

Muestreo y análisis de suelo

Una herramienta básica de la agricultura

Por Juan Pablo Figueroa

En Marte dos robots de la NASA toman muestras del suelo marciano y las analizan, buscan datos considerados fundamentales para el cabal conocimiento del pasado del planeta y de su futuro, si podemos imaginar que algún día se le colonice. Aquí en tanto, en el planeta de los agricultores chilenos, los análisis de suelo son —cada vez más— una herramienta básica de la agricultura, para conocer las capacidades del suelo, para ajustar el abonado (por economía) y también porque las BPA los requieren.

Gracias a los análisis de suelo se puede conocer desde la capacidad de retención de agua del suelo, determinante para el riego, hasta la posibilidad de ajustar las soluciones nutritivas del fertirriego a cada estado fenológico de la planta. El español experto en fertirriego Antonio Marhuenda —en su visita a Chile— (ver Chileriego N° 20) se refirió a las diferentes alternativas analíticas que existen para conocer el estado de nutrición de una planta. Su opinión es que los análisis foliares entregan la información cuando es demasiado tarde para tomar decisiones, por lo que sirven para constatar un desbarajuste y para considerar esos datos en la toma de decisiones de la siguiente temporada. En Europa, según dijo, además de realizan análisis de savia, pero aún sin contar con datos históricos que permitan determinar si los niveles son altos o bajos.

En cambio, explicó Marhuenda: "Un análisis del extracto saturado del suelo puede ser realizado con rapidez y a un precio razonable porque no es un análisis de suelo completo. Es lo que más se parece a lo que la planta está absorbiendo y nos puede servir de referencia para ajustar la solución nutritiva que aportamos a la planta en cada momento. La condición es que haya laboratorios capaces de dar una respuesta rápida". (Para el análisis de extracto saturado se extraen los nutrientes del suelo con agua destilada desionizada,



Los análisis de suelo son —cada vez más— una herramienta básica de la agricultura



Un análisis del extracto saturado puede ser realizado con rapidez porque no es un análisis de suelo completo. (Foto gentileza de Agrolab)

minado cultivo o frutal, y luego para elegir los fertilizantes y las dosis óptimas tanto para el cultivo como para el terreno.

Las limitaciones para los cultivos pueden ser salinidad, alcalinidad o acidez, deficiencias nutricionales, toxicidad (Na, Cl, B, Al), compactación, problemas hídricos (infiltración, retención de humedad), etc.

Para caracterizar los suelos agrícolas, y determinar su potencial productivo, son importantes también sus características físicas. Dentro de las principales que afectan el desarrollo de las plantas y las condiciones de fertilidad está la textura, la que corresponde a la proporción de arena, limo y arcilla presentes en el suelo.

Análisis Químicos

Dos objetivos básicos de los análisis químicos de suelo son determinar el promedio de nutrientes en el campo y lo disponibles que están esos nutrientes para las plantas (por ejemplo N-P-K). Con esos datos la aplicación de fertilizantes puede ser más ajustada a las necesidades del cultivo de modo de suplementar sólo los nutrientes requeridos por éste. Un uso correcto de los fertilizantes aumenta los rendimientos, reduce los costos y también la contaminación potencial de las aguas subterráneas y superficiales (BPA).

Análisis Físicos del Suelo

Los análisis físicos normales son capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y densidad aparente (DA), parámetros con los que se puede determinar la capacidad del suelo de almacenar (o retener) agua. El agua retenida en el suelo se expresa en gramos de agua por gramos de suelo seco (o contenido de humedad gravimétrico). El agua a capacidad de campo equivale a una retención o succión mátrica

para determinar diversos parámetros de salinidad y/o de nutrientes.)

En este artículo "muestreamos" laboratorios de análisis de suelo en Chile que prestan servicio a la agricultura, como referencia, y consultamos los tipos de análisis, sus precios y tiempos de respuesta.

