



# Guía para la determinación de calidad de suelos en montes frutales

Rosa de Lima Holzmann

**INTA** // Ediciones

*Colección*  
**DIVULGACIÓN**



## Guía para la determinación de calidad de suelos en montes frutales

Publicado en

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
Centro Regional Patagonia Norte

Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle

Ruta Nacional 22, km 1190, Allen, Río Negro, Argentina.

Casilla de Correo 782 (8332) General Roca, Río Negro, Argentina.

Tel. +54-298-4439000

www.inta.gob.ar/altovalle

Autor

Rosa de Lima Holzmann - [bolzmann.rosa@inta.gob.ar](mailto:bolzmann.rosa@inta.gob.ar)

Edición & Diseño

Sección Comunicaciones de la EEA Alto Valle del INTA.

1ª Edición, 500 ejemplares.

©2014, Ediciones INTA.

*Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o transformación de esta publicación, en ninguna forma o medio, ni el ejercicio de otras facultades sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes vigentes.*

ISBN 978-987-521-534-4

## El suelo

El suelo es la capa superior de la corteza terrestre que por su contacto con la atmósfera, sufre a lo largo de los tiempos cambios físicos, químicos y biológicos por acción del clima, el relieve y los organismos, conformando una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos de gran actividad biológica que, junto con el agua, son arraigo y sustento de la vida en la tierra. Estos son procesos muy lentos, sin embargo se ven acelerados y magnificados por la actividad del hombre ligada a la agricultura.

El suelo es dinámico, es un cuerpo natural que desempeña múltiples funciones en los ecosistemas terrestres, si bien, en la actualidad se identifican tres de especial importancia:

- ser soporte para las plantas y la producción biológica;
- actuar como regulador o filtro para atenuar o mitigar contaminantes ambientales y patógenos y
- constituirse en un promotor de la salud de plantas, animales e indirectamente de la salud humana.

A nivel mundial, se ha reconocido la importancia de categorizar a los suelos tanto por sus características

*“El momento histórico que vivimos nos plantea un gran desafío: producir alimentos de calidad sin perjudicar el recurso que lo genera”*

específicas como por el uso que de éstos se hace, en especial cuando se trata de suelos con propósitos productivos y en vista de que la degradación y pérdida de tierras agrícolas por mal uso han llevado a la erosión, sobrepastoreo, deforestación, salinización, contaminación o desertificación. Estos problemas son motivo de gran preocupación ya que se ha reducido la cantidad de suelo productivo y es creciente la necesidad de alimentos. Con la atención y acciones debidas, hoy estamos a tiempo de reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles y fomentar políticas apropiadas que permitan detener estas tendencias negativas.

Existen distintas clasificaciones de los suelos (taxonómica, por capacidad de uso, de acuerdo a su aptitud para ser regados, incluso otras que son propias de algunos países, etc.), pero la realidad de estos últimos 20 años indica que se están evaluando los mismos a través del uso de parámetros indicadores de sustentabilidad, los cuales enfatizan características inherentes al suelo presentes en los primeros 20 cm y describen el estado de un suelo específico resultante de su uso y manejo a través del tiempo.



## La sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad de un sistema agrícola está asociado al manejo que realiza el productor, que es quien tiene y decide por el uso del suelo. Cada sitio se encuentra inmerso en una situación agroclimática que genera modificaciones, pero son escasas las acciones que se pueden realizar para modificarla. Sin embargo, el manejo y sus consecuencias son responsabilidad directa de quien trabaja el suelo. Así, las condiciones agro-edafo-climáticas sumado a errores de manejo, pueden agravar el daño.

Un manejo será sostenible si es capaz de mantener la estabilidad de la producción, adaptando el cultivo al ambiente y a su vez protegiendo, conservando y/o mejorando el recurso natural en su dimensión biótica y abiótica y contribuyendo a su vez al orden social. Es decir que un manejo será sostenible si se mejora o al menos permanece constante el estado del recurso, en este caso, el suelo.

## Calidad del suelo

En forma general calidad de suelo es la “capacidad de funcionar de un tipo específico de suelo” y se evalúa midiendo un grupo de propiedades que estiman su capacidad para realizar funciones básicas (Por ej.: mantener la productividad, almacenar y reciclar nutrientes, filtrar y tamponar contaminantes, regular el flujo de agua, etc.).

