



Calidad de agua de huertos urbanos en Valdivia

Water quality in urban orchards of Valdivia

Olivares, F.^a, Clunes, J.^{a,b}, Valle, S.^{a,b}, Dec, D.^{a,b*}

^a Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias, Universidad Austral de Chile.

^b Centro de Investigación en Suelos Volcánicos, Universidad Austral de Chile.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26-01-2024

Accepted 06-05-2024

Keywords:

Urban orchard

Water quality

Iron concentration

Original Article,

Water Resources

*Corresponding author:

Dorota Dec

E-mail address:

dorota.dec@uach.cl

ABSTRACT

Urban orchards, together with the use of public space and delivery of fresh food, play a relevant social role, which has been observed especially during the pandemic and post-pandemic periods. In Chile, the average increase of these spaces reaches 15% per year and continues to grow, especially in highly populated cities where access to green areas per inhabitant is very restricted. However, these spaces lack of technical studies associated with the quality of water used for irrigation. The objective of this study was to evaluate the quality of water used for the irrigation of urban gardens in the city of Valdivia. The pH, electrical conductivity, total dissolved solids and iron concentration were evaluated according to the NCh 1333 and NCh 409 norms. The study showed that all the orchards comply with the standards established by the current norm, except for the Fe concentration in the Collico orchard. This study showed the relevance of evaluating the water quality of urban gardens considering parameters established by the Chilean Standard on water quality requirements, since the potential contamination of irrigation water in urban gardens can lead to possible limitations for crops and production of contaminated food and/or food not suitable for human consumption.

RESUMEN

Como parte del aprovechamiento de los espacios públicos, los huertos urbanos cumplen un rol social relevante a través de la entrega de alimentos frescos, que se observó especialmente en periodo de pandemia y post pandemia. En Chile el promedio de aumento de estos espacios llega a 15% anuales y sigue creciendo, especialmente en ciudades altamente pobladas. Sin embargo, estos espacios carecen de estudios técnicos asociados a calidad de agua usada para riego. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad del agua utilizada para riego de los huertos urbanos en la ciudad de Valdivia considerando parámetros de la norma chilena NCh 1333 y NCh 409. Se midió pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y concentración de hierro de acuerdo a la NCh 1333 y NCh 409. La evaluación de la calidad del agua de riego en huertos urbanos es crucial para asegurar la producción de alimentos sanos y aptos para el consumo humano. En este contexto, nuestro estudio demostró que todos los huertos cumplen con los estándares establecidos por la norma vigente, excepto la concentración de Fe en huerto el Collico. Además, este estudio mostró la relevancia de evaluar la calidad de agua de los huertos urbanos considerando parámetros establecidos por la Norma chilena sobre requisitos de calidad de agua.

Palabras clave: huertos urbanos, calidad de agua, concentración de hierro.

La producción agrícola en entornos urbanos se ha vinculado con distintos beneficios como el acceso a alimentos frescos (IEH, 2010), mejora de hábitos nutricionales (Alaimo *et al.*, 2008), reducción del estrés (Largo-Wight, 2011), y ser lugar de encuentro entre los habitantes (Armstrong, 2000). Por otro lado, carecen de estudios técnicos que evalúen posibles limitantes para los cultivos y efectos negativos en las personas que consumen estos cultivos (Rosales, 2015).

INTRODUCCIÓN

La agricultura urbana se refiere a las prácticas agrícolas realizadas dentro o en los alrededores del área

urbana (FAO, 2009). Hasta un 15% de la producción alimentaria mundial proviene de este tipo de producción (FAO, 2010). Los huertos urbanos, además de producir alimentos frescos (IEH, 2010) y potencialmente no contaminados, pueden mejorar hábitos nutricionales en la población (Alaimo *et al.*, 2008), jugando un rol relevante en la sociedad a través de formación de lugar de encuentros (Armstrong, 2000), ocio saludable, bienestar mental y reducción del estrés (Largo-Wight, 2011). Esto último permite que el ser humano pueda interactuar con la naturaleza y crear educación en torno de sustentabilidad en las ciudades. En Chile, los huertos urbanos comenzaron a proliferar en la década del 2000 y expandiéndose notoriamente durante la siguiente (Flo-

res Molina, 2019). Este aumento responde a diversos factores, como la inseguridad alimentaria, el alza en los precios de los alimentos, la búsqueda de autonomía alimentaria, los crecientes niveles de contaminación en las ciudades e incentivos impulsados por el sector gubernamental buscando promover ciudades sustentables (Alig *et al.*, 2004; FAO, 2014; Martínez *et al.*, 2018).

