

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS  
OFICINA GENERAL DE INVESTIGACION

93



*Proyecto de Investigación*

**INFORME TECNICO FINAL**

**"ACTIVIDAD MINERA Y SUELOS CONTAMINADOS EN EL SECTOR DE Km 100  
LA PAMPA REGION MADRE DE DIOS"**

**PRESENTADO POR:**

**Responsable: Dra. Lastenia Cutipa Chávez**

**Integrantes:**

*Ing. Virne Mego Mego*

*Lic. Jaime Cuse Quispe*

*Ing. Miguel Chávez Pinchi*

**Colaboracion**

*Med. Jesualdo Mamani Condori*

*Javier Galindo Pacherras*

**Asesor:**

*Quim. Janet F. Gonzales Bellido*

**INFORME TECNICO DE PROYECTO DE INVESTIGACION: "ACTIVIDAD MINERA Y SUELOS CONTAMINADOS EN EL SECTOR DE Km 100 LA PAMPA REGION MADRE DE DIOS"**

**TOMA DE MUESTRA DE UN SUELO**

**FUNDAMENTO:**

La toma de una muestra de suelo es muy importante, porque depende de sus resultados.

En vista de la variabilidad de los suelos parece imposible establecer un método completamente satisfactorio para la toma de muestras.

Es obvio que los detalles del procedimiento deben quedar determinados por el propósito con que se toma la muestra. A o AC.

**DATOS:**

Puntos de referencia:

Cafetal: 850

Entrada a la zona 853

Población 854

Numero de muestras (04) en zona de actividad minera

Muestra N° 01: Pto (1) 855

Pto (1) 856

Pto (1) 857

Pto (1) 858

Muestra N° 02: Pto (1) 859

Pto (1) 860

Pto (1) 861

Pto (1) 862

Muestra N° 03: Pto (1) 863

Pto (1) 864

Muestra N° 04: Pto (1) 865

Pto (1) 866

Pto (1) 867

Pto (1) 868

Muestra de referencia (01) en zona bosque natural

Muestra N° 05: Pto (1) 869

Pto (1) 870

Pto (1) 871

Pto (1) 872

**OBSERVACIONES:**

El mapa se ha de incluir en el informe final

La muestra N° 03 solo se tomó dos puntos debido a que se encontraba cerca al suelo que se hizo actividad minera una masa de agua estancada

**DETERMINACION DE HUMEDAD DE UN SUELO**

La humedad del suelo se determinara por el método clásico gravimétrico. Determinando la humedad por evaporación del agua contenida, en una estufa a 105 ° C expresando los resultados en forma de porcentajes, respecto al peso del suelo desecado.

**CALCULOS:**

Datos:

P peso de muestra antes de secar.

p Peso de muestra luego de secar.

$$\% \text{ humedad} = \frac{P - p}{p} \times 100$$

Valores encontrados de las muestras:

MUESTRA	% HUMEDAD (luna de reloj)	% HUMEDAD (Crisol)	% HUMEDAD PROMEDIO
Muestra N° 01	7.55	7.38	<b>7.47</b>
Muestra N° 02	6.87	7.08	<b>6.98</b>
Muestra N° 03	28.52	27.31	<b>27.92</b>
Muestra N° 04	7.525	7.478	<b>7.50</b>
Muestra N° 05	25.558	28.539	<b>27.05</b>

FUENTE: Elaboración propia

**RESULTADOS**

La muestra N° 03 de entre la N°01, N° 02 y N°04 se extrajo de un lugar cercano a agua estancada por lo que es razonable dicha humedad de 27.92 %

Sin embargo la muestra N°05 es el suelo de comparación porque el lugar donde se extrajo es un suelo de bosque primario con árboles forestales.

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE LOS SUELOS**

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE.**

**FUNDAMENTO.-** También se denomina de volumen es la relación entre el peso de un determinado volumen de suelo seco y el volumen total que ocupa.

**CALCULOS.-**

Peso de la probeta:

Peso de la probeta más muestra:

Peso de la muestra:

Volumen:

$$Da = \frac{P \text{ (peso del suelo en g)}}{V \text{ (volumen que ocupa en ml.)}}$$

Valores encontrados

MUESTRA	Densidad aparente	Densidad aparente	Densidad aparente	Densidad aparente promedio
Muestra N° 01	1.449 g/ml	1.437 g/ml	1.454 g/ml	<b>1.447 g/ml</b>
Muestra N° 02	1.396 g/ml	1.415 g/ml	1.409 g/ml	<b>1.407 g/ml</b>
Muestra N° 03	2.004 g/ml	1.748 g/ml	1.791 g/ml	<b>1.848 g/ml</b>
Muestra N° 04	1.338/ml	1.341 g/ml	1.358 g/ml	<b>1.346 g/ml</b>
Muestra N° 05	1.119 g/ml	1.143 g/ml	1.133 g/ml	<b>1.132 g/ml</b>

FUENTE: Elaboración propia

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD REAL O PESO ESPECÍFICO.**

**FUNDAMENTO.-** El peso específico o densidad real, es la relación entre el peso de la parte sólida del suelo y el volumen real que ocupan las partículas.

**CALCULOS:**

$P_t$  = Peso total.

$P_p$  = Peso de la fiola.

$P_m$  = Peso de la muestra.

$P_a$  = Peso del agua.

$$P_p + P_m + P_a + = P_t$$

$$P_a = P_t - (P_p + P_m)$$

$V_p$  = Lleno de tierra y agua.

$$V_r = V_p - P_a$$

$$D_r = \frac{P_m}{V_r}$$

**CALCULO DEL VOLUMEN REAL DEL SUELO**

Se refiere al espacio o volumen que ocupan las partículas sólidas.

Para el calculo consideraremos un volumen de suelo de 100 ml (partículas sólidas mas espacios vacíos y poros) y calculamos su peso.