Por otra parte, agronómicamente, calidad de suelos fue definida como la “capacidad o aptitud de un suelo para soportar el crecimiento de un cultivo sin resultar en la degradación del mismo o en daño al ambiente”, por lo tanto es la ciencia agrícola la que desarrolla, se interesa y usa más frecuentemente el conocimiento de los atributos del suelo como indicadores para modelos de su calidad.

Tres funciones diferentes y asociadas con una buena calidad de suelos para la agricultura incluyen:

- servir de sustento para el crecimiento de las plantas,
- regular y particionar el flujo de agua a través del medio ambiente,
- servir como un filtro ambiental.

Para realizar estas funciones un suelo de alta calidad recibe, almacena y libera nutrientes y agua, promueve y sostiene el crecimiento de raíces, mantiene adecuado el hábitat para la vida en el suelo, responde al manejo y resiste la degradación.

## Cómo medir la calidad de los suelos

Los *indicadores* de calidad de suelo son atributos o propiedades cuantificables, fáciles de analizar e interpretar, que representan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Son utilizados como instrumento de control para evaluar sustentabilidad

en agricultura con el fin de que reflejen, midan y adviertan cambios en los procesos, proveyendo resultados inmediatos para comparar sistemas de manejo, monitorear la calidad del suelo a lo largo del tiempo y para diagnosticar posibles problemas debidos al uso y manejo de las tierras.

Idealmente deben ser:

- fáciles de medir, especialmente pensando que se trata de trabajos a campo y que las herramientas no deben complicar el proceso de toma de muestras *in situ*;
- limitados en número;
- sensibles a los cambios que generan las distintas prácticas de manejo a lo largo del tiempo;
- reproducibles, es decir que deben poder ser aplicados por cualquier persona, en distintos momentos, de la misma manera;
- comprensibles: amigables al entendimiento de todos aquellos que intervienen en el proceso que se estudia (investigadores, productores, etc.);
- extrapolables a otras situaciones comparables;
- de bajo costo;
- útiles para la gestión de suelos.

Para obtener entonces una comprensión de los suelos evaluados es necesario un conjunto mínimo de indicadores. Cada conjunto de datos mínimos se va a adaptar a una determinada región o unidad en el mapa de suelos y sólo incluye y responde a las propiedades pertinentes a esos tipos de suelos, su sistema agrícola, y usos de esa tierra.

## Fruticultura bajo riego

Las provincias de Río Negro y Neuquén cuentan con áreas frutícolas sobre grandes valles irrigados: Alto Valle, Valle Medio y Valle del río Colorado.

El riego característico de estas zonas es por manto, y dada la particularidad climática de semiaridez, se suple de esta forma el déficit hídrico en los meses de actividad de estos cultivos, que se produce por la diferencia entre la alta evaporación ambiental y las escasas precipitaciones.

Para la operación de riego es necesario tener en cuenta que suelen darse anchos y largos de melgas sin considerar aspectos de la física del suelo, lo que resulta en altas o bajas dotaciones de agua, excesos en meses de poco consumo y consecuentemente aumento de la capa freática, lavado de nutrientes, de-



Figura 1

gradación de los suelos, compactaciones, pérdida de cultivos en áreas de drenaje impedido, y tendencia progresiva hacia la salinización y/o alcalinización. Además la falta de oxígeno a nivel radical, disminución de la absorción de nutrientes y agua, cambios microbiológicos y consecuentes aumentos de niveles de sustancias tóxicas para la raíces, multiplicación de agentes patógenos, etc.

En el Alto Valle por ejemplo, se ha determinado que para un déficit aproximado de 1.000 mm anuales, se hacen aportes de agua de riego de más de 2.500 mm/año, generando como contrapartida el uso inapropiado de los recursos agua y suelo.

La necesidad y urgencia de las tareas tradicionales para los frutales (pulverizaciones sanitarias, lucha pasiva contra heladas, cosechas, cortes mecánicos de malezas, fertilizaciones, etc.) generan la coincidencia en el tiempo de los riegos y el paso de la maquinaria y los movimientos del suelo. Todo esto produce condiciones propicias para densificación del perfil del suelo, disminución de la velocidad de infiltración y pérdida progresiva de la materia orgánica, lo que atenta contra la perdurabilidad del recurso (Figura 1).