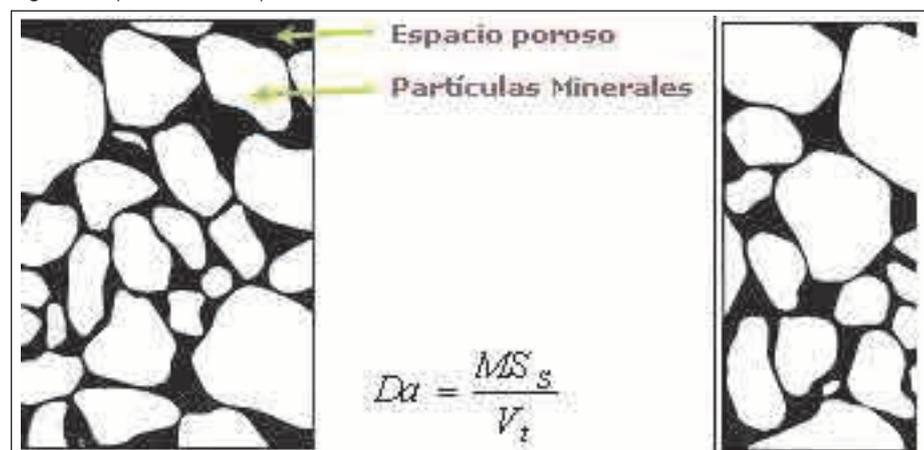
¿Qué se Busca con los Análisis de Suelo?

El análisis de suelo permite a los agricultores conocer las características químicas y físicas de sus suelos (pH, salinidad, materia orgánica, nutrientes, textura, etc.), primero para saber si el suelo presenta condiciones favorables o limitaciones para un deter-



El experto en fertirriego Antonio Marhuenda durante su visita a Chile.

Figura1: Representación esquemática de un terrón natural de suelo



de 1/3 de atmósfera, situación en que las plantas pueden absorber libremente la humedad del terreno. El agua retenida en el punto de marchitez permanente, por su parte, corresponde a una retención de 15 atmósferas, situación en que las plantas no pueden absorber el agua y se marchitan.

La densidad aparente, en tanto, es la masa del suelo seco medido en un volumen determinado y se expresa en g/cm^3 . La DA varía según la textura del suelo y los contenidos de materia orgánica. Suelos de texturas arenosas presentan DA de hasta $1,6 g/cm^3$ y suelos de texturas arcillosas presentan valores de hasta $1,2 g/cm^3$.

