

Informe de Mesa de Trabajo

# LOS PROBLEMAS AMBIENTALES DEL SUELO, ABORDADOS DESDE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

---

Generando las bases estructurales para una Normativa de Suelos en Chile

Informe Confeccionado por Asociación Suelo Sustentable



Realización de Mesa de Trabajo: 2 de julio de 2015

Entrega del informe: 12 de agosto de 2015

## 1 Resumen Ejecutivo

El creciente desarrollo en Chile y la explotación de sus recursos (minería, agricultura, actividades industriales, etc.); ha dejado en evidencia la vulnerabilidad en la que se encuentra el recurso suelo a lo largo del territorio nacional tras la afección de sus condiciones naturales.

En la actualidad, Chile carece de una legislación en materia de degradación, erosión y contaminación de suelos; y las normas que tienen alcance de protección del suelo sólo están relacionadas con el desarrollo de actividades agrícolas puntuales.

Las autoridades con competencia en el tema y expertos en la materia, tras diversos estudios y análisis de las condiciones del suelo a lo largo del país han llamado a la necesidad de legislar en materia de suelo; utilizando como base la experiencia de cada uno al interior de sus instituciones y organizaciones.

La entrega de información y experiencia de los expertos en la materia, proporcionarán las bases de la discusión y propuesta de la legislación en materia de suelos, siendo abordada desde la contaminación de suelos, erosión, desertificación y ordenamiento territorial.

Esta Mesa de Trabajo fue sólo el primer paso y la ONG Asociación Suelo Sustentable seguirá trabajando en esta línea con el objetivo de presentar durante este año el proyecto de Ley General de Suelo, que a visión de los expertos reunidos en esta oportunidad, debiera incluir aspectos como la creación de una institucionalidad en Chile encargada de velar por el recurso suelo, herramientas de incentivo a la conservación del recurso, además de definiciones claras en términos de la clasificación de los suelos, parámetros y metodologías de medición y sobre su manejo y uso.

## Índice

<b>1</b>	<b>Resumen Ejecutivo .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ONG Suelo Sustentable .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Problemática .....</b>	<b>6</b>
3.1	“Suelos en Chile: amenazas que afectan su uso y conservación” .....	6
<b>4</b>	<b>Diagnóstico.....</b>	<b>7</b>
4.1	Contaminación de Suelos: Revisión de la normativa actual en Chile.....	7
4.1.1	Conclusiones preliminares acerca de la regulación de la contaminación del suelo en el ámbito nacional.....	9
4.2	Ordenamiento Territorial.....	11
4.2.1	Metodología de análisis del territorio regional por componentes o sistemas. ....	11
4.2.2	Situación Actual de Chile.....	11
<b>5</b>	<b>Metodología Mesa de Trabajo .....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Currículum de Participantes de la Mesa de Trabajo .....</b>	<b>14</b>
6.1	Walter Luzio.....	14
6.2	Daniel Álvarez.....	14
6.3	Germán Ruiz.....	14
6.4	Eduardo Martínez .....	14
6.5	Samuel Francke.....	15
6.6	Gabriel Mancilla.....	15
6.7	Wilfredo Alfaro .....	16
6.8	Andrei Tchernitchin.....	16
6.9	Antonio Horvath.....	17
6.10	Gerardo Soto.....	17
6.11	Pablo Cornejo.....	17
<b>7</b>	<b>Resumen de Presentaciones de Expositores.....</b>	<b>19</b>
7.1.1	Presentación de Antonio Horvath K: “Taller Ley de Valorización y protección del suelo en Chile” .....	19
7.2	Contexto General.....	19
7.2.1	Presentación de Daniel Álvarez L: “Suelo Contexto General” .....	19
7.2.2	Presentación de Germán Ruiz: “Los problemas ambientales del suelo, abordados desde la cuenca hidrográfica” .....	21
7.3	Erosión y Desertificación.....	22
7.3.1	Presentación de Eduardo Martínez H: “Bosque nativo y erosión, el rol de los ecosistemas naturales en la conservación de suelos” .....	22
7.3.2	Presentación del Dr. Samuel Francke: “Los problemas ambientales del suelo desde la perspectiva de la cuenca hidrográfica” .....	23



7.3.3	Presentación de Gabriel Mancilla: “Erosión y Desertificación: ¿Es necesario acoplarse a la Ley de Aguas?” .....	24
7.3.4	Presentación de Wilfredo Alfaro MSc: “Desertificación, degradación de la tierra y sequía en un escenario global” .....	25
7.4	<i>Contaminación de Suelo</i> .....	25
7.4.1	Presentación de Marcela Pérez: “Gestión de Sitos con Potencial Presencia de Contaminantes” .....	25
7.4.2	Presentación del Dr. Pablo Cornejo R.: “Contaminación del Suelo: Consideraciones Para su Control en el Marco de una Normativa de Suelos en Chile” .....	26
7.4.3	Presentación del Dr. Gerardo Soto M.: “La contaminación de suelo en un contexto territorial” .....	28
7.4.4	Presentación del Dr. Andrei Tchernitchin: “Contaminación del suelo. Análisis enfocado a proposiciones legislativas y normas de calidad para suelos en Chile con impacto en la salud humana” .....	30
7.5	<i>Ronda de Preguntas</i> .....	31
7.5.1	Pregunta dirigida a Walter Luzio. ....	31
7.5.2	Pregunta dirigida a Eduardo Martínez y Daniel Álvarez. ....	32
7.5.3	Pregunta dirigida a Samuel Francke. ....	32
7.5.4	Pregunta dirigida a Gabriel Mancilla. ....	33
7.5.5	Pregunta dirigida a Walter Luzio. ....	33
7.5.6	Pregunta dirigida a Walter Luzio y Daniel Álvarez. ....	33
<b>8</b>	<b>Contenidos a tomar en cuenta en la “Ley General de Suelo”</b> .....	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>Conclusión</b> .....	<b>37</b>
9.1	<i>Erosión y Desertificación</i> .....	37
9.2	<i>Contaminación</i> .....	38
9.3	<i>Conclusión general y consideraciones finales</i> .....	38
<b>10</b>	<b>Bibliografía</b> .....	<b>40</b>

## 2 ONG Suelo Sustentable

Las diferentes actividades del ser humano han llevado a generar diversos problemas asociados al recurso suelo, fundamental para el desarrollo de cualquier país. Suelo Sustentable surge en base a la necesidad de una Organización No Gubernamental sin fines de lucro, que con un enfoque científico-técnico, trabaje activamente en el manejo, recuperación y conservación del recurso suelo.

Suelo Sustentable está compuesta de un grupo de profesionales vinculados al área de los suelos y medio ambiente, con un fuerte compromiso con el desarrollo sustentable del país. Los profesionales de suelo sustentable tienen una vasta experiencia en investigación, docencia y asesoría en temas de degradación y recuperación de suelo y sustentabilidad.

Como parte del trabajo a realizar por Suelo Sustentable se encuentra la propuesta de Ley de Suelos, y como pilar fundamental se consideran Mesas de Trabajo que reúnen a especialistas del mundo académico y estatal relacionados con alguna de las tres temáticas principales en las que se ha desarrollado el trabajo de Suelo Sustentable: contaminación de suelo, erosión y desertificación; y uso de suelo y ordenamiento territorial. Como primer paso, se solicitó a través de la Ley N° 20.730 (Ley de Lobby), una audiencia con el Senador Horvath, presidente de la Comisión de Medio Ambiente del Senado, quien mostró su interés y disposición a colaborar con la ONG en cuanto a sus funciones relativas a la elaboración de una propuesta de Ley de Suelos.

A continuación se presenta un resumen de las actividades realizadas en la primera Mesa de Trabajo, llevada a cabo el día 02 de julio de 2015 en el Ex Congreso Nacional, y que contó con la participación de más de 30 profesionales y expertos en suelo, de organizaciones públicas y del mundo académico.



### 3 Problemática

La presentación realizada por Walter Luzio, Master of Soil Science, explica muy bien los problemas ambientales del suelo.

#### 3.1 “Suelos en Chile: amenazas que afectan su uso y conservación”

Las principales amenazas del suelo que afectan su uso y conservación son la erosión, la salinización, las actividades agrícolas la contaminación y la urbanización. También amenaza el suelo la pérdida de materia orgánica, la compactación, la reducción de la biodiversidad, las inundaciones, la remoción de masa y la reconversión.

El CIREN (Centro de Información en Recursos Naturales) estudió 75,1 millones de hectáreas, diagnosticando que la superficie erosionada en todo el país llega a 36,8 millones de hectáreas. Las regiones más afectadas por la erosión según estos datos son: Coquimbo (84%), Valparaíso (57%) y O’Higgins (53%).

En lo que atañe a las actividades agrícolas, el suelo se ve afectado por las prácticas de riego, la salinidad que está asociada directamente al riego con mala calidad del agua, cultivos en pendientes y las quemas de residuos agrícolas que destruyen la fracción orgánica del suelo superficial.