En lo que respecta al manejo, otro aspecto negativo que debemos considerar es la falta de mantenimiento de los sistemas de conducción y drenaje.

La génesis del suelo responde a tiempos geológicos, por ello es necesario reconocer que se trata de un recurso no renovable si hablamos en término de tiempos humanos, y las áreas bajo riego son susceptibles a la degradación física y química en muy cortos plazos si no se adoptan medidas conservacionistas.

## Cómo determinar la calidad de los suelos frutícolas

A través de determinaciones a campo y análisis de suelos sencillos puede valorarse la calidad de los suelos cultivados.

El sitio del cual se vayan a obtener los datos para determinar el estado resultante del suelo a causa del manejo, debe ser elegido en virtud de representar el cuadro o la chacra, y estar alejado de la influencia de cortinas forestales u otro tipo de cultivo (frutales de carozo, pasturas, frutos secos, hortícolas, etc.).

Los momentos para realizar las determinaciones y muestreos deberán ser durante el invierno, antes de realizar las labores de rastreo para protección contra las heladas tardías, y luego de iniciada la temporada de riego.

Los indicadores a evaluar son:

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <i>Características químicas</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Materia Orgánica de 0 – 10 cm (MO 0-10)</li><li>• pH de 0 – 10 cm (pH 0-10)</li><li>• Conductividad Eléctrica de 0 – 10 cm (CE 0-10)</li><li>• Relación de Absorción de Sodio de 0 – 10 cm (RAS 0-10)</li></ul> |
| <i>Características físicas</i>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Densidad Aparente (Dap)</li><li>• Infiltración Básica (Ib)</li><li>• Penetrómetro Fuera de la Huella a 30 cm (PFH 30)</li><li>• Penetrómetro Sobre de la Huella a 30 cm (PSH 30)</li></ul>                      |

De esta lista de indicadores, para medir Materia Orgánica, pH, Conductividad Eléctrica y Relación de Absorción de Sodio, se toman muestras a una profundidad de 0 a 10 centímetros y se envían a laboratorio de suelos. Densidad Aparente e Infiltración Básica, se evalúan a campo en los primeros centímetros y Penetrómetro hasta los 30 centímetros de profundidad fuera y sobre la huella del tractor, también a campo.

Las determinaciones se realizan de la siguiente manera y con los siguientes instrumentos:

- Toma de muestras para MO, CE, pH y RAS hasta los 10 cm

Puede hacerse en forma sencilla con pala hasta los 10 cm de profundidad, haciendo un pozo para tomar sobre una de sus caras, la muestra limpia de material vegetal y del sector central de la “palada” (Figura 2), o bien, puede utilizarse un barreno o calador como muestra la Figura 3.

- Densidad aparente



Figura 2



Figura 3



Figura 4

• **Infiltración**

Se utiliza el método del infiltrómetro de anillo simple de carga constante. Se distribuyen en el interfilas 4 anillos de metal que se clavan en el suelo (Figura 4) sobre los cuales se apoya una base con un agujero central por donde el agua se aplica desde un tubo cilíndrico graduado en mm de lámina de agua a través de un pico vertedor (Figura 5). El tubo graduado carga 53 mm de lámina y entre el pico y el suelo quedan unos 10 mm de carga constante de agua.

A medida que el agua infiltra se toma lectura de las láminas (mm) consumidas con una periodicidad de 5 minutos por un lapso de 1 hora (Tabla 1). Luego se efectúan los cálculos de mm acumulados y velocidad de infiltración (mm/h) y se determina la infiltración básica considerando los valores de la curva desde que comienzan a estabilizarse, tomándose el valor promedio de los mismos. Esto ocurre generalmente a partir de los 20 minutos de comenzada la determinación, por lo que como valor de  $I_b$  se utilizará el promedio de los mm/h desde los 20 minutos hasta finalizada la determinación.