Las especies cultivadas en huertos urbanos, principalmente hortalizas (IEH, 2010; CEPAL, 2012), requieren agua para su desarrollo productivo. En general, los espacios urbanos habilitados para la producción de alimentos no cuentan con toma de agua monitoreada y/o con estudios que indiquen la calidad de agua utilizada para riego. Cuando su composición está alterada, lo que incluye cambios en cualquiera de sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas (Chile, 1996; Chile, 2005) es considerada como contaminada. Asimismo, su uso podría tener efectos negativos en las personas que consumen cultivos regados con agua contaminada (Rosales, 2015). Además, la exposición de los consumidores a ingerir patógenos presentes en agua contaminada que son transferidos a través de los cultivos, puede provocar trastornos o enfermedades gastrointestinales y/o enterovirus (Ortega *et al.*, 2007). El uso de agua que no cumple la calidad para el riego de los cultivos se considera una limitante para la producción agrícola, ya que provoca estrés y reducción del desarrollo y rendimiento de los cultivos (Pérez, 2022). Bajo este escenario se crea la Norma Chilena 1333 que fija requisitos de calidad de agua para diferentes usos, entre ellos agua destinada para riego (INN, 1987). Además, los requisitos de calidad de agua potable en todo el territorio nacional son especificados en la Norma Chilena 409 (modificada en 2005). Entre los parámetros determinados por la normativa para evaluar la calidad de agua se encuentran pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (TDS) y la concentración máxima permitida de elementos químicos como el hierro (Fe).

El tipo de contaminación de alimentos producidos dependerá del contaminante que sea traspasado a través del riego. Es así como el agua con un pH elevado provoca un sabor amargo (Omer, 2019) y formación de precipitados de algunos elementos (Shivcharan *et al.*, 2018, Onyango *et al.*, 2018), y con un pH ácido corroerá o disolverá metales provocando mayor toxicidad del agua de riego (Summers, 2020). La salinización del suelo, determinada a través medición de la conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, reducen la actividad fotosintética y la absorción de agua, generando, además, toxicidad asociada a la absorción excesiva de iones Na^+ y Cl^- (Carrasco, 2018). Por otro lado, altas concentraciones de Fe en agua provocan bronceado de hojas (Wu *et al.* 2014), muerte celular (Zhang *et al.*, 2016) o raíces (Onyango *et al.* 2018). Varios de estos efectos son resultado de acumulación de Fe^{+2} en las raíces, venas y las hojas, que produce la reducción de K, Ca, Mg, Mn y P, en los brotes de las plantas, afectando el crecimiento y desarrollo del cultivo

(Majerus *et al.*, 2007). Desde punto de vista operativo del sistema de riego, Fe^{+3} produce obstrucción del equipo de riego por acción del hierro (Xiufu y Zinati, 2005).

Considerando las normas vigentes, el agua del sur de Chile en general es caracterizada por su buena aptitud para el riego (González, 1986). Heredia (2008) señala que aguas superficiales del Región de Los Ríos se encuentra dentro de los rangos considerados como de baja contaminación y establecidos por la NCh 1333. Asimismo, Nissen *et al.* (2000), sostienen que las aguas subterráneas presentan buena calidad para riego, ya que cumple con la normativa chilena en todos los parámetros evaluados. Además, el sector urbano de Valdivia, mantiene la calidad de agua apta para consumo, según la Norma Chilena 409 (NCh 409) de agua potable (Otárola, 2013). Sin embargo y dado los antecedentes expuestos, surge la pregunta si el agua que se utiliza en los huertos urbanos para riego cumple con el estándar de la Normativa chilena vigente para ser consideradas como agua apta para este fin. Tomando en cuenta lo expuesto, el objetivo de este trabajo es evaluar la calidad de agua destinada al riego de los huertos urbanos ubicados en la comuna de Valdivia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar del estudio

El estudio se realizó en 5 huertos urbanos ubicados en la ciudad de Valdivia, Región de Los Ríos (Figura 1). Los huertos corresponden a: i) Vivero Municipal Parque Saval (VPS) administrado por la Municipalidad de Valdivia y CONAF Región de los Ríos, ii) Huerto Funaltun (HF) administrado por los estudiantes de Agronomía de la Universidad Austral de Chile, Huerto Barrios Bajos (HBB) gestionado por la comunidad del sector, Huerta Angachilla (HA) dirigido por particulares y Huerta Agroecológica Collico (HC); huerta comunitaria del barrio de Collico.

Caracterización de los huertos urbanos

En el caso de los huertos investigados, estos cuentan con superficie que varía desde 680 hasta 7690 m². El agua utilizada para el riego en general es considerada como agua potable, y en caso de 2 huertos se usa agua de lluvia. Los cultivos varían según la época del año, con predominancia de las hortalizas (Tabla 1).

Parámetros de calidad de agua en Chile

La NCh 1333 (modificada en 1987), establece los requisitos de calidad de agua para distintos usos, entre ellas el agua destinada al riego. De la misma manera, la NCh 409, modificada el 2005, define los requisitos de calidad de agua potable en todo el territorio nacional. En el Tabla 2 se presenta un resumen de las normas

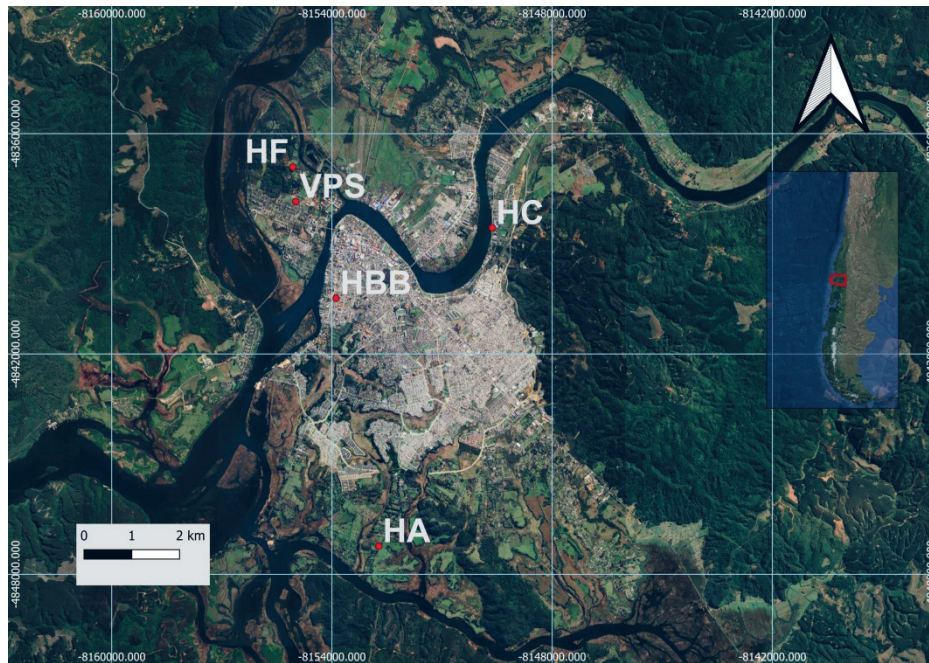


Figura 1. Ubicación de los huertos urbanos. VPS: Vivero Municipal Parque Saval, HF: Huerto Funaltun, HBB: Huerto Barrios Bajos, HA: Huerta Angachilla, HC: Huerta Agroecológica Collico.

Figure 1. Location of urban orchards. VPS: Saval Park Municipal Orchard, HF: Funaltun Orchard, HBB: Barrios Bajos Orchard, HA: Angachilla Orchard, HC: Collico Agroecological Orchard.

Tabla 1. Características de superficie, fuente de agua y cultivos de los huertos urbanos evaluados.

Table 1. Characteristics of surface area, water source and crops of the evaluated urban orchards.

Huertos urbanos	Superficie [m ²]	Fuente de agua	Cultivo
HC	7690	pozo	espinaca, acelga, cilantro
HA	3500	pozo	puerro, coliflor, beterraga
HBB	1100	lluvia	lechuga, alcachofa, arvejas
VPS	6900	pozo	lechuga, repollo
HF	680	lluvia	habas, ajo, puerro,

Tabla 2. Propiedades recomendadas a determinar en la evaluación de la calidad de agua para riego (NCh 1333) y potable (NCh 409) con sus respectivos valores críticos.

Table 2. Recommended properties to be determined in the evaluation of water quality for irrigation (NCh 1333) and drinking water (NCh 409) and their respective critical values.

Parámetro de calidad	Unidad	NCh 1333	NCh 409
pH	-	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
CE	μS/cm	7500	-
TDS	mg/L	5000	1500
Fe	mg/L	5	0,3

- : no definido

relevantes para este estudio, donde se exponen los parámetros de calidad de agua para riego y para consumo humano según las respectivas normas. Además, en la Tabla 3 se presentan los límites de restricción de uso de agua para riego establecido para su salinidad según NCh 1333.

Recolección y análisis de muestras

En cada huerto se realizaron 3 muestreos de agua según los procedimientos establecidos por las normas técnicas NCh 1333/Of.78 y NCh 409/1.Of.2005. Los parámetros evaluados fueron pH, CE, TDS y Fe, determinado de acuerdo a las metodologías propuestas en NCh 1333 y NCh409. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos de la Universidad Austral de Chile. Los resultados obtenidos, fueron estadísticamente analizados a través de un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medidas por el método de la Diferencia Mínima Significativa (test LSD $p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

pH

El valor máximo de pH se determinó para en VPS (7,1). En este huerto agua aprovechada para riego se toma de instalación de agua potable. Según Jimenez (2001) rangos aceptables de pH para que el agua pueda ser consumida por humano varía entre 6,5 y 8,5. Sin embargo, ambos extremos producen efectos perjudiciales para la salud, como p.ej.: irritación en órganos internos y en las mucosas (Galvin, 2003). Mantención de pH en estado neutro permite no solo evitar estos efectos, pero también disminuir incidencia de diabetes, y el desarrollo de esta enfermedad (Sofi *et al.*, 2014). Esto puede explicar pH distinto que en otros huertos, cuales son regados con agua del pozo o de la lluvia. En estos huertos el pH obtuvo valor de 6,5 para HC, 6,4 para HBB y 6,1 para HA y 5,8 para HF, sin presentar diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$) (Figura