Sabemos:

$$P = \text{Volumen} \times \text{Densidad.}$$

$$P = 100 \times D_a \dots\dots(1)$$

Por otro lado:

$$D_r = \frac{P}{V_r}$$

$$V_r = \frac{P}{D_r} \dots\dots\dots(2)$$

Sustituyendo (1) en (2) se tiene:

$$\% \text{ Porosidad} = 100 - \frac{100 \times D_a}{D_r}$$

**RESULTADOS**

MUESTRA	PESO FIOLA VACIO	PESO FIOLA VACIO Y SUELO	PESO SUELO	PESO FIOLA SUELO Y AGUA	PESO AGUA	VOLUMEN DE SUELO	DENSIDAD REAL
Nº01	37,3	115,4	78,1	131,4	16	34	2,2971
Nº01	13,3986	28,9222	15,5236	32,445	3,5228	6,4772	2,3967
Nº02	37,7	115,7	78	131,1	15,4	34,6	2,2543
Nº03	37,2	105,3	68,1	121,8	16,5	33,5	2,0328
Nº04	35,6	104,2	68,6	124,9	20,7	29,3	2,3413
Nº05	37,2	85,9	48,7	111,8	25,9	24,1	2,0207

FUENTE: Elaboración propia

**CALCULO DE LA POROSIDAD DE UN SUELO.-**

**FUNDAMENTO.-** Espacio poroso es el volumen del suelo ocupado por el aire y el agua. La proporción del espacio poroso de un suelo está determinado principalmente por su estructura, osea por las influencias de las interrelaciones de la textura, la compactación y agregación. El porcentaje de espacio poroso en un suelo puede ser calculado a partir de la densidad aparente y la real, de las partículas si ambas están expresadas en las mismas unidades, Si consideramos 100 cc de suelo tendremos:

$$\% \text{Porosidad} = 100 - \text{volumen real.}$$

$$\% \text{ Porosidad} = 100 - \frac{100 \times D_a}{D_r}$$

MUESTRA	DENSIDAD APARENTE g/ml	DENSIDAD REAL g/ml	% POROSIDAD
Nº01	1,447	2,2971	37,006
Nº01	1,447	2,3967	39,624
Nº02	1,407	2,2543	37,587
Nº03	1,848	2,0328	9,093
Nº04	1,346	2,3413	42,510
Nº05	1,132	2,0207	43,981

FUENTE: Elaboración propia

**DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE ACTIVIDAD.-**

**Higroscopicidad**

La higroscopicidad es la capacidad de los materiales para absorber la humedad atmosférica.

**FUNDAMENTO.-** Determinación del % de agua que permanece en el suelo, que previamente ha sido secado al medio ambiente (es el agua no utilizable).

**CALCULOS.-**

$$\begin{aligned} \text{Coef. De higroscopicidad \%} &= \frac{\text{Higroscopicidad}}{\text{P.M.}} \times 100 \\ &= \frac{P_2 - P_1}{\text{P.M.}} \times 100 \end{aligned}$$

88

MUESTRA	CRISOL VACIO	PESO SUELO	CRISOL SUELO 8Hr A 118°C	SUELO POR 48Hr EN DESECADOR (A)	SUELO POR 48Hr EN DESECADOR(B)	% HIGROS COPICIDAD (A)	% HIGROS COPICIDAD (B)
Nº01	33,7553	10,0087	43,7478	43,7599	43,7578	0,1209	0,099
Nº02	32,3571	10,0262	42,3648	42,3761	42,3722	0,1127	0,073
Nº03	33,0365	10,015	42,541	42,5612	42,5569	0,2017	0,158
Nº04	36,2204	10,0007	46,2027	46,2123	46,2095	0,0960	0,068
Nº05	36,7325	10,006	45,2837	45,3787	45,3669	0,9494	0,831

FUENTE: Elaboración propia

### DETERMINACION DE LA TEXTURA DE LOS SUELOS

**FUNDAMENTO.-** En el análisis mecánico de suelos, el primer objetivo es la determinación de la textura de los mismos, es decir la distribución por tamaño de las partículas aisladas que forman. Para lo cual se utilizará el método del densímetro del tipo Bouyoucos, la densidad de una suspensión depende de la cantidad de materia suspendida, por lo que siguiendo la evolución de dicha densidad con el tiempo de sedimentación puede determinarse la distribución de los tamaños de partículas.

### CALCULOS.-

**Datos:**

C = Medida del densímetro, a los 40 segundos. 24

C' = Medida del densímetro, a las 2 horas. 16.5

T = Temperatura en 40 seg. 16°C

T' = Temperatura en 2 horas. 16.5°C

$$\% \text{ (limo más arcilla) : } X = \frac{C + (T - 20) 0.36}{50} \times 100$$

$$\% \text{ arcilla } Y = \frac{C' + (T' - 20) 0.36}{50} \times 100$$

X - Y = Porcentaje de limo.

100 - X = Porcentaje de arena.

0.36 = Factor de corrección por grado de diferencia de temperatura.

Se supone que el constante del densímetro es de 20°C.

Con los respectivos porcentajes de las fracciones arena, limo y arcilla empleando el triángulo de texturas determinar la clase textural del suelo, la misma que estará dada por el área en el cual se interceptan las 3 líneas.