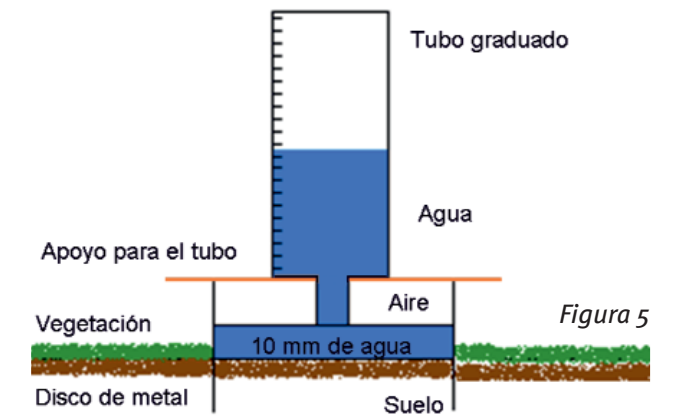


Figura 5

A continuación se ejemplifica la determinación de una infiltración en forma simplificada (un solo infiltrómetro).

Tabla 1: Lectura de los mm infiltrados, acumulados y velocidad de infiltración.

Minutos	Lectura (mm)	mm acum.	velocidad (mm/h)
5	24	14	168,0
10	31	21	84
15	39	29	96
20	46	36	84
25	2 x	45	108
30	9	52	84
35	15	58	72
40	23	66	96
45	29	72	72
50	37	80	96
55	44	87	84
60	51	94	84

Promedio de los mm/h=Ib

En la lectura de los mm de agua infiltrados del ejemplo de la Tabla 1, puede verse que:

- a los 5 minutos, se infiltraron 24 mm,
- a los 10 minutos el nivel del agua en los tubos estaba en 31 mm,
- a los 15 minutos en 39 mm,
- a los 20 minutos en 46 mm y
- a los 25 minutos aparece un valor de 2 mm mas una "x". Esa marca significa que hubo un cambio de tubo es decir, se consumieron el total de 53 mm, se repuso el tubo ya vacío y consumieron 2 mm más al momento de la lectura.

Para completar la tercera columna de la Tabla 1 (mm acumulados), se puede ver que al primer valor se le restan 10 mm, que son los mm de agua que llenan el anillo de hierro en forma constante y se encuentran entre el suelo y el pico del tubo durante toda la determinación (Figura 5). Cuando el agua infiltra genera un espacio de aire que se vuelve a llenar con agua. Luego se calculan por diferencias, los mm que infiltraron durante los 5 minutos transcurridos entre lecturas. La tasa o velocidad de infiltración (mm/h) se calcula por la relación de los mm infiltrados en 5 minutos y llevados a hora:

- En los 5 primeros minutos infiltraron 14 mm por lo tanto en una hora será  $60' \times 14 \text{ mm} / 5' = 168 \text{ mm/h}$ .
- Luego para los 5 minutos siguientes infiltraron (21 - 14) por lo tanto el cálculo será  $60' \times 7 \text{ mm} / 5' = 84 \text{ mm/h}$ ; y así sucesivamente.

De estos cálculos resulta la curva de infiltración (Figura 6).

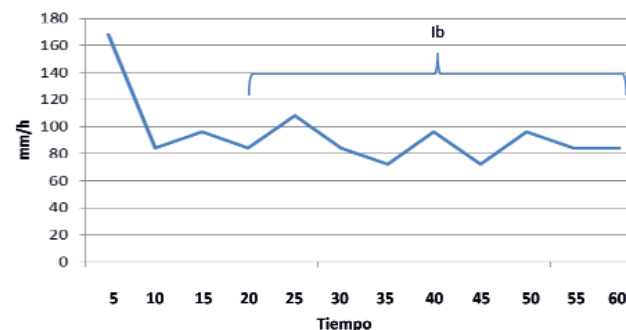


Figura 6. Curva de infiltración, donde Ib es la infiltración básica.

### • Penetrometría

Esta determinación se realiza con un penetrómetro de golpe, recomendado por obtener rápidos y visibles resultados. Este instrumento está hecho en acero de fundición y cuenta con un largo total de 1,4 m; constituido por un cono de 60° sobre su lado inferior, una varilla graduada cada 5 cm y una masa de 2 kg que tiene un recorrido de 0,5 m en la mitad superior del penetrómetro (Figura 7). Al ubicar este sobre el suelo se realiza la determinación alzando la masa hasta el tope superior de su recorrido y dejándola caer libremente. Así, este acto, genera un trabajo de 1 kilogrametro (kgm) que va haciendo avanzar al cono en profundidad. Se contabilizan los golpes que demanda enterrar 5 cm de la barra graduada y luego este valor sencillo del número de golpes se transforma en medidas de presión (megapascales) a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Presión en MPa} = \frac{\text{Nº golpes en 5 cm} \times 10}{36,25}$$

