

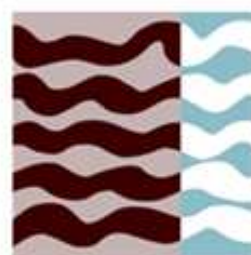
Diagnóstico Agrícola

Universidad politécnica de Cartagena

Ingeniería agrónoma grado en hortofruticultura y
jardinería

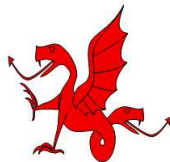


Universidad
Politécnica
de Cartagena



ETSIA
Cartagena

Jorge Cerezo Martínez



Georgius' Company

Georgius' Company S.A.
C/ Cuartel de artillería nº24 4ºB
Telf. 968 25 19 65
hellosoyjorge@hotmail.com

Código cliente	6771	Muestreo externo	
Cliente	Lattumur	Entregado a	Jorge Cerezo Martínez
Dirección	Avenida Primo de Rivera	Tipo de muestra	Agua de riego, suelo y foliar
C.P	3009	Identificación de muestra	250 ml. De agua de riego en bote 500 g de suelo en bolsa 50 g de muestra foliar en conservación especial
Población	Murcia		
Observaciones	Posible salinidad, Toxicidad cloruros? sodio?		

Director general de Georgius' Company



Fdo. Jorge Cerezo Martínez

Este informe ha sido ratificado por el Director general de Georgius' Company: Don Jorge Cerezo Martínez, en calidad de Ingeniero agrónomo, asegurando la mayor seguridad, calidad y veracidad del análisis de su suelo.

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio



Contenido

1.	Premisas	7
1.1.	Físicas	7
1.2.	Químicas	7
2.	Comprobación del análisis	7
3.	Determinación y riesgo de problemas	8
3.1.	Riesgo de salinización	8
3.2.	Problemas de infiltración	8
3.3.	Problemas de toxicidad específica	9
3.3.1.	Toxicidad por cloruros	9
3.3.2.	Toxicidad por Sodio.....	9
Los cálculos de toxicidad por sodio son similares a los cálculos de cloro, por tanto, procederemos con las mismas tablas.		
3.3.3.	Toxicidad por Boro	10
3.3.4.	Otras toxicidades.....	10
3.4.	Orden de riesgos o problemas a atender con el uso de esta agua de riego	10
4.	Índices de primer grado	11
4.1.	pH y bicarbonatos	11
4.2.	CE	11
4.3.	Calcio	11
4.4.	Magnesio.....	11
4.5.	Sodio	11
4.6.	Potasio.....	12
4.7.	Cloruros	12
4.8.	Sulfatos	12
4.9.	Boro	12
5.	Índices de segundo grado.....	12
5.1.	Relaciones de absorción del sodio	12
5.1.1.	RAS.....	12
Como ya mencionábamos antes		
5.1.2.	RAS ajustado	12
5.1.3.	RAS°	13
5.1.4.	Relación de calcio	13
5.1.5.	Relación de sodio.....	13
5.1.6.	Relación calcio magnesio	13
5.1.7.	Índice de Eaton	13
5.1.8.	Índice de Scott	13
5.1.9.	Dureza	14
5.1.10.	..... Norma Reverseide	14
5.1.11.	..... Norma Greene	14
5.1.12.	..... Norma L.V. Wilcox	14
5.1.13.	..... Norma Tames	14
5.1.14.	..... Índice Langelier	14
6.	Recomendaciones	14
1.	Parámetros físicos	17



1.1.	Textura	17
1.2.	Densidad real y aparente	17
1.3.	Porosidad total	18
1.4.	Curva capacidad hídrica del suelo	18
1.4.1.	Equivalente de humedad	18
1.4.2.	Capacidad de campo	18
1.4.3.	Punto de marchitez.....	18
1.4.4.	Agua útil	18
1.4.5.	Agua fácilmente asimilable.....	18
1.4.6.	Reserva útil de agua	18
1.4.7.	Dosis práctica de riego.....	19
2.	Determinaciones físico-químicos	19
2.1.	pH.....	19
2.2.	Enmienda o corrección	19
2.3.	Conductividad eléctrica	19
2.4.	Carbonato cálcico total	19
2.5.	Materia orgánica	20
3.	Determinaciones químicas	20
3.1.	Caliza activa (IPC).....	20
3.2.	Nitrógeno total	20
3.3.	Relación C/N.....	20
3.4.	Fósforo asimilable.....	20
3.5.	Aniones (cloruros y sulfatos).....	20
3.6.	Complejo de cambio	21
3.6.1.	Capacidad de cambio	21
3.6.2.	Análisis de los cationes de cambio	21
	Clasificación del suelo según los niveles de Calcio, magnesio, sodio y potasio extraíbles:.....	21
3.6.3.	Microelementos	21
3.6.4.	Solución suelo.....	22
1.	Análisis material vegetal.....	24
2.	Recomendaciones	24

Un agricultor de lechuga se ve en la necesidad, por restricciones hídricas, de emplear agua de un pozo cuyo análisis se adjunta. En campañas anteriores empleó agua supuestamente de mejor calidad. El análisis de suelo refleja los datos mostrados abajo. También se acompaña un análisis foliar efectuado en la campaña anterior, donde los rendimientos fueron más o menos aceptables.

