la heterogeneidad de los suelos. Para obviar las anteriores dificultades se determinó el coeficiente de variabilidad para poder comparar los promedios.

Respecto al coeficiente de variabilidad la mayor confiabilidad la representa el método del acetato de amonio para el suelo y subsuelo 21,90 y 21,12% respectivamente. En cambio, el método del acetato de sodio presenta la menor confiabilidad ya que el coeficiente de variabilidad es bastante alto para

el suelo (29,70%) y el subsuelo (37,20%).

En consecuencia el orden de confiabilidad entre estos métodos de mayor a menor puede establecerse de la siguiente manera, atendiéndose a esta prueba:

$\text{NH}_4\text{OAc}$       Formol       $\text{Ca}(\text{OAc})_2$        $\text{NaOAc}$

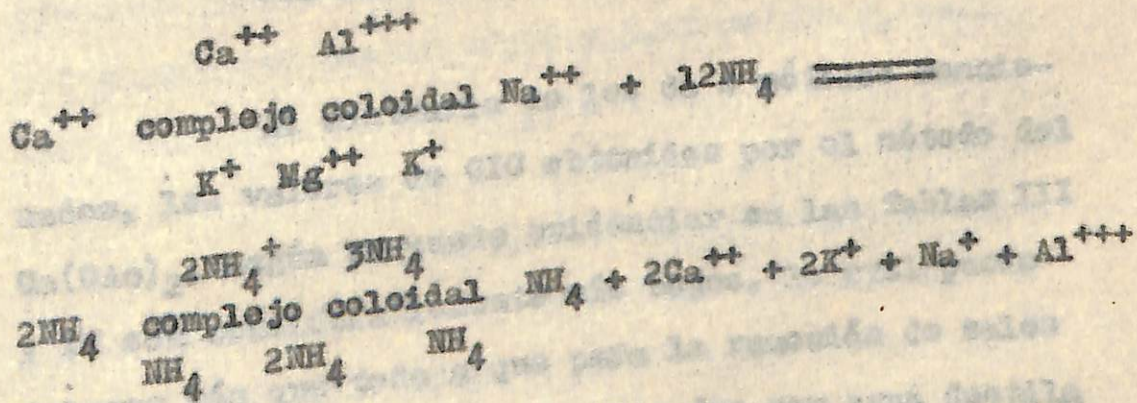
Según la anterior y teniendo en cuenta la prueba de "t", el método más confiable entre los estudiados para determinar la CIC en los suelos volcánicos del Altiplano de Pasto es el del Acetato de Amonio. Según los resultados presentados en las Tablas I y II de algunas regiones tropicales la CIC de los suelos con influencias de cenizas volcánicas es alta, debido posiblemente a la presencia de los materiales inorgánicos amorfos, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el Altiplano de Pasto.

#### 4.2 Determinación de la CIC por el Método del Acetato de Amonio y Formol.

Según las Tablas V y VI se aprecia que estos métodos dan valores altos en relación a los demás, posiblemente debido a la retención de moléculas de sal con que se saturó el complejo, por una defi-

ciente remoción del exceso de sales en el proceso de lavado. En estos métodos solo se emplean cuatro lavados con etanol del 95%, los cuales para otros suelos se consideran insuficientes, según el criterio de algunos autores (7, 8, 30). Esta explicación concuerda con lo observado en sus investigaciones por Rich (39). Respecto a la retención de sales en suelos que contienen grandes cantidades de materiales inorgánicos amorfos.

Químicamente el  $\text{NH}_4^+$ , no interviene en el enjambre de iones que cubre el complejo coloidal, sino produciendo la desorción de los cationes cambiables, en el siguiente esquema (21):



El  $\text{NH}_4^+$  usado en el método del Formol y del Acetato de Amonio es un catión susceptible de ser fijado en los coloides del suelo, de ahí sus valores un poco altos.

La capacidad de intercambio catiónico con

el  $\text{NH}_4\text{OAc}$  mostró un rango de variación comprendido entre 47,60 y 20,00 me/100 g para el suelo, en tanto que para el subsuelo, la variabilidad estuvo comprendida entre 39,00 y 18,30 me/100 g.

La capacidad de intercambio catiónico con el método del Formol, varió entre 28,30 me/100 g y 18,40 me/100 g, para el suelo, y para el subsuelo osciló entre 35,00 y 14,90 me/100 g. Estos resultados posiblemente se deben al mayor contenido de materia orgánica y actividad biológica en el suelo que en el subsuelo.

#### 4.3 Determinación de la CIC por el Método del Acetato de Calcio y Acetato de Amonio

Al contrario de los dos métodos mencionados, los valores de CIC obtenidos por el método del  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ , según se puede evidenciar en las Tablas III y IV son considerablemente más bajos, lo cual puede deberse más que todo a que para la remoción de sales en exceso, se utilizaron dos lavados con agua destilada y tres con etanol del 95%, que pueden ocasionar fuerte hidrólisis, sobre todo a pH superior a 6,0 según el concepto de Birrell (4). Por otra parte Besoain (2) y Devillers y Jackson (17) indican que a pH superior a 5,5 la alófana desarrolla fuertes cargas nega

tivas, provocando posiblemente, por esta razón, una repulsión de los iones, que facilita de esta manera la remoción de las sales en exceso durante el lavado, hasta el extremo de causar una fuerte hidrólisis de Ca adsorbido.

Los valores obtenidos por el método del  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  y  $\text{NaOAc}$  son comparativamente bajos con respecto a los otros dos métodos estudiados, posiblemente debido a que los cationes  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{++}$  son fuertemente retenidos por las micelas coloidales del suelo.

La determinación de la CIC con el  $\text{NaOAc}$  presentó rangos de variación entre 14,90 y 5,30 me/100 g para los suelos 19,20 y 5,40 me/100 g, para los subsuelos.

La CIC con el  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  presentó oscilaciones entre 13,20 y 4,30 me/100 g para el suelo y entre 9,10 y 4,90 me/100 g para el subsuelo.

Los valores de CIC más altos en el suelo que en el subsuelo, posiblemente se deben a la mayor cantidad de alófana, vermiculita y materia orgánica de la primera capa (13, 34).

#### 4.4 Relación entre CIC y la Materia Orgánica

Las Figuras 2 a 5 muestran la relación entre la CIC y la materia orgánica en función de los cuatro métodos. En general, se observó correlación entre la materia orgánica y la CIC, siendo mayor esta correlación, con el método del  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ , tanto para el suelo como para el subsuelo, presentándose la menor correlación con respecto al  $\text{NH}_4\text{OAc}$  para la primera capa y con el  $\text{NaOAc}$  cuya correlación es negativa. Este resultado era de esperarse por cuanto en estudios anteriores en suelos narifenses (6,32), se ha demostrado, que a mayores cantidades de materia orgánica, la CIC también aumenta, ya que la CIC de la materia orgánica se debe más que todo a los grupos funcionales carboxílicos ( $\text{COOH}^-$ ), fenólicos ( $\text{OH}^-$ ), alcohólicos ( $\text{OH}^-$ ) y metílicos ( $\text{OCH}_3^-$ ) que se encuentran en la periferia de las moléculas de ácidos húmicos; por tanto la intensidad de la CIC dependerá de la cantidad y el grado de ácidos de estos grupos (21,17). La tendencia observada en los cuatro métodos es bastante similar en el suelo y en el subsuelo. Así se observa que el  $\text{NH}_4\text{OAc}$  presenta valores más altos en las dos capas que el método del  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ , obteniéndose valores intermedios con el método del Formol y del  $\text{NaOAc}$ .

Tuan y colaboradores citados por Fuentes (23), al estudiar la contribución de la fracción orgánica en varios suelos clasificados como inceptisoles, andosoles encontraron que para la mayoría de éstos la correlación lineal obtenida entre la materia orgánica y la CIC era altamente significativa; resultados similares consiguieron Syres y colaboradores (45); lo cual coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación. Para suelos de Centro América clasificados como andosoles con altos contenidos de materiales volcánicos, Fuentes (23), también obtuvo una correlación significativa entre estas dos variables.

#### 4.5 CIC y Arcillas.

En las Figuras 6 a 9 al analizar la CIC en relación con las arcillas se encontró que los métodos del  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ,  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ ,  $\text{NaOAc}$  y Formol presentan correlaciones negativas con respecto al contenido de arcillas para el subsuelo.

Similar tendencia se observó en la primera capa con respecto a los valores obtenidos con los métodos  $\text{NH}_4\text{OAc}$  y Formol, y tendencia positiva con respecto al  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  y  $\text{NaOAc}$ .

En general, se registró un ligero aumento de la CIC, en los suelos de textura fina, con relación a los suelos franco-arcillosos. Posiblemente, ese aumento se deba a la superficie específica de las arcillas del tipo vermiculita y alófana que abundan en los suelos del Altiplano de Pasto (14, 34).

Por estudios anteriores (2, 3, 21), se ha encontrado fuerte correlación entre el intercambio de la CIC y el aumento de la superficie interna de las arcillas, así por ejemplo cuando la vermiculita presenta  $800 \text{ m}^{-2}/\text{g}$  de superficie, la CIC es de 100 me/100 g; en cambio la caolinita tiene  $20 \text{ m}^{-2}/\text{g}$  y la CIC de 10 me/100 g; la alófana tiene una superficie específica interna de  $305 \text{ m}^{-2}/\text{g}$ , y una CIC que varía entre 40 y 80 me/100 g.

Además, se conoce que un gramo de arcilla tiene por lo menos, una superficie externa equivalente a 1000 veces la superficie externa de las arenas, de allí la alta CIC de las arcillas respecto a las arenas (2, 3, 21, 26, 15).

Los resultados obtenidos en el presente estudio están en concordancia por los obtenidos por Blasco (6), Legarda y otros (32), en suelos derivados de cenizas volcánicas de Naríño, cuya capacidad

catiónica de cambio está más relacionada con el contenido de materia orgánica que con la presencia de la fracción mineral menor de 2 micras.

Bornemissa y Fuentes (7), y Fuentes (23) encontraron resultados similares en los suelos volcánicos de Costa Rica. Estos autores también obtuvieron valores altos de CIC utilizando el método del acetato de amonio, aunque no se descarta una adsorción física del extractor utilizado en los materiales inorgánicos amorfos.