*Las determinaciones de densidad aparente y los muestreos se deberán realizar antes de los movimientos de suelo. Penetrometría e infiltración se realizarán en condiciones de capacidad de campo, una vez realizado el último riego en otoño o iniciada la temporada de riego.*



Figura 7

## De los indicadores a un índice de calidad de suelos

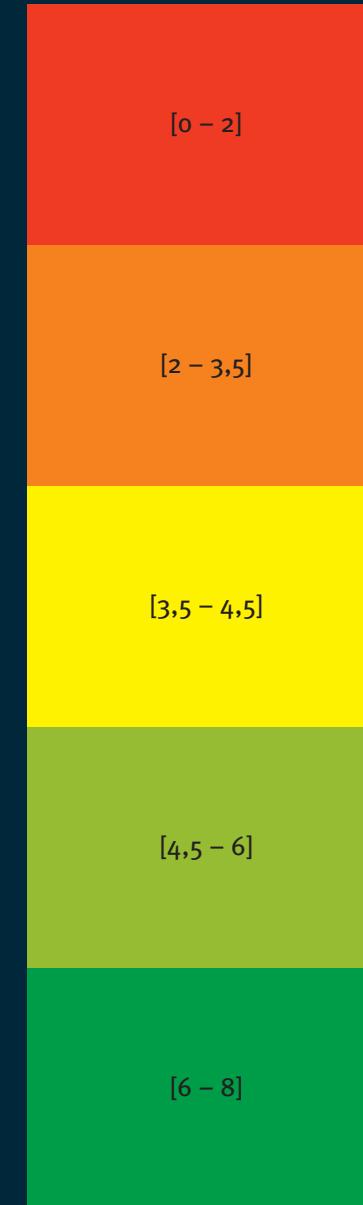
Estas determinaciones por sí solas pueden decir mucho acerca de los efectos que el manejo tiene sobre las condiciones físicas y químicas del suelo. Pero mucho más útil resulta generar de éstos un solo valor que al comparar en el tiempo pueda decir si el manejo es *sostenible*, en caso que el valor sea el mismo o mayor, o *no es sostenible*, en caso que el valor disminuya.

Para esto, cada valor de indicador obtenido de campo y laboratorio se convierte a un valor que pertenece a una escala de 0 a 1 (ver Tablas) y por la suma de estos últimos se obtiene el *índice de calidad de suelos*. Para categorizar la situación de una chacra o cuadro la escala resultante para el índice que va de 0 a 8 se divide en cinco categorías:

[0 – 2]	...	muy baja calidad de suelos
[2 – 3,5]	...	baja calidad de suelos
[3,5 – 4,5]	...	moderada calidad de suelos
[4,5 – 6]	...	alta calidad de suelos
[6 – 8]	...	muy alta calidad de suelos

$$ICS = (MO_{0-10} + pH_{0-10} + CE_{0-10} + RAS_{0-10} + Dap + Ib + PFH_{30} + PSH_{30})$$

$$ICS = 0 \dots 8$$



Valores limitantes = 0

Valores de transición 0-1

Valores óptimos = 1

## Tablas de conversión de los valores de laboratorio y campo al valor de indicador (VI)

MO (%)	VI	pH	VI	CE (dS/m)	VI	RAS	VI
<b>1,00</b>	<b>0,00</b>	<b>&lt; 5,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
1,25	0,06	<b>5,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,25</b>	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	<b>1,00</b>
1,50	0,13	5,25	0,25	<b>0,50</b>	<b>1,00</b>	<b>3,00</b>	<b>1,00</b>
1,75	0,19	5,50	0,50	<b>0,75</b>	<b>1,00</b>	<b>4,00</b>	<b>1,00</b>
2,00	0,25	5,75	0,75	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>5,00</b>	<b>1,00</b>
2,25	0,31	<b>6,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,25</b>	<b>1,00</b>	<b>6,00</b>	<b>1,00</b>
2,50	0,38	<b>6,25</b>	<b>1,00</b>	<b>1,50</b>	<b>1,00</b>	<b>7,00</b>	<b>1,00</b>
2,75	0,44	<b>6,50</b>	<b>1,00</b>	<b>1,75</b>	<b>1,00</b>	<b>8,00</b>	<b>1,00</b>
3,00	0,50	<b>6,75</b>	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	<b>1,00</b>	9,00	0,80
3,25	0,56	<b>7,00</b>	<b>1,00</b>	2,25	0,88	10,00	0,60
3,50	0,63	<b>7,25</b>	<b>1,00</b>	2,50	0,75	11,00	0,40
3,75	0,69	<b>7,50</b>	<b>1,00</b>	2,75	0,63	12,00	0,20
4,00	0,75	7,75	0,75	3,00	0,50	<b>+13,00</b>	<b>0,00</b>
4,25	0,81	8,00	0,50	3,25	0,38		
4,50	0,88	8,25	0,25	3,50	0,25		
4,75	0,94	<b>8,50</b>	<b>0,00</b>	3,75	0,13		
<b>+5,00</b>	<b>1,00</b>	<b>+9,00</b>	<b>0,00</b>	<b>+4,00</b>	<b>0,00</b>		