### RESULTADOS:

Nº MUESTRA	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	TEXTURA
1	7.58	0.67	91.6	
2	16.12	2.16	83.88	
3	18.72	2.4	78.88	
4	16.2	0.24	83.52	
5	18.12	32	50.12	

FUENTE: Elaboración propia

Tamaño de las partículas en mm.	
Arena	: 0.050 - 2.00
Limo	: 0.002 - 0.05
Arcilla	: <0.002

87

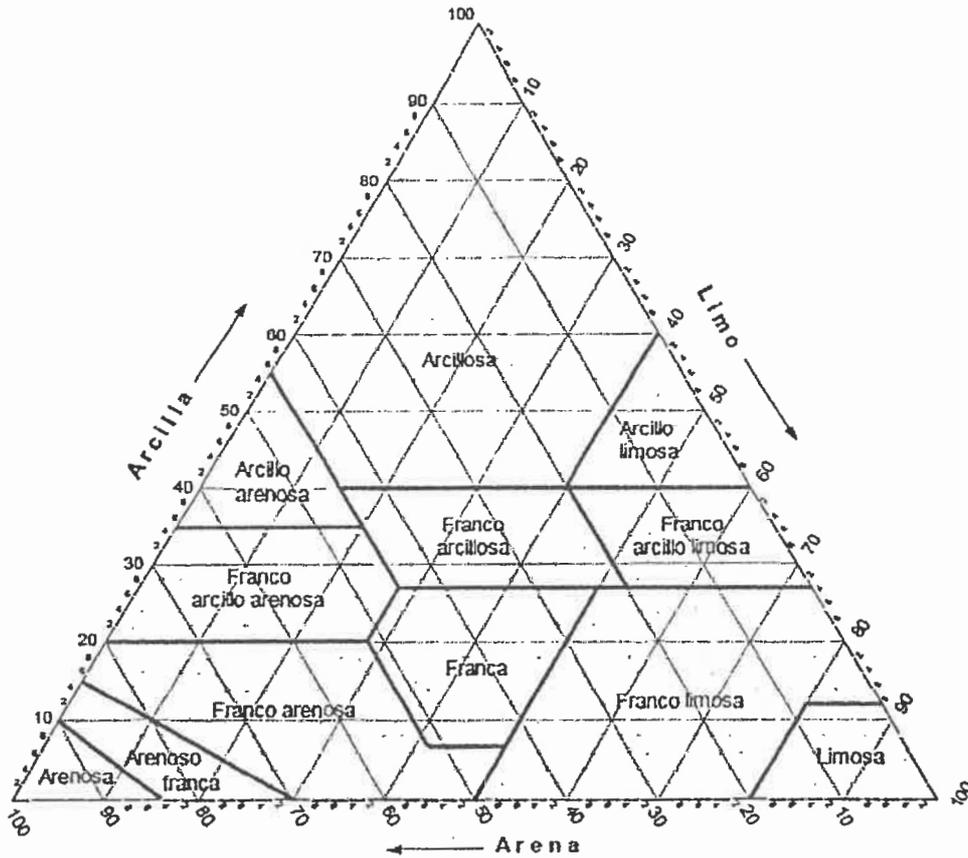


Figura 10.2.1 Triángulo textural (gentileza de Rodrigo Millán A., 2007).

**COMPARACION DE VALORES PROMEDIO.**

Clase de textura	Densidad aparente g/cc	% Porosidad
Arenoso	1.9-1.7	28-33
Franco-arenoso	1.7-1.5	33-42
Franco-limoso	1.5-1.3	42-51
Arcilloso	1.3-1.1	51-59

Según la densidad aparente se encuentra en el rango de la clase de textura franco-arenoso.

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO.**

**DETERMINACION DE HUMEDAD EN EL SUELO METODO DE EMMERT.-**

**FUNDAMENTO.-** Es la medición de la elevación de la temperatura que se produce al añadir H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (c) con el agua que contiene el suelo. Construcción de la Curva de Emmert. Considerando las variables de % de humedad y temperatura en °C

11

86

**RESULTADOS**  
**MUESTRA N° 01**

Nº tubo	peso suelo	agua ml	peso total	% humedad	Temperatura
1	1.0002	0.03	1.0302	2.91	31
2	0.9508	0.05	1.0008	5.00	36
3	0.9006	0.1	1.0006	9.99	46
4	0.8503	0.15	1.0003	15.00	52
5	0.8005	0.2	1.0005	19.99	56.8
6	0.7511	0.25	1.0011	24.97	62
7	0.7006	0.3	1.0006	29.98	69
8	0.65	0.35	1	35.00	70.5
9	0.6009	0.4	1.0009	39.96	80
10	1.001	X	1.001	#¡VALOR!	41

FUENTE: Elaboración propia

Nº tubo	peso suelo	agua ml	peso total	% humedad	Temperatura
1	1.0011	0.03	1.0311	2.91	34
2	0.95	0.05	1	5.00	38
3	0.9	0.1	1	10.00	45.8
4	0.8508	0.15	1.0008	14.99	52.8
5	0.8008	0.2	1.0008	19.98	61
6	0.7508	0.25	1.0008	24.98	65.5
7	0.7	0.3	1	30.00	74.5
8	0.65	0.35	1	35.00	76.5
9	0.6	0.4	1	40.00	75
10	1.0001	X	1.0001	#¡VALOR!	34

FUENTE: Elaboración propia

**MUESTRA N° 02**

Nº tubo	peso suelo	agua ml	peso total	% humedad	Temperatura
1	1.0005	0.03	1.0305	2.91	32
2	0.951	0.05	1.001	5.00	34.8
3	0.908	0.1	1.008	9.92	42
4	0.85	0.15	1	15.00	47
5	0.8	0.2	1	20.00	54
6	0.7505	0.25	1.0005	24.99	58.7
7	0.7009	0.3	1.0009	29.97	61
8	0.65	0.35	1	35.00	66.3
9	0.6	0.4	1	40.00	72.2
10	1	X	1.001	#¡VALOR!	39-42

FUENTE: Elaboración propia

Nº tubo	peso suelo	agua ml	peso total	% humedad	Temperatura
1	1	0.03	1.03	2.91	30.5
2	95.08	0.05	95.13	0.05	32.7
3	0.9	0.1	1	10.00	41
4	8501	0.15	8501.15	0.00	47.5
5	8015	0.2	8015.2	0.00	53
6	0.7502	0.25	1.0002	25.00	57.5
7	0.7	0.3	1	30.00	61
8	0.6509	0.35	1.0009	34.97	65
9	0.6	0.4	1	40.00	69.5
10	1	x	1.001	#¡VALOR!	41

