

TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO _ AGUAS

La **temperatura del agua** es un parámetro físico esencial, ya que influye en la solubilidad del oxígeno, la actividad biológica y la calidad ecológica del ecosistema. Controla la disponibilidad de oxígeno y la actividad biológica.

Aguas más frías suelen ser más limpias y con mayor oxigenación, mientras que las más cálidas pueden indicar contaminación o eutrofización.

El agua ideal para riego en huertos debe mantenerse entre 15 °C y 25 °C, ya que en ese rango se garantiza una buena oxigenación y absorción de nutrientes, evitando el estrés térmico en las plantas.

Factores que afectan la temperatura del agua

- Radiación solar directa
- Profundidad y circulación del agua
- Cobertura vegetal o sombra
- Descargas térmicas o industriales
- Clima y época del año

TEMPERATURA DEL AGUA – CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS				
Rango de temperatura (°C)	Condición del agua	Características principales	Efectos en el suelo y las plantas	Efectos sobre la vida acuática y calidad del agua
0 – 10 °C	Fría	Alta solubilidad de oxígeno; baja actividad biológica; menor solubilidad de nutrientes.	Puede causar estrés en raíces y ralentizar la absorción de agua y nutrientes.	Buena calidad; ideal para peces de agua fría (truchas, salmones). Menor descomposición orgánica.
10 – 20 °C	Templada	Equilibrio entre oxígeno y actividad biológica.	Ideal para la mayoría de cultivos; favorece crecimiento radicular y microbiano.	Condiciones óptimas para la mayoría de especies acuáticas; ecosistema estable.
20 – 30 °C	Cálida	Menor solubilidad de oxígeno; mayor metabolismo de organismos. Temperatura adecuada para procesos biológicos del suelo y las plantas.	Máxima eficiencia en absorción de agua y nutrientes.	Aumento de consumo de O ₂ ; posible estrés en especies sensibles.
> 30 °C	Muy cálida	Oxígeno disuelto muy bajo; aumento de evaporación.	Puede provocar estrés hídrico y menor rendimiento de cultivos. Afecta el desarrollo vegetal, promueve enfermedades y reduce productividad.	Condiciones desfavorables para la fauna acuática; proliferación de algas y bacterias.

El **pH del agua** es uno de los indicadores más importantes de su calidad química y biológica, ya que mide si el agua es ácida, neutra o alcalina, lo que influye directamente en la vida acuática y los procesos químicos del medio. El pH ideal del agua para huertos está entre 6.5 y 7.5.

Fuera de este rango, el agua puede alterar la fertilidad del suelo y reducir la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas.

Factores que influyen en el pH del agua

- Materia orgánica y descomposición.
- Lluvias ácidas o contaminantes atmosféricos.
- Descargas industriales o detergentes.
- Tipo de suelo y rocas (calizas o ácidas).
- Actividad fotosintética (aumenta el pH de día, baja de noche).

PH DEL AGUA – CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS				
Rango de pH	Clasificación del agua	Características principales	Efectos sobre el suelo y las plantas	Efectos sobre la vida acuática y calidad del agua
< 6.0	Ácida	Agua con exceso de iones H ⁺ ; puede disolver metales y reducir disponibilidad de nutrientes.	Daña raíces, reduce absorción de calcio, magnesio y fósforo; acidifica el suelo.	Reduce biodiversidad acuática; libera metales tóxicos; afecta peces y microorganismos.
6.5 – 7.5	Neutra o ligeramente óptima	Rango ideal para la mayoría de cultivos hortícolas.	Nutrientes disponibles; crecimiento equilibrado; suelo estable.	Rango óptimo para vida acuática; buena calidad del agua y equilibrio ecológico.
> 7.5 – 8.5	Alcalina moderada	Presencia de carbonatos y bicarbonatos; reduce solubilidad de nutrientes.	Puede causar deficiencias de hierro, manganeso y fósforo; clorosis en hojas.	Puede afectar especies sensibles; reduce disponibilidad de CO ₂ para algas y plantas acuáticas.
> 8.5	Muy alcalina	Alta concentración de sales o sodio; puede indicar agua dura.	Afecta estructura del suelo y bloquea nutrientes; perjudica el desarrollo vegetal.	Mala calidad del agua; estrés o mortalidad en organismos acuáticos; posible proliferación de algas.