En negrita se observan los valores óptimos.

Dap fina g/cm <sup>3</sup>	VI	lb mm/h	VI	PFH <sub>30</sub> MPa	VI	PSH <sub>30</sub> MPa	VI
<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0	0,00	<b>0,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1,00</b>
<b>1,05</b>	<b>1,00</b>	25	0,50	<b>0,25</b>	<b>1,00</b>	<b>0,25</b>	<b>1,00</b>
<b>1,10</b>	<b>1,00</b>	<b>50</b>	<b>1,00</b>	<b>0,50</b>	<b>1,00</b>	<b>0,50</b>	<b>1,00</b>
<b>1,15</b>	<b>1,00</b>	<b>75</b>	<b>1,00</b>	<b>0,75</b>	<b>1,00</b>	<b>0,75</b>	<b>1,00</b>
<b>1,20</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
<b>1,25</b>	<b>1,00</b>	<b>125</b>	<b>1,00</b>	<b>1,25</b>	<b>1,00</b>	<b>1,25</b>	<b>1,00</b>
1,30	0,80	<b>150</b>	<b>1,00</b>	<b>1,50</b>	<b>1,00</b>	<b>1,50</b>	<b>1,00</b>
1,35	0,60	<b>175</b>	<b>1,00</b>	<b>1,75</b>	<b>1,00</b>	<b>1,75</b>	<b>1,00</b>
1,40	0,40	<b>200</b>	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	<b>1,00</b>
1,45	0,20	225	0,88	2,25	0,88	2,25	0,94
<b>+1,50</b>	<b>0,00</b>	250	0,75	2,50	0,75	2,50	0,88
		275	0,63	2,75	0,63	2,75	0,81
		300	0,50	3,00	0,50	3,00	0,75
		325	0,38	3,25	0,38	3,25	0,69
		350	0,25	3,50	0,25	3,50	0,63
		375	0,13	3,75	0,13	3,75	0,56
		<b>400</b>	<b>0,00</b>	<b>4,00</b>	<b>0,00</b>	4,00	0,50
		<b>+400</b>	<b>0,00</b>	<b>+4,00</b>	<b>0,00</b>	4,25	0,44
						4,50	0,38
						4,75	0,31
						5,00	0,25
						5,25	0,19
						5,50	0,13
						5,75	0,06
						<b>+6,00</b>	<b>0,00</b>

En negrita se observan los valores óptimos.



## A modo de ejemplo, dos casos para observar

A continuación se presentan los resultados de dos casos en los que se determinó el Índice de Calidad de Suelos, y cómo a partir de ello se puede realizar un diagnóstico y las recomendaciones pertinentes.