Los resultados encontrados en este trabajo coinciden con los obtenidos por Bornemissa y Fuentes (7) y Bower y colaboradores (10), para suelos tropicales, en donde obtuvieron valores más altos de CIC con  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , que con  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  y  $\text{NaOAc}$ , posiblemente por el carácter anfótero que tienen los materiales inorgánicos amorfos que se encuentran en alta proporción en estos suelos (14, 34).

Al respecto Luna (34) y Calhoun et al. (14) afirman que los suelos volcánicos de Narifio, tienen dentro de la textura, en la fracción arcillosa grandes cantidades de alófana y vermiculita y arenas que contienen vidrio volcánico y altas cantidades de fitolitos.

#### 4.6 Relación entre la CIC y el pH.

Según las gráficas 10 - 13, la relación entre la CIC y el pH en función del método con acetato de amonio y formol presentan correlaciones negativas para el suelo y subsuelo, en cambio la correlación es de tendencia positiva para el suelo y subsuelo, con los métodos del acetato de calcio y sodio.

Esta variabilidad de la CIC en función del pH, parece ser bastante complicada. De acuerdo a varios autores (3, 14, 19, 23) se considera que esta variabilidad en suelos derivados de cenizas volcánicas se debe por una parte a la retención de moléculas de sales, por los materiales inorgánicos amorfos; por otro lado el desarrollo de cargas negativas, por fenómenos de protonación y desprotenación de grupos de Si-OH a Al-OH.

Varios investigadores citados por Besoain (2) indican que la alófana es una material coloidal anfotérico, capaz de intercambiar cationes y aniones simultáneamente, por lo tanto, cuando el pH es 5,5 adquiere carga positiva y entre pH 6,0 y 7,5 adquiere elevada carga negativa, de modo que la CIC puede considerarse como esencialmente variable, lo cual ex

plica la gran variabilidad de la CIC en los suelos del Altiplano de Pasto, donde abunda la alófana según estudios realizados por Luna (34) y Caulhon y colaboradores (14), en determinaciones realizadas con microscopios electrónicos y rayos X.

Limura y Egawa mencionados por Besoain (2) atribuyen la CIC parcialmente a la disociación de  $H^+$  desde grupos silanoles ( $-Si-OH$ ) y parcialmente a variaciones en el estado de coordinación del aluminio de octaédrica a tetraédrica, lo cual podría estar ocurriendo en estos suelos.

Al estudiar la concentración de tipo de cationes usado para medir la CIC en suelos, Wada y Harada mencionados por Fuentes (23) determinaron que el efecto de la concentración salina es más marcado en suelos que contienen alófana que en los suelos que contienen montmorillonita. Condición que puede darse en los suelos volcánicos de Nariño.

Por otra parte, Birrell (4) señala que en los suelos que contienen materiales inorgánicos amorfos como la alófana, la CIC determinada por el método del Acetato de Amonio por lixiviación, está dependiendo del tamaño efectivo de los cationes uti-

lizados, de la concentración de la solución lixiviada, así como de la fuerza y del volumen del alcohol empleado en el lavado indica además que la adsorción no ocurre en ausencia de agua, y que está influida por el equilibrio de los valores de pH de las soluciones, así 7,0 para el método del Acetato de Amonio ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) y  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ , 6,2 para el  $\text{NaOAc}$ , y 7,0 para el método del Formol.

En las Figuras 1 a 4 del Apéndice se pueden observar las relaciones existentes entre la CIC determinada por los métodos químicos y la CIC estimada. Sin embargo, los resultados que aportan no son muy valiosos por cuanto se desconocen las fracciones porcentuales de arcillas de los materiales inorgánicos amorfos como el caso de la alófana que abunda en estos suelos. Igualmente se desconoce la contribución porcentual de las arcillas del tipo vermiculita que también se encuentra en grandes cantidades en los suelos del Altiplano de Pasto. Tentativamente se ha tomado el 50% como una contribución de la alófana y otro 50% de la vermiculita en la cantidad de arcillas obtenidas por el método del hidrómetro de Bouyoucos (9).

Respecto a la materia orgánica del suelo se ha considerado que cada por ciento de ésta tiene

una CIC de 2 me/g, la alófana 0,6 me/g y la vermiculita 1 me/g, según estudios realizados por numerosos investigadores (2, 3, 10, 17, 21, 30, 45).

Dentro de las limitaciones anteriores se calculó la CIC estimada asumiendo que la materia orgánica tiene 200 me/100 g de suelo, la alófana 60 me/100 g y la vermiculita 100 me/100 g de suelo (2, 3, 10, 17, 21, 23, 30, 45).

		me/g	me/100g	me/100g
1	República	30,70	33,00	5,70
2	Antioquia	23,70	31,20	4,70
3	Calderón	24,30	27,40	10,60
4	Chiriquí	15,30	27,90	14,70
5	Veraguas	26,00	52,50	17,50
6	Atenas	20,30	31,00	10,60
7	Obispo	20,30	42,00	5,60
8	San José	20,30	27,70	0,40
9	Panamá	33,30	27,20	5,10
10	La Laguna	25,30	31,20	13,60
11	San Juan	18,40	25,00	10,00
12	San Pedro	20,30	20,00	12,00
13	San Vicente	18,30	21,30	0,30
14	Cajal	25,30	30,30	14,30
15	San Juan	20,30	17,20	11,20

TAHLA III

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DETERMINACION DE LA CIG  
 POR LOS METODOS ESTUDIADOS PARA EL SUELO.

(Resultados en mg/100 g)

REGIONES	M E T O D O S			
	Folmol	NH <sub>4</sub> OAc	NaOAc	Ca(OAc) <sub>2</sub>
1 Napachico	38,30	33,00	5,30	9,20
2 Catambuco Pendiente	23,70	31,10	14,80	8,70
3 Cabrera	24,50	27,40	10,60	10,10
4 Obonuco	19,30	27,50	14,90	9,70
5 Catambuco Plano	24,60	32,80	13,50	4,30
6 Aranda	20,90	31,00	10,60	8,80
7 Genoy	28,80	42,00	6,60	13,20
8 Pojondino	18,60	23,70	8,40	8,10
9 La Laguna	33,50	42,20	6,10	11,30
10 Botana	25,40	31,20	13,60	8,80
11 Anganoy	18,40	23,60	10,00	8,10
12 Jongovito	20,10	20,00	11,00	7,60
13 Cujacal	20,10	20,00	11,00	7,60
14 Tablazo	19,20	21,90	8,90	7,60
15 Gualmatán	26,10	38,30	14,10	11,10
	26,10	47,60	11,70	13,20

TABLA IV

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DETERMINACION DE LA CIC  
 POR LOS METODOS ESTUDIADOS PARA EL SUBSUELO.

(Resultados en mg/100g)

REGIONES	M E T O D O S			
	Formol	NH <sub>4</sub> OAc	NaOAc	Ca(OAc) <sub>2</sub>
1 Mapachico	26,90	31,20	14,90	7,40
2 Catambuco Pendiente	17,40	25,60	9,70	6,60
3 Cabrera	20,60	22,00	10,60	6,40
4 Obonuco	19,60	29,40	10,90	7,60
5 Catambuco Plano	15,40	25,60	7,80	5,60
6 Aranda	19,40	25,70	9,00	7,10
7 Genoy	28,00	31,20	19,20	9,10
8 Pejendino	16,90	31,20	9,10	6,40
9 La Laguna	29,40	39,00	5,40	8,30
10 Botana	22,40	33,10	9,60	7,90
11 Anganoy	18,30	22,40	8,20	6,10
12 Jongovito	14,90	20,20	10,60	7,10
13 Cujacal	16,20	28,70	6,00	4,90
14 Tablazo	23,20	18,30	15,70	7,60
15 Guaimatán	35,00	37,00	6,30	5,60

TABLA V

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN FUNCION DE LOS METODOS ESTUDIADOS PARA EL SUELO

(Resultados en me/100 g)

CONTENIDO	M E T O D O S			
	NH <sub>4</sub> OAc	NaOAc	Ca(OAc) <sub>2</sub>	Formol
Máximo	47,60	14,90	13,20	38,30
Promedio	31,55	10,67	9,32	24,50
Mínimo	20,00	5,30	4,30	18,40

TAHLA VI

COMPARACION EN PROMEDIOS DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN FUNCION DE LOS METODOS ESTUDIADOS PARA EL SUBSUELO

(Resultados en me/100 g).

CONTENIDO	M E T O D O S			
	NH <sub>4</sub> OAc	NaOAc	Ca(OAc) <sub>2</sub>	Formol
Máximo	39,00	19,20	9,10	35,00
Promedio	28,04	10,20	6,91	21,60
Mínimo	18,30	5,40	4,90	14,90

TAHLA VII

COMPARACION DE PROMEDIOS DE LA CIC POR MEDIO DE LA PRUEBA DE "t" ENTRE LOS METODOS ESTUDIADOS PARA EL SUELO

Métodos Comparados	G.L.	"t" Calculada	"t" Tabulada 5%	1%
NaOAc y Ca(OAc) <sub>2</sub>	24	1,273	2,064 NS <sup>+</sup>	2,797 NS <sup>++</sup>
NH <sub>4</sub> OAc y Formol	24	2,820	2,064 <sup>+</sup>	2,797 NS
NH <sub>4</sub> OAc y Ca(OAc) <sub>2</sub>	14	10,580	2,145 <sup>+</sup>	2,997 <sup>++</sup>
NH <sub>4</sub> OAc y NaOAc	14	9,490	2,145 <sup>+</sup>	2,977 <sup>++</sup>
Formol y Ca(OAc) <sub>2</sub>	14	10,120	2,145 <sup>+</sup>	2,977 <sup>++</sup>
Formol y NaOAc	14	8,643	2,145 <sup>+</sup>	2,977 <sup>++</sup>

Notación:

- + = Significativo al 5%
- ++ = Significativo al 1%
- NS = No significativo.

TABLA VIII

COMPARACION DE PROMEDIOS DE LA CIC POR MEDIO DE LA PRUEBA DE "t" ENTRE LOS METODOS ESTUDIADOS PARA EL SUBSUELO

Métodos Comparados	G.L.	"t" Calculada	"t" Tabulada 5%	1%
NH <sub>4</sub> OAc y NaOAc	24	14,866	2,048 <sup>+</sup>	2,797 <sup>++</sup>
Formol y NaOAc	24	7,600	2,048 <sup>+</sup>	2,797 <sup>++</sup>
Formol y NH <sub>4</sub> OAc	24	3,22	2,048 <sup>+</sup>	2,797 <sup>++</sup>
NaOAc y Ca(OAc) <sub>2</sub>	14	3,190	2,145 <sup>+</sup>	2,977 <sup>++</sup>
NH <sub>4</sub> OAc y Ca(OAc) <sub>2</sub>	14	14,080	2,145 <sup>+</sup>	2,977 <sup>++</sup>
Formol y Ca(OAc) <sub>2</sub>	14	9,794	2,145 <sup>+</sup>	2,977 <sup>++</sup>

Notación:

- + = Significativo al 5%
- ++ = Significativo al 1%
- NS = No significativo.

TABLE IX

MEAN, STANDARD DEVIATION, VARIANCE AND COEFFICIENT OF VARIATION IN FUNCTION OF THE METHODS FOR THE SUBSTANCE

Methods	Mean	Standard Deviation	Variance	Coefficient of Variation
$(\text{OAc})_2\text{Ca}$	9,326	2,25	5,08	24,1
$\text{OAcNH}_4$	31,55	6,90	48,50	21,90
Formol	24,50	5,60	31,78	22,80
$\text{OAcNa}$	10,67	3,17	10,10	29,70

Tabla X

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, VARIANCA Y COEFICIENTE DE VARIACION EN FUNCION DE LOS METODOS PARA EL SUBSUELO

Métodos	Media	Desviación Estandar	Variancia	Coefficiente de Variación
$(OAc)_2Ca$	6,913	1,58	2,50	23,00
$OAcNH_4$	28,74	5,97	35,73	21,12
Formol	21,60	5,80	34,38	26,80
$OAcNa$	10,20	3,80	14,50	37,20

\* = Significativo al 5%  
 \*\* = Significativo al 1%  
 \*\*\* = Significativo al 0,5% y 0,1%  
 NS = No significativo.

TABLA XI

SIGNIFICANCIA DE LOS METODOS ESTUDIADOS  
 EN LA DETERMINACION DE LA CIC PARA EL SUELO

Método	NH <sub>4</sub> OAc	Formol	NaOAc	Ca(OAc) <sub>2</sub>
Ca(OAc) <sub>2</sub>	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>	NS	0
NaOAc	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>	0	S <sup>++</sup>
Formol	S <sup>+</sup>	0	S <sup>++</sup>	S <sup>++</sup>
NH <sub>4</sub> OAc	0			

Notación:

- S<sup>+</sup> = Significativo al 5%
- S<sup>++</sup> = Significativo al 1%
- S<sup>+</sup> S<sup>++</sup> = Significativo al 5% y 1%
- NS = No significativo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, permitieron determinar la significancia de los métodos estudiados en la determinación de la CIC para el subsuelo.

TAHLA XII  
SIGNIFICANCIA DE LOS METODOS ESTUDIADOS EN LA DETERMINACION DE LA CIC PARA EL SUBSUELO

Método	NaOAc	NH <sub>4</sub> OAc	Formol	Ca(OAc) <sub>2</sub>
Ca(OAc) <sub>2</sub>	S++	S++	S++	0
Formol	S++	S++	0	S++
NH <sub>4</sub> OAc	S++	0	S++	S++
NaOAc	0	S++	S++	S++

Notación:

S<sup>+</sup> = Significativo al 5%

S<sup>++</sup> = Significativo al 1%

0 = Significativo al 5% y 1 %

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, permiten llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1) En relación al tipo de metodología empleada es notoria la disparidad que presentan los 4 métodos en la determinación de la capacidad de intercambio catiónico. Con el acetato de amonio se obtuvieron los valores más altos, con el acetato de calcio los más bajos, siendo más o menos intermedios los obtenidos con el método del formol y del acetato de sodio.

2) Entre los 4 métodos estudiados el que presenta menor variabilidad y por lo tanto mayor confiabilidad en la determinación de la CIC en los suelos volcánicos del Altiplano de Pasto, es el método del acetato de amonio, en consecuencia el orden de confiabilidad se establece de la siguiente manera,

$\text{NH}_4\text{OAc}$       Formol       $\text{Ca}(\text{OAc})_2$        $\text{NaOAc}$

3) En general, se observó que existe

lación entre la CIC y la materia orgánica. La tendencia encontrada es similar tanto en el suelo como en el subsuelo.

4) Se encontró correlación negativa entre la CIC y el porcentaje de arcillas en el subsuelo en los 4 métodos estudiados. En el suelo se registró similar tendencia con respecto al acetato de amonio y formol y tendencia positiva con relación al método del acetato de calcio y acetato de sodio.

5) Los valores de la CIC, son mayores en el suelo que en el subsuelo, con todos los métodos, lo cual se debe a la presencia de mayor cantidad de alófan, vermiculita y materia orgánica en el suelo que en el subsuelo.

6) Se encontró correlación negativa entre la CIC y el pH en función del método del acetato de amonio y formol en el suelo y subsuelo. En cambio, la correlación encontrada para el suelo y subsuelo fue positiva con los métodos del acetato de calcio y sodio.

## 5.2 RECOMENDACIONES.

1) Se recomienda utilizar el método del acetato de amonio para la determinación de la CIC en los suelos volcánicos del Altiplano de Pasto.

2) Se recomienda hacer estudios más detallados, determinando la CIC de la materia orgánica, la CIC de la fracción arcillosa del suelo, la saturación de bases de la fracción orgánica y mineral del suelo.

3) Para obtener los valores de CIC al pH del suelo, en suelos ácidos como los andosoles, se recomienda utilizar la suma total de cationes intercambiables, incluyendo el aluminio y el hierro.

4) Debido a que la CIC en suelos con altos contenidos de minerales amorfos es dependiente del pH, se recomienda que cuando se haga referencia a este valor, se especifique a que pH ha sido determinada.

5) Para obtener la CIC real al pH de los suelos, así como las bases, aluminio y hierro intercambiables, se recomienda el estudio de otros métodos, como por ejemplo el cloruro de bario y el cloruro de calcio y método de resinas.

6) Se recomienda hacer estudios de la CIC en todas las regiones marifonenses incluyendo las diferentes formaciones vegetales y los pisos altitudinales.

## VI. RESUMEN

En los suelos volcánicos de la región Andina de Nariño, correspondientes al Altiplano de Pasto (Bosque seco a húmedo montano bajo) situado entre 2.400 y 2.800 m.s.n.m. y cuyas coordenadas geográficas son:  $0^{\circ} 37'$  -  $2^{\circ} 47'$  latitud norte y  $79^{\circ} 03'$  -  $76^{\circ} 47'$  longitud oeste del meridiano de Greenwich. Se llevó a cabo el trabajo titulado "Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónica por cuatro métodos en algunos suelos del Altiplano de Pasto". Los métodos utilizados fueron: Acetato de amonio ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ), Formol, Acetato de sodio ( $\text{NaOAc}$ ) y Acetato de Calcio ( $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ ).

Estadísticamente se aprecia que el método del Acetato de amonio es el más confiable, en relación con los otros tres métodos estudiados. Se encontró buena correlación entre la CIC y la materia orgánica, en cambio la relación entre la CIC y el contenido de arcilla y el valor de pH fué negativo.

Según los resultados obtenidos se observa cierta consistencia en los valores de CIC para los cuatro métodos estudiados. Así, con el método del Acetato de amonio el promedio de CIC para el suelo es de 31,55 me/100 g, para el subsuelo es de 28,04 me/100 g, valq

res ligeramente superiores a los obtenidos por el método del Formol cuyos promedios para el suelo y subsuelo son de 24,50 me/100 g y 21,60 me/100 g respectivamente, igual tendencia se registró para el método del Acetato de calcio cuyos valores promedios de CIC fueron de 9,32 me/100 g para el suelo y 6,90 me/100 g para el subsuelo.

Se recomienda hacer estudios más detallados de la CIC, determinando la CIC de la materia orgánica y de la fracción mineral, las bases cambiables incluyendo el aluminio y el hierro, la CIC real al pH de suelo, analizar otras metodologías, etc., en las diferentes formaciones vegetales y pisos altitudinales del Departamento de Nariño.

Since acetate method is the most available method related to the other ones that were studied, there was a good correlation between the CIC and the organic matter, but the relation between the CIC and the clay content and the worth of the pH was negative.

According to the obtained results it can be observed some consistencies in the CIC worth for the four studied methods. Thus, with the maximum worth to method the mean of the CIC to the soil is 31,5 me/100g and the worth for the subsoil is 28,04 me/100g. These are slightly up to the Formol method obtained

SUMMARY

In the volcanic soils of the Andes region in Nariño Department, belonging to the Plateau of Pasto (Bshmb) located between 2.400 and 2.800 meters above the sea level and its geographic coordinates are:  $0^{\circ} 37'$  -  $2^{\circ} 47'$  north latitude and  $79^{\circ} 03'$  -  $76^{\circ} 47'$  west longitude of the Greenwich meridian. It was carried out the study titled "Cation Capacity Determination by four methods in some soils of the Plateau of Pasto". The used methods were: Ammonium Acetate ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ), Formaldehyde, Sodium Acetate ( $\text{NaOAc}$ ), and Calcium Acetate ( $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ ).

The statistic analysis shows that the Ammonium Acetate method is the most available method related to the other ones that were studied. There was a good correlation between the CIC and the organic matter, but the relation between the CIC and the clay content and the worth of the pH was negative.

According to the obtained results it can be observed some consistence in the CIC worth for the four studied methods. Thus, with the Ammonium Acetate method the mean of the CIC to the soils is 31,5 me/100g and the worth for the subsoil is 28,04 me/100g which are slightly up to the Formaldehyde obtained

methods whose mean for the soil is 24.5 me/100 g and 21.6 me/100 g for the subsoil; a similar tendency was detected for the Calcium Acetate method whose mean worth CIC were 9.32 me/100 g and 6.9 me/100 g for the subsoil.

It is recommended to perform detailed researches of the CIC, considering the CIC of the organic matter and the mineral fractions, the exchangeable bases including Al and Fe, the real CIC of the soil, to make an analysis of the other methods, and so on. To make researches in the different botanical strata and altitude levels of the Department of Mariño.

4. MURPHY, V. E. The absorption of anionic iron  
relatives by allspice in relation to their  
effective size. Journal of Soil Science, 12:  
207-212. 1961.

5. Some properties of volcanic ash  
collected from the eruption of the stratovolcano  
Mt. Merapi, Japan. World Soil Resources Re-  
port No. 34, FAO, Rome, Italy, 1965. p. 36-41.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. AMEZQUITA C., E. y FIGUEROA, C.A. Estudio de sesquióxidos y sus relaciones moleculares en suelos de Naríño. Universidad de Naríño, Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto. Tesis de Grado. 1970, 66p.
2. BESOAIN, E.M. Curso de mineralogía de suelos, Turrialba, Costa Rica, IICA. 1970, 384p.
3.                     . Mineralogía de las arcillas de suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile. In Panel sobre Suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA. 1969. pp. B.1.1 - 7.
4. HIRRELL, K.S. The adsorption of cations from solution by allophane in relation to their effective size. Journal of Soil Science, 12: 307-3116. 1961.
5.                     . Some properties of volcanic ash soils. Report on the meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. Ibkio, Japan. World Soil Resources Report No 14, FAO, Rome, Italy, 1965. pp. 74-81.

6. ELASCO, M. Propiedades químicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Narinó, Colombia. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. pp. B.8.1-3.
7. BORNEMISZA, E. y R. FUENTES. Cation exchange capacity of Costa Rican soils and subsoils at different pH values in the presence of organic matter after its destruction. Agronomy Abstract Amer. Society. Agronomy. New Orleans, 1968. 80p.
8. BORNEMISZA, E. Conceptos modernos de acidez del suelo, Turrialba. 1: 20-25. 1965.
9. BOUYOUKOS, G.H. A comparison between the pipette method and the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Soil Science 38: 335-343. 1934.
10. BOWER, A.A., REITEMBIER, R.F. y FIREMAN, M. Exchangeable cation analysis of saline and alkaline soils. Soil Science 73(4): 9-17. 1952.
11. BUCKMAN, H.O. y BRADY, N.C. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. R. Salord Barcelo.

11. México, UHBA. 1966. 590p.
12. BUENO, J. Estudio geológico del Departamento de Narino que presenta el Laboratorio Nacional de Fomento y Minas de Pasto, al Ministerio de Minas y Petróleos. Pasto, Colombia, Informe No. 625. 1946.
13. BURBANO O., H. Metabolismo del azufre en algunos suelos de Nicaragua. Tesis de Mg. Sci, Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 92p.
14. CALHOUN, F., CARLISLE, V. y LUNA, C.Z. Properties and genesis of selected colombian andosoles. Soil Science Society of American Proceedings, 36(3): 480-484. 1972.
15. CARVAJAL, H., GARCIA, G.T. y GARCIA, U.J. Determinación de la capacidad de cambio total en suelos por fluorescencia de rayos X. Anales de Edafología y Agrobiología 32: 35-45. 1973.
16. CASTRO P., J. Formas de manganeso en suelos de clima medio en el Departamento de Narino. Universidad de Narino, Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto. Tesis de Grado. 1969. 73p.

17. DE VILLIERS, J.M. y JACKSON, M.L. Aluminous chlorite origin of pH dependent cation exchange capacity variations. Soils Science Society of America Proceedings 31(5): 614-619. 1967.
18. ESCOBAR, G. y JURADO, R.V. Propiedades físicas de algunos suelos del Municipio de Pasto, Nariño, Colombia. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Tesis de Grado. 1968. 100p.
19. ESPINOZA, W. Determinación del alófono en suelos de Huble mediante el valor delta de la capacidad total de intercambio catiónico. Agricultura Técnica (Chile). 29(3): 127-132. 1969.
20. ESPINAL, T. y MONTENEGRO, E. Formaciones vegetales de Colombia, memoria explicativa sobre el mapa ecológico, Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". 1963. 210p.
21. FASSBENDER, H. Química de suelos, Turrialba, Costa Rica, IICA. 1969. 265p.
22. FLASH, H. Génesis and the morphology of ash derived soils in the United States of America. Report on the Meeting on the Classification and

21. the Correlation of Soils from Volcanic Ash. Tokio, Japan. World Soil Resources. Report Nº 14 FAO, Rome, Italy. 1965. pp. 65-70.
23. FUENTES, R. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico en algunos suelos ácidos de origen volcánico. Turrialba, Costa Rica, Tesis Mag. Sci., Turrialba, Costa Rica, IICA. 1972. 107p.
24. GONZALEZ, G.F. y CALLIZO, A.P. Constitución y propiedades de las arcillas sedimentarias de Lebrija. Anales de Edafología y Fisiología Vegetal. 17(7-8): 603-617. 1968.
25. HEBAL B., F. Fraccionamiento del nitrógeno en suelos del Altiplano de Ipiales. Universidad de Narino, Facultad de Ciencias Agrícolas. Tesis de Grado. 1971. 63p.
26. HELLING, G.J., CHESTERS, G. y COREY, R.B. Contribution of organic matter and clay to soil cation exchange capacity as effected by the pH of the saturation solution. Soil Science Society America Proceedings 28(4): 507-514. 1966.

27. HOLDRIDGE, L.H. Lige Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 1967. 206p.
28. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Boletín Meteorológico No. 4. Departamento de Ingeniería Agrícola. Bogotá. 1968-1970. sp.
29. JACKSON, M.L. Análisis químico de los suelos. Trad. José Beltrán Martínez. Barcelona, Omega, 1964. 662p.
30. KAMPRATH, R.J. y WELCH, C.D. Retention and cation exchange properties of organic matter in Coastal Plain soils. Soil Science Society of America Proceedings 26(3): 263-265. 1972.
31. KANEHIRO, Y. y SHERMAN, G.D. Effect of dehydration rehydration on cation exchange capacity on 4 Hawaiian soils. Soil Science Society of America Proceedings 20(3): 341-344. 1956.
32. LEGARDA B., L., MORA T., E. y BLASCO L., M. Relación entre algunas características de los suelos y los pisos altitudinales de Narino, Colombia. Turrialba 23(1): 97-103. 1973.

33. LOGANATHAN, P. The properties and genesis of four middle altitude dystrandepts from Mauna Kea, Hawaii. Tesis M.Sc. University Hawaii. 1967. 119p.
34. LUNA, C. Aspectos genéticos de andosoles en Colombia. In Panel sobre Suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA. 1969. pp. A.3.1.-13.
35. MARTINI, J.A. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Centro América. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA. 1969. pp. A.5.1-10.
36. MORILLO, M.R. y PASSBENDER, H.W. Formas y disponibilidad de fosfatos de los suelos de la Cuenca Baja del Río Choluteca, Honduras. Turrialba; 18 26-33. 1968.
37. MUNSSELL. Soil color charts Baltimore, Mun. Col. Co. 1w. 1953. s.p.
38. PERDOMO, R. y HAMPTON, H.B. Ciencia y Tecnología del suelo. Guatemala, Universidad de San Car-

38. los, 1970. 366p.
39. RICH, C.I. Removal of excess salt in cation  
-exchange- capacity determinations. Soil  
Science 93: 87-94. 1962.
40. ROBINSON, G.N. Los suelos, su origen, constitución y clasificación. Trad. José Luis Amorós. 2a. ed. Barcelona, Omega, 1967. 515p.
41. SAEENZ, M.A. Suelos tropicales. San José, Universidad de Costa Rica. 1968. 230p.
42. SAWHNEY, B.L., JACKSON, M.L. y CORKY, R.A. Cation exchange capacity determination of soils ash influenced by the cation species. Soil Science 87: 243-248. 1959.
43. SCHALSCHA, H.B. et al. Effect of drying on volcanic ash soils in Chile. Soil Science Society America Proceedings 29: 481-482. 1965.
44. SOTO, C.G. Estudios de la concentración y distribución de los micronutrientes en un transecto de Nicaragua. Tesis Mag. Sci. Rurrialba, Costa Rica, IICA. 1973. 139p.

45. SYERS, J.K., KAMPLELL, S.A. y WALKER, F.W. Contribution of organic carbon and clay to cation exchange capacity in a chronosequence of sandy soils. *Plant and Soils* 33: 104-112. 1970.
46. URBINA, A. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agricultura Técnica (Chile)*. 25(1): 18-19. 1965.
47. WALKLEY, A. y BLACK, A. An examination of the destjarteff method of determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acide titration method. *Soil Science* 37:29-30. 1934.
48. ZAMBRANO, F.D. et al. Atlas agrológico del Departamento de Nariño. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Tesis de Grado. 1969. 257p.

TABLE 1

MONTHLY PRODUCTION TRENDS IN THE COLUMBIAN ECONOMY

INDEX	Estimated Production	Estimated Exports	Estimated Imports	Estimated Balance
	1950	1950	1950	1950
1. Agriculture	10,000	2,000	1,000	7,000
2. Manufacturing	15,000	4,000	1,500	9,500
3. Services	20,000	5,000	2,000	13,000
4. Construction	12,000	3,000	1,200	7,800
5. Total	67,000	14,000	5,700	47,300
6. Exports	10,000	2,000	1,000	7,000
7. Imports	15,000	4,000	1,500	9,500
8. Balance	20,000	5,000	2,000	13,000
9. Total	67,000	14,000	5,700	47,300
10. Exports	10,000	2,000	1,000	7,000
11. Imports	15,000	4,000	1,500	9,500
12. Balance	20,000	5,000	2,000	13,000
13. Total	67,000	14,000	5,700	47,300
14. Exports	10,000	2,000	1,000	7,000
15. Imports	15,000	4,000	1,500	9,500
16. Balance	20,000	5,000	2,000	13,000

Source: Monthly Production Trends in the Colombian Economy, 1950-1955.

TAJALA I

ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

REGIONES	Humedad Gravimétrica %	Densidad Aparente g/cc	Densidad Real g/cc	Arenas %	Limos %	Arcillas %
1 Napachico	16,42	1,22	2,53	37,00	39,50	24,10
2 Catambuco Pendiente	12,34	1,10	2,40	38,50	46,90	15,00
3 Cabrera	12,55	1,10	2,46	43,40	35,00	21,30
4 Obonuco	11,11	1,28	2,41	41,50	26,50	31,70
5 Catambuco Plano	10,58	1,34	2,40	36,70	45,30	18,00
6 Aranda	11,78	1,24	2,42	35,10	35,90	28,80
7 Cenoy	12,90	1,00	2,28	40,70	47,40	12,20
8 Pejendino	10,61	1,18	2,39	39,20	38,40	21,70
9 La Laguna	15,72	1,29	2,39	37,70	46,60	17,50
10 Botana	12,48	1,31	2,42	36,70	42,50	20,80
11 Anganoy	9,19	1,07	2,35	37,70	39,10	23,30
12 Jongovito	9,14	1,30	2,41	39,30	39,30	21,30
13 Gujaocal	9,81	1,31	2,48	39,10	38,70	16,50
14 Tablazo	11,53	1,35	2,41	38,10	44,00	18,50
15 Gualmatán	14,06	1,31	2,42	34,00	46,20	20,00

Nota: La Densidad Real y Aparente tomada de Escobar y Jurado (18).