La **turbidez** mide la cantidad de partículas suspendidas (arcilla, limo, algas, materia orgánica o contaminantes).

Un agua clara (baja turbidez) es ideal para riego y ecosistemas acuáticos saludables. Altos niveles de turbidez afectan la infiltración del suelo, el desarrollo vegetal y la fotosíntesis acuática, además de indicar posible contaminación.

TURBIDEZ / SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN EN EL AGUA – CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS				
Nivel de turbidez / sólidos suspendidos (NTU o mg/L)	Clasificación del agua	Características principales	Efectos sobre el suelo y las plantas	Efectos sobre la vida acuática y la calidad del agua
< 5 NTU / < 20 mg/L	Muy baja / agua clara	Agua limpia y bien filtrada; baja presencia de partículas.	Ideal para riego; no obstruye poros del suelo ni sistemas de riego.	Excelente calidad; permite penetración de luz; ecosistema equilibrado.
5 – 25 NTU / 20–80 mg/L	Moderada	Agua con algo de sedimentos, arcilla o materia orgánica.	Puede reducir infiltración y aireación del suelo a largo plazo.	Ligera disminución de luz; puede afectar fotosíntesis de algas y plantas acuáticas.
25 – 100 NTU / 80–200 mg/L	Alta	Presencia notable de limo, arcilla, algas o residuos orgánicos.	Aumenta la compactación y el sellado superficial del suelo; afecta absorción radicular.	Disminuye visibilidad y oxigenación; estrés en peces y organismos sensibles.
> 100 NTU / > 200 mg/L	Muy alta / agua turbia	Agua con muchos sólidos en suspensión (sedimentos, materia orgánica, contaminación).	Puede obstruir sistemas de riego; deposita sedimentos sobre raíces y hojas.	Reduce luz y oxígeno; provoca muerte de organismos, eutrofización y mala calidad del agua.

La **conductividad eléctrica** refleja la salinidad del agua, que afecta directamente la fertilidad del suelo, la absorción de agua y la salud de las plantas.

Para huertos y riego agrícola, el rango recomendado es < 1.5 dS/m, evitando acumulación de sales y estrés en cultivos. Valores altos también impactan negativamente en la vida acuática y pueden provocar alteración de ecosistemas y deterioro de la calidad del agua.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) DEL AGUA – CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS				
Rango de CE (dS/m)	Clasificación del agua	Características principales	Efectos sobre el suelo y las plantas	Efectos sobre la vida acuática y calidad del agua
< 0.75	Baja / Agua dulce	Baja concentración de sales disueltas.	Suelo poco salino; ideal para la mayoría de cultivos; buena absorción de nutrientes.	Agua segura para organismos acuáticos; buena calidad.
$0.75 - 1.5$	Moderada	Contiene sales disueltas en niveles aceptables para riego.	Suelo con ligera salinidad; apto para cultivos sensibles a sales.	Riesgo mínimo para la vida acuática; ecosistema equilibrado.
$1.5 - 3.0$	Alta / Agua moderadamente salina	Presencia de sales significativa; apta para cultivos tolerantes a sal.	Posible acumulación de sales en el suelo; riego frecuente puede causar estrés salino.	Puede afectar especies sensibles; aumenta osmolaridad del agua; riesgo de estrés para peces y plantas acuáticas.
$3.0 - 5.0$	Muy alta	Agua salina; uso restringido.	Suelos salinos; limitación en absorción de agua; reducción de crecimiento vegetal; riesgo de degradación.	Peligro para vida acuática sensible; cambios en especies dominantes; deterioro de la calidad del agua.
> 5.0	Extremadamente alta / Agua salina intensa	Agua con exceso de sales; riesgo de toxicidad.	Suelos severamente salinos; cultivos casi inviables; requiere manejo especializado.	Letal para muchos organismos acuáticos; agua no apta para riego sin tratamiento; deterioro ambiental.