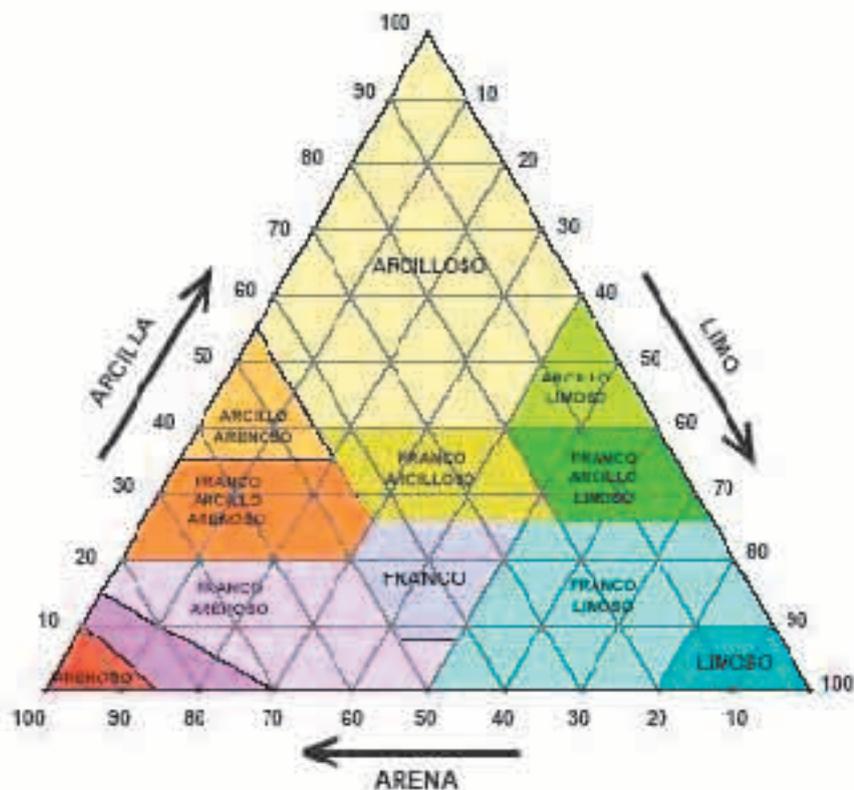
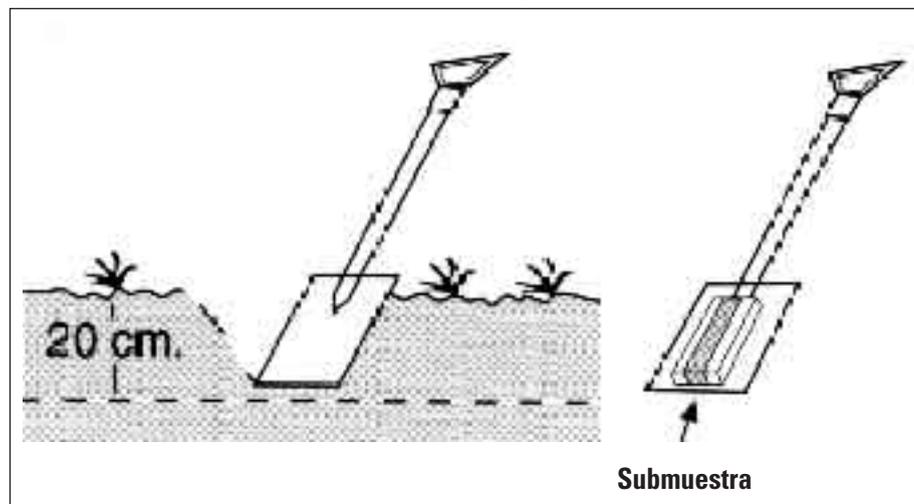
Con los valores de DA, CC y PMP se puede calcular la capacidad de estanque de agua del suelo. Esta capacidad se expresa en contenido volumétrico de humedad (m^3/m^3) o en lámina neta de agua (h [altura] en cm). Si se utiliza h al multiplicar por unidad de área (hectárea) se puede calcular la cantidad de agua que el suelo es capaz de almacenar en m^3 .

Pauta de Muestreo (tipo) para Análisis de Suelo

Los diferentes laboratorios que realizan análisis de suelo resaltan lo importante que es la metodología de toma de muestra (más aún si no la efectúa un técnico). Por esto el muestreo debe ser hecho siguiendo las indicaciones de la pauta de muestreo que cada laboratorio entrega a sus clientes (algunas disponibles en la web) pues un muestreo mal hecho lleva a inconsistencias y errores en la interpretación de los análisis.

La siguiente pauta de muestreo va como ejemplo y es —con algunos agregados— la que ofrece la empresa Agrolab a sus clientes.

Figura 2: Las submuestras se colocan en un balde o bolsa limpia.



Para caracterizar los suelos agrícolas son importantes sus características físicas.

□ Selección de la unidad de muestreo:

Los sectores a muestrear se deben dividir en unidades de características similares en cuanto a topografía, profundidad, textura, cultivo anterior y manejo (además de color y otros). Es recomendable que cada unidad de muestreo, cuartel o potrero, no abarque una superficie mayor a 5 hectáreas (máximo 10 ha).