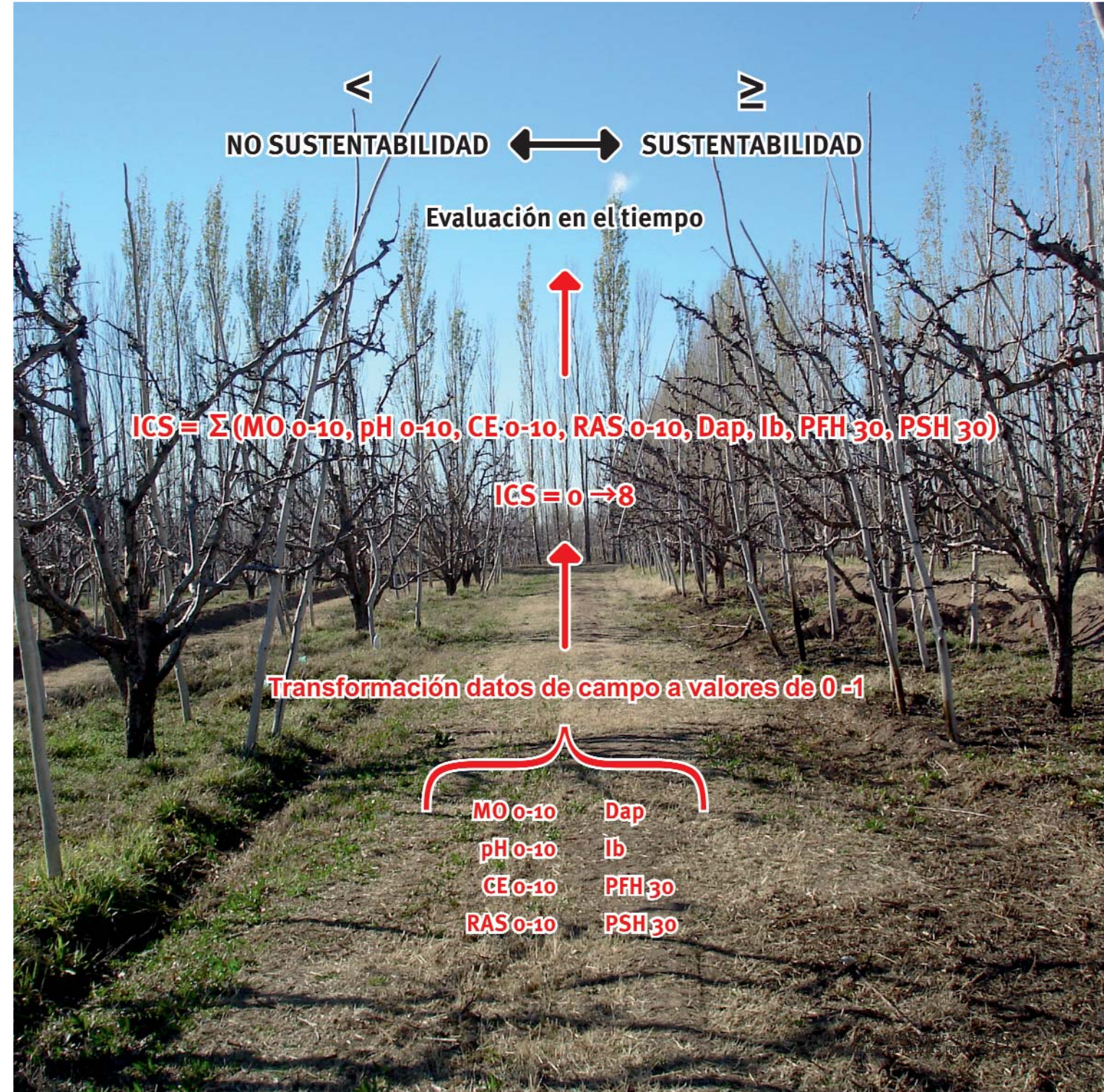
Como puede verse la Chacra 1 se encuentra en excelentes condiciones de calidad de suelos, presentando solo un exceso de infiltración, que se castiga en el valor del indicador de 0,63; obteniendo un ICS de 7,57 y ubicándose en la categoría de “muy alta calidad de suelos”.

Por otro lado puede verse que para el caso de la Chacra 2, que logró obtener un ICS de 4,19 (moderada calidad de suelos) son varios los inconvenientes

generados por el manejo de los suelos. Aquí se observa baja cantidad de materia orgánica y gran compactación de los mismos, tanto a nivel superficial (Dap) como en profundidad (PSH<sub>30</sub> y PFH<sub>30</sub>), lo cual genera serias dificultades sobre la infiltración del agua de riego.

En este caso podría aconsejarse realizar movimientos de suelo en profundidad para descompactar utilizando cincel, subsolador, etc., durante o fin del invierno, buscando encontrar el suelo seco, y adoptar un manejo que contemple coberturas verdes, ya sea esta permanente, en forma de pastura (festuca/trébol) o, verdeos, tanto de invierno como de verano (avena + vicia en fin de verano-principio de otoño, y mijo o moha en principio de primavera) que luego se incorporan ya maduros, mediante el uso de rastra de discos. De esta forma se logrará incrementar la materia orgánica con la subsiguiente mejora en las propiedades físicas y químicas del suelo.