FUENTE: Elaboración propia

### MUESTRA N° 03

Nº tubo	peso suelo	agua ml	peso total	% humedad	Temperatura
1	1	0.045	1.045	4.31	50
2	0.9509	0.07	1.0209	6.86	56.3
3	0.9	0.1	1	10.00	56
4	0.855	0.15	1.005	14.93	63.7
5	0.8	0.2	1	20.00	63.7
6	0.75	0.25	1	25.00	70.5
7	0.7	0.32	1.02	31.37	73.7
8	0.65	0.35	1	35.00	76
9	0.6	0.4	1	40.00	78
10	1.001	x	1.001	#¡VALOR!	41

FUENTE: Elaboración propia

Nº tubo	peso suelo	agua ml	peso total	% humedad	Temperatura
1	1	0.03	1.03	2.91	45.5
2	0.95	0.05	1	5.00	54
3	0.9009	0.1	1.0009	9.99	59
4	0.851	0.15	1.001	14.99	63
5	0.8	0.2	1	20.00	62.5
6	0.75	0.25	1	25.00	67
7	0.7	0.3	1	30.00	70
8	0.65	0.35	1	35.00	73.5
9	0.6	0.4	1	40.00	73
10	1.0001	x	1.0001	#¡VALOR!	57

FUENTE: Elaboración propia

85

## MUESTRA N°04

Nº tubo	peso suelo	agua ml	peso total	% humedad	Temperatura
1	1	0.04	1.04	3.85	30
2	0.95	0.05	1	5.00	34.5
3	0.9	0.1	1	10.00	40
4	0.85	0.15	1	15.00	45.8
5	0.8	0.2	1	20.00	54
6	0.75	0.25	1	25.00	59.8
7	0.7	0.32	1.02	31.37	67
8	0.65	0.35	1	35.00	70.5
9	0.6	0.4	1	40.00	76.8
10	1	x	1.001	#¡VALOR!	35.2

FUENTE: Elaboración propia

Nº tubo	peso suelo	agua ml	peso total	% humedad	Temperatura
1	1.0011	0.03	1.0311	2.91	29.9
2	0.95	0.05	1	5.00	37
3	0.902	0.1	1.002	9.98	40
4	0.8509	0.15	1.0009	14.99	45.9
5	0.8	0.2	1	20.00	53
6	0.75	0.25	1	25.00	62
7	0.7	0.3	1	30.00	66.8
8	0.65	0.35	1	35.00	71
9	0.6	0.4	1	40.00	76
10	1.0001	x	1.0001	#¡VALOR!	32.8

FUENTE: Elaboración propia

## MUESTRA N°05

Nº tubo	peso suelo	agua ml	peso total	% humedad	Temperatura
1	1	0.03	1.03	2.91	49.5
2	0.95	0.05	1	5.00	52.5
3	0.9	0.1	1	10.00	57
4	0.85	0.15	1	15.00	66.2
5	0.8	0.2	1	20.00	71
6	0.7508	0.25	1.0008	24.98	69
7	0.7	0.3	1	30.00	74
8	0.65	0.35	1	35.00	84.3
9	0.6	0.4	1	40.00	77.5
10		x	1.001	#¡VALOR!	53

FUENTE: Elaboración propia

Nº tubo	peso suelo	agua ml	peso total	% humedad	Temperatura
1	1	0.03	1.03	2.91	47.8
2	0.95	0.06	1.01	5.94	55.5
3	0.9	0.1	1	10.00	58.5
4	0.85	0.15	1	15.00	65
5	0.8	0.2	1	20.00	66
6	0.751	0.25	1.001	24.98	75
7	0.7	0.3	1	30.00	78
8	0.65	0.35	1	35.00	84
9	0.6	0.4	1	40.00	78
10	1 X		1.0001	#iVALOR!	59

FUENTE: Elaboración propia

**DETERMINACION DE LA HUMEDAD EQUIVALENTE.-**

**FUNDAMENTO.-** Es el determinante del % de humedad donde no hay intercambio de agua.

**CALCULOS.-**

$$\% \text{ h.e.} = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Nº MUESTRA	PESO BUCHNER VACIO	PESO BUCHNER Y PAPEL FILTRO	PESO BUCHNER FILTRO Y SUELO	PESO SUELO	PESO BUCHNER FILTRO Y SUELO MOJADO	PESO SUELO HUMEDO	% HUMEDAD EQUIVALENTE
C		374.97	425.28	50.31	434.01	59.04	17.35
2	373.75	375.15	435.57	60.42	443.57	68.42	13.24
3		374.88	466.51	91.63	474.6	99.72	8.83
4		374.73	435	60.27	441.5	66.77	10.78
5		374.59	411.7	37.11	417.9	43.31	16.71

FUENTE: Elaboración propia

**DETERMINACION DEL AGUA CAPILAR.-**

**FUNDAMENTO.-** Es la determinación del agua retenida por espacios capilares del suelo (microporosos).

**CALCULOS.-**

$$\% \text{ H}_2\text{O capilar} = \frac{P_3 - P_2}{P_2 - P_1} \times 100$$

N° MUESTRA	PESO TUBO Y GASA	PESO TUBO GASA Y SUELO	PESO SUELO	HORA INICIO	PESO TUBO GASA SUELO Y AGUA	HORA FINAL	PESO AGUA	PESO AGUA EN GASA	% CAPILARIDAD	% CAPILARIDAD
1	37.5	69.4	31.9	12,21	78.3	12,45	8.9	2.4	27.90	20.38
2	27.4	77.2	49.8	12,22	92.3	12,39	15.1	4.4	30.32	21.49
3	47.9	101.9	54	12,23	111.1	1,10	9.2	5.9	17.04	6.11
4	37.5	67.4	29.9	12,25	75.9	12,49	8.5	1.7	28.43	22.74
5	37.7	63.6	25.9	12,26	67.5	12,53	3.9	2.4	15.06	5.79

FUENTE: Elaboración propia

### DETERMINACION DE AGUA GRAVITACIONAL.-

**FUNDAMENTO.-** Determinación del % de agua que se filtra a través del suelo por acción de la fuerza de la gravedad.

### CALCULOS.-

$$\text{Agua gravitacional} = P_4 - (P_3 + P_{\text{vaso}})$$

$$\% \text{ gravitacional} = \frac{\text{Agua gravitacional}}{P_2 - P_1} \times 100$$