□ Toma de la muestra:

Cada muestra se compone de al menos 3 submuestras por hectárea. (mínimo 25 submuestras para una unidad de muestreo de 10 ha.), las que se toman recorriendo el cuartel o potrero en forma representativa (en X, zigzag, etc.).

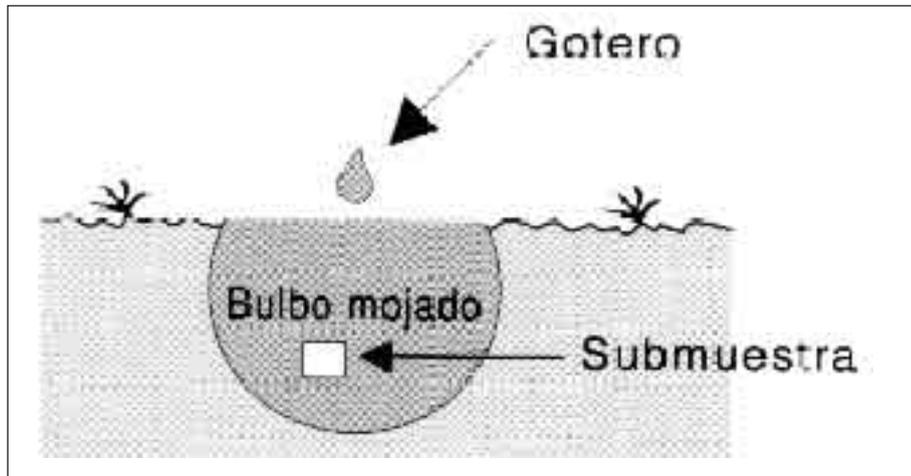
No se debe muestrear en sectores alterados como bordes de caminos, entradas, orillas, acequias, etc. (Otros laboratorios agregan: y no cerca de construcciones y no a menos de 10 m de árboles.)

Las submuestras se extraen con una pala o barreno. Si el suelo presenta vegetación, pastos u otros, se deben eliminar raspando la superficie. Luego se hace un corte en "V" hasta la profundidad determinada de muestreo y tomar la submuestra como se indica en la figura, teniendo la precaución de eliminar el suelo que se encuentra en los bordes laterales de la pala. (También se recomienda que todos los implementos utilizados estén limpios.)

□ Submuestra

Al finalizar la toma de submuestras se mezcla el contenido del balde y se saca aproximadamente un kilo, el que se traspa a una bolsa plástica limpia, la que finalmente constituye una muestra.

Figura 3. Suelos con riego por goteo: Se deben tomar las muestras en la zona media del bulbo mojado.



□ Profundidad de muestreo

La profundidad a la cual se toman las muestras depende de la especie y del manejo:

Cultivos anuales y establecimiento de praderas:	0 a 20 cm.
Praderas (regeneración o fertilización de mantención):	0 a 10 cm.
En manejo cero labranza:	0 a 10 cm.
Frutales y Vides	0 a 70 cm.

(Por estratas u horizontes hasta la profundidad de

las raíces. Se aconseja utilizar un barreno o hacer calicatas.)

□ Identificación

La bolsa con la muestra debe identificarse indicando el nombre del potrero o cuartel y fecha del muestreo. Además de otros antecedentes relativos al agricultor y su predio.

Para cultivos o praderas, si se requiere recomendación de fertilización para el próximo cultivo, además se debe indicar profundidad del suelo, textura, drenaje, señalar si es de secano o riego, cultivo anterior con

rendimiento obtenido, fertilizantes y dosis aplicadas, próximo cultivo a sembrar y rendimiento esperado.

□ Envío de muestras al laboratorio

Las muestras deben ser enviadas lo antes posible, o bien almacenadas en un lugar fresco o en la parte baja del refrigerador (no congelar) por un período no superior a cinco días, ya que pasado este tiempo los resultados pueden alterarse.

La toma de muestras se puede realizar en cualquier época del año siempre que las condiciones del terreno lo permitan.