	Chacra 1	Valor indicador	Chacra 2	Valor indicador
MO (%)	4,75	0,94	2,25	0,31
pH	7,30	1,00	7,60	0,96
CE (dS/m)	0,85	1,00	2,75	0,63
RAS	0,59	1,00	1,45	1,00
Dap (g/cm <sup>3</sup> )	1,24	1,00	1,40	0,40
Inf. Básica (mm/h)	275	0,63	10,20	0,20
PFH 30 (Mpa)	1,52	1,00	2,62	0,69
PSH 30 (Mpa)	1,93	1,00	6,48	0,00
ICS	7,57		4,19	



## Bibliografía

- ALTIERI, M. A. 1999. *Agroecología*. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo.
- BESTVATER, C.; CASAMIQUELA C. 1983. *Distribución textural de los suelos del Alto Valle del Río Negro*. INTA.
- BURGER, J. A.; KELTING, D. L. 1999. *Using soil quality indicators to assess forest stand management*. Forest Ecology and Management 122, 155-166. Elsevier Science B. V.
- CARTER, M. R.; GREGORY, E. G.; ANDERSON, D. W.; DORAN, J. W.; JANSEN, H.H. AND PIERCE, F. J. 1997. *Concepts of soil quality and their significance*. Elsevier Science B. V.
- CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO. 1992. Rio de Janeiro, República Federativa del Brasil.
- DORAN, J. 1998. *Soil Quality Test Guide*. Soil Quality Institute USDA . pp 82. Washington, USA.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T. 1994. *Defining and assessing soil quality*. Soil Science Society of America.
- DORAN, J.W.; ZEISS, M. 2000. *Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality*. Elsevier Science B. V.
- JENNY, H. 1941. *Factors of soil formation*. A system of quantitative pedology. McGraw-Hill Co., New York.
- KELTING, D.L.; BURGUER, J.A.; PATTERSON, S.C.; AUST, W.M.; MIWA, M.; TRETIN, C.S. 1999. *Soil quality assessment in domesticated forests*. A southern pine example. Elsevier Science B. V.
- HUSSAIN, I.; OLSON, K.R.; WANDER, M.M., KARLEN, D. L. 1999. *Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois*. Elsevier Science B. V.
- LAL, R. 1994. *Métodos y normas para evaluar el uso sostenible de los recursos suelo y agua en el trópico* (editor). CRC Press.
- LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. 1994. *The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management*. Soil Science Society of America.
- MOSCATELLI, G.; IRURTIA, C.; SOBRAL, R.; MON, R.; LUTERS, A. 2006. *Medición de parámetros físicos, químicos y biológicos en suelos de la región pampeana para establecer criterios de calidad y salud*. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta y Jujuy. Septiembre, 2006. Argentina.
- RODRÍGUEZ, A.; MUÑOZ, A. 2006. *Síntesis Agrometeorológica para el período 1990-2004*. EEA Alto Valle. Ed. INTA. Boletín Divulgación Técnica Nº 53, 38 pp.
- SÁNCHEZ, E. 1999. *Nutrición mineral de fruta de pepita y carozo*. INTA Alto Valle. RN. Argentina.
- SOIL QUALITY INSTITUTE, 1998. *Soil quality test kid guide*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service and Natural Resources Conservation Service.
- SOIL QUALITY INSTITUTE. 2001. *Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning*. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.
- SOIL QUALITY INSTITUTE. 2001. *Soil quality test kid guide*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service and Natural Resources Conservation Service. USA.



**Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria**  
**Centro Regional Patagonia Norte**  
**Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle**  
Ruta Nacional 22, km 1190, Allen, Río Negro, Argentina.  
Casilla de Correo 782, (8332) General Roca, Río Negro, Argentina.  
Tel. +54-298-4439000 ~ Fax. +54-298-4439063  
[eeaaltovalle@inta.gov.ar](mailto:eeaaltovalle@inta.gov.ar)  
[www.inta.gov.ar/altovalle](http://www.inta.gov.ar/altovalle)

ISBN 978-987-521-534-4



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación