

**Autores: Figueroa Guillermo, Romero
Camila, Cuellar Gastón**

Título: potencial agrícola de El Manantial.

Director: Roque Montenegro

Resumen: el objetivo del trabajo de investigación llevado a cabo tiene como objetivo determinar la aptitud agrícola del suelo de la zona, para ello se realizó una calicata para observar el perfil del suelo y ensayos de infiltración usando el infiltrometro de doble anillos.

Calicata.

La calicata es una excavación que se hace en el suelo, de medidas variables, cuya profundidad permite apreciar claramente el perfil del suelo donde crecen las raíces del cultivo.

Textura.

Si se toma una porción de suelo con una pala, puede distinguirse una parte sólida, constituida por una fracción mineral, otra orgánica y poros de variados tamaños.

La fracción mineral presenta partículas de diversos tamaños, estas partículas reciben el nombre de:

- Arena: la fracción de mayor tamaño.
- Limo: la fracción de tamaño intermedio.
- Arcilla: la fracción de menor tamaño.

En nuestra calicata se determinó que todos los horizontes presentaron un alto contenido de arcillas y limo. Para llegar a esta conclusión, se tomó una porción de suelo de cada horizonte, se los humedeció, se formó unas bolillas con las mismas, puesto que quedaron armadas y no se rompían fácilmente, se llegó a la conclusión de que tenía un alto contenido de arcilla, de haber abundado las partículas de arena, las bolillas no se podrían haber armado o se tendrían que haber desarmado con facilidad. Una vez que se secó el barro en nuestras manos, quedo la sensación de talco, esto es evidencia de que además de arcilla, los horizontes contenían también limo.

Estructura.

Un agregado puede definirse como un agrupamiento natural de las partículas primarias para formar unidades secundarias de mayor tamaño, en los que la fuerza de atracción entre ellas es superior a las del medio que las rodea.

La estructura es la relación entre tamaño, forma y disposición de los poros o espacios que quedan entre las partículas y agregados. El sistema poroso del suelo incluye los poros dentro de los agregados, como así también el espacio poroso continuo entre agregados. El tamaño y continuidad de los poros son importantes para el movimiento y la retención de agua. Los poros grandes transportan el agua, los medianos retienen agua disponible para las plantas y los poros pequeños retienen agua no disponible para las plantas.

La estructura es una de las propiedades que puede alterarse fácilmente debido a las labores agrícola-ganaderas. Los suelos bien estructurados ofrecen óptimas condiciones para la penetración, crecimiento y anclaje de las raíces, permite un buen drenaje y presentan a la vez buena capacidad de retención hídrica.

Niveles de organización estructural.

La agregación se describe de acuerdo al tipo, clase y grado de desarrollo.

Tipo: se refiere a la forma que presentan los agregados, lo que permite clasificarlos en los siguientes tipos:

Laminar, dos de sus dimensiones predominan netamente sobre la tercera. Los agregados se ordenan en láminas relativamente horizontales.

Columnar, similar al laminar pero con sus bordes y cabezas redondeadas.

Prismática, cuando una de las dimensiones es netamente mayor que las dos restantes. Es típica de horizontes enriquecidos con arcillas.

Bloques angulares, sus tres ejes son sensiblemente iguales, con bordes rectos y caras rectangulares.

Bloques subangulares, similar al anterior, pero con aristas agudas y caras curvas.

Granular, tiene forma de esferas imperfectas. Es la estructura superficial más favorable, siendo muy afectada por las prácticas de manejo. Típica de medios biológicamente activos, ricos en bases y con materia orgánica.

Migajosa, similar a la anterior, pero con agregados de forma irregular, presentan superficie rugosa formando una masa porosa suelta. Típica de horizontes superficiales de pastizales.

Clase: teniendo en cuenta el tamaño, los agregados se clasifican en las siguientes clases:

- Muy fina
- Fina
- Media
- Gruesa
- Muy gruesa

Grado de desarrollo: se refiere a la presencia y resistencia del agregado. El grado se clasifica de la siguiente manera:

Sin grado de desarrollo:

- Grano simple: no se forman agregados, se presentan como granos sueltos con ausencia de elementos finos. Típica de horizontes arenosos u horizontes muy lixiviados.
- Masiva: no se observan agregados, ni espacios porosos. El suelo se presenta como un bloque carente de fisuras naturales. Típico de horizontes inferiores.

Con grado de desarrollo:

- Débil: agregados pobremente formados, la mayor parte se deshace cuando se los extrae del perfil.
- Moderado: agregados bien formados, moderadamente durables, que rompen en muchos agregados enteros y algunos rotos.
- Fuerte: agregados bien formados durables, que rompen casi completamente en agregados enteros.

Descripción de nuestra calicata.

En condiciones naturales los suelos correctamente desarrollados presentan tres horizontes principales denominados con letras A, B y C.