Otras recomendaciones: El muestreo de suelos debiera realizarse siempre en la misma época del año y después del mismo cultivo. Ambos factores: época y cultivo previo, son importantes. La variabilidad temporal hace muy difícil la comparación entre análisis de diferentes años si cambian los momentos de muestreo.

Algunos laboratorios de suelo en Chile

En general los laboratorios identifican en el país dos grandes zonas de marcadas condiciones edafológicas. Esto puesto que los suelos de la zona norte no tienen problemas de deficiencias de azufre o boro, y sí tienen problemas de salinidad (ej. suelos de la V Región). Por su parte los suelos de la zona sur, con una marcada acidez, muchas veces tienen problemas de azufre y Boro.



Un objetivo básico de los análisis químicos de suelo es determinar el promedio de nutrientes en le campo. (Foto gentileza de Agrolab)

1. AGROLAB (www.agrolab.cl)

Además del resultado analítico Agrolab entrega al productor una interpretación del análisis sobre la base de estándares agronómicos y una recomendación de fertilización cuando se trata de cultivos. Las muestras se reciben de todas las regiones del país, vía buses interprovinciales y también dispone de técnicos capacitados en la toma de muestras en terreno.

Análisis de Suelo de Agrolab: Fertilidad

Zona Central

- Básico: pH - Conductividad Eléctrica (CEe) - Materia Orgánica (MO) - N-P-K - disponibles
- Intermedio: pH - CEe - MO - N-P-K - disponibles + Zn-B disponible
- Completo: pH - CEe - MO - N-P-K - disponibles + S + Zn-Mn-Fe-Cu-B disponible

Zona Sur

- Básico: pH ($H_2O - CaCl_2$) - MO - N-P-K - disponibles - Al extractable
- Intermedio: pH ($H_2O - CaCl_2$) - MO - N-P-K - disponibles + S disponible + Al intercambiable
- Completo: pH ($H_2O - CaCl_2$) - MO - N-P-K - disponibles + S-Zn-Mn-B disponible + Ca-Mg-Na-K-Al intercambiables + Suma de Bases + CIC + saturación de Al - Capacidad de fijación de P.
- Otros Análisis: Nitrato (NO_3) - Amonio (NH_4) N-P-K Totales. Molibdeno. Metales pesados

Salinidad

- pHe - CEe - Cationes (Ca-Mg-Na-K) solubles - Aniones ($Cl - SO_4 - HCO_3$) solubles - RAS. Boro (B) soluble Carbonato ($CaCO_3$) total - Caliza ($CaCO_3$)

Físicos

- Textura Bouyouco
- Retención de humedad (1/3 + 15 atm.)
- Densidad aparente (terron)

El tiempo de respuesta del laboratorio es de entre 7 y 10 días y los análisis más solicitados son:

- **Fertilidad:** pH - CE - MO - N-P-K disponibles.
- **Fertilidad:** Cationes (Ca-Mg-Na-K) intercambiables - Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) - Textura.
- **Salinidad:** pH e - CEe - *RAS - **PSI (estimada) - % Saturación - Cationes (Ca-Mg-Na-K) - Aniones ($Cl-SO_4-HCO_3$) y Boro (B) solubles - Carbonato de



Muchos laboratorios además de los análisis ofrecen recomendaciones de fertilización. (Foto gentileza de Agrolab)

Calcio ($CaCO_3$) total - Carbonato de Calcio ($CaCO_3$) activo o Caliza activa.

* RAS es la relación de absorción de sodio, en que se calcula el sodio en proporción a la raíz cuadrada de Calcio más el Magnesio.

** PSI es porcentaje de sodio de intercambio.

Los clientes de Agrolab provienen de los rubros frutícola, viñas, forestal, etc, -de todo Chile- y utilizan la información para elaborar el plan de manejo de fertilización, controlar la fertilización aplicada (BPA), evaluar los niveles de salinidad en el suelo, etc.