El agricultor tiene en la misma finca superficie bajo riego por goteo y superficie con riego a manta, y emplea programas de fertilización estándar de los recomendados en uno y otro caso por su proveedor de fertilizantes.

Desea saber, antes de trasplante, qué aspectos debe mejorar respecto a lo que venía haciendo, y qué precauciones debería tomar en su caso con el empleo de esta nueva fuente de agua.

AGUA (a emplear en próxima campaña)

pH: 7,7 CE (dS/m): 2,3
Calcio: 155 ppm Magnesio: 96 ppm Sodio: 203 ppm Potasio: 8 ppm
Cloruros: 270 ppm Sulfatos: 590 ppm Bicarbonatos: 254 ppm
Boro: 0,4 ppm

SUELO (actual)

Fertilidad

Carbonato cálcico total: 0,46%
Caliza activa: < 0,50%
Densidad aparente: 1,26 g/cm³
Arena: 32,5%
Limo: 20,0%
Arcilla: 47,5%
Nitrógeno total: 0,20%
Fósforo asimilable (Olsen): 262,4 ppm
Potasio de cambio: 2,64 meq/100g
Calcio de cambio: 10,22 meq/100 g
Magnesio de cambio: 2,44 meq/100 g
Sodio de cambio: 0,89 meq/100 g
Capacidad de cambio catiónico: 16,19 meq/100 g
Materia orgánica: 3,29%
Relación C/N: 9,54

Extracto 1:2

pH: 7,92
CE: 0,74 dS/m
Cloruros: 2,57 meq/l
Sulfatos: 1,61 meq/l
Bicarbonatos: 1,56 meq/l
Sodio: 1,96 meq/l
Nitratos: 119 ppm
Potasio: 0,60 meq/l
Calcio: 2,20 meq/l
Magnesio: 0,67 meq/l

Micronutrientes asimilables

Hierro: 7,96 ppm
Manganeso: 8,56 ppm
Boro: 1,46 ppm
Cinc: 9,88 ppm
Cobre: 3,26 ppm

FOLIAR (pasada campaña)

Nitrógeno: 4,1%	Fósforo: 0,8%	Potasio: 3,1%	Calcio: 2,4%
Magnesio: 0,29%	Azufre: 0,15%	Sodio: 0,08%	Hierro: 65 ppm
Manganeso: 86 ppm	Cinc: 137 ppm	Boro: 51 ppm	Cobre: 53 ppm



Análisis aguas

1. Premisas

- En campañas anteriores agua de mayor calidad (suponemos lavado)
- Análisis foliares anteriores normales
- Parte a manta parte a goteo

1.1. Físicas

pH	CE(dS/m)	SDT(g/l) a 25°C
7,7	2,3	*1,472

* STD(g/l) a 25°C = 0,64 · CE(dS/m)a 25°C → 0,64 · 2,3 = 1,472

1.2. Químicas

Elementos	Peso molecular	Valencia	meq	ppm	mmoles/l	meq/l	mg/l
Cationes							
Ca ⁺²	40,078	2	20,039	155	3,87	7,735	155
Mg ⁺²	24,305	2	12,15	96	3,95	7,9	96
Na ⁺	23	1	PM	203	8,83	8,83	203
K ⁺	39,1	1	PM	8	0,205	0,204	8
Aniones							
SO ₄ ²⁻	96	2	48	590	6,15	12,3	590
HCO ₃ ⁻	61	1	PM	254	4,164	4,164	254
Cl ⁻	35,45	1	PM	270	7,62	7,62	270
Neutros							
B	10,81	3	3,603	0,4	0,037	0,111	0,4

$$ppm = mg/l; \text{mmoles/l} = \frac{mg}{1/PM}; \text{meq/l}$$

2. Comprobación del análisis

- Balance electronegativo, será igual o inferior al 5%

$$\sum \text{Cationes} = \sum \text{Aniones} \rightarrow \frac{\sum \text{Cationes}}{\sum \text{Aniones}} \rightarrow \frac{24,669}{24,84} = 0,993 < 5\% \text{ el analisis es fiable}$$

- Relación CE y concentración de sales totales disueltas

$$\frac{TDS}{CE} \rightarrow \frac{1472}{2,3} = 640$$

Se encuentra entre los valores 600 y 850

3. Determinación y riesgo de problemas

3.1. Riesgo de salinización

Los riesgos al aumentar la CE son notorios, al margen de los efectos indirectos que puede producir como la modificación de la estructura del suelo, crea potenciales osmóticos altos en la disolución del suelo, cuanto mayor sea el potencial osmótico del suelo, el agua quedará retenida con mayor fuerza y, por consiguiente, más energía necesitará la planta para absorberla.

Asociada a esta deficiencia, tenemos la necesidades de lixiviación, para ello calcularemos la fracción de lixiviación (FL), que se define como la fracción de agua de riego que debe atravesar la zona de raíces para impedir que la salinidad del suelo exceda de un valor deseado.

Para la lechuga:

Clase de cultivo	CE umbral		
	CEs	CEa	CEmax
Lechuga	2,0	1,3	10

$$FL = \frac{CEa}{CE \text{ máx (extracto saturado)}} \rightarrow \frac{2,3}{10} \cdot 100 = 23\%$$

La conductividad eléctrica es de 2,3 dS/m, por tanto, este tipo de agua está clasificada en el grupo C4 y podemos decir que:

Este tipo de aguas se consideran como de "Salinidad Muy Alta" y en muchos casos no son recomendables para riego. Sólo deben usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso. Sólo para cultivos muy tolerantes a la salinidad.