2a). Estas variaciones pueden deberse a distintas condiciones del entorno donde se recolecta el agua y a la presencia de posibles contaminantes, p.ej.: influencia de factores naturales como drenaje ácido en zonas mineralizadas, o influencia antrópica como aguas servidas (DGA, 2004). Independiente de estas diferencias, el agua utilizada para riego en todos los huertos cumple con los parámetros de calidad establecidos en la NCh 1333, por lo que no se esperan efectos nocivos. Asimismo, Nissen *et al.* (2000), obtuvieron valores de pH por bajo de los determinados por la NCh 1333, al evaluar calidad de agua subterránea en las provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue. Si se considera los estándares para uso doméstico (NCh 409) solo VPS cumple con la normativa, debido a que el agua utilizada en este huerto proviene de la red de suministro de agua potable de la ciudad de Valdivia.

Conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales

La CE presentó el valor máximo en HC (405 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Otros huertos presentaron valores entre 21 y 153 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sin presentar diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$; Figura 2b) y siendo dentro de los límites establecidos como seguros por la norma 1333.

Sólidos disueltos totales cumplen con los valores permitidos por la norma (valor límite de 500 mg/L), presentando el valor máximo de 371 mg/L para HC. Otros huertos presentan valores menores (165,7; 64,7; 54 mg/L , para HA, HBB y VPS respectivamente), sin presentar diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$). Agua de HF a pesar de presentar valor min (32 mg/L) (Figura 2c), no presenta valor distinto que huertos HA, HBB y VPS.

Ambos parámetros utilizados para determinar la salinidad de agua se encuentran por debajo de los rangos indicados como no permitidos por ambas normas (750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para CE y 1500 mg/L para TDS) por lo cual no presentan el peligro para los cultivos y tampoco para el suelo de las huertas evaluadas. Estos resultados concuerdan con estudios de diagnóstico de calidad de agua subterránea de la Región de Los Ríos realizado por la

Tabla 3. Conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (TDS) con sus respectivos rangos según NCh 1333.

Table 3. Electrical conductivity (EC) and total dissolved solids (TDS) and their respective ranges according to NCh 1333.

Tipo de restricción de uso para riego	Parámetro de calidad de agua	
	CE [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	TDS [mg/L]
Sin efectos perjudiciales	≤ 750	≤ 500
Perjudica cultivos sensibles	750 – 1500	500 – 1000
Perjudica a la mayoría de los cultivos	1500– 3000	1000 – 2000
Uso en plantas tolerantes	> 3000	> 2000

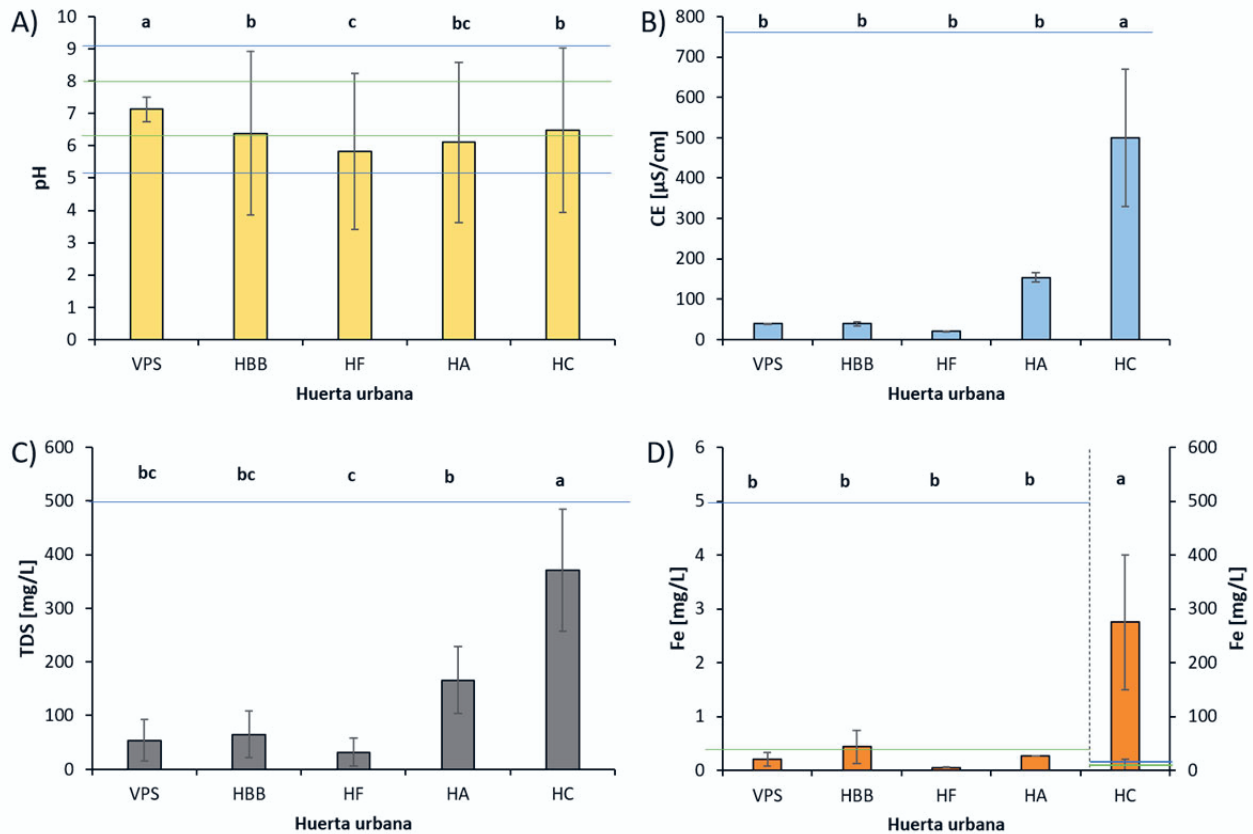


Figura 2. Valores de: a) pH, b) conductividad eléctrica (CE), c) sólidos totales disueltos TDS, d) Fe para los huertos investigados. Barras de color muestran el valor medio \pm error estándar. Letras distintas muestran diferencias ($p < 0,05$) entre los huertos evaluados. Líneas horizontales corresponden al valor crítico establecido por la NCh 1333 (riego) -azul y la NCh 409 (potable) -verde.

Figure 2. Values of: a) pH, b) electrical conductivity (EC), c) total dissolved solids TDS, d) Fe in the urban gardens investigated. Colour bars show the mean value \pm standard error. Different letters show differences ($p \leq 0.05$) among the urban gardens evaluated. Horizontal lines correspond to the critical value established by NCh 1333 (irrigation) -blue and NCh 409 (drinking) -green.

DGA (2020) donde se mostró que CE y TDS se ubicaron en rangos bajos dentro los acuíferos de la Región de Los Ríos. De la misma manera, Heredia (2008), al evaluar agua superficial de Valdivia (cuenca del río Valdivia), establece que esta presenta valores promedios por debajo de los límites establecidos para ambas normas, clasificándolos en grados de restricción de leve a moderada respecto a salinidad. Los resultados obtenidos fueron esperados, ya que la agua del sur de Chile en general no presentan problemas de salinidad. Agua salina está presente principalmente en la macrozona norte del país (González, 1986), ya que su salinidad es determinada por el tipo de suelos presente (Torres y Acevedo, 2008).

Hierro

La concentración de hierro no presentó diferencias entre los huertos VPS, HBB, HF, y HA, con valores los

cuales oscilan entre 0,1 y 0,4 mg/L ($p > 0,05$). La concentración de Fe en agua HC superó significativamente los valores de agua potable y de riego de los demás huertos ($p < 0,05$), presentando un valor de Fe de 275,3 mg/L (Figura 2d). Este valor excede el nivel establecido por la NCh 1333 (5 mg/L) en un 5000%, indicando que el agua utilizada en este huerto es altamente no recomendable para su aplicación en forma de riego ni para uso humano (valor máximo: 0,5 mg/L).

El agua para HC se extrae de pozo subterráneo. La alta cantidad de Fe en este tipo de extracciones es fenómeno común presente en agua de la Región de Los Ríos (DGA, 2020). También, la investigación de UChile-SAG (2005), indicó que el uso de agua subterránea entre las regiones IV y X debe realizarse con especial atención debido a altas concentraciones de hierro y manganeso de origen natural. Debido a este problema, el huerto Collico presenta problemas de “taponamiento” que disminuye el funcionamiento de la bomba hidráulica.

lica. Esta alta concentración de Fe fue visible a simple vista, presentando color pardo rojizo, lo cual proviene del Fe y gran cantidad de los sedimentos presentes. El mismo tipo de toma de agua (pozo profundo) tiene HA, sin presentar valores por sobre lo establecido como máximos permitidos (NCh 1333). Esto puede deberse a la profundidad de exploración de agua, las condiciones del material del sistema de riego por el cual circula el agua y la presencia de filtros dentro del sistema de riego (referencia). Finalmente, si bien el agua de riego en HBB cumple con la normativa para riego, no es apta para consumo humano al superar el límite de hierro permitido (0,3 mg/L).

Consideraciones futuras

La calidad de agua de los huertos con recolección de aguas lluvias no sobrepasó los límites establecidos en la NCh 1333, por lo cual es apta para riego y el consumo de los cultivos no implica riesgo para salud humana. Sin embargo, como la medida de precaución, se recomienda la utilización de tejados metálicos para la recolección de agua. Esto permite evitar la contaminación de agua por eventuales patógenos bacterianos y virales cuales en general se encuentran en bajas concentraciones en este tipo de agua (Yaziz *et al.*, 1989; Mendez *et al.*, 2011; Bae *et al.*, 2019). Asimismo, se recomienda cambiar el tejado en caso que este presenta desgaste y corrosión del material, que podría producir la liberación de los contaminantes. Por otro lado, se recomienda una frecuente desinfección del tanque de almacenamiento, instalación de un sistema de filtros para canaletas y el uso de materiales de tanque opacos para evitar la entrada de luz solar que produce la proliferación de algas (Deng, 2021).

Las concentraciones de CE y TDS no sobrepasaron valores establecidos por la norma. Sin embargo, tomando en cuenta su cercanía al valor límite que genera efectos perjudiciales, como menor altura de los tallos de los cultivos, disminución del área foliar (Romero, 2001, Goykovic y Saavedra, 2007) número de frutos (Carvajal *et al.*, 2006) y su peso (Goykovic y Saavedra, 2007) dentro de lo más importantes. Por lo tanto, se sugiere evitar sembrar cultivos sensibles a la salinidad como arveja, frijoles, zanahoria, rábanos (Ayers y Westcot, 1985). Para altas concentraciones de hierro en agua, que sobrepasan los límites de la NCh1333, se sugiere implementar filtros (de anillas) y tanques de decantación previo al riego para asegurar el buen funcionamiento de los elementos hidráulicos de la toma de agua, ya que el Fe produce obstrucción de las tuberías y en el caso de aplicación de sistema de riego por goteo y/o aspersión un taponamiento de los emisores. Adicionalmente, las concentraciones altas de Fe causan daño en tejidos foliares y traen efectos perjudiciales para la salud humana, aumentando el riesgo de cáncer

y condiciones neurodegenerativas (Bahiru, 2021). A pesar de que la calidad de la agua subterránea y ríos de la macrozona sur de Chile generalmente se considera buena (Nissen *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2004), el hierro emerge como un contaminante preocupante, con niveles que sobrepasan la normativa vigente.

CONCLUSIONES

Los huertos urbanos: Vivero Municipal Parque Saval (VPS), Huerto Funaltun (HF), Huerto Barrios Bajos “Ex Fábrica” (HBB), Huerta Angachilla (HA) ubicados en la ciudad de Valdivia, Región de Los Ríos cumplen con las normas de calidad de agua establecida con fines de riego (NCh 1333).

El Huerto Agroecológico Collico (HC) presenta valores muy elevados de la concentración de Fe, por lo cual es necesaria la instalación de los filtros de agua y/o piscinas decantadoras para asegurar cultivos aptos para consumo humano.

Respecto a la comparación con los parámetros de agua potable, sólo Vivero Parque Saval cumple con todos los requisitos establecidos en la NCh 409, por lo que, el uso de agua de otros huertos investigados debe estar restringida al regadío.

REFERENCIAS

- Alaimo, K., Packnett, E., Miles, R.A., Kruger, D.J., 2008. Fruit and vegetable intake among urban community gardeners. *Journal of nutrition education and behavior*, 40(2), 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2006.12.003>
- Alig R.J., Kline J.D., Lichtenstein M., 2004. Urbanization on the US landscape: looking ahead in the 21st century. *Landscape Urban Plan* 69(2):219–234.
- Armstrong, D.A., 2000. Survey of community gardens in upstate New York: implications for health promotion and community development. *Health & Place* 6(4), 319–327. [https://doi.org/10.1016/S1353-8292\(00\)00013-7](https://doi.org/10.1016/S1353-8292(00)00013-7)
- Ayers, R.S., Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 174p.
- Bae S., Maestre, J.P., Kinney, K.A., Kirisits, M.J., 2019. An examination of the microbial community and occurrence of potential human pathogens in rainwater harvested from different roofing materials. *Water Research* 159, 406–413. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.05.029>
- Bahiru, D.B., 2021. Evaluation of Heavy Metals Uptakes of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Under Irrigation Water of Akaki River, Central Ethiopia. *American Journal of Environmental Science and Engineering* 5(1), 6–14. <https://doi.org/10.11648/j.ajese.20210501.12>
- Carrasco, I.A., 2018. Caracterización fenotípica, fisiológica y molecular de la respuesta a salinidad y sequía en tomate cultivado (*Solanum Lycopersicum*) y silvestre (*S. pennellii*) (Doctoral dissertation, Universidad de Murcia).
- Carvajal, M.; Cerda, A.; Martínez, V., 2000. Modification of the response of saline stress tomato plants by the correc-

- tion of cations disorders. *Plant-Growth-Regul.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 30(1): 37- 47.
- CEPAL., 2012. Informe final y conclusiones del taller internacional sobre proyectos de seguridad alimentaria en zonas urbanas de América Latina “en imprenta”. En: Taller internacional: proyectos de seguridad alimentaria en zonas urbanas de América Latina. (noviembre 4-5, 2012). Santiago, Chile: CEPAL. 304 p.
- Galvín, R., 2003. Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. Madrid: Editorial Díaz de Santos. ISBN: 84-7978-590-X
- Hansen, T.H., Thomassen, M.T., Madsen, M.L., 2018. The effect of drinking water pH on the human gut microbiota and glucose regulation: results of a randomized controlled cross-over intervention. *Sci Rep* 8, 16626. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34761-5>
- Ministerio de Salud. Pautas para la calidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable, 1996. Servicio de Salud Valparaíso - San Antonio. Depto. Programas sobre el ambiente. Chile.
- Instituto Nacional de Normalización. Norma Chilena Oficial 409/1, 2005. Agua Potable: Requisitos. Santiago. Chile.
- Jiménez, B., 2001. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. México: UNAM y FEMISCA.
- Deng, Y., 2021. Pollution in rainwater harvesting: A challenge for sustainability and resilience of urban agriculture. *Journal of Hazardous Materials Letters* 2, 100037. <https://doi.org/10.1016/j.hazl.2021.100037>
- DGA (Dirección General de Aguas). 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Cuenca del río Maipo. CADE-IDEPE Consultores en Ingeniería: 201 pp.
- DGA (Dirección General de Aguas). 2020. Diagnóstico de la calidad de las aguas subterráneas de la Región de Los Ríos. Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (DCPRH), S,D,T N°418, Santiago.
- FAO. 2009. El huerto escolar. Orientaciones para su implementación, Abril de 2009. El Salvador, El Salvador.
- FAO. 2010. Agricultura climáticamente inteligente Políticas, prácticas y financiación para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación, pp. 13–14.
- FAO. 2014. Growing green cities in Latin America and the Caribbean. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Flores Molina, M., 2019. Experiencias de gobernanza comunitaria de infraestructura verde urbana en Chile: un análisis de los factores claves de éxito. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176613>
- García Becerra, K.I., 2020. Evaluación de calidad de agua para riego en Zona Centro-Norte de Chile y desarrollo de un proceso preliminar costos efectivo, para disminuir algunos excesos que incumplen la NCh 1333.
- González, M.S., 1986. Calidad de las aguas de riego en Chile. *Agricultura Técnica* 46, 467–474.
- Heredia, J., 2008. Monitoreo y diagnóstico de las aguas superficiales asociadas a la Cuenca hidrográfica del Río Valdivia. Valdivia, Chile.
- IEH (Instituto de Estudios del Hambre), 2010, Boletín temático sobre tecnologías sociales: Huertos comunitarios, Escolares y Familiares. (Bol. Men. N°7), Madrid, España: IEH. 7p.
- INN., 1987. [On-line]. Norma Chilena Oficial NCh 1333. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Instituto Nacional de Normalización de Chile. Santiago. Chile. Ministerio de Obras Públicas. N°30107. <https://ecommerce.inn.cl/nch13331978-mod.198741267>.
- Largo-Wight, E., 2011. Cultivating healthy places and communities: evidenced-based nature contact recommendations. *International Journal of Environmental Health Research* 21 (1), 41–61. <https://doi.org/10.1080/09603123.2010.499452>
- Martinez, S., del Mar Delgado, M., Marin, R. M., & Alvarez, S., 2018. The environmental footprint of an organic peri-urban orchard network. *Science of the total environment*, 636, 569-579.
- Mendez, C.B., Klenzendorf, J.B., Afshar, B.R., Simmons, M.T., Barrett, M.E., Kinney, K.A., Kirisits, M.J., 2011. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. *Water Research* 45 (5), 2049–2059. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.12.015>
- Majerus, V., P. Bertin, and S. Lutts., 2007. Effects of iron toxicity on osmotic potential, osmolytes and polyamines concentrations in the African rice (*Oryza glaberrima* Steud.). *Plant Sci.* 173, 96-105.
- Nissen, M.J., Garay V.M., Aguilera M.A., Valenzuela F.E., 2000. Calidad de aguas subterráneas de la Décima Región de Chile. *Agro Sur* 28(1), 25–39. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2000.v28n1-03>
- Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (DCPRH), 2021. Diagnóstico de la calidad de las aguas subterráneas de la Región de Los Lagos. S.D.T. N° 435. <https://snia.mop.gob.cl/sad/SUB5912.pdf>
- Olem, H., Berthouex, P.M., 1989. Acidic deposition and cistern drinking water supplies. *Environmental science & technology* 23, 333–340.
- Omer, N. H., 2019. Water quality parameters. *Water quality-science, assessments and policy*, 18, 1-34.
- Onyango DA, Entila F, Dida MM, Ismail AM, Drame KN., 2018. Mechanistic understanding of iron toxicity tolerance in contrasting rice varieties from Africa: 1. Morphophysiological and biochemical responses. *Funct Plant Biol.* ;46(1):93-105. doi: 10.1071/FP18129. PMID: 30939261; PMCID: PMC7705132.
- Ortega, F.S., Gallego, R.O., 2007. El riego con aguas de mala calidad en la agricultura urbana. Aspectos a considerar. II. Aguas residuales urbanas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 16(3), 25–27.
- Otárola, D., 2013. Comparación de la calidad de los servicios sanitarios de agua para consumo humano y de aguas servidas de la comuna de Futrono, Región de Los Ríos en dos períodos (2009 y 2011-2012), Valdivia. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fvo.77c/doc/fvo.77c.pdf>
- Pérez Ulloa, A., 2022. Aguas residuales municipales y su reutilización para riego agrícola en Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/191803>
- Rivera, N.R., Encina, F., Muñoz-Pedrerros, A., Mejias, P., 2004. La Calidad de las Aguas en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. *Información tecnológica* 15(5), 89–101. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642004000500013>
- Romero-Aranda, R.; Soria, T.; Cuartero, J., 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science.* 160: 265-272