El análisis del extracto saturado busca los elementos solubles en el suelo, principalmente Cationes (Ca-Mg-Na-K), Aniones ($Cl-SO_4-HCO_3$) y Boro (B) solubles. El análisis demora una semana y su valor es de \$ 20.780 más IVA. Según Agrolab este análisis generalmente se utiliza para manejar los niveles de sales en el suelo (especialmente Cl, Na y B).

En general los análisis solicitados para las BPA corresponden a: Fertilidad - Cationes (Ca-Mg-Na-K) intercambiables - CIC - Micronutrientes (Zn-Mn-Fe-Cu-B) disponibles - Molibdeno (Mo) - Metales (As-Cd-Pb) totales y Salinidad según la zona.

2. Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos de la Universidad de Talca (www.ctsyc.cl)

En el servicio del Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTS y C, Facultad de Ciencias Agrarias), que incluye uso de Internet, ofrece resolver problemas vinculados a la interacción entre suelo, clima y manejo

agronómico. Además ofrecen: zonificación de suelos (y mapas con sistemas de información geográfica), asesorías varias en nutrición y fertilidad de suelos.

El laboratorio realiza los siguientes análisis de suelo:

- Análisis Rutinario (N-P-K-M.O.-pH y C.E)
- Análisis Rutinario Completo (N-P-K-M.O.-pH-C.E.-Cu-Mn-Zn-Fe-B-Ca-Mg)
- Análisis de Microelementos (Cu-Mn-Zn-Fe)
- Análisis de Cationes (Ca-Mg-Na-K)
- Análisis de B disponible
- Análisis de S extractable
- Análisis N-P-K disponible
- Análisis N o P o K o NO_3 o NH_4 disponible
- Análisis de Pastas Saturadas, pH, CE, Cationes, Aniones solubles
- Análisis de Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)
- Análisis de N Total
- Análisis Aluminio extractable
- Análisis Aluminio de intercambio
- Análisis de % Humedad
- Análisis $CaCO_3$
- Análisis de % Saturación, pH y CE

De estos análisis el más solicitado es el Análisis Rutinario (junto al Análisis Rutinario Completo). El Análisis Rutinario se hace para dos grandes zonas. Para los suelos de la VII Región al norte se denomina "Análisis de suelo rutinario norte", y consiste en determinar la disponibilidad de N, P y K junto a la acidez

(pH), salinidad (CE) y contenido de materia orgánica (MO). Para los suelos de la VII Región al sur ("Análisis de suelo rutinario sur"), se determinan los mismos elementos pero además se agregan, calcio, magnesio, azufre, boro y porcentaje de saturación de aluminio. Para ambas zonas se efectúan recomendaciones de fertilización de cultivos.

El tiempo de respuesta para los resultados de los análisis que indica el laboratorio es de entre 7 y 10 días hábiles, desde que las muestras ingresan al centro.

Los análisis de extracto saturado de suelo, que en la lista corresponden a: Análisis de Pastas Saturadas (%): pH, CE, Cationes (Ca, Mg, Na, K) y Aniones solubles (Cl, HCO₃, SO₄; N-NO₃), tiene un costo de \$ 20.230 (IVA incluido). Según el CTS y C sus clientes lo piden mayoritariamente por problemas asociados a salinidad y toxicidad.

3. Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas del INIA (www.laboratoriosuelosinia.cl)

El Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas del INIA presta servicio de análisis químico de suelos (plantas y aguas) y entrega recomendaciones de fertilización de cultivos, praderas y frutales. Sus clientes son agricultores, empresas agrícolas, asesores privados, operadores del SIRSD y empresas de venta de insumos agrícolas.

El laboratorio de INIA cubre la recepción y análisis de muestras de manera coordinada en los centros regionales INIA Intihuasi (IV Región), Raihuen (VII Región), Carillanca (IX Región), Remehue (X Región) y Kampenaike (XII).