N° MUESTRA	PESO TUBO GASA SUELO Y AGUA	HORA INICIO	PESO SUELO	PESO VASO VACIO	PESO TUBO GASA SUELO Y VASO	HORA FINAL	PESO AGUA	PESO AGUA EN GASA	% GRAVITACIONAL	% GRAVITACIONAL
1	78.3	12,45	31.9	122.4	201.2	1,01	0.5	2.4	1.57	7.52
2	92.3	12,39	49.8	123.6	217.8	12,59	1.9	4.4	3.82	8.84
3	111.1	1,10	54	130.9	244.7	1,13	2.7	5.9	5.00	10.93
4	75.9	12,49	29.9	119.3	196.3	1,03	1.1	1.7	3.68	5.69
5	67.5	12,53	25.9	129	203.3	1,04	6.8	2.4	26.25	9.27

FUENTE: Elaboración propia

### DETERMINACION DE pH DE UN SUELO EN EL PUNTO DE SATURACION CON AGUA.

- Se colocan 40 gr. De suelo en un vaso de 100ml.
- Se añaden sin agitar, pequeñas porciones de agua destilada hasta que toda la masa quede completamente humedecida donde la superficie brille ligeramente.
- Luego se agita el suelo con una varilla de vidrio, añadiendo agua para que se forme una pasta suave que apenas fluya para llenar el espacio libre dejado por la varilla.
- Se introduce cuidadosamente que este sumergido sin tocar el fondo del vaso.
- Se gira ligeramente el caso a la izquierda y derecha con el fin de que el electrodo este humedecido y se eliminan las burbujas.
- Se reposa 1 minuto y se lee el pH.
- Se extrae el electrodo cuidadosamente (se efectúa la limpieza correcta).

**DETERMINACION DE CAL O CALIZA ACTIVA.**

La determinación de carbonatos de un suelo es determinado por diferentes métodos

**METODO DE CAMPO.**

**FUNDAMENTO.-** Se hace reaccionar los carbonatos del suelo con HCl.

Violenta efervescencia .	XXXX
Moderada efervescencia .	XXX
Efervesce.	XX
Efervesce no visible, se oye.	X
Efervesce no se ve ni se oye.	O

- Otra observación es por la altura de la espuma que se forma (CO<sub>2</sub>) se ha establecido.

1 cm altura	1-2 de calcáreo.
2 cm altura	3-4 de calcáreo.
Mayor de 2 cm	Mayor de 4% de calcáreo.

**CALCULO:** Solo efervese XX  
 Tiene un cm de altura : 1-2 calcáreo.

**METODO DE LABORATORIO.**

**FUNDAMENTO.-** Determinación de carbonato de un suelo por el método volumétrico (Neutralización).

**CALCULOS:**

$$\text{gr de CaCO}_3 = V_g \times N_{\text{NaOH}} \times \frac{\text{PM}}{2}$$

N° MUESTRA	PESO MUESTRA SUELO (g)	VOL HCl (0.1N) ml	VOLUMEN FILTRADO DE HCl	NORMALIDAD NaOH	VOLUMEN GASTADO DE NaOH	GRAMOS DE CALIZA	% DE CALIZA DE CARBONATO	PROM % DE CALIZA DE CARBONATO
1	5.0083	40	20	0.107	10.3	0.04490	0.89641	0.91
	5.0083	40	10	0.107	5	0.04650	0.92846	
2	5.0862	40	20	0.107	9.8	0.04757	0.93528	0.91
	5.0862	40	10	0.107	5.1	0.04543	0.89320	
3	5.002	40	20	0.1034	10.1	0.04778	0.95528	0.96
	5.002	40	10	0.1034	5	0.04830	0.96561	
4	5.0091	40	20	0.1034	9.2	0.05244	1.04681	0.98
	5.0091	40	10	0.1034	5.2	0.04623	0.92296	
5	5.0001	40	20	0.107	9.25	0.05051	1.01023	0.99
	5.0001	40	10	0.107	4.8	0.04864	0.97278	

FUENTE: Elaboración propia

86

## CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE CATIONES.

### DETERMINACION DE LA CAPACIDAD TOTAL DE CAMBIO CATIONICO C.I.C.

#### METODO DEL ACETATO DE AMONIO.-

**FUNDAMENTO.-** La determinación de C.I.C o canje supone medir la cantidad de cargas negativas por unidad de peso del suelo muestreado.

El amonio  $\text{NH}_4^+$  es el catión que se usa para ser absorbido por intercambio. Luego por destilación de este, reemplazándolo con iones  $\text{Mg}^{2+}$ .

°	PESO MUESTRA	C.I.C
1	10.021	10.5777866
		10.1786249
		10.6775771
2	10.0014	4.9993001
		5.2992581
		5.69920211
3	10.0271	30.8164873
		31.2154062
		31.8137846
		32.1129738
4	10.0321	6.03064164
		6.08048165
		6.47920176
5	10.0639	10.2346009
		10.8307912
		11.4269816
		12.221902

FUENTE: Elaboración propia

#### BASES INTERCAMBIABLES (S).-

- El suelo retenido en el filtro se lava con porciones sucesivas de alcohol para eliminar el  $\text{NH}_4^+$  combinado (prueba la operación con reactivo nessler)
- Se saca el papel filtro con el suelo del embudo para introducir en el balón de kjeldahl (añadir 200 ml de agua destilada y una cucharada de  $\text{MgO}$ ).
- Se coloca 40 ml de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  al 4% de un matraz, se procede a la destilación según el método kjeldahl.
- Cuando se tiene un volumen de 125 ml de destilado se retira el erlen meyer. Se procede a la titulación.
- Correr un control del efecto que produce el  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  con el papel filtro, se resta del total.