En lo que se refiere a contaminación del suelo, las causas principales estarían relacionadas con el uso de pesticidas, la generación de vertederos y basurales.

El avance urbano también amenaza la calidad del suelo, sobretodo en suelos tipo I y tipo II muy relevantes para el país.

Para poder empezar a enfrentar estas amenazas del suelo, es necesario poder implementar medidas a corto y largo plazo como por ejemplo desarrollar estrategias de planificación territorial (sector urbanístico, sector industrial, e implementar sectores “verdes”) las que deben ser complementadas con el desarrollo de agricultura en terrazas, instalar cobertura vegetal en pendientes (impedir escorrentía superficial), además de educar a la población.

## 4 Diagnóstico

### 4.1 Contaminación de Suelos: Revisión de la normativa actual en Chile

Se revisó el informe final de “Preparación para antecedentes para la elaboración de una norma de calidad primaria de suelos” realizado por Ingeniería Alemana S.A. en el 2011, para el Ministerio de Medio Ambiente.

Se revisó la legislación ambiental Chilena y cómo integra la temática ambiental; así también cómo es abordada la temática suelo en otros países, siendo:

- **Chile** apunta a la protección del suelo principalmente desde la perspectiva agrícola. Sin embargo, también destacan algunas normas que hacen alcance de su importancia.

Marco Legal	Descripción
Ley 20.551/11. Regula el cierre de faenas mineras.	En los artículos 2 y 3, aborda la necesidad de tomar medidas con el propósito de mitigar los efectos que derivan del desarrollo de la industria extractiva minera, con el fin de asegurar la estabilidad física y química de los sectores intervenidos; incluyendo esta última las características químicas presentes en el aire, agua y suelo, contenidos en los materiales o depósitos mineros.
Ley 19.300/94 Aprueba Ley sobre bases generales del Medio Ambiente	Art 39. Indica que la Ley velará para que el uso del suelo se haga de forma racional, a fin de evitar su pérdida o degradación.
Ley 20.412/10 Establece un Sistema de Incentivos	Indicado en el artículo 1 y 2, para contribuir a la sustentabilidad agroambiental del recurso suelo, recuperando el potencial productivo de los suelos agropecuarios degradados, adoptando medidas destinadas a reparar el o los déficit químicos, físicos o biológicos que posea.
DFL 235, Establece Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados	Art 1. Establece un sistema de incentivos que tiene por objeto estimular la ejecución de prácticas destinadas a la recuperación de los suelos degradados.
Decreto 248, Aprueba Reglamento para la aprobación de Proyectos de Diseño Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves.	El reglamento fija normas sobre aprobación de depósitos de relaves mineros y requisitos de diseño, construcción, operación y cierre de estos.
Decreto de Ley 3.557, Establece disposiciones sobre la protección Agrícola	Aplicado a cualquier entidad que manipule productos susceptibles a contaminar la agricultura o condiciones agrícolas de los suelos, deberán aplicar medidas con fin de evitar o impedir la contaminación.

- Las normas **Internacionales**, en materia de suelos demuestran la necesidad del detalle a ser abordado en los parámetros de suelo, como es el caso de México y España.



<b>MÉXICO</b>	
<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Norma 147 SEMARNAT/SSA1-2004	Establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
Norma Occial Mexicana NOM - 138 -semarnat/ss- 2003	Establece límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.
Norma NMX-AA - 132 -SCFI - 2006	Norma para muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra.
Norma NMX-AA-091-1987.	Calidad del suelo - terminología.
Norma NMX-AA-080-1986	Contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación del porcentaje de oxígeno en materia orgánica.
Norma NMX-AA-068-1986	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación de hidrógeno a partir de materia orgánica.
Norma NMX-AA-61-1985	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación de hidrógeno a partir de materia orgánica.
Norma NMX-AA-094-1985	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación de fósforo total.
Norma NMX-AA-067-1985	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación de la relación carbono / nitrógeno.
Norma NMX-AA-052-1985	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales -preparación de muestras en laboratorio para su análisis.
Norma NMX-AA-033-1985	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación de poder calorífico superior.
Norma NMX-AA-021-1985	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación de materia orgánica.
Norma NMX-AA-022-1985	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - selección y cuantificación de subproductos.
Norma NMX-AA-019-1985	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - peso volumétrico "in situ".
Norma NMX-AA-015-1985	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - muestreo método de cuarteo.
Norma NMX-AA-025-1984	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación de pH - método potenciométrico.
Norma NMX-AA-024-1984	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación de nitrógeno total.
Norma NMX-AA-016-1984	Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - determinación de humedad.



<b>ESPAÑA</b>	
<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Ley 22/2011	Residuos y Suelos Contaminados
REAL DECRETO 9/2005	Establece la relación de actividades potencialmente del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
Plan Nacional Integrado de Residuos para periodo 2008 - 2015	Contempla una serie de objetivos en materia de suelos contaminados cuyo alcance es el de establecer las condiciones necesarias para hacer efectiva una política de protección del suelo frente a la contaminación.
Ley 7/2007	Gestión integrada de la calidad ambiental
Ley 5/2010, 11 Junio, de la Autónoma localidad de Andalucía	Introduce nuevas atribuciones competenciales a los ayuntamientos andaluces, como son la declaración y delimitación de los suelos contaminados, así como la aprobación de los planes de descontaminación y la declaración de suelo descontaminado, en los casos en que dicho suelo esté comprendido dentro de su término municipal.
Ley PAIS VASCO 1/2005	Para la prevención y corrección de la contaminación del suelo.
Decreto PAIS VASCO 199/2006	Establece el sistema de acreditación de entidades de investigación y recuperación de la calidad del suelo y se determina el contenido y alcance de las investigaciones de la calidad del suelo a realizarse por dichas entidades.
Decreto PAIS VASCO 165/2008	Inventario de suelos que soportan o han soportado actividades o instalaciones potencialmente contaminantes del suelo.
Decreto COMUNIDAD DE MADRID 326/1999	Por el que se regula el régimen jurídico de los suelos contaminados de la Comunidad de Madrid.
Orden COMUNIDAD DE MADRID 761/2007, 2 Abril, del Consejo de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.	Establece niveles genéricos de referencia de metales pesados y otros elementos traza de suelos contaminados de la Comunidad de Madrid.
Orden CATALUÑA MAH/153/2007	Se aprueba el procedimiento de la presentación temática de los informes preliminares de situación y de los informes de situación que establecen relación de las actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
Decreto CANARIAS 147/2007	Regula el régimen jurídico de los suelos contaminados en la comunidad autónoma de canarias y se crea el inventario de suelos contaminados de Canarias.
Decreto 60/2009 - GALICIA	Sobre suelos potencialmente contaminados y procedimiento para la declaración de suelos contaminados
Decreto GALICIA 263/1999	Fija la concentración límite en suelos afectados por vertidos de HCH.
Ley 1/1995 - MURCIA	Del suelo de la Región de Murcia.

Al revisar el alcance de la realidad en la legislación ambiental Chilena en materia de suelos, y compararla con la realidad de otros países; se evidencia la ausencia de un marco legal específico acotado a regular el uso y protección del suelo en territorio chileno.

#### 4.1.1 Conclusiones preliminares acerca de la regulación de la contaminación del suelo en el ámbito nacional

##### 4.1.1.1 Normativa de calidad de suelos

En el ámbito nacional, existen algunos decretos sectoriales puntuales de algunos ministerios (vivienda, agricultura, minería) en lo que atañe al recurso suelo, sin embargo, el alcance de



estos decretos no es fijar un límite de contaminante específico para así proteger la calidad del suelo en Chile. Además de ser normativas de distintos sectores, pueden ser dispersas en información lo que genera dificultad en su aplicabilidad.

En el año 2011, se elaboró un informe que contiene antecedentes para la elaboración de una norma de calidad de suelos, este informe "Preparación para antecedentes para la elaboración de una norma de calidad primaria de suelos" (Ingeniería Alemana, 2011), señala una evaluación y priorización de los contaminantes a reglamentar y sus parámetros considerando escenarios restrictivos y conservadores. Los criterios para la priorización de contaminantes considerados a reglamentar fueron los siguientes:

- Niveles de toxicidad relevantes;
- Persistencia de los contaminantes;
- Estar reglamentados en alguna de las normativas de referencia de calidad de suelos;
- Coherencia con otras normas de calidad primaria o emisión (sobre todo cuando éstas regulen la calidad de otras componentes ambientales, que se relacionen con el suelo);
- Factibles de medir con métodos analíticos implementados en el país;
- Relevancia en función de las fuentes de contaminación identificados.