El horizonte A es el más importante desde el punto de vista productivo ya que en este se alcanza el máximo desarrollo de actividad biológica (presencia de microorganismos y pequeños animales), es el que presenta el contenido más elevado en el perfil de materia orgánica, elemento altamente responsable del potencial productivo de un suelo. Para nuestro perfil de suelo, podemos decir que el horizonte A mide de 0 a 17cm, presenta una

textura arcillo-limosa, con bloques subangulares, con grado de desarrollo débil, es decir, la mayor parte se deshace cuando se los extrae del perfil.

El horizonte B es una capa de acumulación generalmente enriquecida de arcillas y sales provenientes de infiltración de agua en el perfil, característica muy relevante para definir el potencial productivo de un suelo. Para nuestro perfil, se trata de un horizonte B con mucha arcilla, es decir, un horizonte B textural, con bloques subangulares, con grado de desarrollo fuerte, es decir, agregados bien formados durables, que rompen casi por completo en agregados enteros, con presencia de carbonatos. Este es un horizonte limitante tanto para la infiltración del agua como para el crecimiento de las raíces.

Infiltrómetro de doble anillos.

Explicación del método

El método consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para a continuación medir la variación del nivel de agua en el cilindro interior. Esta información nos ayudara a decidir cuál es el tipo de riego óptimo de este suelo, que caudal deben aportar los goteros o qué medidas adoptar para evitar que un determinado cultivo sufra un exceso de agua.

El tiempo que transcurra hasta alcanzarse las condiciones finales de saturación dependerá de la humedad previa, la textura y la estructura del suelo, el espesor del horizonte por el que discurre el agua, y la altura del agua en el anillo interior.

Lógicamente el tiempo de saturación será menor cuanto mayor sea la humedad previa del suelo, mayor sea el tamaño individual de las partículas del suelo (textura), mayor sea la cantidad y estabilidad de los agregados del suelo (estructura), mayor sea el espesor del horizonte del suelo por el que circula el agua y mayor sea la altura de la lámina de agua en el anillo interior.

La tasa o velocidad de infiltración es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie. Normalmente la expresamos en mm/h y su valor máximo coincide con la conductividad hidráulica del suelo.

El anillo exterior tiene como función evitar la infiltración horizontal del agua por debajo del cilindro interior, de tal forma que las medidas se correspondan con seguridad al flujo vertical.

Procedimiento:

Se consideraron los siguientes aspectos.

Elección de la ubicación de los anillos.

Se eligió una zona representativa del lugar, con palmeras y vinales, los cuales son las especies arbóreas más abundantes del lugar, evitando zonas compactadas como los caminos por ejemplo donde la tasa de infiltración hubiera sido mucho menor.

Colocación, llenado de agua y toma de medidas.

Estas tres operaciones se realizaron sin alterar el suelo. Puesto que los factores determinantes de la capacidad de absorción de los suelos son múltiples y fáciles de modificar se actuó siguiendo una serie de normas: Se colocó los anillos sobre la ubicación elegida comprobando que no queden ni piedras ni raíces bajo el filo de ningunos de ellos, ya que los arcos se podrían haber deformado con facilidad. Se aseguró de que el cilindro interior este totalmente centrado en el exterior. Se clavaron los cilindros en el suelo a igual profundidad en todo su perímetro y al mismo tiempo, ya que si los anillos hubieran quedado ladeados podrían haber sufrido fugas de agua, tanto el anillos exterior como el interior quedaron a 10 cm de profundidad, de este modo se evita en mayor medida el drenaje lateral. Una vez clavado los anillos se comenzó a llenar cuidadosamente con agua ambos anillos, empezando por el exterior. Se tapizo el suelo del anillo interior con un plástico para evitar que el impacto directo del agua sobre el suelo desnudo provoque la desagregación de las partículas y el sellado de los poros. Se realizaron las medidas a intervalos regulares de tiempo, de este modo fue más fácil identificar cuando la tasa de absorción permaneció constante.

Calculo de la conductividad hidráulica (k) con los datos obtenidos.

Para calcular la conductividad hidráulica del suelo en condiciones de saturación a partir de las medidas obtenidas durante la experiencia se elaboró una tabla de resultados. La tabla 1 muestra el ensayo a campo.

La ecuación que permite determinar la infiltración acumulada (I_{acum}) está dada por Kostiakov (1932) y mejorada por Philips (1957) y puede indicarse mediante la siguiente expresión:

$$d = k \cdot t^m$$

dónde:

d= infiltración acumulada en el tiempo t(mm)

k = constante que depende de la estructura inicial del suelo (en seco). Es la lámina que se infiltra en el primer instante mayor que cero (mm)

m = constante que depende de la estabilidad de la estructura del suelo frente al agua, $0 < m < 1$

Para obtener los valores k y m se hace lo siguiente:

$\log d = \log k + m \cdot \log t$ ecuación que responde a la línea recta $y = b + a \cdot x$, donde:

$\log d = y$ = variable dependiente

$\log k = b$ = ordenada al origen (constante del suelo)

$m = a$ = pendiente de la recta

$\log t = x$ = variable independiente.

Procesando la información se obtuvo la tabla 2.

La ecuación quedó de la siguiente manera:

$$d = 6,45 \cdot t^{0,67} =$$

Esa es la lámina acumulada en un tiempo t para el suelo que estamos estudiando. De esta forma podremos predecir cualquier lámina acumulada en base a un tiempo de riego.

Otros parámetros importantes de infiltración:

Infiltración promedio.

Responde a la fórmula $I_p = d/t$

Si hacemos $m - 1 = -n$ y reemplazamos quedará: $I_p = k \cdot t^{-n}$ en mm/min, para expresar en mm/h la fórmula será: $I_p = 6,45 \cdot 60 \cdot t^{-0,33}$ en mm/h.

Por ejemplo, la infiltración promedio expresada en mm/h a las dos horas de haber iniciado el riego, en el suelo que estamos analizando será de:

$$I_p = 6,45 \times 60 \times 120^{-0,33}$$

$$I_p = 79 \text{ mm/h}$$

Infiltración instantánea (I)

La infiltración instantánea (I) no tiene aplicación inmediata, solo sirve para determinar la infiltración básica.

La ecuación de la I es la siguiente:

$$I = k \cdot t^{-n}$$

donde:

I = infiltración instantánea en un tiempo t (mm/h)

$$k = k \cdot m \cdot 60$$

$$-n = m - 1$$

Siguiendo con los valores de k= y m= 0,67

$$k = 6,45 \times 0,67 \times 60 = 259$$

$$-n = 0,67 - 1 = -0,33$$

$$I = 259 \cdot t^{-0,33}$$

Infiltración básica

La velocidad de infiltración tiende a hacerse constante. A esa velocidad se la llama "Infiltración básica" (Ib), o sea que el pasaje del agua en el suelo entra en régimen. Esto es importante para algunos métodos de riego como por ejemplo, riego por goteo, por microaspersión o por aspersión, los cuales se caracterizan por largos tiempos de riego.

El cálculo de la Ib puede realizarse en forma analítica aplicando la fórmula:

$Ib = k \cdot (n \cdot k / 0,1)^{-n/n+1}$ para el suelo que estamos analizando sería:

$$Ib = 259(0,33 \times 259 / 0,1)^{-0,33/0,33+1}$$

$$Ib = 259(854)^{-0,25}$$

$$Ib = 259 \times 0,18$$

$$Ib = 47 \text{ mm/h}$$

Tablas y datos de cálculos.

Tabla 1

Lectura N°	Tiempo Parcial	Tiempo acumulado	Lectura	Enrase	Laminas parciales	Laminas acumuladas
Hora	Minutos	minutos	Cm	cm	mm	mm
14:20	0	0	--	15	0	0
14:30	10	10	14,0		10	10
14:40	10	20	13,3		7	17
14:50	10	30	12,9	15	4	21
15:05	15	45	13,9		11	32
15:20	15	60	13,3		6	38
15:35	15	75	13,0		3	41
15:55	15	90	12,8	15	2	43
16:20	25	115	14		10	53
16:45	25	140	13,2		8	61
17:10	25	165	12,5		7	68

Tabla 2

N°	Tiempo (min)	d prom. (mm)	ln t	ln d	ln t. ln d	(ln t) ²
1	10	10	2,30	2,30	5,29	5,29
2	20	17	2,99	2,83	8,46	8,94
3	30	21	3,40	3,04	10,33	11,56
4	45	32	3,80	3,46	13,14	14,44
5	60	38	4,09	3,63	14,84	16,72
6	75	41	4,31	3,71	15,99	18,57
7	90	43	4,49	3,76	16,88	20,16
8	115	53	4,74	3,97	18,81	22,46
9	140	61	4,94	4,11	20,30	24,40
10	165	68	5,10	4,21	21,47	26,01
		suma	40,16	35,02	145,51	168,55

Resolviendo por mínimos cuadrados se obtuvo:

$$m = [\sum(\log t \cdot \log d)/n - \sum \log t/n \cdot \sum \log d/n] / [\sum(\log t)^2/n - (\sum \log t/n)^2]$$

$$m = [(145,51)/10 - 40,16/10 \times 35,02/10] / [(168,55)/10 - (40,16/10)^2]$$

$$m = (14,55 - 14,06) / (16,85 - 16,12)$$

$$m = 0,49 / 0,73$$

$$m = 0,67$$

$$\log k = \log d/n - m \cdot \log t/n$$

$$\log k = 35,02/10 - 0,67 \times 40,16/10$$

$$\log k = 3,50 - 2,69$$

$$\log k = 0,81$$

$$k = 6,45$$

$$d = 6,45 \cdot t^{0,67} =$$

Conclusión final.

En base a los estudios podemos concluir que se trata de un suelo con muy poco potencial para la agricultura, ya que presenta un horizonte A muy frágil de perder su estructura y además un horizonte B que limita tanto a la infiltración del agua como así también al desarrollo de las raíces del cultivo. El desafío de ahora en más será el buscarle una solución a esta limitante o bien evaluar el potencial para realizar una ganadería de cría con implantación de pasturas.