Nitratos y fosfatos son nutrientes esenciales, pero su exceso en el agua de riego puede:

- **Acumularse en el suelo y afectar absorción de otros nutrientes.**
- **Provocar eutrofización**, disminuyendo oxígeno y afectando peces y microorganismos.

Para **huertos**, los niveles recomendados son: $\text{NO}_3^- < 50$ mg/L y $\text{PO}_4^{3-} < 1$ mg/L, asegurando crecimiento saludable y evitando contaminación.

NITRATOS Y FOSFATOS EN AGUA – CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS				
Parámetro	Rango recomendado (mg/L)	Características principales	Efectos sobre el suelo y las plantas	Efectos sobre la vida acuática y calidad del agua
Nitratos (NO_3^-)	< 10 mg/L	Bajo contenido de N; agua segura para riego y consumo.	Fertiliza moderadamente sin riesgo de toxicidad; crecimiento equilibrado.	No provoca eutrofización; seguro para peces y microorganismos.
	$10 - 50$ mg/L	Contenido moderado de N; adecuado para cultivos tolerantes.	Mejora el crecimiento vegetal; riesgo leve de lixiviación al suelo.	Puede favorecer crecimiento de algas; incremento leve de eutrofización.
	> 50 mg/L	Alto contenido de N; riesgo de contaminación.	Riesgo de acumulación y toxicidad en plantas sensibles; lixiviación de N hacia aguas subterráneas.	Eutrofización; proliferación de algas; disminuye oxígeno disuelto; afecta fauna acuática.
Fosfatos (PO_4^{3-})	< 0.1 mg/L	Bajo contenido de P; agua equilibrada.	Fertilidad limitada; posible deficiencia para cultivos exigentes.	No promueve eutrofización; agua de buena calidad.
	$0.1 - 1$ mg/L	Contenido moderado; adecuado para riego.	Favorece crecimiento y floración; manejo seguro de nutrientes.	Puede estimular crecimiento moderado de algas; bajo riesgo de eutrofización.
	> 1 mg/L	Alto contenido de P; riesgo de contaminación.	Exceso de P puede acumularse en el suelo y afectar absorción de otros nutrientes.	Alta probabilidad de eutrofización; proliferación de algas y plantas acuáticas; disminución de oxígeno disuelto.

El **Cloro residual** controla patógenos, pero en exceso daña raíces y organismos beneficiosos.

La **Dureza del agua** influye en la estructura del suelo y disponibilidad de nutrientes, siendo moderada la más adecuada para huertos.

Valores fuera de rango afectan fertilidad, desarrollo vegetal y vida acuática.

CLORO RESIDUAL Y DUREZA EN AGUA – CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS				
Parámetro	Rango recomendado	Características principales	Efectos sobre el suelo y las plantas	Efectos sobre la vida acuática y calidad del agua
Cloro residual	0 – 0.5 mg/L	Agua ligeramente desinfectada; libre de patógenos.	No daña raíces ni microbiota del suelo; apta para riego de hortalizas.	Agua segura para organismos acuáticos; mantiene equilibrio biológico.
	0.5 – 1 mg/L	Cloro moderado; acción desinfectante.	Posible afectación leve de microorganismos beneficiosos del suelo.	Puede estresar especies sensibles; baja toxicidad temporal.
	> 1 mg/L	Exceso de cloro; agua agresiva.	Daña raíces y reduce actividad microbiana; puede alterar estructura del suelo.	Letal para peces y microorganismos; deteriora calidad del agua.
Dureza (Ca + Mg)	50 – 150 mg/L (moderada)	Contenido equilibrado de calcio y magnesio; agua estable.	Mejora estructura del suelo; favorece disponibilidad de nutrientes.	No afecta significativamente a la fauna acuática; agua de buena calidad.
	150 – 300 mg/L (alta)	Agua dura; mayor concentración de sales de calcio y magnesio.	Puede provocar acumulación de sales; afecta absorción de otros nutrientes.	Reduce solubilidad de algunos minerales; puede alterar especies sensibles.
	> 300 mg/L (muy alta)	Agua muy dura; exceso de Ca y Mg.	Riesgo de depósitos de sales en el suelo; disminuye fertilidad a largo plazo.	Puede generar estrés osmótico en organismos acuáticos; agua de menor calidad.