TAJALA II

ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUBSUELOS ESTUDIADOS

REGIONES	Humedad Gravimétrica %	Densidad Aparente g/cc	Densidad Real g/cc	Arenas %	Limos %	Arcillas %
1 Mapachico	17,91	1,23	2,51	35,30	42,10	33,00
2 Catambuco Pendiente	16,11	1,16	2,40	38,30	43,10	18,50
3 Cabrera	15,92	1,25	2,60	31,10	38,30	30,90
4 Obonuco	17,48	1,39	2,42	39,10	35,30	27,90
5 Catambuco Plano	12,04	1,41	2,44	35,30	33,50	32,00
6 Aranda	12,78	1,27	2,46	31,10	34,30	35,10
7 Genoy	41,05	1,08	2,32	44,30	44,10	12,30
8 Pejensino	15,32	1,21	2,51	30,20	41,70	27,50
9 La Laguna	25,15	1,21	2,57	37,10	43,20	19,50
10 Botana	16,12	1,54	2,44	34,30	38,10	17,90
11 Anganoy	14,33	1,58	2,52	35,30	33,00	33,00
12 Jengovito	11,65	1,50	2,41	30,40	42,30	27,50
13 Guisecal	23,04	1,42	2,52	35,00	33,20	33,00
14 Tablazo	19,86	1,44	2,43	34,90	37,30	18,10
15 Gualmatán	21,04	1,28	2,41	36,00	36,50	28,40

Nota: La Densidad Real y Aparente tomada de Escobar y Jurado (18).

TABLE III

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

REGIONES	Carbono Orgánico %	Materia Orgánica %	pH
1 Napachico	2,72	4,70	6,00
2 Catambuco Pendiente	2,66	4,60	4,10
3 Cabrera	3,18	5,50	5,70
4 Otomaco	2,61	4,50	5,90
5 Catambuco Plano	2,37	4,10	6,00
6 Arania	2,55	4,40	5,10
7 Genoy	6,58	14,80	5,70
8 Pejondino	2,84	4,90	6,10
9 La Laguna	2,84	4,90	5,70
10 Botana	1,87	3,24	5,70
11 Angaroy	4,00	6,90	5,80
12 Jongovito	2,84	4,90	6,00
13 Gujacal	1,91	3,70	5,80
14 Tablazo	4,40	7,60	5,80
15 Guinatín	3,44	5,90	6,20

Tabla IV  
ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SUBSUELOS ESTUDIADOS

REGIONES	Carbono Orgánico %	Materia Orgánica %	pH
1 Mapachico	2,37	4,10	6,10
2 Catambuco Pendiente	3,07	5,30	6,30
3 Cabrera	0,63	1,10	5,60
4 Obonuco	1,84	3,16	6,00
5 Catambuco Plano	0,98	1,70	6,20
6 Aranda	1,50	2,60	5,50
7 Genoy	1,17	14,10	5,20
8 Pejendino	1,79	3,10	6,00
9 La Laguna	0,92	1,60	5,80
10 Etana	0,92	1,60	6,20
11 Anganoy	1,91	3,30	6,30
12 Jongovito	2,52	4,00	6,30
13 Gujacal	0,52	0,90	6,00
14 Tablazo	3,65	6,30	6,10
15 Gualmatán	3,53	6,10	6,00

TABLA V

REGRESION (Y), COEFICIENTES DE CORRELACION (r) Y PORCENTAJE DE ASOCIACION (R<sup>2</sup>) ENTRE LA CIC Y LA MATERIA ORGANICA, ARCILLAS, PH, Y CIC ESTIMADA DE LOS SUELOS ESTUDIADOS EN FUNCION DE LOS METODOS

FIGURA No	METODOS	RELACION	EQUACION DE REGRESION	COEFICIENTE DE CORRELACION	PORCENTAJE DE ASOCIACION
2	NH <sub>4</sub> OAc	CIC x M.O.	Y = 23,741 + 1,387 X	r = 0,479764 <sup>+</sup>	R <sup>2</sup> = 23,0193 %
3	Formol	CIC x M.O.	Y = 21,585 + 1,5191 X	r = 0,113093	R <sup>2</sup> = 1,7714 %
4	NaOAc	CIC x M.O.	Y = 12,321 - 0,2941 X	r = -0,260589	R <sup>2</sup> = 6,79071 %
5	Ca(OAc) <sub>2</sub>	CIC x M.O.	Y = 6,361 + 0,537 X	r = 0,645535 <sup>++</sup>	R <sup>2</sup> = 41,6715 %
6	NH <sub>4</sub> OAc	CIC x Ar.	Y = 42,71502 - 0,5411 X	r = -0,337159	R <sup>2</sup> = 11,3676 %
7	Formol	CIC x Ar.	Y = 30,811 - 0,305 X	r = -0,270579	R <sup>2</sup> = 7,3213 %
8	NaOAc	CIC x Ar.	Y = 8,247 + 0,117 X	r = 0,156609	R <sup>2</sup> = 3,4823 %
9	Ca(OAc) <sub>2</sub>	CIC x Ar.	Y = 11,184 - 0,091 X	r = -0,197392	R <sup>2</sup> = 3,8964 %
10	NH <sub>4</sub> OAc	CIC x PH	Y = 52,935 - 4,169 X	r = -0,22434	R <sup>2</sup> = 5,0371 %
11	Formol	CIC x PH	Y = 27,748 - 0,581 X	r = -0,034191	R <sup>2</sup> = 0,116912 %
12	NaOAc	CIC x PH	Y = 0,1892 + 1,8013 X	r = 0,197339	R <sup>2</sup> = 3,8903 %
13	Ca(OAc) <sub>2</sub>	CIC x PH	Y = -0,6732 + 1,7231 X	r = 0,2601	R <sup>2</sup> = 6,761 %
1	NH <sub>4</sub> OAc	CIC x CIC. E.	Y = 39,814 - 0,29602X	r = -0,1961	R <sup>2</sup> = 3,801 %
2	Formol	CIC x CIC. E.	Y = 32,322 - 0,4580 X	r = -0,431	R <sup>2</sup> = 18,60 %
3	NaOAc	CIC x CIC. E.	Y = 13,645 - 0,1071 X	r = -0,179	R <sup>2</sup> = 3,20 %
4	Ca(OAc) <sub>2</sub>	CIC x CIC. E.	Y = 19,279 + 0,7051 X	r = 0,6301 <sup>++</sup>	R <sup>2</sup> = 40,70 %

TABLA VI

REGRESION (Y), COEFICIENTES DE CORRELACION (r) Y PORCENTAJE DE ASOCIACION (R<sup>2</sup>)  
 ENTRE LA CIC Y LA MATERIA ORGANICA, ARCILLAS, PH, Y CIC ESTIMADA DE LOS SUBSUE  
 LOS ESTUDIADOS EN FUNCION DE LOS METODOS

FIGURA No	METODOS	RELACION	ECUACION DE REGRESION	COEFICIENTE DE CORRELACION	PORCENTAJE DE ASOCIACION
2	NH <sub>4</sub> OAc	CIC. x M.O.	Y = 27,745 + 0,015 X	r = 0,041128	R <sup>2</sup> = 1,692 %
3	Formol	CIC. x M.O.	Y = 16,632 + 0,7551X	r = 0,42438	R <sup>2</sup> = 18,00882%
4	NaOAc	CIC. x M.O.	Y = 6,866 + 0,84795X	r = 0,734222 <sup>++</sup>	R <sup>2</sup> = 53,9075 %
5	Ca(OAc) <sub>2</sub>	CIC. x M.O.	Y = 5,735 + 0,288 X	r = 0,875535 <sup>++</sup>	R <sup>2</sup> = 76,6562 %
6	NH <sub>4</sub> OAc	CIC/ x Ar.	Y = 32,43276 - 0,1672X	r = - 0,199357	R <sup>2</sup> = 3,9743 %
7	Formol	CIC. x Ar.	Y = 40,02228 - 0,701 X	r = 0,852783 <sup>++</sup>	R <sup>2</sup> = 72,7235 %
8	NaOAc	CIC. x Ar.	Y = 16,45464 - 0,238 X	r = - 0,446897	R <sup>2</sup> = 19,9717 %
9	CaOAc	CIC. x Ar.	Y = 9,74824 - 0,1081X	r = - 0,687242 <sup>++</sup>	R <sup>2</sup> = 47,2302 %
10	NH <sub>4</sub> OAc	CIC/ x PH	Y = 48,645 - 4,163 X	r = - 0,177316	R <sup>2</sup> = 3,1441 %
11	Formol	CIC. x PH	Y = 62,0909 - 6,7792X	r = 0,371785	R <sup>2</sup> = 13,8224 %
12	NaOAc	CIC. x PH	Y = 34,9580 - 4,145 X	r = - 0,350437	R <sup>2</sup> = 12,2806 %
13	CaOAc	CIC. x PH	Y = 15,7321 - 1,4771X	r = - 0,423123	R <sup>2</sup> = 17,1033 %
1	NH <sub>4</sub> OAc	CIC. x CIC. E.	Y = 45,045 - 0,587 X	r = - 0,557 <sup>+</sup>	R <sup>2</sup> = 31,00 %
2	Formol	CIC. x CIC. E.	Y = 17,776 + 0,132 X	r = 0,138	R <sup>2</sup> = 1,60 %
3	NaOAc	CIC/ x CIC. E.	Y = 10,211 - 0,3251X	r = - 0,48501 <sup>+</sup>	R <sup>2</sup> = 23,512 %
4	Ca(OAc) <sub>2</sub>	CIC. x CIC. E.	Y = 4,10 + 0,097 X	r = 0,489	R <sup>2</sup> = 23,90 %

TAJAL VIII

TAJAL VII

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO ESTIMADA  
PARA EL SUELO Y SUBSUELO EN me/100 g.