Existen riesgos de salinización, sobre todo en la fracción del cultivo que se venía haciendo con riego a manta, los análisis sugieren someter la plantación a riegos por goteo para garantizar un fracción húmeda más constante y disminuir la concentración en sales en torno a la raíz.

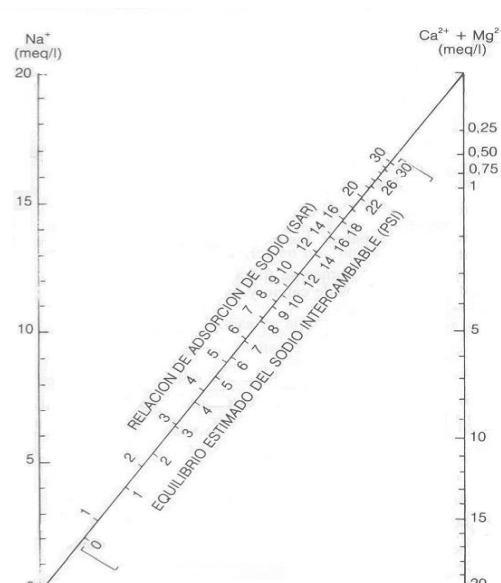
3.2. Problemas de infiltración

Para la estimación del riesgo de impermeabilización del suelo por dispersión de arcillas debida al efecto del sodio (alcalinización), se definió la relación de absorción de sodio (RAS) (Richards, 1954) en el agua de riego como:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \rightarrow \frac{8,83}{\sqrt{\frac{7,73 + 7,9}{2}}} = 3,16$$

Se puede obtener de forma gráfica o mediante fórmula

$$PSI = \frac{100 \cdot (-0,0126 + 0,01475 \cdot RAS)}{1 + (-0,0126 + 0,01475 \cdot RAS)} = 3,28$$



Porcentaje de sodio intercambiable	Clasificación
<7	No sódico
7-15	Ligeramente Sódico
15-20	Moderadamente Sódico
20-30	Fuertemente Sódico
>30	Extremadamente sódico

Podemos decir que no es un agua sódica

3.3. Problemas de toxicidad específica

3.3.1. Toxicidad por cloruros

Cultivo	Cloruros admitidos
Lechuga	8

Dado que existen en la finca dos tipos de riegos se procede por:

- **Riego por goteo**

Factor de corrección de 1,5

$$\frac{\text{Cl admitidos}}{\text{fr}} \rightarrow \frac{8}{1,5} = 5,33 \text{ meq/L}$$

- **Riego a manta**

Factor de corrección de 4

$$\frac{\text{Cl admitidos}}{\text{fr}} \rightarrow \frac{8}{4} = 2 \text{ meq/L}$$

meq/L

Cloruros aguas de riego	Máximo tolerado riego por goteo	Máximo tolerado a manta
7,62	5,33	2

Existen ciertos riesgos sobre todo en los riegos que se están efectuando a manta

En lo referente a los cálculos las tablas hacen referencia a los valores máximos de concentración de cloruros en la solución del suelo a partir de los cuales aparecen síntomas de toxicidad en los cultivos. No deberán pues, ser entendidos como concentraciones de cloruros en las aguas de riego, si bien, podrá orientar sobre la adecuación de agua de un riego según el contenido de este elemento.

3.3.2. Toxicidad por Sodio

Los cálculos de toxicidad por sodio son similares a los cálculos de cloro, por tanto, procederemos con las mismas tablas.

Cultivo	sodio admitidos
Lechuga	8

Dado que existen en la finca dos tipos de riegos se procede por:

- **Riego por goteo**

Factor de corrección de 1,5

$$\frac{\text{Na admitidos}}{\text{fr}} \rightarrow \frac{8}{1,5} = 5,33 \text{ meq/L}$$

- **Riego a manta**

Factor de corrección de 4

$$\frac{\text{Na admitidos}}{\text{fr}} \rightarrow \frac{8}{4} = 2 \text{ meq/L}$$

meq/L

Na aguas de riego	Máximo tolerado riego por goteo	Máximo tolerado a manta
8,83	5,33	2

Aun que en un principio los niveles mostrados en este apartado nos indican importantes riesgos en sodio, el PSI nos indicaba que existe poco Na intercambiable, no obstante, como ya indicábamos en otros apartados, y que en este vuelve a confirmarse, que sería recomendable cesar la actividad en riego a manta, y más con las nuevas aguas utilizadas, pues, el riesgo de salinidad en este caso es alto.

3.3.3. Toxicidad por Boro

Haciendo una comparativa con los valores standard de la lechuga que se encuentra en un nivel crítico máximo de 2,6 mg/L, y los valores de agua de riego de 0,4 mg/L está fuera de todo riesgo por toxicidad, incluso para el riego a manta.