#### CALCULOS:

$$\text{C.I.C meq/100gr} = \frac{(\text{VxN})_{\text{HCl}}}{P_{\text{muestra}}} \times 100$$

79

### DETERMINACION DE SALES SOLUBLES.

Del procedimiento anterior en el paso 3 se tiene filtrado en un vaso 250 ml previamente tarado.

- Se somete a evaporación hasta sequedad.
- Pesar el vaso con el residuo.
- Efectuar los cálculos para determinar las sales solubles.

### CALCULOS:

$$\% \text{ sales solubles} = \frac{\text{Peso del residuo}}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

- P<sub>vaso</sub>
- P<sub>vaso+muestra</sub>
- P<sub>muestra</sub>

N°	PESO MUESTRA	PESO VASO VACIO	PESO VASO RESIDUO	PESO RESIDUO	% SALES SOLUBLES	% SALES SOLUBLES INFORME
1	10.021	101.9552	101.9401	-0.0151	0.15068356	0.0618701
		101.9454	101.9468	0.0014	0.01397066	
			101.9516	101.9516	1017.3795	
			101.951	101.951	1017.37352	
		101.9503	101.947375	-0.002925	-0.0291887	
2	10.0014	100.5431	100.5348	-0.0083	0.08282607	0.1369808
		100.5335	100.544	0.0105	0.10477996	
		100.5328	100.5465	0.0137	0.1367129	
			100.5457	100.5457	1003.34997	
		100.536467	100.54275	0.00628333	0.06270166	
3	10.0271	105.8042	105.8245	0.0203	0.20257459	0.3879487
		105.7876	105.8265	0.0389	0.38818481	
				0	0	
				0	0	
		105.7959	105.8255	0.0296	0.2953797	
4	10.0321	108.5429	108.5465	0.0036	0.03592456	0.1086512
			108.5538	108.5538	1083.26315	
				0	0	
				0	0	
		108.5429	108.55015	0.00725	0.07234807	
5	10.0639	108.3784	108.3796	0.0012	0.01197485	0.2931269
		108.3515	108.3766	0.0251	0.250474	
		108.3629	108.3764	0.0135	0.13471709	
			108.381	108.381	1081.53877	
		108.364267	108.3784	0.01413333	0.14103716	

FUENTE: Elaboración propia

78

**DETERMINACION TOTAL DE BASES INTERCAMBIABLES.**

**FUNDAMENTO.-** Estas determinaciones se hacen en el filtrado donde han pasado todos los cationes absorbidos por los coloides del suelo.

Las bases intercambiables están presentes en el filtrado en la determinación de C.I.C como acetatos, se transforma por ignición a óxidos para luego obtener en forma de Cl<sup>-</sup> al añadir HCl. El exceso de ácido que no reacciono se titula con una base de factor conocido.

**CALCULOS :**

$$S_{meq/100gr} = \frac{VN_{HCl} - VN_{NaOH}}{\text{Peso muestra.}} \times 100$$

**CALCULO DEL % SATURACION DE BASES.-**

$$V(\%) = \frac{S}{\text{C.I.C.}} \times 100$$

**DETERMINACION DEL CONTENIDO EN CARBONO Y MATERIA ORGANICA DE LOS SUELOS**

**METODO DE WALKLEY Y BLACK.**

**FUNDAMENTO.-** Consiste en la oxidación de la materia orgánica del suelo por medio del dicromato de potasio, con ayuda del calor producido por acción del ácido sulfúrico concentrado. Valoración del exceso de dicromato que no fue reducido por el carbono orgánico usando sulfato ferroso amónico valorado, para hallar por diferencia la cantidad de dicromato reducido por el carbono orgánico.



**CALCULOS.-**

$$\% \text{ M.O.} = \frac{10 - (V \times N) \times 0.672}{P}$$

Donde:

10 = meq de dicromato de potasio (10 ml x 1N).

V = ml de solución de sulfato ferroso amónico.

N = normalidad de sulfato ferroso amónico.

0.672 factor que deriva:

$$\% \text{ de C reactivo} = \frac{\text{ml de } K_2Cr_2O_7 \text{ red.} \times \text{M.O.} \times 0.003 \times 100}{P}$$

Donde los siguientes factores son condensados obteniéndose:

$$0.003 \times 1.3 \times 1.724 \times 100 = 0.672.$$

**METODO DE PERDIDA POR IGNICION.-**

**FUNDAMENTO.-** Es una forma de evaluar aproximadamente, la materia organica de los suelos y se basa en la perdida de peso por ignición.

**CALCULOS.-**

$$\% \text{ M.O. por ignicion} = \frac{\text{Perdida de peso}}{P_{\text{muestra}}} \times 100$$

68

Es posible obtener el contenido total de nitrógeno:  $M.O. \times 0.05 = N$   
 Perdida por ignición  $\times 0.022 = N$

N° MUESTRA	PESO CRISOL VACIO	PESO CRISOL Y SUELO	PESO SUELO	PESO SUELO A 500°C x8Hr	PESO MATERIA ORGANICA	% MATERIA ORGANICA
1	33.7568	43.7578	10.001	43.7107	0.0471	0.471
2	32.3577	42.3722	10.0145	42.327	0.0452	0.451
3	33.0355	42.5569	9.5214	42.4662	0.0907	0.953
4	36.2203	46.2095	9.9892	46.1646	0.0449	0.449
5	36.7325	45.3668	8.6343	44.911	0.4558	5.279

FUENTE: Elaboración propia

### DETERMINACIONES APROXIMADAS DE N, P, K.

Las cantidades aproximadas de N, P y k elementos nutrientes presentes se pueden determinar por medio de pruebas rápidas que se llevan a cabo en corto tiempo y con cantidades pequeñas de reactivos y por métodos colorimetricos.

**FUNDAMENTO.-** Estas determinaciones están basadas, en su compartimento de cada elemento N, P y K frente a sus reactivos de identificación en los métodos colorimetricos.

### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE NITROGENO DE LOS SUELOS

**FUNDAMENTO.-** El contenido de nitrógeno en los suelos esta estrechamente relacionado con la fertilidad; los cultivos son muy sensibles a las variaciones de la cantidad de nitrógeno disponible.