- Rosales Vásquez, M., 2015. Estabilidad de la biomasa de tres cultivos bajo horticultura urbana en establecimientos educacionales de la comunidad de San Miguel, Santiago de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/149686>
- Shivcharan, V., Biraja P.M., Singh, K.P., Behera, B.R., Kumar, A., 2018. Dependence of precipitation of trace elements on pH in standard water, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, Vol. 420 (18-22), ISSN 0168-583X,
- Snowden, R.E.D., Wheeler, B.D., 1993. Iron toxicity to fen plant species. *Journal of Ecology* 35–46. <https://doi.org/10.2307/2261222>
- Summers, J.K., 2020. *Water Quality: Science, Assessments and Policy*. BoD–Books on Demand.
- Sofi, M. H., Gudi, R., Karumuthil-Meilethil, S., Perez, N., Johnson, B., Vasu, Ch., 2014. pH of drinking water influences the composition of gut microbiome and type 1 diabetes incidence. *Diabetes* 63, 632–644, <https://doi.org/10.2337/db13-0981> (2014).
- Teixeira, P., 1996. *Manual sobre Vigilancia Ambiental*. Ed OPS. Washington D.C.
- UCHile-SAG., 2005. Criterios de calidad de aguas o efluentes tratados para uso en riego. https://research.csiro.au/gestionrapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Criterios_de-calidad-de-aguas-o-efluentes-tratados-para-uso-en-riego-2005.pdf
- SERNAGEOMIN, GORE Los Lagos., 2008. Levantamiento hidrogeológico y potencial de agua subterránea del Valle Central de la Región de Los Lagos, Informe Final (Revisado). Servicio Nacional de Geología y Minería-Gobierno Regional de Los Lagos, Puerto Varas, Chile. 199 p.
- Torres, A., Acevedo, E., 2008. El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los Valles de Lluta y Azapa en el Norte de Chile. *Idesia* 26 (3), 31–44. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292008000300004>
- Valenzuela, E, R., Godoy, L., Almonacid, Barrientos, M., 2012. Calidad microbiológica del agua de un área agrícola-ganadera del centro sur de Chile y su posible implicancia en la salud humana. *Revista chilena de infectología* 29 (6), 628–634. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182012000700007>
- Varas, S., Vargas, F., 2016. Plan de negocios para venta de sistemas de cultivos hidropónicos automatizados Intelligent Garden. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/138615>
- Gojkovic, V., Saavedra, G., 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y practicas agronómicas de su manejo, *IDESIA*. 25 (3): 47-58.
- Wu LB, Shhadi MY, Gregorio G, Matthus E, Becker M, Frei M. 2014. Genetic and physiological analysis of tolerance to acute iron toxicity in rice. *Rice* 7: 1-12.
- Yaziz, M.I., Gunting, H., Sapari, N., Ghazali, A., 1989. Variations in rainwater quality from roof catchments. *Water Research* 23 (6), 761–765. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(89\)90211-X](https://doi.org/10.1016/0043-1354(89)90211-X)
- Xiufu, S., Zinati, G., 2005. *Management of Iron in Irrigation Water*. Rutgers University, New Jersey Agricultural Experiment Station: New Brunswick, New Jersey. Fact Sheet FS516. <https://njaes.rutgers.edu/fs516/>
- Zhang Y, Wang Q, Xu C, Sun H, Wang J, Li L., 2016. Iron (Fe²⁺)-induced toxicity produces morphological and physiological changes in roots in *Panax ginseng* grown in hydroponics. *Toxicological & Environmental Chemistry* 98: 630–637.