REGIONES	SUELO	SUBSUELO
1 Mapachico	28,68	34,60
2 Catambuco Pendiente	21,60	25,40
3 Cabrera	28,04	26,60
4 Obonuco	34,36	28,64
5 Catambuco Plano	22,60	30,60
6 Aranda	31,80	33,28
7 Genoy	39,36	38,64
8 Pejendino	27,16	28,20
9 La Laguna	23,80	18,53
10 Botana	23,12	17,52
11 Anganoy	32,44	33,00
12 Jongovito	26,84	30,00
13 Gujacal	19,80	28,20
14 Tablazo	30,00	27,08
15 Gualmatán	27,80	43,92

TABLA VIII

DESCRIPCION DEL PERFIL Nº 1, MAPACHICO

Localización: K 3 + 800 m de la carretera Pasto-Mapachico, partiendo de Pasto, sobre la margen derecha.

Horizonte (cm):

0-40

Textura: Franca  
Estructura: Granular  
Consistencia: Muy friable  
Color: 2,5Y2/0 (en húmedo)  
pH: 6,00  
Reacción HCl: Negativa

40-100

Textura: Franca  
Estructura: Granular  
Consistencia: Muy friable  
Color: 2,5Y2/0 (en húmedo)  
pH: 6,10  
Reacción HCl: Negativa

Datos generales:

Altura promedio: 2.860 m.s.n.m.  
Drenaje externo: Bueno  
Drenaje interno: Bueno  
Erosión: Muy poca  
Uso actual: Pradera  
Pendiente: 4-10%

TABLA IX

DESCRIPCION DEL PERFIL Nº2, CATAMBUCO PENDIENTE

Localización: K 7 + 800 m de la carretera Pasto-Ipias, partiendo de Pasto, sobre la margen derecha.

Horizonte (cm):

0-40

Textura:  
Estructura:  
Consistencia:  
Color:  
pH:  
Reacción HCl:

Franca  
Granular  
Muy friable  
10YR2/1 (en húmedo)  
6,10  
Negativa

40-110

Textura:  
Estructura:  
Consistencia:  
Color:  
pH:  
Reacción HCl:

Franca  
Granular  
Friable  
10YR2/1 (en húmedo)  
6,30  
Negativa

Datos generales:

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

2,889 m.s.n.m.  
Regular  
Regular  
Moderada  
Pradera  
10-15%

TAHLA X

DESCRIPCION DEL PERFIL Nº 3, CABRERA

Localización: K 1 de la carretera Cabrera-Pejendino, partiendo de Cabrera, sobre la margen derecha.

Horizonte (cm):

0-20

Textura: Franca  
Estructura: Granular  
Consistencia: Friable  
Color: 7,5YR4/2 (en húmedo)  
pH: 5,70  
Reacción HCl: Negativa

20-90

Textura: Franco-arcillosa  
Estructura: Migajosa  
Consistencia: Firme  
Color: 10YR4/3 (en húmedo)  
pH: 5,60  
Reacción HCl: Negativa

Datos generales:

Altura promedio: 2,840 n.s.n.n.  
Drenaje externo: Lento  
Drenaje interno: Lento  
Erosión: Muy poca  
Uso actual: Pradera  
Pendiente: 10%

TAHLA XI

DESCRIPCION DEL PERFIL N° 4, OBOUUCO

**Localización:** K 3 + 800 m de la carretera Pasto-Obonuco, partiendo de Obonuco, sobre la margen derecha.

**Horizonte (cm):**

0-30

Textura: Franco-arcillosa  
Estructura: Granular  
Consistencia: Friable  
Color: 10YR3/2 (en húmedo)  
pH: 5,90  
Reacción HCl: Negativa

30-80

Textura: Franco-arcillosa  
Estructura: Granular  
Consistencia: Firme  
Color: 10YR4/4 (en húmedo)  
pH: 6,00  
Reacción HCl: Negativa

**Datos generales:**

Altura promedio: 2.785 m.s.n.m.  
Drenaje externo: Regular  
Drenaje interno: Regular  
Erosión: Muy poca  
Uso actual: Pradera  
Pendiente: 11%

TABLA XII

DESCRIPCION DEL PERFIL Nº 5, CATAMBUCO PLANO

Localización: K 6 + 800 m de la carretera Pasto-Ipigales, partiendo de Pasto, sobre la margen derecha.

Horizonte (cm):

0-40

Textura:  
Estructura:  
Consistencia:  
Color:  
pH:  
Reacción HCl:

Franca  
Granular  
Muy friable  
10YR2/1 (en húmedo)  
6,00  
Negativa

40-90

Textura:  
Estructura:  
Consistencia:  
Color:  
pH:  
Reacción HCl:

Franco-arcillosa  
Migajosa  
Friable  
10YR2/1 (en húmedo)  
6,20  
Negativa

Datos generales:

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

2.850 m.s.n.m.  
Regular  
Regular  
Muy poca  
Pradera  
5%

TABLA XIII

DESCRIPCION DEL PERFIL Nº 6, ARANDA

Localización: K 1 + 500 m de la carretera Cementerio-Aranda, partiendo del Cementerio, sobre la margen izquierda.

Horizonte (cm):

0-35

Textura:  
Estructura:  
Consistencia:  
Color:  
pH:  
Reacción HCl:

Franco-arcillosa  
Granular  
Friable  
10YR3/2 (en húmedo)  
5,10  
Negativa

35-70

Textura:  
Estructura:  
Consistencia:  
Color:  
pH:  
Reacción HCl:

Franco-arcillosa  
Migajosa  
Firme  
10YR2/2 (en húmedo)  
5,50  
Negativa

Datos generales:

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

2.770 m.s.n.m.  
Malo  
Malo  
Muy poca  
Pradera  
8%

TABLA XIV

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL Nº 7, GENOY

**Localización:** K 1 + 800 m de la carretera Genoy-Mariño, partiendo de Genoy, sobre la margen izquierda.

**Horizonte (cm):**

0-25

**Textura:** Franca  
**Estructura:** Granular  
**Consistencia:** Muy friable  
**Color:** 2,5Y2/0 (en húmedo)  
**pH:** 5,30  
**Reacción HCl:** Negativa

25-120

**Textura:** Franca  
**Estructura:** Granular  
**Consistencia:** Friable  
**Color:** 2,5Y2/0 (en húmedo)  
**pH:** 5,20  
**Reacción HCl:** Negativa

**Datos generales:**

**Altura promedio:** 2.540 m.s.n/m.  
**Drenaje externo:** Bueno  
**Drenaje interno:** Bueno  
**Erosión:** Muy poca  
**Uso actual:** Pradera  
**Pendiente:** 10%

TABLA XV

DESCRIPCION DEL PERFIL N° 8, PEJENDINO

Localización: K 0 + 800 m de la carretera Pejendino-Cabrera, partiendo de Pejendino, sobre la margen derecha.

Horizonte (cm):

0-40

Textura: Franca  
Estructura: Granular  
Consistencia: Friable  
Color: 10YR3/3 (en húmedo)  
pH: 6,10  
Reacción HCl: Negativa

40-120

Textura: Franco-arcillosa  
Estructura: Granular  
Consistencia: Friable  
Color: 10YR4/4 (en húmedo)  
pH: 6,00  
Reacción HCl: Negativa

Datos generales:

Altura promedio: 2.800 m.s.n.m.  
Drenaje externo: Regular  
Drenaje interno: Regular  
Erosión: Moderada  
Uso actual: Pradera  
Pendiente: 15%

TABLA XVI

DESCRIPCION DEL PERFIL Nº 9, LA LAGUNA

**Localización:** K 9 + 800 m de la carretera Pasto-El Encano, partiendo de La Laguna, sobre la margen derecha.

**Horizonte (cm):**

0-30

**Textura:** Franca  
**Estructura:** Granular  
**Consistencia:** Friable  
**Color:** 10YR2/2 (en húmedo)  
**pH:** 5,70  
**Reacción HCl:** Negativa

30-90

**Textura:** Franca  
**Estructura:** Granular  
**Consistencia:** Friable  
**Color:** 10YR3/3 (en húmedo)  
**pH:** 5,80  
**Reacción HCl:** Negativa

**Datos generales:**

**Altura promedio:** 2.860 m.s.n.m.  
**Drenaje externo:** Lento  
**Drenaje interno:** Lento  
**Erosión:** Moderada  
**Uso actual:** Pradera  
**Pendiente:** 14%

TABLA XVII

DESCRIPCION DEL PERFIL N° 10, DOTANA

Localización: K 4 + 800 m de la carretera Pasto-Granja de Dotana, partiendo de la Granja, sobre la margen izquierda.

Horizonte (cm):

0-25

Textura:

Franca

Estructura:

Migajosa

Consistencia:

Friable

Color:

10YR3/2 (en húmedo)

pH:

5,70

Reacción HCl:

Negativa

25-70

Textura:

Franca

Estructura:

Masiva

Consistencia:

Firme

Color:

10YR2/3 (en húmedo)

pH:

6,20

Reacción HCl:

Negativa

Datos generales:

Altura promedio:

2.650 m.s.n.m.

Drenaje externo:

Malo

Drenaje interno:

Malo

Erosión:

Muy poca

Uso actual:

Pradera

Pendiente:

2%

TAULA XVIII

DESCRIPCION DEL PERFIL Nº 11, ANGANOY

Localización: K 2 + 500 m de la carretera Pasto-Angano, partiendo del poblado, sobre la margen izquierda.

Horizonte (cm):

0-25

Textura:  
Estructura:  
Consistencia:  
Color:  
pH:  
Reacción HCl:

Franca  
Granular  
Muy friable  
10YR5/1 (en húmedo)  
5,80  
Negativa

25-90

Textura:  
Estructura:  
Consistencia:  
Color:  
pH:  
Reacción HCl:

Franco-arcillosa  
Granular  
Friable  
10YR2/1 (en húmedo)  
6,30  
Negativa

Datos generales:

Altura promedio:  
Drenaje externo:  
Drenaje interno:  
Erosión:  
Pendiente:

2.800 n.s.n.n.  
Regular  
Regular  
Moderada  
28%

TABLA XIX

DESCRIPCION DEL PERFIL Nº 12, JONGOVITO

Localización: K 0 + 500 m de la carretera compartida Obonuco-Jongovito, partiendo del compartidero, sobre la margen derecha.

Horizonte (cm):

0-40

Textura:  
Estructura:  
Consistencia:  
Color:  
pH:  
Reacción HCl:

Franca  
Granular  
Friable  
10YR3/2 (en húmedo)  
6,00  
Negativa

40-100

Textura:  
Estructura:  
Consistencia:  
Color:  
pH:  
Reacción HCl:

Franca  
Granular  
Friable  
10YR3/3 (en húmedo)  
6,30  
Negativa

Datos generales:

Altura promedio:  
Drenaje externo:  
Drenaje interno:  
Erosión:  
Pendiente:

2.875 m.s.n.m.  
Regular  
Regular  
Moderada  
14%

TAHLA XX

DESCRIPCION DEL PERFIL N° 13, CUJACAL

**Localización:** K 2 + 700 m de la carretera Pasto-Bug  
saco, partiendo del compartidero ca-  
rretera-Cujacal, sobre la margen dere-  
cha.

**Horizonte (cm):**

0-30

**Textura:** Franca  
**Estructura:** Granular  
**Consistencia:** Muyr friable  
**Color:** 10YR/4 (en húmedo)  
**pH:** 5,80  
**Reacción HCl:** Negativa

30-80

**Textura:** Franco-arcillosa  
**Estructura:** Granular  
**Consistencia:** Friable  
**Color:** 10YR5/1 (en húmedo)  
**pH:** 6,00  
**Reacción HCl:** Negativa

**Datos generales:**

**Altura promedio:** 2.760 m.s.n.m.  
**Drenaje externo:** Regular  
**Drenaje interno:** Regular  
**Erosión:** Moderada  
**Uso actual:** Pradera  
**Pendiente:** 12%

TABLA XXI

DESCRIPCION DEL PERFIL Nº 14, TABLAZO

Localización: K 5 + 500 m de la carretera Pasto-Tablazo, partiendo de la población, sobre la margen izquierda.

Horizonte (cm):

0-45                      Textura: Franca  
                                 Estructura: Granular  
                                 Consistencia: Muyr friable  
                                 Color: 10YR2/2 (en húmedo)  
                                 pH: 5,80  
                                 Reacción HCl: Negativa

45-90                      Textura: Franca  
                                 Estructura: Granular  
                                 Consistencia: Friable  
                                 Color: 10YR2/1 (en húmedo)  
                                 pH: 6,10  
                                 Reacción HCl: Negativa

Datos generales:

Altura promedio: 2.840 m. s. n. m.  
Drenaje externo: Regular  
Drenaje interno: Regular  
Erosión: Muy poca  
Uso actual: Pradera  
Pendiente: 10%

TABLA XXII

DESCRIPCION DEL PERFIL Nº 15, GUALMATAN

Localización: K 1 + 700 m de la carretera Pasto-Gualmatán, partiendo del poblado, sobre la margen izquierda.

Horizonte (cm):

0-35

Textura: Franca  
Estructuras: Granular  
Consistencia: Muy friable  
Color: 10YR2/1 (en húmedo)  
PH: 6,20  
Reacción HCl: Negativa

35-100

Textura: Franco-arcillosa  
Estructuras: Granular  
Consistencia: Friable  
Color: 10YR2/1 (en húmedo)  
PH: 6,00  
Reacción HCl: Negativa

Datos generales:

Altura promedio: 2.900 m.s.n.m.  
Drenaje externo: Regular  
Drenaje interno: Regular  
Erosión: Muy poca  
Uso actual: Pradera  
Pendiente: 8%

● ● Suelo  
 $\hat{Y} = 39,8140 - 0,29802 X$   
 $r = -0,1961$   
 $R^2 = 3,801 \%$

○ ○ Subsuelo  
 $\hat{Y} = 45,045 - 0,587 X$   
 $r = -0,557^*$   
 $R^2 = 31,00 \%$

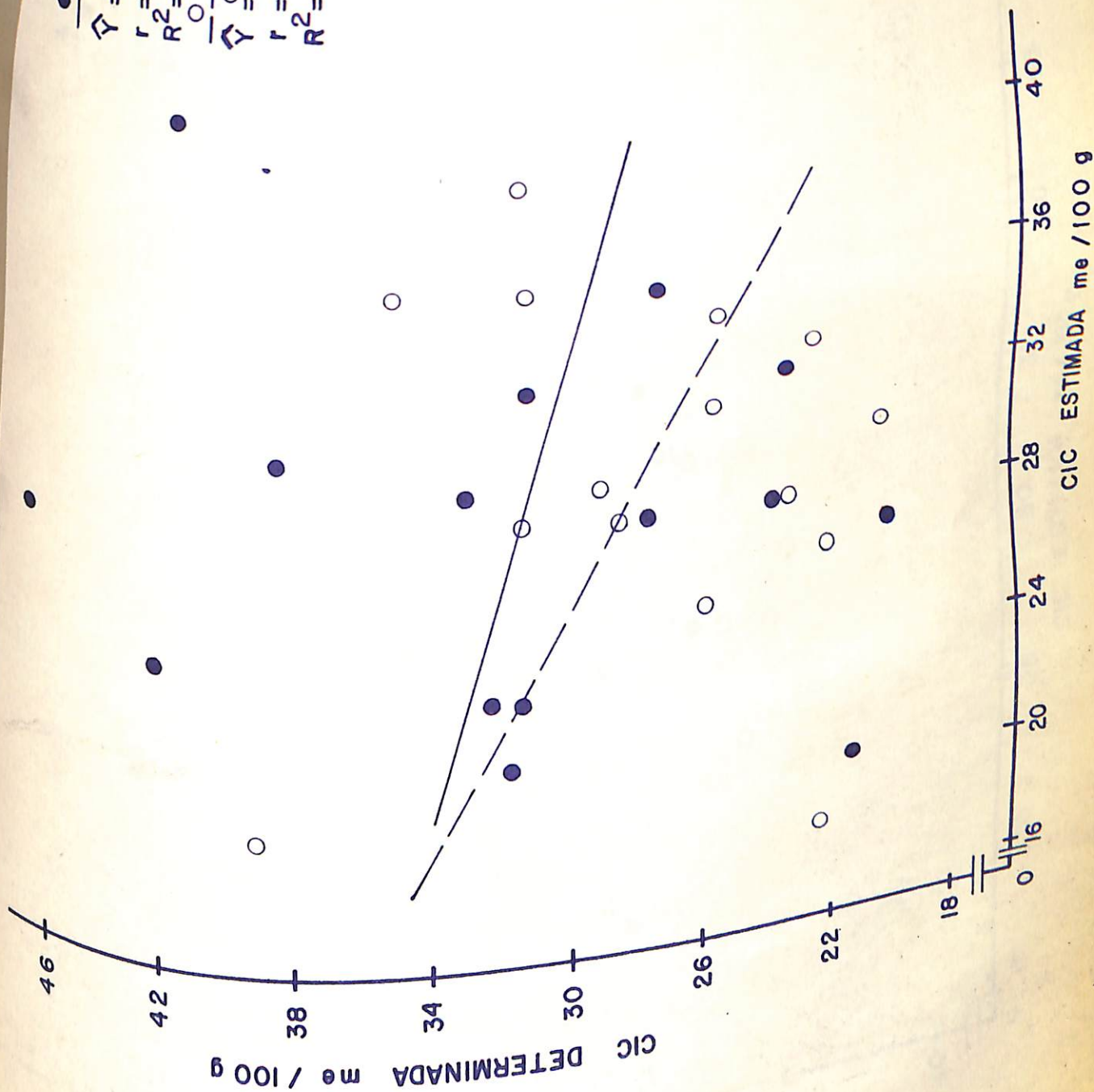


Fig. 1.- Relación entre la CIC determinada por el acetato de amonio y CIC estimada de los suelos y subsuelos estudiados.

$\frac{\bullet}{\bullet} \text{ Suelo}$   
 $\hat{Y} = 32,322 - 0,4580 X$   
 $r = -0,431$   
 $R^2 = 18,60 \%$

$\frac{\circ}{\circ} \text{ Subsuelo}$   
 $\hat{Y} = 17,776 + 0,1320 X$   
 $r = 0,1280$   
 $R^2 = 1,60 \%$

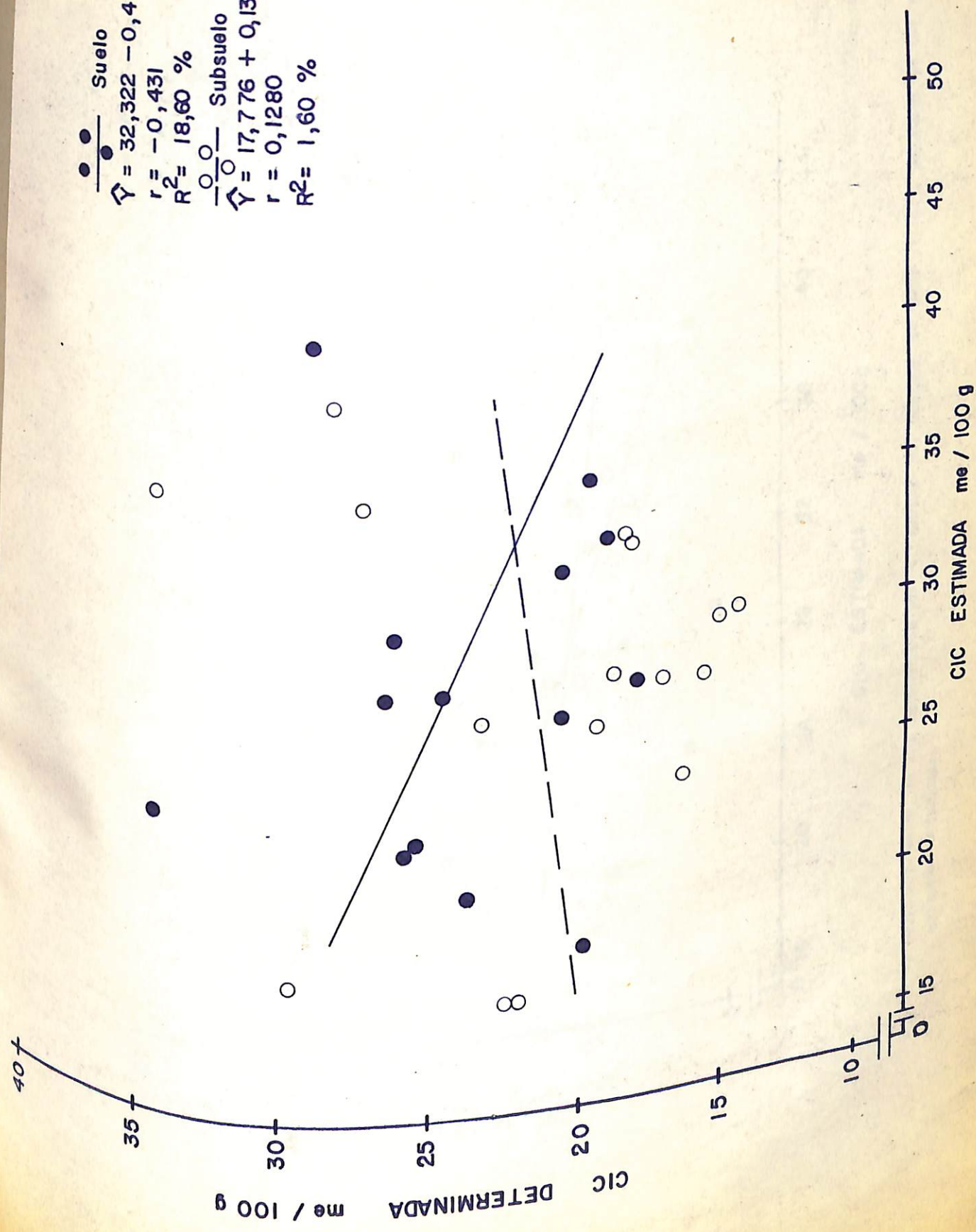


Fig. 2.- Relación entre la CIC determinada por el método del formol y CIC estimada de los suelo y subsuelos estudiados.