Su determinación se realiza, generalmente, por el método de Kjeldahl, de conversión de nitrógeno en  $(NH_4)_2SO_4$ , este método se emplea en macro, micro y ultra micro escala.

Es posible obtener una idea general del contenido total de nitrógeno en un suelo a partir del contenido en materia orgánica del mismo, aplicando las siguientes expresiones:

$$M.O. \times 0.05 = N \text{ ó } \text{perdida por ignición} \times 0.022 = N.$$

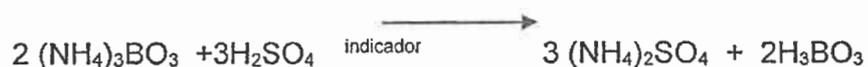
Digestión:



Neutralización y destilación:



Titulación:



**CALCULOS.-**

$$\% N = \frac{14 \times V \times N}{1000 \times P} \times 100$$

V= numero de ml de HCl gastados 0.4 ml.

N= normalidad de HCl 0.159 N.

P= Peso en gr de la muestra 1 gr.

$\%N \times 6.25 = 0.56\%$  de proteínas crudas en los tejidos vegetales.

$\%N \times 20 = 1.78\%$  de materia orgánica del suelo.

$\%N \times 20\ 000 = 1780$  libras de nitrógeno en el suelo por acre.

$\%N \times 17\ 857 = 1\ 589.3$  Kg de nitrógeno en el suelo por hectárea.

### DETERMINACION DE FOSFORO.

**FUNDAMENTO.-** La química del fósforo contenida en los suelos es compleja y provoca reacciones semejantes a otros elementos, especialmente con el arsénico, que esta presente. La determinación de fósforo disponible ha merecido amplia atención hasta que ha sido posible hallar sustancias que en forma controlada y a nivel de laboratorio simulan las condiciones de cómo las plantas extraen y aprovechan este elemento del suelo que lo contiene. Estas sustancias son generalmente sales de ácidos débiles en solución.

El método de Olsen modificado es extensamente usado y emplea como solución extractora  $\text{NaHCO}_3$  0.5M a pH 8.5. Esta solución es capaz de extraer fósforo de los fosfatos cálcicos insolubles, regulando el calcio, por la presencia de iones carbonato.

### DETERMINACIÓN DE POTASIO

**FUNDAMENTO.-** La muestra obtenida mediante el procedimiento de extracción contiene también el potasio y de allí puede determinarse éste elemento.

### RESULTADOS

Nº MUESTRA	NITROGENO %	FOSFORO ppm $\text{P}_2\text{O}_5$	POTASIO ppm $\text{K}_2\text{O}$
01	0.020	0.31	19.20
02	0.011	0.17	12.60
03	0.025	0.39	3.80
04	0.022	0.34	6.20
05	0.036	0.56	59.40

### RESULTADOS DE ANALISIS DE METALES POR MUESTRAS

Muestra 01

El	PPM	+/-	PPM	+/-	PPM	+/-
Fe	5276	43	5277	43	5278	43
K	4715	51	4746	51	4778	51
P	3608	580	2527	560		
Ti	1718	14	1722	14	1726	14
Zr	165	3	164	3	163	4
Mn	42	2	42	2	42	2
Sr	20.7	1	23.4	1.1	26.2	1.2

75

V	18.4	1.4	18.5	1.4	18.5	1.4
Rb	17	0.7	17.1	0.7	17.2	0.7
Cr	9.9	1.8	10.4	1.8	10.9	1.8
Y	8.7	0.8	8	0.8	7.4	0.8
Zn	7.9	1.3	8.4	1.3	8.9	1.3
Cu	7.6	1.9	8.2	2	8.8	2
Nb	5.4	0.9	6.2	0.9	7	1
Pb	4.4	1.1	4.4	1.1	4.4	1
As	3.3	0.9	3.1	0.9	2.9	0.9

El	%	+/-
LE	97.35	0.04
Fe	1.77	0.02
Ti	0.81	0.03
Zr	0.0301	0.0006
Mn	0.02	0.003
Ir	0.0151	0.0008
Os	0.0064	0.0007

Muestra 02

05

Muestra N° 02

El	PPM	+/-																
K	6183	59	6213	59	6243	59	6262	59	6296	59	6228	59	6336	59	6299	59	6373	60
Fe	5976	47	6031	47	6086	48	6207	48	6269	48	6146	48	6106	47	6059	47	6153	47
P	3375	582	2742	572	2108	562	3096	579	3005	577	3187	580	2472	568	2836	573	2109	564
Ti	2401	17	2406	17	2410	17	2719	19	2732	19	2706	19	2794	19	2782	19	2807	19
Zr	255	5	252	5	249	5	293	5	288	5	298	5	293	5	295	5	291	5
Mn	81	3	78	3	75	3	89	3	94	3	83	3	81	3	79	3	83	3
Th	33	10																
V	26.5	1.6	25.8	1.6	25.2	1.6	27.7	1.7	25.3	1.6	30.1	1.7	23.5	1.6	22	1.6	25	1.7
Sr	24.9	1.1	25	1.1	25.1	1.1	23.1	1.1	22.1	1.1	24	1.1	23.8	1.1	25	1.1	22.5	1.1
Rb	18.7	0.8	19.4	0.8	20.1	0.8	20.2	0.8	20.3	0.8	20	0.8	20.3	0.8	20.5	0.8	20	0.8
Cr	15.5	1.9	16.2	1.9	16.9	1.9	24	2	23.6	2	25	2	23.9	2	22.8	2	25	2
Zn	9.5	1.4	11.1	1.4	12.7	1.4	11.8	1.4	11.8	1.4	11.8	1.4	11.6	1.4	10.1	1.4	13.1	1.4
Y	7.9	0.8	7.6	0.8	7.3	0.8	8	0.8	7.1	0.8	9	0.8	8.4	0.9	8.9	0.9	8	0.8
Nb	7.6	1	7.9	1	8.2	1	7.8	1	8.1	1	7.5	1	7.7	1	7.3	1	8.1	1
Cu	6.4	1.9	7.8	2	9	2	6.5	1.9			8.8	2	9.5	2	8.2	2	11	2
As	3.3	0.9											3.2	0.9	3.3	0.9	3.1	0.9
Pb			4.5	1.1	5.9	1.1	6.5	1.1	7	1.1	6.1	1.1	3.4	1	3.5	1	3.3	1
Cl.									92	29								
Pd											14	4						
Rh														1.3	0.3			