El laboratorio del INIA recomienda tomar las muestras 1 o 2 meses antes de la siembra de cultivos anuales, y para praderas, por lo menos 1 mes antes de la fertilización de otoño o primavera.

En el caso del INIA los análisis más solicitados son los para el Programa de Recuperación de Suelos Degradados: MO, pH, N-P-K (en las regiones VIII al norte); y pH, P, Ca, Mg, K, Na, Al de intercambio, CICE y % Saturación de Al (en las regiones IX y X). El tiempo de respuesta de los resultados que indica el laboratorio es de 8 a 10 días.

En el caso del Programa de Recuperación de Suelos Degradados los análisis se hacen para obtener la dosis de corrección de P y acidez del suelo. Además la fertilidad mínima requerida y las recomendaciones de fertilizantes para establecer praderas o cultivos. Mayoritariamente los clientes se dedican a los cultivos (cereales, maíz, remolacha), praderas de rotación corta

y praderas permanentes. Además de frutales como el arándano.

Análisis de Suelos Ácidos

Análisis para las zonas norte y centro (IV a VIII Región):

Análisis Completo	Contenido	Valor (\$) Pesos (*)
Fertilidad Base	M.O, pH agua, N, P, K	8.250
Análisis Semicompleto	FB + Ca + Mg + Na + Al int + S	15.900
Análisis Completo	Semicompleto + B+ Cu + Zn + Fe + Mn	21.900

Análisis para la zona sur (IX y X regiones):

Análisis Completo	Contenido	Valor (\$) Pesos (*)
Fertilidad Base	M.O, pH agua, pH CaCl ₂ , N, P, K	8.800
Análisis Semicompleto	FB + Ca + Mg + Na + Al int + S	16.500
Análisis Completo	Semicompleto + B + Cu + Zn + Fe + Mn	22.400

(*) Los precios de análisis del Laboratorio de Suelos INIA están exentos de IVA.

Análisis de suelos salinos

Un suelo salino es aquel con una elevada cantidad de sales solubles, las que disminuyen su productividad. Las sales solubles se encuentran disueltas en el suelo, mientras que las sales más insolubles precipitan y no están disponibles para la planta. Entre las sales solubles principales destacan: las sales de cloruro y sulfato de sodio y magnesio, así como los carbonatos de sodio y calcio. Además de estas sales en la fracción acuosa del suelo se encuentran otros iones como bicarbonatos, boratos y nitratos, que deben considerarse para un adecuado desarrollo del

cultivo en los suelos salinos.

Los distintos tipos de sales, y su cantidad o concentración deben mantener una relación de tal forma que la concentración de aniones debe ser igual a la de cationes en miliequivalentes por litro (meq/l). Los aniones y cationes que normalmente se determinan en un suelo salino son: Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻, Cl⁻, CO₃²⁻ y HCO₃⁻. Si al hacer el análisis aparecen más cationes que aniones, se debe determinar también los nitratos del extracto de saturación.

Los análisis de suelos salinos realizados por el laboratorio y sus precios:

Análisis	Completo Incluye	Valor (\$) Pesos
*Completo Salinidad	%Sat, Extracto (pH, C.E., Ca, Mg, K, Na, B, Cl, SO ₄ , HCO ₃ , CO ₃) RAS	22.500
*Básico Salinidad	Extracto pH, CE, Ca, Mg, K, Na, RAS	10.500
RAS (solo)	Ca, Mg, Na solubles	7.150
pH y CE extracto		5.400

Análisis físico de suelos:

Análisis Completo	Valor (\$) Pesos (*)
Textura, retención de humedad y densidad aparente	12.000
Textura y retención de humedad	9.000
Textura y densidad aparente	6.500

* Corresponden a los paquetes de análisis de extracto saturado e incluyen más o menos parámetros de acuerdo a los requerimientos de los usuarios.

El tiempo de respuesta del laboratorio para los análisis de extracto saturado es de 8 a 10 días.