● Suelo  
 $\hat{Y} = 13,645 - 0,1790X$   
 $r^2 = -17,90$   
 $R^2 = 3,20\%$   
 ○ Subsuelo  
 $\hat{Y} = 10,211 + 0,3251X$   
 $r = -0,48501^*$   
 $R^2 = 23,512\%$

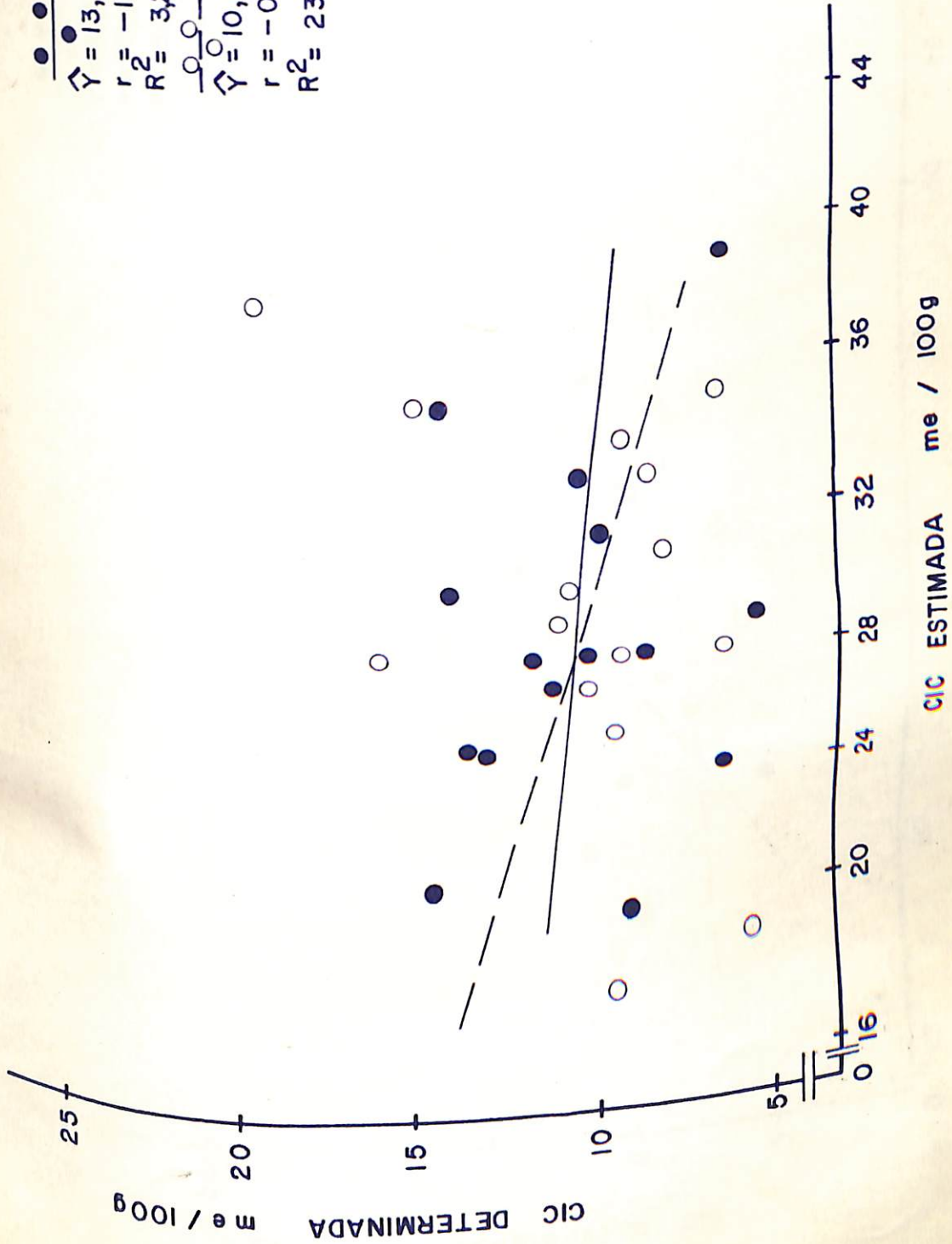


Fig. 3. — Relación entre la CIC determinada por el método del acetato de sodio y CIC estimada de los suelos y subsuelos estudiados.

● ● Suelo  
 $\hat{Y} = 10,279 + 0,7051X$   
 $r = 0,6381^{**}$   
 $R^2 = 40,70 \%$

○ ○ Subsuelo  
 $\hat{Y} = 4,10 + 0,097X$   
 $r = 0,489^*$   
 $R^2 = 23,90 \%$

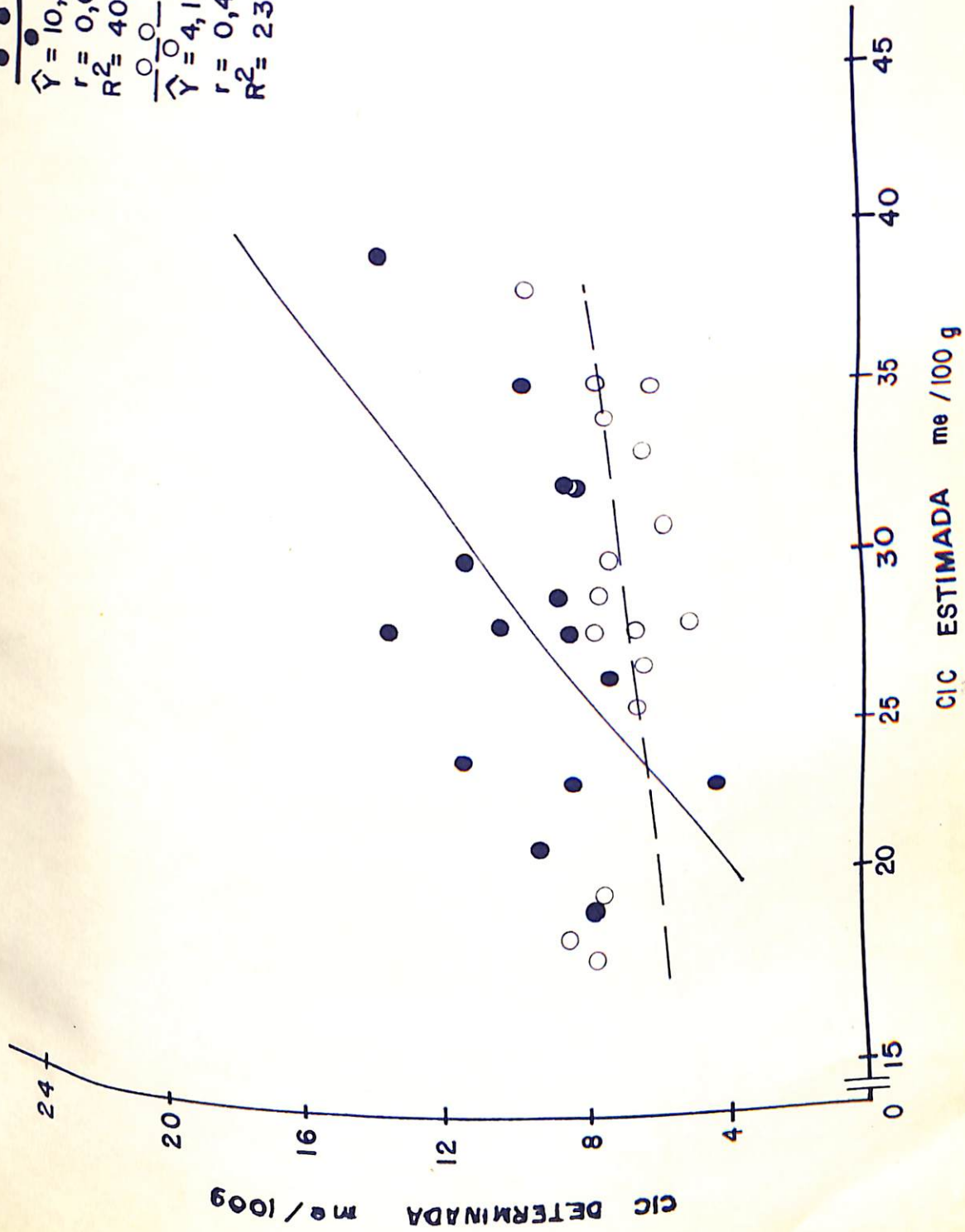


Fig. 4.— Relación entre la CIC determinada por el método del acetato de calcio y CIC estimada de los suelos y subsuelos estudiados.

T 15179  
AN Chaves de los Rios Eduardo  
631.41 Comparación de la capa-  
Ch512 cidad de intercambio cato-  
Ej. 1 lico Determinada por VENCE

AN  
T  
631.41  
Ch512  
Ej. 1

15179

**Universidad de Nariño**  
BIBLIOTECA  
ALBERTO QUIJANO GUERRERO

15 179 -