3.3.4. Otras toxicidades

Sulfatos y Bicarbonatos y Magnesio, buscar comparativas en relación al suelo

ELEMENTOS TRAZA NO SOLICITADOS

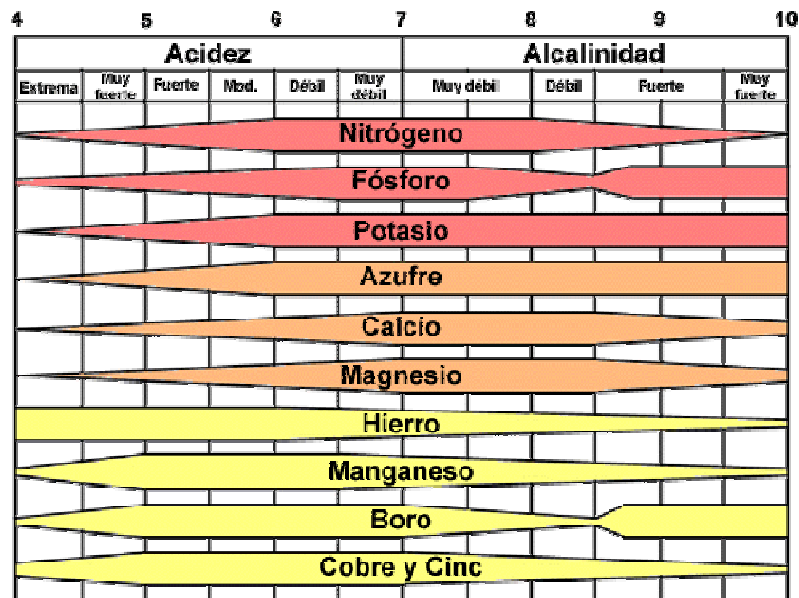
3.4. Orden de riesgos o problemas a atender con el uso de esta agua de riego

El principal riesgo existente es la salinidad por sodio, aunque los valores del PSI nos indicaban que el Na intercambiable era bajo, podría en un futuro acumularse en el suelo y hacer disminuir los rendimientos del cultivo; El cloro está en un rango también de riesgo, y sin medidas de buen drenaje y adecuación de riegos (sobre todo en el caso del riego a manta) puede presentar toxicidad. El boro no presenta ningún tipo de riesgo.

4. Índices de primer grado

4.1. pH y bicarbonatos

Los análisis muestran aguas de riego ligeramente alcalinas de 7,7 lo que puede afectar mayormente a los siguientes elementos: Fósforo, Hierro, Manganeso, Boro, Cobre y Zinc. Sería interesante incorporar correctores del pH, ya que el suelo del cultivo se encuentra en torno a 8 de pH, y el hierro, cobre y zinc podría verse bastante afectado.



4.2. CE

La CE proporciona una medida de la concentración total de sales solubles. Según las tablas, la conductividad eléctrica de 2,3 dS/m se encuentra entre los parámetros de riesgo de salinidad.

4.3. Calcio

Los valores medios oscilan entre 3 y 6 (mmoles/L), el agua de riego analizada tiene 3,87, por tanto, se encuentra dentro del rango medio, debe estar equilibrado con el resto de iones.

4.4. Magnesio

Se permiten valores máximos de 8, pero los valores recomendables están entre 1,5-3, al igual que el calcio tiene que estar equilibrado con el resto de iones, el valor obtenido es de 3,95 ligeramente superior al óptimo, pero muy inferior al máximo.

4.5. Sodio

El valor máximo es de 20 mmoles/l, aunque cuanto menor sea este valor mejores serán los rendimientos del cultivo, el agua de riego tiene 8,82 y puede entrar en competencia con el Calcio, para ello, se puede mantener la fracción húmeda siempre en estado óptimo, buenos drenajes y aportes de calcio.

4.6. Potasio

El valor de las aguas de riego es de 0,205 mmoles/L, por tanto, se puede aportar hasta llegar al valor de referencia del cultivo.

4.7. Cloruros

Los valores de cloro deben estar lo más bajo posibles, en nuestros análisis está sobre 7,62, rozando el valor de riesgo, para ello, igual que con el calcio, se debe aumentar la frecuencia de riego para que la fracción húmeda permanezca más estable y aumentar el aporte de nitratos

4.8. Sulfatos

Los niveles de sulfatos del agua son ligeramente superiores a los niveles óptimos, de 6,15, se podría aumentar el calcio aportado por las aguas, ya que en los análisis aparece dentro del rango pero ligeramente bajo, y los análisis de sodio también nos sugieren el aporte de calcio

4.9. Boro

El rango del boro es bajo, de 0,037 el aporte de calcio y nitrógeno favorecería su absorción

5. Índices de segundo grado

5.1. Relaciones de absorción del sodio

5.1.1. RAS

Como ya mencionábamos antes

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}} \rightarrow \frac{8,83}{\sqrt{\frac{7,73 + 7,9}{2}}} = 3,16$$

5.1.2. RAS ajustado

Siguiendo las tablas y para un Σ iones ≈ 50

$$\text{RAS ajustado} = \text{RAS}[1 + (8,4 + \text{PH}_c)] = 3,16[1 + (8,4 - 5,4)] = 9,48$$

$$\text{PH}_c = (\text{PK}_2 - \text{PK}_c) + \text{p}(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) + \text{pAlk} = 5,4$$

$$\text{PK}_2 - \text{PK}_c = 2,5$$

$$\text{P}(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) = 1,6$$

$$\text{pAlk} = 1,3$$

5.1.3. RAS°

$$\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{+2} = 4,16/7,735 = 0,54$$

$$\text{RAS}^\circ = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^\circ + \text{Mg}}{2}}} \rightarrow \frac{8,83}{\sqrt{\frac{3,62 + 7,9}{2}}} = 3,68$$

$\text{RAS}^\circ < 25$ no hay riesgo de alcalinización

5.1.4. Relación de calcio

$$\frac{\text{Ca}}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na}} \rightarrow \frac{7,735}{7,735 + 8,3 + 7,9} = 0,32 < 0,35$$

No hay valor de riesgo

5.1.5. Relación de sodio

$$\frac{\text{Na}}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na}} \rightarrow \frac{8,3}{7,735 + 8,3 + 7,9} = 0,35 < 0,2$$

Superior a lo deseable, índice alto

5.1.6. Relación calcio magnesio

$$\frac{\text{Ca}}{\text{Mg}} \rightarrow \frac{7,735}{7,9} = 0,98 < 1$$

Altamente inconveniente

5.1.7. Índice de Eaton

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) \rightarrow \text{CSR} = (4,164) - (7,735 + 7,9) = -11,471 < 1,25$$

Es recomendable según el índice de Eaton

La fracción de CO_3^{-2} no es representativa

5.1.8. Índice de Scott

Si $\text{meq/L de Na}^+ > \text{meq/L de Cl}^-$

$$k = \frac{57,5}{\text{Cl}^-} \rightarrow \frac{57,5}{7,62} = 7,54$$

$$6 < k < 18$$

Tolerable

5.1.9. Dureza

$$Dureza = \frac{Ca \cdot 2,5 + Mg \cdot 4,12}{10} = \frac{155 \cdot 2,5 + 96 \cdot 4,12}{10} = 78,30 > 50$$

Agua muy dura

5.1.10. Norma Reverside

$$C_2 - S_1$$

5.1.11. Norma Greene

Regular

5.1.12. Norma L.V. Wilcox

Buena a admisible

5.1.13. Norma Tames

Mala calidad

5.1.14. Índice Langelier

$$pH + T + H + A - 12,5 = IL \rightarrow$$

$$\rightarrow 7,7 + 2,4 + 2,4 + 0,6 - 12,5 = 0,6 > 0,5$$

Agua ligeramente incrustante, problemas de obstrucción por carbonatos de calcio, reducir el pH

Dureza		Alcalinidad total		Temperatura	
ppm	D	ppm	A	°C	T
5	0.3	5	0.7	0	0.0
25	1.0	25	1.4	3	0.1
50	1.3	50	1.7	8	0.2
75	1.5	75	1.9	12	0.3
100	1.6	100	2.0	15	0.4
150	1.8	150	2.2	19	0.5
200	1.9	200	2.3	24	0.6
300	2.1	300	2.5	29	0.7
400	2.2	400	2.6	34	0.8
800	2.5	800	2.9	40	0.9

6. Recomendaciones

- Adaptar el cultivo a especies con tolerancia a la salinidad alto
- Utilización de riegos por goteo ya que las pérdidas por necesidades de lixiviación son de un 23%, sería recomendable mantener la zona de la raíz siempre húmeda, y aplicar algunos lavados periódicos.
- Con el tiempo se formará una costra al rededor de la zona del bulbo húmedo, es recomendable cada 3 meses abrir a la máxima capacidad para destruir esta costra y fomentar la expansión radicular.



- Si se considera conveniente para satisfacer la propuesta anterior y se encuentra fuera del periodo de lluvias abrir también al máximo los riegos.
- Realizar una buena preparación del suelo y ser exigente en los drenajes
- En instalaciones con goteros, importante realizar las últimas descargas con ácidos para impedir la obstrucción de los mismos
- Confrontar los análisis con las características del suelo, en las que se procederá a un análisis más detallado



Análisis de suelo

1. Parámetros físicos

1.1. Textura

Se define textura como la proporción en que se encuentran las partículas elementales de arcilla, limo y arena.

Densidad aparente: $1,26 \text{ g/cm}^3$

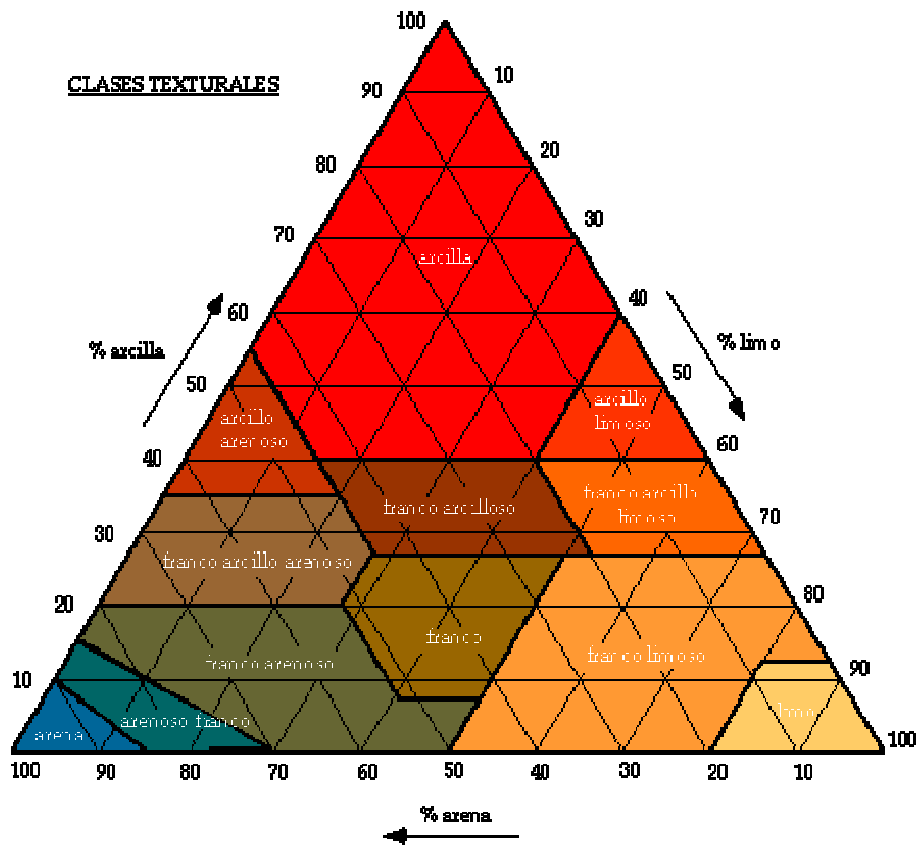
Arena: 32,5%

Limo: 20,0%

Arcilla: 47,5%

Se trata de un suelo arcilloso o pesado

Los suelos de tipo arcilloso son pesados, difíciles de trabajar, son recomendables buenos drenajes



1.2. Densidad real y aparente

La densidad real de un suelo es la relación masa/volumen que tienen las partículas individuales del mismo. Se toma como valor estandarizado 2.65 g/cm^3 . Se determina mediante la utilización de un picnómetro.

La densidad aparente es la relación masa/volumen del suelo en su estado natural. La densidad aparente de un suelo aumenta conforme este tiene unas características más arenosas, y para un mismo tipo de suelo aumenta con el grado de compactación o degradación de la estructura del mismo.

La densidad aparente según el análisis del suelo estudiado es 1.26 g/cm^3 , con un valor aparentemente influyente.

1.3. Porosidad total

Indica el volumen del suelo no ocupado por partículas sólidas.

$$Pt (\%) = 100(1 - da/dr) = 52.45\%$$

1.4. Curva capacidad hídrica del suelo

1.4.1. Equivalente de humedad

Es la cantidad de agua retenida por un suelo en equilibrio cuando es sometido a una fuerza centrífuga de 1000 veces la gravedad con Garner.

$$Ho = 0.5558 (\% \text{arcilla}) + 0.187 (\% \text{limo}) + 0.027 (\% \text{arena}) = 30.98\%$$

1.4.2. Capacidad de campo

Es el porcentaje de suelo seco, se estima mediante la fórmula de Paele.

$$CC = 0.865Ho + 2.54 = 29.34\%$$

1.4.3. Punto de marchitez

La humedad correspondiente al punto de marchitez permanente expresada como porcentaje de suelo seco.

$$Hm = Ho/1.84 = 16.30\%$$

1.4.4. Agua útil

La reserva de agua útil en % de suelo seco.

$$\% \text{ reserva útil} = CC - Hm = 13.037\%$$

1.4.5. Agua fácilmente asimilable

El valor de la reserva de agua fácilmente utilizable que equivale al agua que las plantas pueden consumir entre riego y riego, se corresponde aproximadamente con 2/3 de la reserva útil.

$$AFU = 2/3 \text{ Reserva útil} = 8.69\%$$

1.4.6. Reserva útil de agua

Con un h de 30 cm

$$\text{Reserva util} = (CC - Hm) \cdot da \cdot h \cdot 10^2 = 492,91 \text{ m}^3/\text{Ha}$$

1.4.7. Dosis práctica de riego

En riegos por inundación o a mantas, la dosis práctica de riego puede calcularse a partir de la AFU multiplicándola por un factor

A manta

$$AFU \times f = 8.69 \times 1.4 = 12,16$$

Riego por goteo

$$AFU \times f = 8.69 \times 1.2 = 10,428$$

Pero en riegos tecnificados (goteros), no interesa que se agote AFU (agua fácilmente utilizable), interesa que se agote como mucho un 10%, por tanto la dosis práctica coincidirá con este valor, asegurando un mojado homogéneo y continuo, en nuestro caso al tratarse de un suelo arcilloso este valor deberá de ser más alto para fomentar la oxigenación, permitiendo un agotamiento del agua permisible del 15-20%.

También tener en cuenta la fracción que está regada a manta con factor 1.4

2. Determinaciones físico-químicos

2.1. pH

El pH del suelo analizado es 7.92, es un suelo moderadamente alcalino, pudiendo disminuir la disponibilidad de fósforo. Tiene una deficiencia creciente de Cu, Fe, Mn y Zn.

2.2. Enmienda o corrección

En suelos calcáreos es normal un pH elevado (7.8 – 8.3), son probables clorosis inducidas por el exceso de cal, desequilibrios en el complejo de cambio si el magnesio es escaso y bloqueo de nutrientes por la elevación del pH. Si el pH es elevado y no hay un elevado nivel de carbonato cálcico activo, deben existir cantidades elevadas de sodio

La corrección del suelo se hará aportando azufre por toda la superficie, se aportará de 900 kg S/ha.

2.3. Conductividad eléctrica

Se considera un suelo salino desde el punto de vista agronómico, si es capaz de disminuir la productividad del cultivo un 50%.

El suelo analizado tiene una conductividad eléctrica de 0.74 dS/m en un extracto 1:2, pero la tabla para considerar el suelo salino o no salino, la CE está en un extractor 1:5. Por tanto tendremos que hace la siguiente operación para pasar de un extracto 1:2 → 1:5. Por tanto:

$$CE (\text{extracto } 1:5) = 0.74 / 2.5 = 0.296 \text{ dS/m}$$

Entonces, el suelo analizado será un suelo no salino, ya que, $CE < 2$.

2.4. Carbonato cálcico total

Suelos con más del 10% de carbonato cálcico ven toda su dinámica físico – química dominada por este compuesto.

Este es tanto más activo cuanto más finas sean las partículas 0.46%, se trata de un suelo muy poco calizo <5%, poder clorosante muy bajo.

2.5. Materia orgánica

La materia orgánica presente en los suelos procede de residuos vegetales y animales en diversos estados de descomposición.

El suelo analizado tiene un porcentaje de materia orgánica de 3.29%, es un nivel alto perteneciente a un tipo de suelo franco con un nivel crítico de 1.8%.

Además contiene un porcentaje elevado de agregados estables al agua

3. Determinaciones químicas

3.1. Caliza activa (IPC)

La muestra analizada tiene un porcentaje de cálcico total de 0.465, por tanto será un suelo con bajo contenido de caliza activa.

Hay riesgo de aparición de clorosis (fundamentalmente férrica) que presenta el suelo.

3.2. Nitrógeno total

La muestra analizada tiene un contenido en nitrógeno total de 0.2%, un contenido medio.

3.3. Relación C/N

El suelo analizado tiene una relación C/N de 9.54, relación normal con una liberación de nitrógeno normal.

3.4. Fósforo asimilable

Para la muestra analizada se ha utilizado para el método Olsen para la determinación del fósforo asimilable. En el método Olsen se efectúa una extracción con bicarbonato sódico tamponado a pH 8.5, está adaptado para suelos calizos.

Nuestro cultivo pertenece al grupo III, para cultivos hortícolas y ornamentales intensivos pero no fertirrigados. La textura de nuestro suelo es arcillosa, la cantidad de fósforo asimilable en nuestra muestra es de 262.4 ppm, nivel excesivamente alto.

Con contenidos de fósforo excesivos, se reducirán a la mitad durante 1-3 años hasta llegar a niveles medios.

3.5. Aniones (cloruros y sulfatos)

El análisis de extractos acuosos de suelo es especialmente importante cuando se quiere hacer incidencia en el análisis de aniones (cloruros y sulfatos), ya que estas especies no presentan una retención por parte del complejo de cambio, por lo que los niveles en el extracto acuoso indicaran prácticamente la cantidad total presente en el suelo

Nivel de cloruros: El suelo analizado tiene un contenido de 2.57 meq/l, nivel satisfactorio.

Nivel de sulfatos: Tenemos un contenido de 1.61 meq/l, nivel bajo.

3.6. Complejo de cambio

3.6.1. Capacidad de cambio

La capacidad de cambio catiónico del suelo estudiado es de 16.19 meq/100g, nivel medio.

3.6.2. Análisis de los cationes de cambio

Los principales cationes de cambio son calcio, magnesio, sodio y potasio. La fuerza de retención por el complejo de cambio de los diferentes cationes es $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$, pero esto depende del tipo de coloides presentes en el suelo, de esta forma existen suelos ricos en determinados tipos de arcillas que son capaces de retener K^+ en un equilibrio mucho más desplazado al complejo de cambio de lo esperado. Los cationes están presentes en el suelo en forma soluble, intercambiable y/o en forma no cambiante. La cantidad presente en la solución del suelo es pequeña respecto a las demás formas. Según la clasificación los niveles de cationes de cambio en el suelo analizado serán:

Cationes	Niveles en el suelo (meq/100g)	Nivel (meq/100g)	Interpretación
Calcio	10.22	10-20	Medio
Magnesio	2.44	0.6-2.5	Bajo
Potasio	2.64	>1	Muy alto
Sodio	0.89	<2	Medio

Clasificación del suelo según los niveles de Calcio, magnesio, sodio y potasio extraíbles:

Cationes	Niveles en el suelo (meq/100g)	Nivel (meq/100g)	Interpretación
Calcio	10.22	6-12	Bajo
Magnesio	2.44	2-3	Normal
Potasio	2.64	1.75 – 2.8	Muy alto
Sodio	0.89	0.6 – 1.2	Bajo

Clasificación del suelo según las relaciones entre los cationes de cambio:

K/Mg (meq/100g)	Ca/Mg (meq/100g)	Nivel
<0.2	<1	Baja
0.2-0.3	5	Ideal
>0.5	>10	Alta

3.6.3. Microelementos

Clasificación del contenido de hierro, manganeso, cinc y cobre asimilable por el suelo:

Microelementos	Niveles en el suelo (ppm)	Niveles asimilables por el suelo	interpretación
Fe asimilable	7.96	4-10ppm	Medio
Mn asimilable	8.56	>5ppm	Suficiente
Zn asimilable	9.88	>2ppm	Suficiente
Cu asimilable	3.26	>0.8ppm	Suficiente



Se sabe que los antagonismos son muy marcados, excesos de fósforo pueden inducir deficiencias de Zn o Fe, el Mn es altamente antagonístico con Fe, etc. El pH del suelo modifica enormemente su disponibilidad, así como la forma en la que deben ser aportados ante una necesidad de suministro. Un nivel de materia orgánica elevado favorece la disponibilidad de todos excepto el Mn.