74

73

El	%	+/-
LE	97.39	0.04
Fe	1.7	0.02
Ti	0.83	0.03
Mn	0.035	0
Zr	0.025	0
Ir	0.013	0
Os	0.007	0

Muestra N° 03

El	PPM	-/-	PPM	+/-	PPM	+/-
Fe	1.08%	0.01	1.08%	0.01	1.07%	0.01
K	1.06%	0.01	1.07%	0.01	1.09%	0.01
Ti	3282	22	3309	22	3336	22
P	2821	617	2206	605		
Zr	252	5	247	5	242	5
Mn	82	3	83	3	84	3
V	41.1	1.9	40.7	1.9	40.2	1.9
Rb	38.6	1	37.3	1	36	1
			37	11	42	11
Sr	34.7	1.4	33.9	1.4	33	1.3
Cr	24	2	24	2	24	2
Zn	20.5	1.7	18	1.6	15.5	1.6
Y	14.7	1.1	13.9	1	13.1	1
Cu	14	2	12	2	9	2
Nb	12.3	1.2	12.4	1.2	12.5	1.2
Pb	5.1	1.1	5.3	1.1	5.5	1.1
As	5	1	4.7	1	4.3	1
Ni					14	4

El	%	+/-
LE	96.37	0.05
Fe	2.78	0.03
Ti	0.78	0.03
Zr	0.021	0.0005
Mn	0.02	0.003
Cr	0.019	0.004
Ir	0.0126	0.0008
Os	0.0061	0.0008

Muestra N° 04

El	PPM	+/-	El	PPM	+/-														
K	5819	57	K	5838	56	5856	56	5783	57	5697	56	5869	57	5949	58	5993	58	5905	58
Fe	5750	46	Fe	5778	46	5807	46	6396	49	6427	50	6366	49	6481	50	6362	50	6599	51
P	3542	584	P	3538	581	3534	578	3797	593	3879	594	3714	592	4209	605	3953	601	4465	608
Ti	3326	21	Ti	3319	21	3313	21	3948	24	3950	24	3947	24	4045	24	4058	24	4033	24
Zr	589	9	Zr	583	9	578	9	666	11	667	11	665	11	647	10	655	11	640	10
Mn	111	3	Mn	105	3	99	3	121	3	119	3	123	3	121	3	124	3	117	3
V	30.8	1.8	V	30.3	1.8	29.8	1.7	32	1.9	33.5	1.9	30.5	1.9	35.9	1.9	38.4	2	33.5	1.9
Sr	26.2	1.2	Sr	26.3	1.2	26.5	1.2	27.6	1.2	27.6	1.2	27.7	1.2	26.2	1.2	26.5	1.2	25.9	1.2
Cr	24.6	2	Cr	26.2	2	27.8	2	17.1	2	15.4	2	18.9	2	24	2	23	2	25	2
Rb	24.3	0.8	Rb	24.6	0.8	25	0.8	24	0.8	24.1	0.8	24	0.8	26.1	0.9	26.4	0.9	25.8	0.9
Y	14.7	1	Y	13.9	1	13.1	1	13.1	1	13.9	1	12.3	1	14.4	1.1	15.1	1.1	13.6	1
Nb	12	1.1	Nb	12.5	1.1	13	1.2	13.3	1.2	11.4	1.1	15.3	1.2	14.9	1.2	15.1	1.2	14.7	1.2
Zn	11.7	1.5	Zn	11.4	1.4	11	1.4	13.3	1.5	13.6	1.5	13	1.5	11.4	1.5	9.6	1.4	13.1	1.5
Cu	10	2	Cu	9	2	7.9	2	12	2	13	2	11	2	13	2	15	2	10	2
Pb	6.8	1.1	Pb	5.8	1.1	4.8	1.1	5.3	1.1	5	1.1	5.7	1.1	4.9	1.1	4.8	1.1	5.1	1.1
As										3.1	0.9					3.2	0.9		
Ni										13	4								
Th																37	12		

22

71

Li	37.12	0.04
Fe	1.63	0.02
Ti	1.03	0.03
Zr	0.0578	0
Mn	0.029	0
Ir	0.0116	0
Os	0.0062	0

Muestra N°05

El	PPM	+/-	PPM	+/-	PPM	+/-
Fe	2.00%	0.01	1.99%	0.01	1.98%	0.01
K	8379	79	8286	78	8193	78
Ti	6434	38	6424	37	6414	37
P	2842	682	2485	676	2128	670
Zr	555	10	555	10	555	10
V	62	3	63	3	64	3
Rb	60.5	1.2	61.6	1.2	62.8	1.2
Sr	54.1	1.8	54.4	1.8	54.8	1.8
			45	13	54	13
Mn	39	3	38	3	36	3
Y	32.5	1.5	32.7	1.5	32.9	1.6
Cr	32	3	34	3	35	3
Nb	29.9	1.6	31.7	1.6	33.6	1.7
Zn	18.8	1.7	17.1	1.7	15.5	1.6
Pb	11.8	1.4	12	1.4	12.2	1.4
Cu	9	2	11	2	12	2
As	7.5	1.2	7.6	1.2	7.6	1.2

El	%	+/-
LE	93.31	0.08
Fe	5.1	0.06
Ti	1.46	0.04
Zr	0.077	0.001
Cr	0.021	0.005
Mn	0.017	0.003
Os	0.009	0.001
Ir	0.009	0.001