
INDICADORES PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL SUELO EN ÁREAS PERIURBANAS. VALLE DE QUILLOTA, CUENCA DEL ACONCAGUA, CHILE

MÓNICA MEZA ALIAGA, CARMEN PAZ CASTRO CORREA, KAREM PEREIRA ACUÑA y GUSTAVO PUGA MORALES

RESUMEN

El recurso suelo es importante por su rol para lograr el sustento alimentario de la población pero además cumple múltiples funciones ambientales relevantes para el ser humano. No obstante, es un recurso escasamente protegido y sometido a presiones por la multiplicidad e intensidad de sus usos, sufriendo una degradación constante que le impide mantener la calidad necesaria para su normal funcionamiento. Su uso y manejo presenta cambios en función de los modelos de desarrollo en cada país. En Chile, el proceso de reconversión productiva experimentado en la zona central y norte desde finales de la década de 1970, modificó los patrones de ocupación, uso y manejo del territorio, impactando en la sustentabilidad del suelo. El monitoreo de su calidad permite conocer los

cambios producidos y analizar la posible degradación generada a través del tiempo, para así tomar medidas informadas de prevención y mitigación del deterioro. Se evaluó la calidad del suelo (CS) en 2008 y 2015 en el periurbano de la ciudad de Quillota, Valle de Aconcagua, a través de parámetros químicos y de indicadores cualitativos estudiados en campo. Ambos análisis se articularon en un conjunto mínimo de datos (CMD) para el monitoreo de la CS. Los resultados arrojan disminución de la sustentabilidad del suelo en áreas próximas a la mancha urbana y la conurbación Quillota-La Cruz, evidenciando degradación en las últimas décadas, lo que constituye un problema ambiental significativo al tratarse de una de las zonas con mejor calidad de suelo del país.

 El suelo es un *continuum* que se caracteriza por una delgada capa de material mineral no consolidado en la super-

ficie de la corteza terrestre que es capaz de mantener vida animal y vegetal. Corresponde a un sistema vivo de trascendente importancia, para funcionar dentro de los

límites del ecosistema y el uso de la tierra, para sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y promover la

PALABRAS CLAVE / Calidad del Suelo / Degradación del Suelo / Indicadores Químicos / Reconversión Productiva /

Recibido: 21/09/2016. Modificado: 29/07/2017. Aceptado: 03/08/2017.

Mónica Meza Aliaga. Geógrafa, M.Sc. en Geografía, Mención en Recursos Territoriales, Universidad de Chile (UChile). Doctoranda en Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Becaria CONICYT. Académica, Universidad de Tarapacá, Chile. Dirección: Departamento de Ciencias Históricas y Geográficas, Facultad de Educación y Humanidades, Universidad de Tarapacá. Av. 18 de septiembre 2222, Arica, Chile. e-mail: msmezaa@uta.cl

Carmen Paz Castro Correa. Geógrafa, M.Sc. en Geociencias, Mención Geología Marina, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Brasil. Doctora en Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Universidad de Zaragoza, España. Académica, Universidad de Chile. e-mail: cpcastro@uchilefau.cl

Karem Pereira Acuña. Geógrafa y Licenciada en Ciencias Históricas y Geográficas. Estudiante de Maestría en Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Becaria CONACYT. Profesional, Universidad de Tarapacá, Chile. e-mail: karemconemell@gmail.com

Gustavo Puga Morales. Ingeniero Químico y Licenciado en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile. Profesor, Universidad Andrés Bello, Chile. e-mail: gpugamoraes@uandresbello.edu

sanidad vegetal y animal (Doran y Zeiss, 2000). El concepto de 'calidad del suelo' se refiere a la capacidad de éste para producir o ser utilizado sin degradarse ni perder sus funciones ambientales, por lo que corresponde a la capacidad del recurso para realizar sus funciones de forma sostenible (Garbisu *et al.*, 2007). Sus indicadores permiten evaluar las variaciones de las propiedades del suelo influenciadas por la acción antrópica y en escalas temporales acotadas (Doran *et al.*, 1994; Hünne Meyer *et al.*, 1997; Karlen *et al.*, 1997; Norfleet *et al.*, 2003; García *et al.*, 2012).

La degradación de suelos, por su parte, es considerada una ruptura del equilibrio de las propiedades de este recurso que limita su productividad y capacidad de mantener las funciones ambientales que le son propias, y es particularmente ocasionada por una explotación y manejo inadecuados. La degradación es un proceso cuyo origen se encuentra principalmente en fenómenos inducidos por los seres humanos, que reducen la capacidad actual y/o futura del suelo para sostener la vida en el planeta (Casanova *et al.*, 2006). Según Norfleet *et al.* (2003) la pedología, entre otros, evalúa la variación de las propiedades del suelo influenciada por los procesos naturales responsables de su formación. En contraste, la calidad del suelo mide las variaciones de las propiedades del suelo influenciadas por la acción antrópica y en escalas temporales más acotadas, constituyéndose en un concepto operativo para su seguimiento.

Estudios recientes han demostrado que la expansión urbana está consumiendo suelos de buena calidad para la agricultura y cómo este fenómeno altera las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Xia *et al.*, 2011; Vasenev *et al.*, 2013). En Chile se han producido en años recientes modificaciones importantes relacionadas al uso y manejo del recurso suelo en el marco del denominado proceso de reconversión productiva (Castro y Aliaga, 2010) que situó a los paltos (*Persea americana* Mill) como el cultivo más relevante de la zona, ocupando el tercer lugar después de la vid de mesa y el manzano en la fruticultura nacional. A este proceso se le suma además el significativo crecimiento urbano asociado a mejores expectativas económicas relacionadas al proceso de globalización (Hidalgo *et al.*, 2003; Castro y Ortiz, 2005) que ha provocado que suelos de buena calidad y alta productividad sean ocupados por actividad industrial o urbana, ocasionando la pérdida definitiva del recurso. Los fenómenos que se producen en la periferia urbana entonces podrían originar impactos negativos aso-

ciados a la degradación morfoedafológica, que de acuerdo con Bautista *et al.* (2004) están directamente relacionados con la pérdida de la capacidad inherente o potencial del suelo para producir flujos de bienes y servicios en el tiempo y a la modificación de sus servicios ambientales (Romero, 2003, 2004).

A escala regional, la zona central de Chile en general, y en lo particular la cuenca del Aconcagua, constituye un área representativa de la explotación intensiva y paulatinamente acrecentada de los recursos suelo y agua. La cuenca de Quillota en la sección media-baja del río Aconcagua, constituye un área testigo del proceso de modernización agrícola cuya expresión espacial está dada por cultivos de frutales en unidades del piedemonte y la expansión de la frontera agrícola por sobre los umbrales morfoedafológicos aceptables para evitar la erosión del suelo, así como la expansión de la mancha urbana de la ciudad de Quillota y su conurbación con la ciudad de La Cruz en suelos con muy buena capacidad de uso agrícola.

En este escenario la tarea de intensificar, preservar e incrementar la calidad de los suelos plantea el

desafío de contar con una sólida concepción acerca de la calidad del recurso y con indicadores de sustentabilidad (Bautista *et al.*, 2004; Espinoza y Malpica, 2007). A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad y del impacto que ello tiene en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no existen criterios universales para evaluar los cambios en su calidad (Arshad y Coen, 1992). Segnestam (2002) plantea la necesidad de identificar y utilizar indicadores locales para evaluar niveles de escala mayor (regiones, provincias, municipios), siendo relevante el estudio de los suelos en áreas periurbanas debido a la rápida transformación de éstos comparada con la evolución natural de los suelos (De Kimpe y Morel, 2000).

Con el propósito de generar indicadores que permitan realizar comparaciones, evaluaciones y monitoreo del recurso suelo en el espacio y el tiempo, se tomó como caso de estudio la zona periurbana de la ciudad de Quillota (Figura 1), por ser representativa de un acelerado proceso de reconversión productiva y expansión urbana dadas sus especiales condiciones de suelo y clima. Se

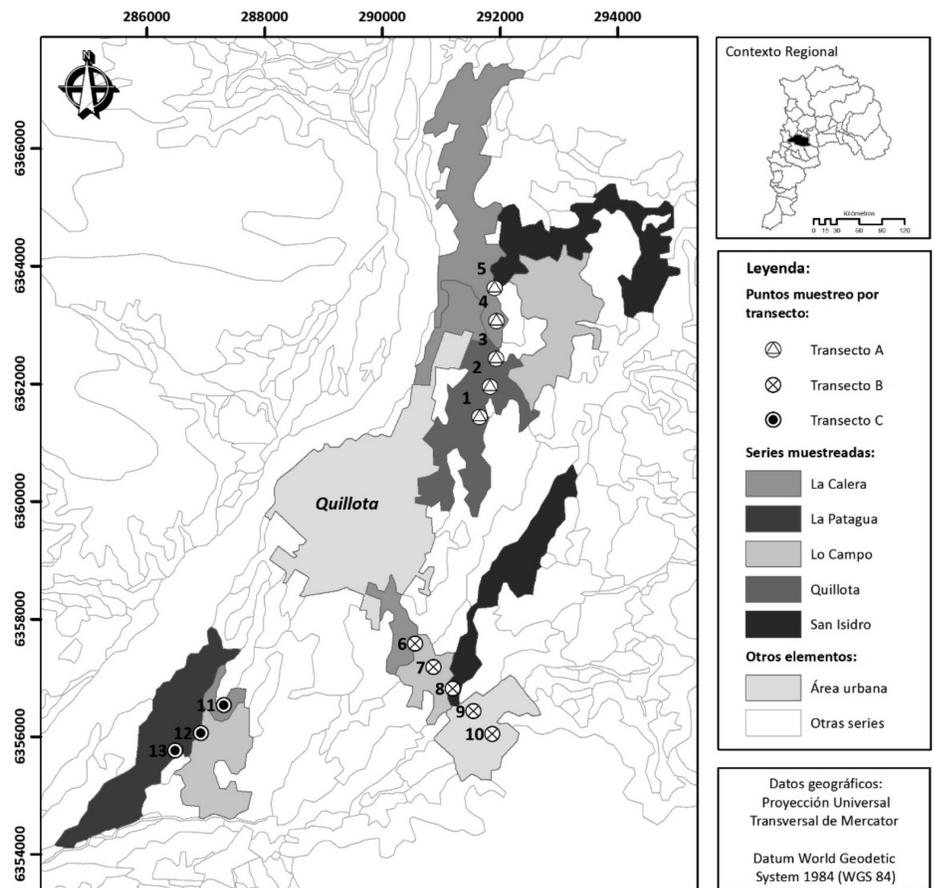


Figura 1. Área de estudio: periurbano de la ciudad de Quillota.

realiza una evaluación de los cambios en la calidad del suelo mediante indicadores químicos y de campo. El propósito es verificar el estado de la calidad de este recurso y detectar las variaciones que ha sufrido por uso y manejo en las últimas dos décadas. Se articulan los resultados en un conjunto de indicadores de la calidad del suelo que Pierzynski *et al.* (2005) denomina 'conjunto mínimo de datos' (CMD), el cual proporciona información cuantitativa y química sobre la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de la sustentabilidad, información que es útil para el seguimiento del recurso.

Metodología

Se realizaron dos tipos de análisis: 1) observaciones y mediciones en terreno, denominados 'indicadores cualitativos de campo', acordes con la metodología de Espinoza *et al.* (2007) y que corresponden a: a) abundancia de invertebrados, b) abundancia de lombrices, c) estado de la estructura del suelo, d) condiciones de infiltración, y e) situación de la compactación; y 2) análisis de muestras de suelo en laboratorio como sugiere Pierzynski *et al.* (2005) para la determinación de los indicadores químicos, considerando los siguientes parámetros: conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), reacción del suelo (pH), y capacidad de intercambio catiónico (CIC).

La toma de muestras para el análisis químico y las observaciones que arrojaron los indicadores de campo se efectuaron en el área periurbana de la ciudad de Quillota (32°54'S y 71°16'O) en la primavera de los años 2008 (en el marco del proyecto FONDECYT 1071098) y 2015 (asociado al proyecto del Proyecto UTA Mayor 5733-15). Los resultados de los análisis de laboratorio fueron comparados con una condición de referencia dada por el Estudio Agrológico de la V Región (CIREN, 1997) para cada serie de suelo muestreada. La finalidad de esta comparación es solo obtener una aproximación a la calidad del suelo existente una década antes del estudio realizado en 2008, reconociendo que la diferencia en los métodos de muestreo y de los análisis de laboratorio de ambos estudios no permiten realizar una comparación absoluta, sino una aproximación de la variación en calidad existente en 1997 para ser incorporada como antecedente. Los indicadores de calidad del suelo derivados de ambos métodos integran el CMD, lo que permitió sistematizar la información respecto de la disminución o mejoramiento de la calidad del suelo,

mediante la obtención de niveles de sustentabilidad (NS) bajo, medio y alto, de acuerdo con la naturaleza de cada parámetro medido y sobre la base de literatura especializada como se detalla en el tratamiento de los parámetros cualitativos y químicos.

Método de muestreo y evaluación

Se delinearon los transectos A, B y C (Figura 1), cuyo trazado se realizó desde el límite del área urbana de Quillota hacia el norte, sur y este de la ciudad. Los transectos A y B tienen una longitud de 2km cada uno y el C, por razones de accesibilidad dado el cambio de orientación del río Aconcagua, es de 1,5km. Se tomaron muestras simples cada 500m, compuestas en una sola muestra de cada sitio o unidad de muestreo, completando un total de 13 muestras compuestas que fueron enviadas al laboratorio. Las unidades de muestreo poseen características similares de pendiente, textura, drenaje, pedregosidad, uso y manejo del suelo, entre otros. Las muestras fueron extraídas del horizonte superficial del suelo (0-20cm), según lo considerado en la Norma Chilena NCh 2060-1999. El equipo de muestreo incluyó un balde, bolsas plásticas (todo nuevo y limpio), tarjetas de identificación, barreno y pala recta. Para la obtención de las muestras con palas, se limpió el suelo de restos vegetales y se introdujo la pala realizando un corte en 'V' para impedir el desmoronamiento del suelo, sacando tajadas de los paredes del corte de aproximadamente 3cm de espesor, depositando la parte central de la muestra en el balde. Esta operación se repitió cada 500m en la unidad de muestreo obteniendo la muestra compuesta. De ésta se extrae 2,5kg para depositar en la bolsa de plástico etiquetada para ser guardada en una nevera y enviada a laboratorio en menos de 24h.

Indicadores cualitativos de campo

Se realizaron observaciones cualitativas del suelo en los sitios de muestreo considerando las siguientes características del sitio como sugiere Espinoza *et al.* (2007): a) Sitios de muestreos uniformes, donde la uniformidad está definida por el número de especies de pasturas presentes, que en esta zona se encuentran asociadas al árbol leguminosa *Acacia caven* y corresponden a gramíneas como *Avena barvata*, *Bromus mollis*, *hordeum leporinum* y *Medicago polymorpha* (Ovalle *et al.*, 1997). b) Identificados los sitios de muestreo uniformes, se realizó un análisis cualitativo por sitio, evaluando tres sitios representativos dentro de cada predio de

un tamaño de ~100m². Se analizó la abundancia de invertebrados y lombrices, estado de la estructura del suelo y las condiciones de infiltración y compactación. La referencia para la puntuación obtenida por cada parámetro fue 1= bajo, 5= medio y 10= alto; oscilando a su vez cada una de estas puntuaciones en una escala de 1 a 10. Luego se obtuvo un promedio de los tres sitios evaluados para conseguir un valor por cada una de las 13 unidades de muestreo en los años 2008 y 2015. c) Finalmente, la referencia en cada ensayo (1= bajo, 5= medio y 10= alto) se asocia a un NS bajo, medio y alto a partir de los cuales varió el valor de cada indicador en la escala de puntuación de 1 a 10, los que se calibraron mediante la observación en relación al comportamiento de cada sitio para ser integrados como niveles de sustentabilidad bajo, medio y alto, al CMD junto a los indicadores cuantitativos.

Indicadores químicos

El análisis químico de muestras de suelo se realizó en un laboratorio acreditado por la Comisión Nacional de Acreditación (CNA) de la Sociedad de Ciencias del Suelo de Chile. Las muestras se secaron al aire a temperatura no superior de 40°C hasta llegar a masa constante, procedimiento con la ventaja de dejar al suelo con el contenido óptimo de humedad para manipularlo y procesarlo (Sadzawka *et al.*, 2006). Una vez secas las muestras fueron tamizadas en una malla de 2mm. El pH se midió por potenciometría, preparando una solución compuesta con suelo y agua en una relación 1:2,5. En el sobrenadante se determina el valor del pH con peachímetro Oyster, modelo pp-203 (Sadzawka *et al.*, 2006). La conductividad eléctrica se determinó preparando una pasta de suelo saturado con agua que fue filtrada al vacío. En el extracto resultante se determinó la conductividad eléctrica con un conductímetro Thermo, modelo Russell RLO60C. La materia orgánica se determinó a través de la oxidación de ésta con dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) 0,5M y ácido sulfúrico 18,3M. Posteriormente se midió el cromato reducido por la materia orgánica por la absorbancia de la solución resultante en espectrofotómetro de absorción molecular Jenway modelo 7305 a 600 nm (Sadzawka *et al.*, 2006). El valor de materia orgánica (MO) se calculó de la curva de calibración del espectrofotómetro. Para cuantificar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo se debió realizar tres procesos previos a su medición: primero, saturar el suelo con una disolución de acetato de sodio 1N y pH 8,2; segundo, lavar con alcohol abso-

luto todo el sólido resultante y, en tercer lugar, para poder extraer todo los cationes solubles del suelo, saturar nuevamente con una disolución el sólido restante, esta vez con acetato de amonio acetato de amonio 1N pH 7. Finalmente, en el sobrenadante de esta disolución los cationes son medidos por espectrometría de absorción atómica utilizando un espectrofotómetro Varian modelo 220 (Sadzawka *et al.*, 2006).

La sistematización de estos indicadores se hizo categorizando cada parámetro de acuerdo a sus niveles y concentraciones considerados en la literatura especializada como deficientes, normales y altos. Se utilizaron los estudios de Sadzawka *et al.* (2006) para categorizar los niveles de pH y CE; de Casanova *et al.* (2006) para los valores de MO y de Rugiero (2006) para la CIC. Posteriormente se asignaron los NS bajo, medio y alto en función de los resultados arrojados por cada indicador para integrarlos en el CMD junto a los indicadores cualitativos.

Niveles de sustentabilidad

Los niveles de sustentabilidad (NS) constituyen el estado desde el cual un suelo puede mejorar o comenzar a empeorar la calidad del suelo que le permite mantener sus diversas funciones ambientales. De este modo, el resultado de la evaluación cualitativa y química de cada indicador se tradujo en un NS bajo, medio o alto para cada parámetro, de acuerdo al intervalo óptimo de valores sugeridos para los indicadores cualitativos (Espinoza *et al.*, 2007) y para los indicadores químicos (Sadzawka, 2006; Casanova *et al.*, 2006; Rugiero, 2006).

La sustentabilidad se presentó mediante un gráfico radial para cada muestra de suelo tomada y se identificaron tres niveles (bajo, medio y alto). En los gráficos, el círculo interior (1) representa el mínimo del rango de valor óptimo o bajo el nivel de sustentabilidad para cada parámetro. El siguiente círculo (2) corresponde al valor de sustentabilidad media y el subsiguiente (3) al valor máximo o alto nivel de sustentabilidad que podría dar cuenta de que el uso y manejo que se le está dando al suelo permitiría sustentar condiciones de calidad adecuadas para el uso agrícola.

Resultados

Indicadores cualitativos de campo

El resultado de la ponderación de los indicadores de campo se presenta en la Tabla I. Entre los resultados más representativos están:

El indicador 'invertebrados' presenta homogeneidad en el periodo 2008-2015 con niveles de sustentabilidad medios, mientras que las cuevas de lombrices disminuyen en 46% de las muestras, particularmente en aquellas que se encuentran en la zona de conurbación entre las ciudades de Quillota y La Cruz (muestras A1, A2 y A3) y aquellas más próximas a la mancha urbana de Quillota hacia el sur-este como la muestra B7. Las muestras C11 y C12 se encuentran aguas abajo de la ciudad y podrían estar siendo afectadas por escorrentía superficial y el consiguiente arrastre y deposición de sedimentos.

El indicador 'lombrices' reduce su NS en el 61% de las muestras, repitiéndose el patrón en las muestras del área de conurbación ya señalada, el área próxima a Quillota y las muestras que se encuentran aguas abajo de la ciudad.

La estructuración del suelo se mantiene en niveles altos de sustentabilidad en 46% de las muestras, siendo inferior en el área de conurbación y en las muestras C11 y C13.

La infiltración presenta un patrón de conducta similar en lo que a localización se refiere, disminuyendo su nivel de sustentabilidad en 61% de las muestras.

La compactación se mantiene en un NS alto en 46% de las muestras y pasa de una clasificación de suelo compacto a medianamente compacto en las restantes muestras.

Indicadores químicos y conjunto mínimo de datos

Los resultados, sistematización y clasificación se presentan en la Tabla II para las muestras tomadas, por indicador químico y serie de suelo, tanto para el año de referencia (1997) como para los años medidos (2008 y 2015) con el objeto de detectar las variaciones. Cabe aclarar que los puntos de muestreo son exactamente los mismos para ambos años. Conjuntamente se configuró el CMD con los indicadores cualitativos y cuantitativos por cada una de las muestras de suelo.

Reacción del suelo (pH). El pH promedio fue de 7,8. Este indicador tiende a la alcalinidad en 69% de las muestras; porcentaje representado por suelos de origen lacustre, franco arcillosos, de topografía plana y drenaje imperfecto (serie Quillota) y suelos de origen también lacustre, textura franco arcillosa, que descansan sobre un 'pan de carbonatos' que impide todo desarrollo radicular y con drenaje imperfecto (serie San Isidro),

mientras que los suelos de origen lacustre, franco arcilloso, de topografía plana y drenaje moderadamente lento representados por la serie Lo Campo mantienen su condición de moderada alcalinidad con niveles sustentabilidad medios al año 2015 (Figuras 2A2, A4, A5, B6, B8, B9 y B10). Suelos de origen aluvial, de textura franca a franco arcillo limosa, con buen drenaje y suelos de origen aluvial, franco limoso, de topografía plana y drenaje imperfecto, representados por las series La Calera y La Patagua, respectivamente, presentan menor alcalinidad, aumentando su NS de medio a alto (Figuras 2C12 y C13). El patrón de disminución del NS en el área de conurbación Quillota-La Cruz y en el área adyacente a la mancha urbana de la ciudad de Quillota hacia el sureste vuelve a repetirse en este indicador. Es importante considerar que aunque los NS en su mayoría son de medios a altos, en 76% de las muestras aumentó el pH.

Las muestras representadas por las Figuras 2C11, C12 y C13 presentan altos NS, pues al año 2015 el pH se ha mantenido cercano al valor neutro, lo cual puede estar dando cuenta de la supervisión de profesionales y monitoreo del suelo para la producción agrícola.

Conductividad eléctrica (CE). En 1997, 100% de las series de suelo muestreadas presentaba niveles óptimos de CE; es decir, correspondían a suelos no salinos. Esta condición se ha mantenido en 61% de las muestras al año 2015 (Figuras 2A1, A3, A4, A5, B8, B9, B10 y C11) que ponderan en NS altos distribuidos espacialmente en las muestras del área de conurbación urbana y las que se encuentran más lejanas a la mancha urbana de Quillota en dirección sureste. Por su parte, las muestras A2, B7, C12 y C13 pasan de una CE no salina a una ligera y moderadamente salina, lo que las hace reducir su NS de alto a medio en el periodo 2008-2015 (Figuras 2A2, B7, C12 y C13).

Materia orgánica (MO). Los resultados arrojan que 84% de las series presentaba en el año 1997 niveles de MO apreciables, por lo que se clasificaron con NS altos. La excepción la constituían las muestras C12 y C13 con niveles algo deficientes, lo que se tradujo en un NS bajo (Figuras 2C12 y C13). Entre los años 2008 y 2015 este indicador aumenta de manera considerable, lo que no necesariamente se traduce en NS altos, pues los suelos con elevadas concentraciones de materia orgánica poseen la capacidad de retener agua, lo que puede ser perjudicial para las plantas, particularmente cuando la especie tiende a la asfixia radicular como es el caso del palto; de modo que

TABLA I
PUNTAJE Y NIVELES DE SUSTENTABILIDAD DE INDICADORES CUALITATIVOS DE CAMPO

Tipo Ensayo	Característica descriptiva	Muestras															
		A1 QLT	A2 QLT	A3 LCM	A4 LCM	A5 SDR	B6 QLT	B7 QLT	B8 SDR	B9 SDR	B10 SDR	C11 SDR	C12 CAL	C131 PAT			
Invertebrados	No se ven insectos	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
	Se ven algunos insectos	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
Invertebrados	Mucha actividad biológica, abundantes insectos	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
	No se ve presencia de cuevas	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
Lombrices	Se ven algunas cuevas	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
	Muchas cuevas	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
Lombrices	No se ven lombrices	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
	Se ven algunas lombrices	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
Lombrices	Abundantes lombrices	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
	Suelo polvoroso, sin gránulos	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
Estructura	Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
	Suelo granular, agregados mantienen forma después de aplicar presión suave aún humedecidos	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
Infiltración	Se anega	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
	Agua se infiltra lentamente	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
Infiltración	Agua se infiltra fácilmente	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
	Compacto (no penetra)	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
Compactación	Presencia de capa compacta delgada (5cm)	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015
	Suelo no compacto (penetra 5-15cm)	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015	2008	2015

Leyenda niveles de sustentabilidad



Adaptado con base en Espinoza *et al.* (2007).

TABLA II
COMPARACIÓN DE INDICADORES QUÍMICOS,
CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN Y NIVEL DE SUSTENTABILIDAD

Serie suelo	N° muestra	Año	Potencial hidrógeno			Conductividad eléctrica			Materia orgánica			Capac. Interc. Catiónico		
			pH	Categoría pH	NS	CE mS·cm ⁻¹	Cat. CE	NS	MO (%)	Categoría MO	NS	CIC (meq Na/100g)	Categoría CIC	NS
QLT	A1	1997	7,6	déb alcalino	Alto	1	no salino	Alto	6,7	Apreciable	Alto	41,2	Elevada	Alto
		2008	7,7	déb alcalino	Alto	0,6	no salino	Alto	3,9	Algo deficiente	Bajo	44,7	Elevada	Alto
		2015	7,8	déb alcalino	Alto	0,9	no salino	Alto	11,4	Muy elevada	Medio	24	Elevada	Alto
QLT	A2	1997	7,6	déb alcalino	Alto	1	no salino	Alto	6,7	Apreciable	Alto	41,2	Elevada	Alto
		2008	7,7	déb alcalino	Alto	0,8	no salino	Alto	4,0	Algo deficiente	Bajo	44,7	Elevada	Alto
		2015	7,9	mod alcalino	Medio	2,53	lig salino	Medio	7,8	Apreciable	Alto	21,44	Elevada	Alto
LCM	A3	1997	7,9	mod alcalino	Medio	1	no salino	Alto	6,9	Apreciable	Alto	25,5	Elevada	Alto
		2008	7,9	mod alcalino	Medio	0,9	no salino	Alto	2,2	Deficiente	Bajo	37,14	Elevada	Alto
		2015	8,06	mod alcalino	Medio	1,14	no salino	Alto	8,2	Elevada	Medio	22,19	Elevada	Alto
LCM	A4	1997	7,9	mod alcalino	Medio	1	no salino	Alto	6,9	Apreciable	Alto	25,5	Elevada	Alto
		2008	7,9	mod alcalino	Medio	0,5	no salino	Alto	4,3	Normal	Alto	49,8	Elevada	Alto
		2015	8,23	mod alcalino	Medio	0,7	no salino	Alto	8,6	Elevada	Medio	21,47	Elevada	Alto
SDR	A5	1997	7,4	déb alcalino	Alto	1	no salino	Alto	7,8	Apreciable	Alto	43,7	Elevada	Alto
		2008	7,5	déb alcalino	Alto	0,9	no salino	Alto	3,1	Algo deficiente	Bajo	35,63	Elevada	Alto
		2015	8,1	mod alcalino	Medio	0,47	no salino	Alto	9	Elevada	Medio	20,07	Elevada	Alto
QLT	B6	1997	7,6	déb alcalino	Alto	1	no salino	Alto	6,7	Apreciable	Alto	41,2	Elevada	Alto
		2008	8,0	mod alcalino	Medio	2,1	lig salino	Medio	3,9	Algo deficiente	Bajo	34,5	Elevada	Alto
		2015	8,2	mod alcalino	Medio	0,6	no salino	Alto	8,2	Elevada	Medio	22,06	Elevada	Alto
QLT	B7	1997	7,6	déb alcalino	Alto	1	no salino	Alto	6,7	Apreciable	Alto	22,88	Elevada	Alto
		2008	7,9	mod alcalino	Medio	0,7	no salino	Alto	5,6	Apreciable	Alto	51,1	Elevada	Alto
		2015	7,7	déb alcalino	Alto	2,7	lig salino	Medio	9,6	Elevada	Medio	22,88	Elevada	Alto
SDR	B8	1997	7,4	déb alcalino	Alto	1	no salino	Alto	7,8	Apreciable	Alto	43,7	Elevada	Alto
		2008	8,1	mod alcalino	Medio	0,9	no salino	Alto	5,5	Apreciable	Alto	55,2	Elevada	Alto
		2015	8,1	mod alcalino	Medio	0,6	no salino	Alto	17,6	Muy Elevada	Medio	26,28	Elevada	Alto
SDR	B9	1997	7,4	déb alcalino	Alto	1	no salino	Alto	7,8	Apreciable	Alto	43,7	Elevada	Alto
		2008	7,5	déb alcalino	Alto	0,9	no salino	Alto	3,1	Algo deficiente	Bajo	52,3	Elevada	Alto
		2015	8,3	mod alcalino	Medio	0,8	no salino	Alto	11	Muy elevada	Medio	23,37	Elevada	Alto
SDR	B10	1997	7,4	déb alcalino	Alto	1	no salino	Alto	7,8	Apreciable	Alto	43,7	Elevada	Alto
		2008	7,5	déb alcalino	Alto	0,9	no salino	Alto	3,1	Algo deficiente	Bajo	36,5	Elevada	Alto
		2015	8,8	fuert alcalino	Bajo	1,3	no salino	Alto	9	Elevada	Medio	21,76	Elevada	Alto
SDR	C11	1997	7,4	déb alcalino	Alto	1	no salino	Alto	7,8	Apreciable	Alto	43,7	Elevada	Alto
		2008	8,0	mod alcalino	Medio	0,5	no salino	Alto	2,8	Algo deficiente	Bajo	31,1	Elevada	Alto
		2015	7,8	déb alcalino	Alto	0,4	no salino	Alto	4,8	Normal	Alto	19,25	Elevada	Alto
CAL	C12	1997	8,2	mod alcalino	Medio	0,7	no salino	Alto	3,1	Algo deficiente	Bajo	21,6	Elevada	Alto
		2008	7,8	déb alcalino	Alto	0,5	no salino	Alto	1,8	Deficiente	Bajo	29,7	Elevada	Alto
		2015	7,3	déb alcalino	Alto	5,4	mod salino	Medio	7,2	Apreciable	Alto	23,05	Elevada	Alto
PAT	C13	1997	8,0	mod alcalino	Medio	1,4	no salino	Alto	2,9	Algo deficiente	Bajo	25,2	Elevada	Alto
		2008	7,9	mod alcalino	Medio	2,8	lig salino	Medio	2,5	Deficiente	Bajo	22,83	Elevada	Alto
		2015	7,0	neutro	Alto	5,1	mod salino	Medio	7,8	Apreciable	Alto	19,38	Elevada	Alto

NS: nivel de sustentabilidad, déb: débilmente, lig: ligeramente, mod: moderadamente, fuert: fuertemente. Elaborada a partir de datos de Proyecto UTA Mayor 5733-15, proyecto FONDECYT 1071098, Meza (2010), CIREN-CORFO (1997), Sadzawka (2006), Luzio y Casanova (2006) y Rugiero (2006).

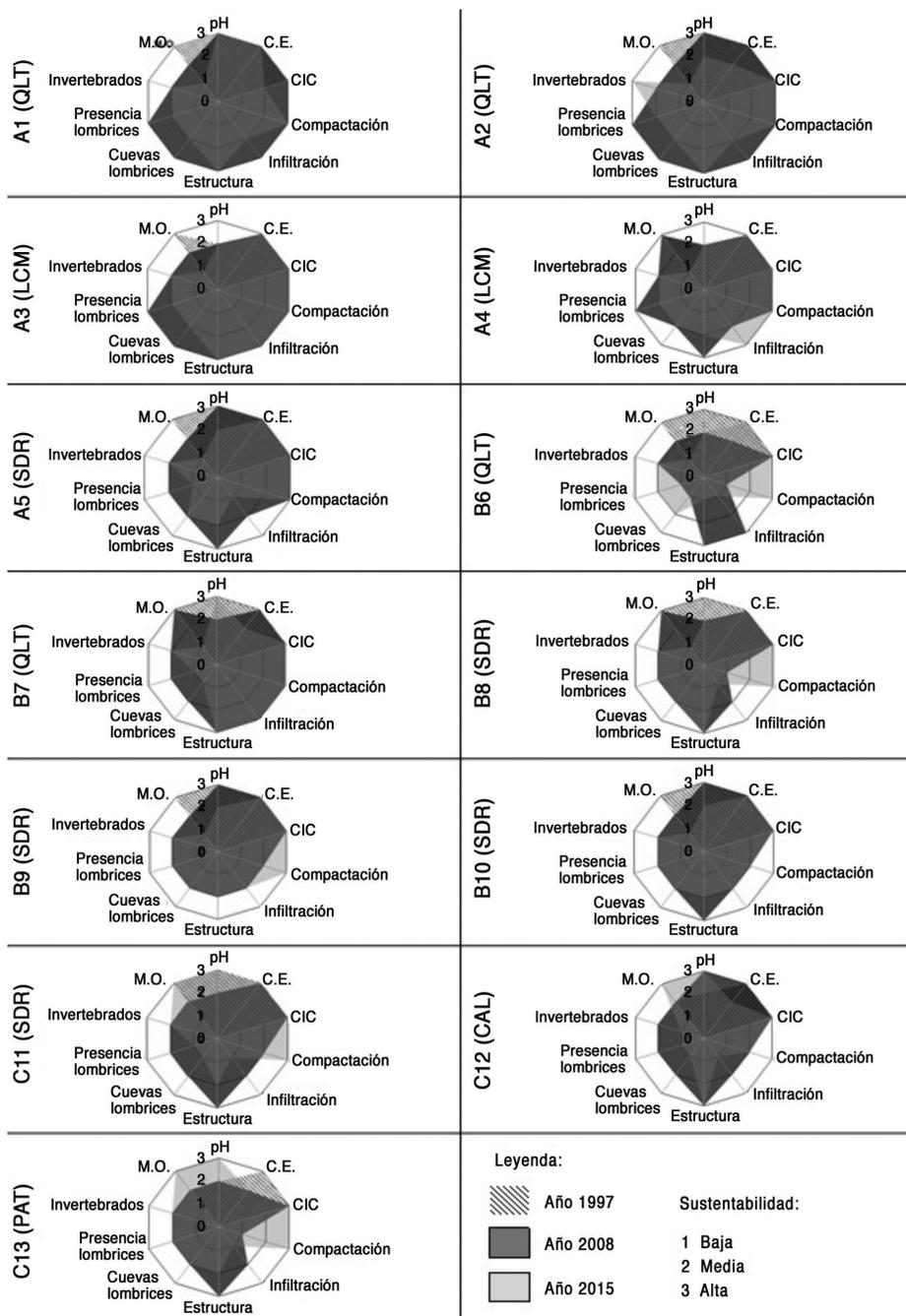


Figura 2. Conjunto mínimo de datos por unidad de muestreo.

las muestras con alto contenido de materia orgánica fueron calificadas con niveles medios de sustentabilidad (Figuras 2A1, B3 y B7). El importante aumento que ha sufrido la M.O. en el área de estudio podría explicarse por la cantidad de enmiendas orgánicas que se le han incorporado al suelo sin considerar las necesidades de los cultivos específicos en las parcelas.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC). Respecto a este indicador el NS se mantiene alto en el 100% de las muestras. Sin

embargo, es importante notar que la CIC disminuye de manera importante en todas las muestras recogidas a pesar de su ponderación.

De los NS obtenido y ordenados en el conjunto mínimo de datos se puede señalar que ninguna muestra cuenta con niveles altos en todos los parámetros medidos. Sin embargo, la organización de la información en un CMD permite identificar de manera rápida y para un usuario no experto, qué indicadores merecen mayor atención para gestio-

nar las mejoras pertinentes. En general, el año 2008 los indicadores de campo se sitúan en NS bajo y medio; sin embargo, la tendencia al 2015 en las muestras situadas en el área de conurbación es a la disminución de los niveles de sustentabilidad, lo que se refuerza mediante el análisis de los indicadores químicos pH y CE.

La muestra B6, adyacente al límite urbano de Quillota es la que presenta la más baja sustentabilidad en el gráfico del CMD (Figura 2B6), seguidas por las muestras C12 y C13 (Figuras 2C12 y C13), resultado que se condice con su evaluación química, en tanto que la muestra A3 es la que cuenta con mejores niveles de sustentabilidad en el periodo 2008-2015; esto a pesar de su localización en el área de conurbación y al momento del muestreo 2015, presentaba una variedad de cultivos frutales como paltos, nísperos, chirimoyas y cítricos.

Discusión y Conclusiones

Autores como Sojka y Upchurch (1999) plantean la necesidad de obtener evaluaciones de la calidad del suelo que examinen objetiva y simultáneamente los resultados –positivos o negativos– de los indicadores a través del tiempo, lo que motivó a realizar una aproximación a este tipo de estudios, considerando parámetros cualitativos y cuantitativos del suelo en el área periurbana de la ciudad de Quillota, obtenidos en distintas décadas, con el propósito de generar un conjunto de indicadores útiles y de fácil seguimiento.

Se evidencia que la degradación del suelo en el área periurbana de la ciudad de Quillota, constituye un proceso ‘silencioso’ que solamente es factible revelar con una evaluación en terreno y en laboratorio de muestras de suelo, dada la sutileza de los cambios en los distintos indicadores. Los parámetros químicos permiten inferir que los suelos han sufrido un desgaste atribuido al uso y manejo. Por un lado se aprecia un aumento en el pH y MO, y por el otro lado se observa cómo los demás parámetros (CE y CIC) disminuyen en el periodo muestreado. Un aumento de pH y MO en cualquier suelo va de la mano del aumento en la aplicación de fertilizantes. En la zona, la MO experimentó un aumento en 100% de las muestras. En relación a este indicador, Quiroga y Funaro (2004) sugieren que constituye un parámetro importante ya que sostiene una influencia significativa sobre su productividad, de modo que los agricultores al conocer este beneficio la incorporan al suelo, aunque sin verificar los requerimientos de cada especie vegetal que se cultiva, aumen-

tando sus porcentajes hasta niveles que pueden ser perjudiciales en función del uso específico que se le da al suelo. La salinidad ha aumentado en 46% de las muestras, y el pH en 61% de las mismas, lo cual constituye una señal de degradación y disminución de los niveles de sustentabilidad.

Los indicadores de campo muestran una disminución de los niveles de sustentabilidad entre el periodo 2008 y 2015 en el área de conurbación Quillota-La Cruz, próximo a la mancha urbana de la ciudad de Quillota en dirección sureste y en las muestras que se localizan aguas abajo del río Aconcagua. Lo anterior permite inferir una degradación de suelos, como sostuvieron Romero y Órdenes (2002), en el sentido de que la urbanización de las cuencas es la perturbación ambiental más grave e irreversible a la que puede estar sometido el ambiente natural. Por este motivo, solo debe realizarse sobre espacios con gran capacidad de recuperación y resistencia. Si bien los indicadores de campo se obtuvieron mediante procedimientos relativamente sencillos realizados en terreno, constituyen una aproximación interesante a considerar pues reflejan determinada condición en un momento dado, lo que permite realizar de manera rápida un diagnóstico de la salud del suelo para poder ajustar los mecanismos de uso, manejo y producción tendientes al equilibrio entre rendimiento y preservación del recurso suelo a tiempo. Por su parte, con el conjunto mínimo de datos es posible precisar los puntos críticos que se deben ajustar para lograr un manejo sostenible del suelo y constituye una base de información de gran utilidad que permite un monitoreo del recurso, posible de ser aplicado por la persona que trabaja la tierra, detectando de esta forma aquellas tendencias que manifiestan cada uno de los indicadores evaluados en su contexto territorial asociado al uso y manejo del recurso.

La cuenca de Quillota, ha sido testigo de un proceso de reconversión productiva y ampliación de la frontera agrícola hacia las laderas de los cerros. Las prácticas de manejo del cultivo de frutales en ladera, que corresponden principalmente a camellones a favor de la pendiente, facilita la remoción del material sedimentario que es conducido y arrastrado hacia zonas bajas por la acción del agua. Según Youlton (2005) el espacio entre camellones se convierte en un canal de desagüe, proceso que se ve favorecido durante eventos de precipitaciones intensas y con capacidad erosiva, como los que se producen en el área de estudio. De esta forma el material sedimentario depositado en el fondo de la terraza flu-

vial, puede estar cubriendo suelos de buena calidad e importante aptitud agrícola, contribuyendo a la disminución de la calidad de los suelos en la cuenca de Quillota por efecto de soterramiento (Meza, 2010). Sin embargo, no existen estudios que avalen lo anterior para la zona periurbana analizada. El impacto mayor provocado por la modernización agrícola en la zona pareciera estar más relacionado con el uso intensivo que se ha dado a los suelos buscando una mayor y permanente productividad asociada a las plantaciones frutales para exportación, que ha incidido en el deterioro de la calidad del suelo, según lo indicado por los resultados obtenidos.

En relación a la expansión urbana, estudios recientes han demostrado que dicha expansión está consumiendo suelos de alta calidad en una proporción mayor que a los suelos de menor calidad (Salvati *et al.*, 2014). Ello posiblemente está alterando la distribución espacial de la base de recursos del suelo, haciendo que los sistemas productivos surgidos en el contexto del desarrollo neoliberal, debido a los beneficios económicos generados y su situación tanto general como específica, han escapado al rol planificador del Estado. Lo anterior es una razón por la que el proceso productivo que experimenta el área de estudio debería procurar mantener la sustentabilidad pues, sin lugar a dudas, en la actualidad las prácticas de manejo han alcanzado una dinámica acelerada que pone en riesgo el equilibrio natural de los recursos naturales y en particular al suelo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido desarrollada en el marco del Proyecto UTA Mayor 5733-15. Los autores agradecen a CD HACS, UTA-MINEDUC y a los agricultores y quienes trabajan la tierra en el valle de Quillota, que permitieron acceder a las parcelas para realizar el muestreo.

REFERENCIAS

- Arshad MA, Coen GM (1992) Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *Am. J. Altern. Agric.* 7: 25-31.
- Bautista A, Etchevers J, del Castillo R, Gutiérrez C. (2004) La calidad del suelo y sus indicadores. *Rev. Electr. Ecosistemas*. Año XIII N° 2. Oaxaca. México.
- Casanova M, Vera W, Luzio W (2006) Rasgos morfológicos de los suelos. En Luzio W, Casanova M (Eds.) *Avances en el Conocimiento de los Suelos de Chile*. Santiago, Chile. pp. 43-90.
- Castro CP, Ortiz J (2005) Expansión urbana y niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales

en una ciudad tamaño medio: La Serena, Región IV de Coquimbo. En Hidalgo R, Tumber R, Borsdorf A (Eds.) *Transformaciones Urbanas y Procesos Territoriales del Nuevo Dibujo de la Ciudad Latinoamericana*. Serie GEOlibros N° 4. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile. pp. 299-306.

- Castro CP, Aliaga C (2010) Evaluación de la pérdida de suelo, asociada al proceso de expansión urbana y reconversión productiva. Caso: comunas de Los Andes, Quillota y Concón, valle del Aconcagua. *Rev. Geogr. Norte Gde.* 45: 41-49.
- CIREN (1997) *Estudio Agrológico V Región*. Centro de Información de Recursos Naturales. Santiago, Chile. pp. 366.
- De Kimpe C, Morel J (2000) Urban soil management: a growing concern. *Soil Sci.* 165: 31-40.
- Doran JW, Parkin TB (1994) Defining and assessing soil quality. En Doran JW, Coleman DC, Bezdicek DC, Stewart BA (Eds.) *Defining and Assessing Soil Quality for Sustainable Environment*. Publicación especial N° 35. Soil Science Society of America. Madison, WI, EEUU. pp. 3-21.
- Doran JW, Zeiss MR (2000) Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl. Soil Ecol.* 15: 3-11.
- Espinoza Y, Malpica L (2007) Mediciones simples para evaluar el estado de la calidad y salud del suelo bajo pasturas. INIA-CENIAP. Maracay, Venezuela. www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/mediciones-simples-evaluar-estado-t1441/p0.htm.
- Garbisu C, Becerril JM, Epelde L, Alkorta I (2007) Bioindicadores de la calidad del suelo: Herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador. *Ecosistemas* 16(2): 44-49.
- García Y, Ramírez W, Sánchez S (2012) Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos Forrajes* 35: 125-138.
- Hidalgo R, Salazar A, Álvarez L (2003) Los condominios y urbanizaciones cerradas como nuevo modelo de construcción del espacio residencial en Santiago de Chile (1992-2000). *Scripta Nova* 7(123). [www.ub.edu/geocrit/sn/sn-146\(123\).htm](http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-146(123).htm)
- Hünemeyer J, De Camino R, Müller S (1997) *Análisis del Desarrollo Sostenible en Centroamérica: Indicadores para la Agricultura y los Recursos Naturales*. IICA/GTZ. San José, Costa Rica. 157 pp.
- Karlen DL, Mausbach MJ, Doran JW, Cline RG, Harris RF, Shuman GE (1997) Soil quality: Concept, rationale, and research needs. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 4-10.
- Meza M (2010) *Evaluación del Recurso Suelo como Indicador de Degradación Ambiental por Uso y Manejo en el Contexto de la Reconversión Productiva, Sección Media-Baja de la Cuenca del Aconcagua, V Región*. Tesis Universidad de Chile. 234 pp.
- Norfleet ML, Ditzler CA, Puckett WE, Grossman RB, Shaw JN (2003) Soil quality and its relationship to pedology. *Soil Sci.* 163(3): 149-155.
- Ovalle C, del Pozo A, Avendaño J, Aronson J (1997) Características fenológicas y produc-

- tivas de 34 accesiones de *Medicago polymorpha*, colectadas en la zona mediterránea de Chile. *Agric. Téc.* 57: 261-271.
- Pierzynski GM, Sims JT, Vance GF (2005) *Soil and Environmental Quality*. 3ª ed. Taylor and Francis, Boca Raton, FL, EEUU. 569 pp.
- Quiroga A, Funaro D (2004) Materia Orgánica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad de mollisoles, de las regiones Semiárida y subhúmeda Pampeana. *Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. 476 pp.
- Romero H, Ordenes F (2002) Pérdida de servicios ambientales y crecimiento de la ciudad de Santiago: Criterios para la Evaluación Ambiental Estratégica. *Ponencia VII Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra*. Santiago, Chile. 35 pp.
- Romero H, Ordenes F, Vásquez A (2003) Ordenamiento territorial y desarrollo sustentable a escala regional, ciudad de Santiago y ciudades intermedias en Chile. En Figueroa E, Simonetti J (Eds.) *Globalización y Biodiversidad*. Universitaria. Santiago, Chile. pp. 167-224.
- Romero H (2004) Crecimiento espacial de Santiago entre 1989 y 2003 y la pérdida de servicios ambientales. En Tupper P (Ed.) *Hacer Ciudad*. Centro Chileno de Urbanismo. Santiago, Chile. pp. 179-202.
- Rugiero V (2006) *Suelos Potencialmente Aptos para Revegetación o Uso Agrícola a Partir de la Utilización de Biosólidos Provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas en la Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana*. Tesis. Universidad de Chile. 234 pp.
- Sadzawka A (2006) Propiedades físico-químicas de los suelos. I: Reacción (pH), acidez y alcalinidad. II: Adsorción e Intercambio iónico. En Luzio W, Casanova M (Eds.) *Avances en el Conocimiento de los Suelos de Chile*. Santiago, Chile. pp. 91-127 y 129-157.
- Sadzawka A, Carrasco MA, Grez R, Mora ML (2006) *Métodos de Análisis Recomendados para los Suelos Chilenos*. Comisión de Normalización y Acreditación, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. 95-99. 161 pp.
- Salvati L, Ferrara C, Ranalli F (2014) Changes at the fringe: Soil quality and environmental vulnerability during intense urban expansion. *Eurasian Soil Sci.* 47: 1069-1075.
- Segnestam L (2002) *Indicators of Environmental and Sustainable Development. Theories and Practical Experience*. Environmental Economic Series, Paper N° 89. World Bank. Washington, DC, EEUU. 61 pp.
- Sojka RE, Upchurch DR (1999) Reservations Regarding the Soil Quality Concept. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 1039-1054.
- Vasenev VI, Prokof'eva TV, Makarov OA (2013) The development of approaches to assess the soil organic carbon pools in megapolises and small settlements. *Eur. Soil Sci.* 46: 725-736.
- Xia X, Chen X, Liu R, Liu H (2011) Heavy metals in urban soils with various types of land use in Beijing, China, *J. Hazard. Mater.* 186: 2043-2050.
- Youlton C (2005) *Cuantificación de la Erosión en Camellones a Favor de la Pendiente para el Cultivo Frutal de Laderas en el Valle de Quillota, V Región, Chile*. Taller de Licenciatura Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Chile. 66 pp.

INDICATORS FOR SOIL QUALITY MONITORING IN PERI-URBAN AREAS. VALLEY OF QUILOTA, ACONCAGUA BASIN, CHILE

Mónica Meza Aliaga, Carmen Paz Castro Correa, Karem Pereira Acuña and Gustavo Puga Morales

SUMMARY

The soil resource is important for its role in the provision of food sustenance for the population but also fulfills multiple environmental functions that are relevant to the human being. Nevertheless it is a scarcely protected resource placed under pressure by the multiplicity and intensity of its uses, being subjected a permanent degradation that prevents it from maintaining the necessary quality for its normal operation. Soil use and management changes depending on the development models in each country. In Chile, the process of productive reconversion experienced in the Central and Northern areas since the end of the 1970s modified the patterns of occupation, use and management of the territory, impacting on soil sustainability. Quality monitoring allows

to know the changes produced and to analyze the possible degradation generated over time, in order to take informed measures of prevention and mitigation of deterioration. Soil quality was evaluated in 2008 and 2015 in the periphery of the city of Quillota, Aconcagua Basin, using chemical parameters and qualitative indicators studied in the field. Both analyzes were articulated in a minimum data ensemble for the monitoring of soil quality. The results show a decrease in soil sustainability in areas close to the urban spot and the Quillota-La Cruz conurbation, showing degradation in the last decades, which represents a significant environmental problem, since it is one of the areas with the best soil quality of the country.

INDICADORES PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS PERIURBANAS. VALE DE QUILOTA, BACIA DO ACONCÁGUA, CHILE

Mónica Meza Aliaga, Carmen Paz Castro Correa, Karem Pereira Acuña e Gustavo Puga Morales

RESUMO

O recurso solo é importante por seu papel em conseguir o sustento alimentício da população, mas além disso cumpre múltiplas funções ambientais relevantes para o ser humano. No entanto, é um recurso escassamente protegido e submetido a pressões pela multiplicidade e intensidade de seus usos, sofrendo uma degradação constante que lhe impede manter a qualidade necessária para seu normal funcionamento. Seu uso e manejo apresenta mudanças em função dos modelos de desenvolvimento em cada país. No Chile, o processo de reconversão produtiva praticado na zona central e norte desde finais da década de 1970, modificou os padrões de ocupação, uso e manejo do território, impactando na sustentabilidade do solo. O monitoramento de sua qualidade permite conhecer as mudanças

produzidas e analisar a possível degradação gerada a través do tempo, para assim tomar medidas informadas de prevenção e mitigação do deterioro. Avaliou-se a qualidade do solo (CS) em 2008 e 2015 na área periurbana da cidade de Quillota, Valle de Aconcagua, através de parâmetros químicos e de indicadores qualitativos estudados no campo. Ambas análises se articularam em um conjunto mínimo de dados (CMD) para o monitoramento da CS. Os resultados mostram diminuição da sustentabilidade do solo em áreas próximas à mancha urbana e a conurbação Quillota-La Cruz, evidenciando degradação nas últimas décadas, o que constitui um problema ambiental significativo por tratar-se de uma das zonas com melhor qualidade de solo do país.