Se estima que el nivel crítico de boro asimilable es 0.8 ppm para suelos arcillosos (retención de boro en arcilla), la muestra de suelo analizada tiene un contenido de 1.46 ppm, nivel alto

3.6.4. Solución suelo

Como dijimos al principio, el suelo analizado tiene una textura arcillosa o pesada, que causará problemas en su manejo y problemas en el drenaje del mismo.

El pH del suelo (7.92) nos indica que es un poco alcalino sin llegar a ser perjudicial. Para bajar el pH hasta un valor medio de 7, se hará un abonado a fondo cada año (durante 3 años) con sulfato amónico, bajando 1 unidad. El sulfato amónico se aportará al cultivo por toda la superficie, en cada dosis se aportará de 900 kg/ha.

Otro dato importante a tener en cuenta en el análisis es la relación C/N, demasiado baja para el suelo analizado. En consecuencia a este valor, se dará una fuerte liberación de nitrógeno, para evitar la nitrificación del suelo reduciremos las unidades de carbono y nitrógeno.

El fósforo asimilable por la planta es alto. Se reducirá a la mitad el aporte de fosfatos al cultivo durante 3 años hasta llegar a niveles medios.

El nivel de sulfatos es bajo, aportaremos abonos ricos en Sulfatos como el Sulfato Amónico para corregir este nivel.



Análisis foliar

1. Análisis material vegetal

Para el cultivo de lechuga los contenidos suficientes de nutrientes referidos a materia foliar seca serán:

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
4.5-5.5	0.45-0.7	4.2-6	1.2-2.1	0.35-0.6	80-120	30-100	25-60	30-80	7-15	0.2-1

Por tanto, para la muestra foliar analizada los niveles serán:

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	B	Zn	Cu
4.5-5.5	0.45-0.7	4.2-6	1.2-2.1	0.35-0.6	80-120	30-100	25-60	30-80	7-15
4.1%, nivel bajo	0.8%, nivel elevado	3.1%, nivel bajo	2.4%, nivel bajo	0.29%, nivel bajo	65 ppm, nivel bajo	86 ppm, nivel bueno	51 ppm, nivel bueno	137 ppm, nivel excesivo	53 ppm, nivel excesivo

2. Recomendaciones

El agua utilizada para el riego tiene grandes problemas de salinidad, alta conductividad y sobre todo, problemas en contenidos de sodio. Como ya mostraba también la dureza del agua y su alcalinidad pueden surgir problemas de obstrucción en goteros al utilizar estas aguas, para ello se recomienda dar lavados de ácidos débiles después de los riegos, o si se aplica fertirrigación incluir los ácidos nítrico o forfórico en el último paso.

Es importante seguir los protocolos de actuación en cuanto a la fracción de lavado, será fundamental para mantener un estado óptimo, debido a su gran contenido salino del agua, a la fracción radicular; si disminuye la humectación del suelo aumentará la concentración de sales de la fracción radicular, con su consecuente disminución de productividad. No aplicar abonos muy solubles en agua, debido a la gran fracción de lavado que se produce pueden percolar y no estar disponibles para la planta.

Será recomendable manejar con cuidado los drenantes del suelo, al tener una textura sobre todo tendente a arcillosa puede tener grandes problemas de falta de oxigenación con su consecuente asfixia radical y acumulación de agua se recomienda al agricultor la instalación de tubos de drenaje y un labrado en profundidad para evitar la compactación de las capas superficiales.

El pH del suelo (7.92) nos indica que es un poco alcalino sin llegar a ser perjudicial. Para bajar el pH hasta un valor medio de 7, se hará un abonado a fondo cada año (durante 3 años) con sulfato amónico, bajando 1 unidad. Este aporte de sulfato amónico también ayudará a corregir el nivel bajo de sulfatos que hay en el suelo. Se reducirá a la mitad el aporte de fosfatos al cultivo durante 3 años hasta llegar a niveles medios.

El análisis vegetal nos da una información general del estado del cultivo. Los nutrientes principales, hay importantes problemas de desequilibrio en NPK, estando los niveles de nitrógeno y potasio bajos y fósforo alto. Con la aportación, anteriormente citada, de sulfato amónico y la reducción del fósforo y una aportación anual de materia orgánica podremos llegar a niveles medios en equilibrio de los elementos principales NPK. Hay que prestar atención al nivel de Calcio en planta, ya que, es bajo pero con las aguas de riego se compensarán.

Los niveles de boro en el suelo parecen elevados, pero con los lavados que se aplican del agua de riego no habrá ningún problema.