El estudio de Ingeniería Alemana (2011), señala los siguientes contaminantes a reglamentar:

- Metales pesados como: Arsénico (As); Cadmio (Cd); Cromo (Cr); Cobre (Cu); Mercurio (Hg); Níquel (Ni); Plomo (Pb); Selenio (Se); Zinc (Zn).
- Hidrocarburos como del petróleo como: gasolina, diesel (u otros derivados) corresponden a una mezcla de hidrocarburos alifáticos, aromáticos o poli-cíclicos aromáticos. También se requiere priorizar en: BTEX (Benceno, Tolueno, Etileno y Xileno); y solventes frecuentes también en la industria química, de elaboración de madera y metal-mecánica.
- Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs): Fenoles clorados, PCB; Órgano-clorados, PCP y Pesticidas como Aldrin.

#### **4.1.1.2 Norma oficial para el análisis de suelos y suelos contaminados**

No existe una metodología estandarizada para el análisis de suelo del país. Esto puede causar que la determinación de un componente del suelo se analice por medio de distintos criterios metodológicos lo que podría generar variabilidad de los resultados del análisis de un componente en el suelo. Una metodología estandarizada para el análisis del suelo y suelos contaminados es muy relevante para el levantamiento de información con respecto a la caracterización de los suelos y su línea de base en cuanto a la calidad del recurso suelo en un área determinada. Dentro de este ámbito también es importante mencionar la factibilidad en el país de los métodos analíticos y equipos que se pretenden estandarizar.



## 4.2 Ordenamiento Territorial

El ordenamiento territorial es en sí una planificación del uso del suelo y de los recursos, una herramienta de la Administración para guiar a un país hacia determinados objetivos y formas de desarrollo económico y social. Existen muchas definiciones y diversidad de enfoque sobre Ordenamiento del territorio, pero es posible identificar algunos elementos comunes en todas ellas: La finalidad de la transformación del espacio; El planteamiento desde lo local hacia lo nacional; La necesidad de un abordaje interdisciplinario y la consecuencia directa de la interrelación de competencias y potestades administrativas (FAO).

### 4.2.1 Metodología de análisis del territorio regional por componentes o sistemas.

Al realizar un análisis de cada región, nos encontramos con una serie de componentes territoriales para ser estudiados, los cuales son:

- Sistema Costero
- Sistema Urbano
- Sistema Rural
- Sistema de Cuenca Hidrográfica

A cada uno de los sistemas mencionados anteriormente se suma un componente de gran importancia, el análisis de Riesgos Naturales, el cual se encuentra presente en cada sistema.

### 4.2.2 Situación Actual de Chile.

Chile carece de un marco regulador de Ordenamiento Territorial Orgánico, es de decir un cuerpo jurídico ordenado y conexo que enfoque facultades de planificación y regulación de los espacios nacionales.

Por otra parte existe un carácter incipiente de regulación por parte del Estado, así como el accionar del mercado como asignación de recursos territoriales ocasionando fuertes presiones ambientales por ocupar los territoriales, por ejemplo:

- Cambio del Uso del Suelo
- Predios Rústicos
- Ocupación no Planificadas de las periferias
- Localización de infraestructura sanitaria
- Ocupación en áreas de Riesgos Naturales y Antrópico
- Localidad de actividades productivas en zonas de fragilidad ambiental

La regulación en torno al uso del suelo en Chile está dada desde la perspectiva de la planificación urbana y el desarrollo físico rural, el uso del suelo está regulado por la Ley General de Urbanismo y Construcciones (DFL 458, 1975, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo), en ella se definen los usos de suelo a través de los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), los cuales son: Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU), Plan Regulador

Intercomunal (PRI) o Metropolitano (PRM), Plan Regulador Comunal (PRC), Plan Seccional (PS) y Límite Urbano (LU).

A ellos se suman la zonificación del uso del borde costero, el cual corresponde a la Política Nacional del Uso del Borde Costero (PNUBC) que se descentraliza en comisiones regionales y el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT), cuyo instrumento fue creado para consignar las características, potencialidades, vocaciones y recomendaciones para orientar la planificación y las decisiones que impacten en los territorios urbanos y rurales, borde costero y sistema de cuencas hidrográficas, además para apoyar la administración de la región y en particular al gobierno regional, en el cumplimiento de velar por la compatibilidad territorial de los proyectos de inversión y se entenderá como un complemento a la Estrategia Regional de Desarrollo, por otra parte el PROT es concebidos sólo con un carácter indicativo, es decir solo como recomendaciones, que carecen de la fuerza normativa de las leyes.

## 5 Metodología Mesa de Trabajo

Se solicitó a cada experto elaborar una presentación de 20 minutos, cuyo contenido general se enmarcara dentro de alguna de las siguientes temáticas:

1. Contexto general
2. Erosión y desertificación
3. Contaminación de suelo
4. Uso de suelo y ordenamiento territorial

Se sugirió que las presentaciones incluyeran en sus contenidos la problemática a abordar, el diagnóstico y los contenidos y aspectos importantes que debería contener la Ley de Suelo.

Dada la convocatoria que tuvo esta primera mesa de trabajo, no fue posible incorporar especialistas que expusieran respecto del Uso de suelo y ordenamiento territorial, para lo cual se tiene previsto realizar una segunda Mesa de Trabajo específica para este tema.

Luego de las exposiciones por tema, se realizó una ronda de preguntas y respuestas, de los mismos expositores y asistentes de la Mesa de Trabajo.



## 6 Currículum de Participantes de la Mesa de Trabajo

### 6.1 Walter Luzio

Walter Luzio es Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Chile y Master of Soil Science de la Universidad de Ghent en Bélgica.

Es profesor titular retirado de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y especialista en Suelos.

Ha sido autor y coautor de más de 130 publicaciones en revistas, libros, capítulos de libros nacionales e internacionales y ha participado en numerosos estudios agrológicos y de reconocimiento de suelos en el territorio nacional y continente antártico.

Entre los cargos que ha ostentado se cuentan:

- Presidente de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo.
- Director Departamento de Ingeniería y Suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de Chile; y
- Director Académico de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

### 6.2 Daniel Álvarez

Daniel Álvarez es Ingeniero Agrónomo y se desempeña como profesional de la División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.

### 6.3 Germán Ruiz

Germán Ruiz es Ingeniero Agrónomo de la Pontificia Universidad Católica de Chile y Magister en Medio Ambiente y Desarrollo de la Universidad Mayor. Posee un Diplomado en Gestión Pública en la Universidad de Chile y un Postítulo en Evaluación Ambiental de Proyectos de Inversión de la CED/Politécnica de Madrid.

Es postgraduado en Administración de Proyectos para Profesionales en Desarrollo Agrícola del Banco Mundial y la Fundación Getulio Vargas en Brasil.

Actualmente se desempeña como docente en la Universidad Mayor y es coordinador nacional en el SAG del Programa “Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios” en la División de Protección de Recursos Naturales Renovables.

### 6.4 Eduardo Martínez

Eduardo Martínez es Ingeniero Forestal y Doctor en Ciencias Silvoagropecuarias de la Universidad de Chile.



Es especialista en Conservación de suelos e interacción suelo-planta siendo su línea de investigación el manejo del suelo y carbono; y la cuantificación y modelamiento de la erosión del suelo y la vegetación mediante herramientas SIG.

Actualmente se desempeña como académico del Departamento de Silvicultura y Conservación de la naturaleza en la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile. Y está involucrado en diversos proyectos, entre ellos, la Actualización del Catastro de Bosque Nativo en la Zona Central de Chile.

## 6.5 Samuel Francke

Samuel Francke es Ingeniero Forestal de la Universidad de Chile y Doctor de la Universidad de Munchen en Alemania.

Es Docente del Magíster de Asentamientos Humanos y Medioambiente de la Universidad Católica de Chile, del Magíster en Medioambiente y Desarrollo Sostenible de la Universidad Mayor y del Magíster en Gestión Territorial Ambiental de la Universidad de Talca.

Es autor de cerca de 100 publicaciones y artículos científicos, técnicos y editoriales en el ámbito de medioambiente, forestal, suelos y aguas, manejo de cuencas, restauración ambiental, combate a la desertificación, ordenamiento territorial Y ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO.

Actualmente es:

- Director del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelo y Aguas de CONAF,
- Jefe del programa de recuperación de suelos degradados de la CONAF,
- Asesor técnico de SUBDERE en planes regionales de ordenamiento territorial;
- Coordinador nacional RED FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) de cooperación técnica en manejo de cuencas; y
- Asesor técnico de la Agencia de Cooperación Internacional de Chile (AGCI) para programas de Gobiernos de la región de América Latina y el Caribe en materias de ordenamiento territorial, manejo de cuencas y recuperación de suelos desde el año 2000.

## 6.6 Gabriel Mancilla

Gabriel Mancilla es Ingeniero Forestal de la Universidad de Chile, Master of Science (M.S.) y Doctor of Philosophy (Ph.D.) en Ciencias de la Ingeniería, con especialidad en Conservación de Suelos y Aguas de Washington State University.

Tiene más de 20 años de experiencia en proyectos integrados de conservación de suelos y gestión hídrica, con objetivos de investigación, soluciones tecnológicas y/o planificación estratégica.



Desde 2013 es Director Ejecutivo del Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC), centro especializado en la gestión hídrica de tierras secas y auspiciado por UNESCO, en acuerdo con el Gobierno de Chile.

Anteriormente se desempeñó como académico e investigador de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, en donde dictó como responsable las cátedras de Uso y Conservación de Suelos, y Gestión del Agua y el Ciclo Hidrológico (para estudiantes de pre-grado); y Manejo Integrado de Suelos y Agua para estudiantes de Post-grado.

## 6.7 Wilfredo Alfaro

Wilfredo Alfaro es Ingeniero Forestal de la Universidad de Chile, Master of Science en Ingeniería Hidrológica (Engineering Hydrology) de la Universidad de Newcastle en el Reino Unido (UK) y cuenta con 32 años de experiencia profesional en Conservación de Suelos y Agua.

Ha sido:

- Jefe del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas de CONAF;
- Coordinador Regional para América Latina y el Caribe de la Red Técnica de Cooperación sobre Manejo de Cuencas Hidrográficas de FAO;
- Cooperante de AGCI y otras agencias de cooperación, en países de América Latina y el Caribe en temas de Cambio Climático, Manejo de Cuencas Hidrográficas y Catastro de Suelos;
- Enlace nacional ante la Secretaría Ejecutiva de la Convención de Naciones Unidas de lucha contra la Desertificación, la Degradación de la Tierra y la Sequía (UNCCD);

Es miembro del Comité Técnico sobre Desertificación y Sequía que asesora a las Comisiones sobre Recursos Hídricos, Desertificación y Sequía del Honorable Senado de la República y de la Honorable Cámara de Diputados.

## 6.8 Andrei Tchernitchin

Andrei Tchernitchin es Médico Cirujano de la Universidad de Chile con especialización en Biología de la reproducción y obstetricia-ginecología. Posee post-doctorados en la Universidad de Carolina del Norte y la Universidad de Pennsylvania en Estados Unidos y es especialista en Endocrinología Reproductiva y Toxicología Ambiental.

Cuenta con más de 460 publicaciones científicas, posicionándose en el cuarto lugar en el ranking de los científicos más productivos en ciencias biológicas en Chile, de acuerdo con datos del Institute of Scientific Information de Estados Unidos.

Actualmente es profesor titular y jefe del laboratorio de endocrinología experimental y Patología Ambiental LEEPA del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Es presidente del Departamento de Medio Ambiente del Colegio





Médico de Chile y Director Científico y Docente del Secretariado Ejecutivo del Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable CDS.

### **6.9 Antonio Horvath**

Antonio Horvath es Ingeniero Civil de la Universidad de Chile y master en Ciencias de la Ingeniería de la Purdue University, en Estados Unidos.

Fue Director Regional de Vialidad en Aysén y participó de la comisión de servicio del Ministerio de Planificación para crear una metodología de evaluación del medio ambiente a nivel nacional.

Se desempeñó como secretario regional ministerial de Obras Públicas en Aysén y presidió la comisión técnica y ecológica de la misma zona.

Es cofundador de la Corporación de Desarrollo de la Zona Austral. Ha participado en el Comité de Asesoría Técnica del Consejo de Desarrollo Sustentable y en el Programa Ciudadanía Ambiental Global del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Actualmente es Senador de la República por la Región de Aysén hasta el año 2018. Integra las comisiones permanentes Especial Mixta de Presupuestos; de Régimen Interior; de Obras Públicas; y de Medio Ambiente y Bienes Nacionales siendo Electo presidente de esta última en marzo de 2015.

### **6.10 Gerardo Soto**

Gerardo Soto es Ingeniero Forestal de la Universidad de Chile, Magíster en Gestión Ambiental y Doctor en Ciencias de la Universidad de Orleáns en Francia.

Actualmente es académico del Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Ciencias Agronómicas y de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile. Además, dirige proyectos de Investigación, desarrollo e innovación asociados con el CNRS de Francia y la empresa GEOSOLUM.

### **6.11 Pablo Cornejo**

Pablo Cornejo es Ingeniero Agrónomo de la Universidad de la Frontera y Doctor en Biología Agraria y Acuicultura de la Universidad de Granada en España.

Es experto en contaminación de aguas y suelos y posee estudios avanzados en Edafología y Biología Vegetal. Su línea de investigación es la aplicación biotecnológica y ecológica de micorrizas arbusculares y Biorremediación de Suelos Contaminados. Cuenta con 37 artículos científicos y más de 150 presentaciones en eventos científicos nacionales e internacionales.

Actualmente es profesor Asociado del Departamento de Ciencias Químicas y Recursos Naturales de la Universidad de la Frontera e integrante del claustro nuclear del programa de Doctorado en ciencias de recursos naturales de la Universidad de la Frontera. Además, es

Director del Grupo de Estudio de Agronomía, Presidente de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y Evaluador experto de programas nacionales e internacionales de investigación.



## 7 Resumen de Presentaciones de Expositores

### 7.1.1 Presentación de Antonio Horvath K.: “Taller Ley de Valorización y protección del suelo en Chile”

La desertificación y la sequía son la gran problemática en Chile y afecta a todas las regiones, solo en el norte de nuestro país la desertificación avanza 0,4 kilómetros por año y la mejor forma de realizar un análisis frente a este tipo de evento es el Ordenamiento Territorial.

En materia de Ordenamiento Territorial se han implementado diversos proyectos sobre los usos de suelo y de zonificaciones, tales como:

- El proyecto OTAS (Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable) para la Región Metropolitana.
- Programa de manejo y conservación del Borde Costero para la Región del Bío-Bío.
- Proyecto de Ordenamiento Territorial Borde Costero Lago Budi Región de la Araucanía
- Zonificación Borde Costero y Ordenamiento Territorial de la Región de Aysén.

El manejo de la cuenca hidrográfica se debe involucrar en la Ley Bases del Medio Ambiente y se deben analizar una serie de fenómenos que expliquen el desarrollo hidrogeográfico, ya que la sequía y la desertificación son los problemas más relevantes.

Entre Arica y Puerto Montt no se protegen las zonas a diferencia de lo que sucede en la Región de Aysén, ya que es la Región en donde gran parte de su territorio se encuentra zonificado y posee una política de Ordenamiento Territorial.

Por otra parte las fuerzas que juegan el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) son las entidades que ejercen presión en cuanto a la toma de decisiones del suelo.

## 7.2 Contexto General

### 7.2.1 Presentación de Daniel Álvarez L.: “Suelo Contexto General”

El ministerio del Medio Ambiente ha privilegiado una perspectiva ambiental – territorial y reconoce la inexistencia de un departamento que se dedique a la problemática.

En la actualidad la temática suelo es abordada sólo cuando llega al alcance de “territorio”, siendo verificados en dicho espacio los aspectos físicos, biológicos y socio ambientales.

El ministerio del Medio Ambiente cuenta con las siguientes líneas de trabajo en temas de degradación y restauración de suelos:



- Incorporar la restauración de los suelos en el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.
- Crear e incentivar capacidades nacionales y regionales.
- Insertar el concepto de “Restauración” en Políticas Nacionales y Regionales, y en los instrumentos correspondientes (Estrategia nacional de biodiversidad, Estrategias regionales de biodiversidad, ordenamiento territorial, etc)
- Evaluación de ecosistemas y *drivers* (causales) de degradación.
- Definir criterios y métodos para identificar áreas con potencial de restauración.
- Realizar experiencias piloto y replicar adaptativamente en las regiones, vinculando con la planificación territorial.
- Avanzar en un diseño de un sistema de monitoreo y sistema de alerta temprana.
- Desarrollar estrategia de difusión, comunicación y educación.
- Desarrollar una estrategia financiera.
- Potencial la cooperación y coordinación intersectorial.

La experiencia y estudios indican que el uso de suelo, ordenamiento territorial, información territorial, desertificación, degradación de tierras, restauración, monitoreos, buenas prácticas, información, reforzamiento y creación de instrumentos; convergen a iniciativas legales y políticas en común (recientes):

- Indicación sustitutiva Ley de Gobiernos Regionales (definirá los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial)
- Proyecto de Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (MMA).
- Política Nacional de Desarrollo Rural (MMA).
- Política Nacional de Ordenamiento Territorial (no iniciada).
- Política Nacional de Desarrollo Urbano (MINVU-COMICIVYT)
- Estrategia Nacional de Biodiversidad (en actualización)
- Plan de adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad.
- Estrategia de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (CONAF)
- Estrategia de Desertificación y Lucha contra la Sequía.
- Política de Restauración áreas protegidas (CONAF).
- Guías técnicas SEA (Compensación de biodiversidad)
- Política de gestión de sitios potencialmente contaminantes.

En el presente el Ministerio del Medio Ambiente busca contar con mayor conocimiento sobre los suelos desde una perspectiva ambiental territorial, coordinando interinstitucionalmente hacia objetivos compartidos de sustentabilidad territorial, reforzando los instrumentos existentes y creando nuevos.

### 7.2.2 Presentación de Germán Ruiz: “Los problemas ambientales del suelo, abordados desde la cuenca hidrográfica”

Los suelos poseen muchos procesos para los cuales no existe camino de retorno o reversibilidad, típicamente las pérdidas de suelo por erosión. Bajo lo anterior y de cualquier manera, no cabe duda que el suelo debe ser considerado un recurso natural no renovable, al menos a escala humana.

La desertificación estaría afectando cerca de 47,3 millones de hectáreas, un 62,3% del territorio nacional, además afecta a 1,5 millones de personas y contribuye a la migración anual del 3% de la población en las zonas afectadas.

El artículo 39 de la Ley 19.300 sobre Bases del Medio Ambiente, se estipula que *“la ley velará porque el uso del suelo se haga en forma racional, a fin de evitar su pérdida y degradación”*. Por tal motivo parece lógico demandar la implementación de las medidas necesarias, así como el cumplimiento de los cuerpos legales existentes, para que la contaminación por erosión, sedimentación y eutrofización, entre otros tipos de contaminación, sean prevenidos o debidamente penados en caso de producirse por un agente antrópico.

Chile no cuenta con un marco jurídico de protección específico para el suelo, además no existen niveles de referencia para calidad de suelos, como así tampoco referencias que definan estados aceptables de concentración de contaminantes; por otra parte Chile cuenta con regulaciones en torno al uso del suelo, desde la perspectiva de la planificación urbana y el desarrollo físico rural a través de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. En relación al sector agrario, la Ley 18.755 establece que el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), es el encargado de resguardar el uso y conservación del suelo y estipula que la autorización de un cambio de uso de suelo rural, conforme lo establece el artículo N° 55 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, requiere un informe del SAG.

En cuanto a las necesidades para un manejo sustentable de la tierra se debe considerar:

- Cumplir con los actuales mandatos de la constitución y de la ley bases sobre el medio ambiente.
- Ley de protección de suelos.
- Ley de ordenamiento territorial.
- Conciencia ciudadana y articulación público-privado.
- Evaluación y ajustes de los actuales instrumentos de fomentos.
- Definición de indicadores de calidad de suelo y su monitoreo (línea de base).
- Investigación del comportamiento de los suelos frente a los actuales y futuros cambios.
- Intercambios de experiencias entre países/visión de conjuntos.
- Es necesario actualizar la Información de los suelos nacionales a más detalles de escalas, para establecer y orientar mejores prácticas de manejo, para su protección, conservación y restauración.

- Promover buenas prácticas agrícolas en el manejo de suelo y agua.
- Análisis de vulnerabilidad de los componentes de los sistemas productivos expuestos a los eventos climáticos y la identificación de medidas de adaptación, ya sea para reducir la vulnerabilidad o para beneficiarse de posibles oportunidades.

Un Adecuado Ordenamiento Territorial puede contribuir a un Mejor aprovechamiento de los RRNN (Suelo, Vegetación, Agua, etc.) y evitar catástrofes, el suelo es un reservorio de agua (por lo tanto: junto con el agua son RRNN que cumplen funciones fundamentales para asegurar la vida en la tierra).

## 7.3 Erosión y Desertificación

### 7.3.1 Presentación de Eduardo Martínez H.: "Bosque nativo y erosión, el rol de los ecosistemas naturales en la conservación de suelos"

#### 7.3.1.1 *Bosque y clase de capacidad de uso del suelo.*

Realiza una presentación de un trabajo llevado a cabo por HIDROFOR, con información recabada por el CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales) denominado "Zonificación de estándares y parámetros edafoclimáticos para la conservación y protección de suelos y aguas incluidos en la Ley 20.283. Regiones V-X". Para la elaboración se utilizó el Catastro de recursos vegetacionales de Chile (últimas actualizaciones disponibles, excluyendo las plantaciones comerciales) y Suelos CIREN.

Clases de capacidad de uso en bosques:

- Del I al IV: Suelos agrícolas
- Clase V: Suelos blancos con problemas de drenaje
- Clase VI y VII: Uso forestal
- Clase VIII: Conservación

Aproximadamente la mitad de las clases de capacidad de uso en bosques es forestal.

#### 7.3.1.2 *Reglamento de suelos aguas y humedales. Decreto 82,2011.*

Indica restricciones de manejo: prohibición de descepado, mantención de mínima cobertura y prohibición de corta de bosque.

#### 7.3.1.3 *Propuesta para la focalización de esfuerzos de conservación en suelos forestales.*

Propuesta que realizan fuera del reglamento considera incluir otras variables como la erosión potencial, que es cómo se comportaría el suelo en la ausencia hipotética de vegetación. Además se propone incluir la fragilidad físico-biológica, que considera la erosión potencial y la presencia de especies en alguna categoría de conservación. Por otro lado propone considerar la presión antrópica compuesta en un 70% por los cambios de usos de suelo, un 20% de



conservación urbana y un 10% de proyectos con Estudio de Impacto Ambiental. Finalmente, la fragilidad ecosistémica que incluye la presión antrópica y la fragilidad físico-biológica.

El mensaje final, es que se debe priorizar la protección de los suelos forestales en base a los servicios ecosistémicos relevantes que éste sustenta.

### **7.3.2 Presentación del Dr. Samuel Francke: "Los problemas ambientales del suelo desde la perspectiva de la cuenca hidrográfica"**

El suelo ya no es solo un recurso con aspecto productivo, tiene multifunciones (nutrientes, aire, calor, agua, etc.) que con sus interacciones lo hacen un ecosistema integral que sirve de base a los modelos de adaptación al cambio climático. La fijación del carbono por parte del suelo es un aspecto fundamental para el secuestro del CO<sub>2</sub> principal gas efecto invernadero.

Según datos del CIREN los suelos erosionados en Chile llegan al 50%, y un 80,5% de estos suelos presentan categoría de erosión moderada a muy severa. Con respecto a la desertificación, un 62,3% del territorio nacional se encuentra desertificado lo que alcanza una superficie aproximada de 47 millones de hectáreas afectadas.

El recurso suelo en la zona norte del país se ve afectado principalmente por la actividad minera causando problemas de disminución de los recursos hídricos, disminución del nivel freático, fuertes procesos de erosión, desertificación, contaminación y salinización.

En la zona central el suelo se ve afectado por actividades agrícolas y mineras generando problemas como erosión y desertización la lluvia ácida, los incendios forestales, cultivos en pendientes, cultivos agrícolas con aguas servidas, sistemas de riego insuficientes, dosis extremas de fertilizantes, fungicidas y pesticidas, contaminación industrial-

En la zona sur el recurso suelo es afectado principalmente por actividades industriales y agrícolas. Los problemas generados son principalmente contaminación industrial por actividades forestales, eutrofización de lagos por actividades acuícolas. En esta zona los fenómenos naturales también generan problemas ambientales al suelo debido a las erupciones volcánicas e inundaciones.

Las propuestas para enfrentar los problemas del suelo desde la perspectiva de la cuenca hidrográfica son:

- (a) Proponer una Ley Marco de Suelos /Ordenamiento Territorial y de Manejo integrado de cuencas hidrográficas con carácter regulatorio y de fomento.
- (b) Promover un cuerpo legal que regule las prácticas degradantes de territorios, cuencas hidrográficas y suelos y fomente medidas de protección, preservación, conservación, gestión, manejo y producción sostenible.
- (c) Promover instrumentos, planes, programas y proyectos de ordenamiento, gestión y manejo territorial de cuencas-hidrográficas y de suelos.

- (d) Desarrollar mecanismos modernos de incentivos de conservación y pago por servicios eco-sistémicos para la aplicación a nivel nacional de prácticas y técnicas de las temáticas

### 7.3.3 Presentación de Gabriel Mancilla: "Erosión y Desertificación: ¿Es necesario acoplarse a la Ley de Aguas?"

El mayor porcentaje de la producción de las riquezas de Chile se produce en las áreas en donde la disponibilidad de agua es baja, por lo tanto, el PIB es mayor en aquellos territorios de mayor erosión. Un claro ejemplo es el norte de Chile, en donde los territorios erosionados alcanzan el 90%.

La infiltración y la escorrentía superficial dependerán de la textura y estructura del suelo, densidad aparente, topografía y materia orgánica, por ende, los montos y calidad de agua dependen del estado y manejo del suelo.

De acuerdo a lo anterior surgen varias certezas:

- El agua y el suelo son interdependientes.
- Manejo del suelo y requerimiento hídrico deben ser compatible.
- Quien conserva el suelo, faculta la producción de agua de calidad y mantiene las aptitudes productivas del medio.
- Quien no conserva el suelo genera desertificación, por otra parte quien no conserva el agua también.

Desde una visión más global se debe integrar la cuenca hidrográfica en el contexto del cambio climático, zonificaciones, restricciones, indicadores y buenas prácticas, que conlleve al uso y conservación de suelo y agua.

La carencia de una ley de suelos es coincidente con la necesidad lógica o natural de integrar (unificar) este recurso con la legislación hídrica.

Bajo el concepto anterior, parecería más práctico, si bien no necesariamente lo mejor, elaborar una ley de suelos que tenga como objetivo principal la conservación de suelos y agua, de manera explícita y en concordancia con el código de aguas.

Es fundamental que una ley de suelos integre la zonificación con buenas prácticas, con restricciones claras y argumentadas, y especificando indicadores claros, medibles y prácticos, que favorezcan la toma de decisiones; esto, dentro de un marco entregado por la visión de cuenca hidrográfica y las proyecciones climáticas.



### 7.3.4 Presentación de Wilfredo Alfaro MSc: “Desertificación, degradación de la tierra y sequía en un escenario global”

Hay distintas normativas sectoriales que involucran al recurso suelo. Se hace indispensable adquirir información actualizada sobre los suelos del país y que la información debe ser abordada a través de la taxonomía de suelos de Chile identificando los posibles suelos con características similares.

Para recuperar suelos degradados, el SAG realizó un lineamiento en base a la taxonomía del suelo verificando las propiedades de este. Como resultado se obtuvo grupos de suelos con características similares que permitieron obtener información sobre el nivel de contaminación que puede tolerar el suelo.

Para enfrenar el problema de erosión y desertificación es importante crear una institución de tipo dirección general de suelos o de cuencas hidrográficas (manejo integrado de cuencas) y definir una ley de suelos. Es importante destacar e integrar las investigaciones del mundo científico para una correcta toma de decisiones.

## 7.4 Contaminación de Suelo

### 7.4.1 Presentación de Marcela Pérez: “Gestión de Sitos con Potencial Presencia de Contaminantes”

El Ministerio de Medio Ambiente, en un deseo de levantar información de manera más ordenada, tomó una metodología utilizada por Fundación Chile. Esta metodología fue plasmada en las resoluciones exentas 1690, del año 2011, y 406, del año 2013; y busca identificar la presencia de contaminantes que pueden presentar algún tipo de riesgo para la salud de las personas.

La Guía Metodológica tiene 3 fases:

1. Identificar, priorizar y jerarquizar sitios con potencial presencia de contaminantes.
2. Evaluación preliminar sitio-específica del riesgo (SPPC).
3. Si está contaminado, Evaluación de riesgo.

La implementación de esta metodología partió en el año 2012 y cada año se va actualizando la guía conforme se van aplicando las distintas fases con el objetivo evitar las diferencias que se han encontrado en la interpretación en los procesos de catastro y posterior jerarquización.

El Ministerio de Medio Ambiente cuenta con recursos muy limitados y la implementación de esta metodología es muy costosa. En Tarapacá y Antofagasta, donde la metodología ha sido aplicada en su totalidad, los estudios han sido realizados con fondos de los gobiernos locales.

Ha surgido la necesidad de desarrollar una “Norma de Suelo para Sitios con Presencia de Contaminantes” para lo cual se generó una Mesa Técnica de Trabajo en la cual están

participando los Ministerios de Vivienda y Urbanismo, Salud, Agricultura, Minería y de Medio Ambiente y se espera el próximo año tener resultados concretos.

#### 7.4.2 Presentación del Dr. Pablo Cornejo R.: “Contaminación del Suelo: Consideraciones Para su Control en el Marco de una Normativa de Suelos en Chile”

De acuerdo con el Informe del Estado del Medio Ambiente confeccionado por el Ministerio del Medio Ambiente (Chile) durante el año 2011, “los suelos potencialmente contaminados son aquellos en los cuales podría haber presencia de contaminantes, como consecuencia de actividades productivas que en el pasado no contaron con regulaciones o debido al incumplimiento de normativas actuales. Para dimensionar este problema y definir las acciones a desarrollar, el Ministerio del Medio Ambiente está iniciando la implementación de una metodología que, junto con identificar y confirmar la presencia de contaminantes en los suelos, evalúe el riesgo en la salud de las personas.”

Las principales fuentes de contaminación de suelos son:

- Actividades industriales
- Actividades agropecuarias
- Disposición de residuos
- Actividades mineras

##### 7.4.2.1 Problemática

Se hace necesario definir el tipo de contaminación que genera cada fuente y las metodologías y acciones a desarrollar para el control y la mitigación de los potenciales efectos deletéreos.

La contaminación de suelos es precursor de otros tipos de degradación de suelos:

- Aceleración de procesos erosivos
- Pérdida de diversidad y cobertura vegetal
- Pérdida de actividad y densidad de microorganismos
- Pérdida de materia orgánica
- Pérdida de fertilidad
- “Desertificación”

Todo esto conlleva a un “espiral de degradación”.

Los tipos de contaminantes pueden clasificarse en 3 grandes grupos:

- **Metales pesados:** Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT), que son los principalmente estudiados.
  - Estos EPT conllevan un problema medioambiental acuciante. Al año 2000 había 1 millón de zonas contaminadas a nivel mundial.



- Algunos, como Cu, Zn, Mn, Fe, Mo, Ni y Co, son componentes estructurales de proteínas y enzimas (micronutrientes).
- Otros, como Cd y Pb, no participan en procesos metabólicos celulares.
- A niveles supraóptimos todos son tóxicos.
- **Compuestos orgánicos persistentes (COPs):** que han sido recientemente estudiados, como PCF, HPA y Fitosanitarios.
- **Radio-nucleicos:** han sido escasamente estudiados.

El nivel de peligrosidad de los Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) puede ser medido en base a su toxicidad y su persistencia.

La toxicidad hace referencia al daño que produce en sistemas biológicos en términos de estructura y función. Provoca clorosis, necrosis y limita el crecimiento celular. Se relaciona con la biodisponibilidad, que depende de la concentración.

Por otro lado, la persistencia está relacionada con la físico-química del suelo, en términos de su materia orgánica y su pH; y con la biología del suelo, que hace referencia a la capacidad de bioabsorción, bioacumulación y solubilización de los contaminantes.

Las preguntas importantes en este aspecto que deben ser revisadas son:

- ¿Cuánto de los contenidos totales de EPT en suelo son tóxicos? o más bien, ¿Cuánto de los contenidos totales de EPT en suelo están biodisponibles?
- ¿Qué metodologías son las que mejor representan la toxicidad de un contaminante?

Se requiere investigación científica de base para determinar los niveles límites y establecer las metodologías para su determinación.

La CNA (Comisión Nacional de Acreditación) en conjunto con la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo (SCHCS) generó manuales de procedimiento para los análisis de suelos, los que son corrientemente usados en laboratorios de servicios y de investigación, pero el financiamiento para la investigación en suelos a nivel nacional es obtenido desde fondos concursables externos a las Universidades y Centros de Investigación (a través de CONICYT) y otros propios de las instituciones, que son de menor cuantía. La disciplina de suelos se incluye dentro del Grupo de Estudios de Agronomía, junto a otras 16 disciplinas. Como resultado se tiene un bajo número de estudios en suelo que son financiables, lo que no se condice con la importancia que tiene este recurso natural. Es entonces importante definir el **cómo enfrentar el problema estructural al financiamiento de iniciativas tendientes a dar un mejor uso a este recurso natural de primera importancia.**

#### 7.4.2.2 Diagnóstico

Todos los países miembros de la Alianza Sudamericana por el Suelo, en un taller realizado en Santiago de Chile durante el mes de marzo de 2015, consideraron la contaminación de suelos dentro de las cinco principales problemáticas locales.



Según información entregada por el Ministerio del Medio Ambiente durante el año 2011, la enorme mayoría de los Sitios con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC) corresponden a actividades mineras en las zonas norte y centro del país.

Hoy en día, diversas investigaciones han permitido diseñar técnicas de descontaminación/remediación *ex situ* e *in situ*, siendo la Fitorremediación la alternativa más económica entre todas las técnicas. Es necesario desarrollar investigación para contribuir con nuevas técnicas a la descontaminación de suelos. Sólo a modo de ejemplo, se sabe que en el Valle Puchuncaví a una alta contaminación de suelos, sin embargo, existen plantas que son capaces de tolerar esos niveles de contaminación y sólo invirtiendo recursos en investigación será posible responder a esa interrogante y posteriormente, utilizar dicha información a nuestro favor.

#### **7.4.2.3 Conclusiones**

La Ley o Normativa de Suelos en Chile debe incluir una herramienta focalizada que funcione como Fondo Concursable, tendiente a realizar investigación (básica, aplicada y de fomento) en aspectos clave de protección, recuperación, remediación, uso y producción del recurso suelo.

Se deben incluir aspectos de implementación y una metodología que considere no sólo los potenciales riesgos para la salud humana sino también sobre las propiedades mismas del suelo.

Los niveles límites de contaminantes debieran establecerse en función de la toxicidad de los EPT y COP y su bio-disponibilidad.

La adopción de herramientas de fomento debiera favorecer la aplicación de tecnologías modernas, amigables con el medio ambiente y reconocidamente más económicas, como la biorremediación.

La aplicación de materiales al suelo debe considerar los EPT que transporta, limitando sus dosis y recurrencia de aplicación.

Finalmente, tal cual ocurre con Leyes de Protección y Fomento de entidad similar, se debe considerar la creación de fondos focalizados para la investigación en suelos: "Fondo de Investigación para la Protección y Uso de Suelos".

#### **7.4.3 Presentación del Dr. Gerardo Soto M.: "La contaminación de suelo en un contexto territorial"**

Asociado al concepto de contaminación es pertinente hablar de salud y asociado a la salud de un individuo está la salud del contexto en el que se encuentra.



Se puede considerar el suelo como un sistema vivo y su salud está asociada a su contexto o territorio (que no está limitado a un espacio geográfico): geología, geomorfología, actividad industrial y pueblos originales, entre otros.

Para distinguir o clasificar los distintos tipos de suelo existen básicamente 2 criterios:

- Clasificación taxonómica: una implementada por Estados Unidos, que es que ha sido adoptada por Chile; y otra implementada por la FAO; siendo estas 2 clasificaciones homologables en un bajo porcentaje.
- Clasificación asociada al uso del suelo y su calidad.

Para definir si un suelo está contaminado o "enfermo" existen criterios para evaluar esto en base al riesgo o a parámetros.

El criterio de riesgo indica que el suelo está contaminado si y sólo si representa un riesgo para la salud de las personas. Este criterio ha sido empleado en Alemania, España y Francia. En Chile, en particular, existe una metodología para determinar suelos con potencial presencia de contaminantes.

En cuanto al criterio de parámetros, existe un Fondo pedageoquímico de los suelos, que en términos sencillos es análogo al perfil bioquímico de una persona. En Francia están bien definidas las escalas de medición y el método de toma de muestras que hace que los distintos datos sean comparables y válidos. En Chile, lo más parecido a esto, son los parámetros de suelo entregados por el CIREN; sin embargo, aún se requiere muchísima información, la que es altamente costosa de obtener.

En Chile no existe registro de la concentración de compuestos en suelos considerados naturales.

Desde el punto de vista legal es necesario:

- (a) Velar por la conservación de la calidad del suelo. Si éste ha sido dañado, es necesario definir técnicas de carácter reparador y estrategias para controlar y comprobar el estado de ese suelo. Por el contrario, si no ha sido dañado, es necesario desarrollar mecanismos de carácter preventivo.
- (b) Desde el punto de vista jurídico, no es el suelo el objeto de estudio, sino que la protección del suelo y su proyección, más que el suelo por sí mismo.
- (c) Es necesario incluir el suelo en el concepto de Medio Ambiente. No tiene el mismo estatus que el agua y el aire. El suelo, en Chile, es un bien apropiable.

#### 7.4.4 Presentación del Dr. Andrei Tchernitchin: “Contaminación del suelo. Análisis enfocado a proposiciones legislativas y normas de calidad para suelos en Chile con impacto en la salud humana”

El suelo, puede actuar como receptor de sustancias potencialmente contaminantes y como vía de transmisión directa e indirecta de las mismas hacia las personas. Es por ello que resulta relevante una normativa chilena de calidad de suelo. Las normas de calidad, y en particular una que esté ligada al recurso suelo, debe regirse por “Normas primarias” en virtud de proteger los efectos en la salud de la población frente a la exposición de contaminantes presentes en el suelo, y por “Normas secundarias” cuyo objetivo es proteger el recurso suelo e indirectamente proteger las reservas de aguas subterráneas, cursos de aguas superficiales y la atmósfera.

En este sentido es necesario conocer y regular la cantidad de contaminantes presentes en los suelos para proteger la salud de la población y el medio ambiente de manera directa e indirecta, de corto y largo plazo. Resulta relevante contar con información de línea base para cada cuenca y cada localización, con datos granulométricos y de bioaccesibilidad. Los contaminantes pueden provenir de un origen natural o antropogénico. Es necesario normar estos contaminantes para prevenir daños a la salud y al medio ambiente (independiente de su origen), si no se cumple con la norma establecida, aunque su origen sea natural, se debe proceder dependiendo del tipo de contaminante. Los elementos que resultan relevantes de conocer son:

- Composición total de los elementos presentes
- Bioaccesibilidad de los componentes presentes
- Granulometría de los componentes
- Bioaccesibilidad de componentes presentes en MPS (Material Particulado Suelo) y MP (Material Particulado) fino
- Qué causa afectos adversos en salud
- Qué causa mayor solubilización de elementos tóxicos

##### 7.4.4.1 Bases para una normativa chilena de calidad de suelo

- Se debe tener en consideración que la calidad del suelo equivale a las condiciones adecuadas para el uso.
- Como mínimo se deben establecer condiciones adecuadas para **uso residencial** y para **uso agrícola**, e identificar las posibles vías de exposición a contaminantes.

###### USO RESIDENCIAL:

- Uso residencial incluye condiciones seguras para que la exposición a contaminantes sea mínima considerando los receptores más sensibles (niños y ancianos que llegan a vivir en el lugar, de manera permanente).
- Nivel bioaccesible de los contaminantes presentes no significa riesgo de enfermedades conocidas.

- Concentración extraída a 37°C con HCl concentrado. Simula condiciones del estómago. Ingestión accidental de suelo. Vía de exposición más relevante.
- Algunas vías de exposición a contaminantes: ingesta accidental de suelo, inhalar polvo que luego pasa al tubo digestivo, contacto dérmico con el suelo.

#### USO AGRÍCOLA:

- Uso agrícola incluye condiciones seguras para los trabajadores agrícolas expuestos en contacto directo con el suelo y que permitan el crecimiento productivo de los cultivos.
- Nivel bioaccesible para plantas de los contaminantes presentes no significa riesgo para los cultivos.
- Concentración extraída en buffer de sales (Nitrato de amonio) a temperatura ambiente. Simula condiciones del suelo fertilizado cuando se pone en contacto con la lluvia, para incorporar sustancias a las plantas.
- Algunas vías de exposición a contaminantes: ingesta accidental de suelo a través de alimentos, contacto dérmico con el suelo, ingesta de contaminantes absorbidos en los cultivos.

Finalmente, realiza exposición sobre el "Imprinting o desprogramación celular" (Alteración de la programación celular). Efectos diferidos por exposición prenatal a contaminantes ambientales y otros compuestos como causa de enfermedades en la vida más tardía. El programa genético es el mismo pero solo bastan unas horas de exposiciones mínimas de un agente tóxico a la madre para que se desencadene una enfermedad en el futuro en el hijo(a).

Algunas de las principales enfermedades asociadas a contaminantes:

- Arsénico y enfermedades pulmonares
- Plomo y efectos en el sistema reproductor y en neurotransmisores
- Múltiples contaminantes y su asociación con el cáncer de distintos tipos.

## 7.5 Ronda de Preguntas

### 7.5.1 Pregunta dirigida a Walter Luzio.

¿Existe alguna forma de valorizar económicamente la pérdida y daños en el suelo, que pueda ayudar a generar una mayor conciencia social y agrícola, respecto a este recurso natural? Esto permitiría representar a los productores cuánto pierden.

Pregunta hecha por: Loreto Rojas

Respuestas:

- Walter Luzio: lo desconozco



- Daniel Alvarez: se ha hecho para servicios ecosistémicos (en áreas protegidas). Hay un estudio del profesor Eugenio Figueroa, de la Universidad de Chile. Se ha calculado MMUS\$ 2.500.
- Wilfredo Alfaro: 15% del PIB por desertificación.
- Samuel Francke: la valorización se asocia a costo de reposición, daños, pérdidas en toneladas de suelo. Se utilizan métodos de economía ambiental.
- Germán Ruiz: hay algo hecho en cuanto a medición de Carbono. Una tesis de Carlos Ramírez. Acerca de las pérdidas, se le ha representado a productores acerca de las quemas, pero no sirve.
- Daniel Alvarez: es importante el potencial secuestro de carbono en los suelos. Hay información, pero hay vacíos.
- Miriam Llona: ¿Cómo unificar esta información? Se propone que cada institución compile la información (lo que está usando actualmente) y lo envíe a los participantes de la mesa.

#### 7.5.2 Pregunta dirigida a Eduardo Martínez y Daniel Álvarez.

¿Quién fiscaliza o comprueba la veracidad cuando en un EIA dice que "el relave sería depositado en suelo impermeable – rocoso" y que en realidad es un humedal descrito como "formación de canelo – chagüen", ocupado por Minera Pelambres?

Pregunta hecha por: Dr. Andrei Tchernitchin

Respuestas:

- Eduardo Martínez: paso.
- Daniel Alvarez: Existe fiscalización, pero no conozco el caso.
- Pablo Cornejo: debería ser Sernageomin.

#### 7.5.3 Pregunta dirigida a Samuel Francke.

Respecto de las herramientas de bonificación por servicios ecosistémicos que tiendan a las actividades de conservación, ¿cuáles podrían ser los más importantes y cómo se registraría su posible aplicación?

Pregunta hecha por: Dr. Pablo Cornejo

Respuestas:

El pago por servicios ambientales se hace en Costa Rica desde hace 25 años. Se bonifica la protección de los recursos hídricos, biodiversidad, paisaje.

Debería haber incentivos de conservación.





#### 7.5.4 Pregunta dirigida a Gabriel Mancilla.

Si el código o leyes de suelo se acoplan al código de aguas, ¿cómo se norman los máximos posibles de elementos tóxicos en suelo habitacional o agrícola, por ejemplo? ¿O en zonas donde suele haber lluvia ácida?

Pregunta hecha por: Dr. Andrei Tchernitchin

Respuestas:

No se norma.

#### 7.5.5 Pregunta dirigida a Walter Luzio.

Dado el contexto general y su experiencia, ¿qué aspectos deben ser los más relevantes incluidos en una potencial legislación de suelos en Chile?

Pregunta hecha por: Dr. Pablo Cornejo

Respuestas:

- Walter Luzio: tenemos “los suelos”, hay que abordar por grupos de suelos.
- Gabriel Mancilla: abordar según las propiedades: textura, profundidad de horizonte, materia orgánica, pH, etc.
- Germán Ruiz: hay un estudio del SAG del 2005.
- Samuel Francke: los grupos de suelo están unidos a la funcionalidad.
- Otro: trabajo de José Rodríguez, de la Universidad Católica, sobre grupos de suelos con utilización.
- Daniel Álvarez: la funcionalidad (regulación, productividad, soporte) se debe asociar a servicios ecosistémicos.
- Pablo Cornejo: hay un Atlas de Suelos de Latinoamérica (CIREN) del 2014. Capacidad de uso implica aptitudes y limitantes.
- Walter Luzio: la base debe ser el mapa taxonómico. El mapa taxonómico no es superponible con la capacidad de uso. ¿Cómo “homogeneizar” suelos?, ya que un metro cuadrado es diferente al metro cuadrado de al lado. Con taxonomía.

El año 2000 se establecieron criterios para la ley marco; se identificó los tipos de degradación. ¿Qué faltó? La institucionalidad, y que no hay quien aglutine.

#### 7.5.6 Pregunta dirigida a Walter Luzio y Daniel Álvarez.

En Chile se conoce desde hace más de 150 años que la erosión es la mayor amenaza para la capacidad productiva y estabilidad de los suelos. Ha habido investigación, informes, proyectos, etc. Entonces, ¿cuál es la vía para que todo el conocimiento acumulado se traduzca

en una ley? ¿Falta hablar un idioma similar entre el mundo académico – investigador y el legislativo? ¿Quién hace ese nexo?

Pregunta hecha por: Gabriel Mancilla

Respuestas:

- Samuel Francke: No hay dirección general de suelo, no hay dirección general de cuenca hidrográfica (sólo de agua), no hay ministerio del territorio. Se necesita una ley de manejo de cuenca hidrográfica que integre suelo, agua, gente y ordenamiento territorial.
- Daniel Alvarez: Ver ley de Servicios de Biodiversidad y Áreas Protegidas.

## 8 Contenidos a tomar en cuenta en la “Ley General de Suelo”

De acuerdo con los participantes en esta mesa de trabajo, los principales aspectos a considerar en la Ley de Suelos son los que se listan a continuación:

1. Institucionalidad.

Es necesaria la creación de un Instituto de Suelos; lugar que podría ser ocupado por el CIREN, que ya existe y tiene trayectoria, materiales y experticia.

2. Fondos para Investigación en Suelos: “Fondo de Investigación para la Protección y Uso de Suelos”.

Actualmente los recursos destinados a levantar información sobre las características de los suelos, o para investigación básica o aplicada en aspectos como protección, recuperación, remediación, uso y producción del suelo, son muy escasos. Es necesario incluir herramientas de financiamiento que permitan llevar a cabo más investigación.

3. Herramientas de fomento.

La adopción de herramientas de fomento debiera favorecer la aplicación de tecnologías modernas, amigables con el medio ambiente y reconocidamente más económicas.

4. Herramientas de incentivos a la conservación.

Es necesario definir herramientas de bonificación por servicios ecosistémicos que tiendan a la protección del recurso suelo.

5. Implementación.

La metodología debe considerar tanto los potenciales riesgos sobre la salud humana, como sobre las propiedades mismas del suelo.

6. Definiciones básicas.

Los suelos deben ser considerados como parte del concepto de Medio Ambiente. Es necesario acordar definiciones del suelo como ente natural y productivo.

7. Definir el sistema de clasificación de suelos oficial para Chile.

Existen distintas formas de clasificar los suelos, por lo mismo es necesario adoptar una única convención, lo cual repercutirá en las especificaciones técnicas que se determinen en la normativa.

8. Determinar especificaciones de las limitaciones de uso de suelos.

Hay que determinar especificaciones sobre pendientes, profundidad, características del perfil (o estratificación), porcentaje y tipo de arcilla; y contenido de materia orgánica.

#### 9. Parámetros.

Los niveles límites de contaminantes debieran establecerse en función de la toxicidad de los EPT y los COP; y su bio-disponibilidad. Además, la aplicación de materiales al suelo debe considerar los EPT que transporta, limitando sus dosis y recurrencia de aplicación.

#### 10. Mapa de los suelos de Chile.

Se requiere confeccionar un mapa con los suelos de Chile con el fin de conocer cuáles son los suelos que existen y dónde están. Este mapa debe considerar distintas escalas, pues tienen distintos usos y comportamientos. En Chile ya existe una cantidad importante de información en este respecto, sin embargo, es necesario uniformar y actualizar dicha información.

#### 11. Educación.

Es necesario promover la educación, desde el nivel parvulario, sobre la importancia del cuidado del recurso suelo para la conservación de la vida en el planeta. Hacer énfasis en relaciones ecosistémicas: suelo – vegetación – fauna – aire – agua – vida.

#### 12. Manejo y uso.

- a. Uso agrícola: Definir límites de pendiente para labranza y sus aptitudes: forestal, agrícola, pecuaria y/o frutal.
- b. Uso industrial: Definir los suelos que no tengan aptitud para la agricultura, en todos sus aspectos, y que se puedan urbanizar para la industria.
- c. Uso para vivienda: Planificar el crecimiento de las ciudades, poniendo énfasis en los límites hasta donde pueden crecer respetando la calidad de los suelos y definir hasta qué punto es posible terminar con la especulación suelo agrícola – suelo urbano. También es necesario definir áreas en las cuales no se pueden construir viviendas, tales como pendientes excesivas, suelos tixotrópicos, con inestabilidad estructural, con arcillas de tipo especial. Estos puntos son especialmente importantes, pues en un país con frecuentes movimientos sísmicos, los deslizamientos son frecuentes y muchas veces catastróficos.

## 9 Conclusión

### 9.1 Erosión y Desertificación

Las modificaciones del suelo presentan cambios que afectan los procesos naturales que ocurren en el ecosistema, como: flujos de materia, dinámica de poblaciones, composición de comunidades, flora, fauna y el comportamiento de los individuos y su alteración es lo que provoca cambios que son responsables de la degradación del suelo.

Los suelos son alterados continuamente por las labores humanas, creando condiciones para su deterioro físico (erosión, pérdida de la estructura y compactación), químico (pérdida de nutrientes, salinización, acidificación, contaminación, etc.) y biológico (pérdida de la biodiversidad) que conducen a su degradación.

La desertificación hace referencia a la degradación de la tierra en áreas áridas, semiáridas y subhúmedas a causa de varios factores, incluyendo variaciones climáticas y actividades humanas. Sólo en el norte de Chile la desertificación avanza 0,4 kilómetros por año, afectando a 1,3 millones de personas.

Si bien los problemas de degradación de suelos y pérdida de productividad son conocidos desde la antigüedad, a menudo se sigue pensando que los suelos son un recurso renovable. Sólo algunos procesos de los suelos pueden ser considerados reversibles. Por ejemplo, y hasta cierto punto, las pérdidas de fertilidad química asociadas a la extracción de nutrientes. La mayoría de los procesos edáficos distan de ser reversibles y la efectividad de recuperación post-degradación depende del grado de resiliencia de la propiedad afectada, difícilmente se logra retornar al punto inicial de cero degradación o condición prístina. Por ejemplo, el nivel de materia orgánica y la condición estructural del suelo.

Hoy en día surgen nuevas presiones sobre los suelos como el aumento de la demanda de alimento, fibra, biocombustible, eventos extremos y cambio climático. Por otra parte si no se reconocen las funciones y limitaciones del suelo se pueden generar problemas para la sociedad local y global.

Una futura ley debe considerar el suelo como un recurso no renovable, más aún en el marco de las nuevas presiones a las que estarán sujetos en el futuro y poseer principios como el uso y conservación del suelo. De una u otra forma el Ordenamiento Territorial puede contribuir de mejor manera el aprovechamiento de los recursos naturales y la mejor forma de realizar análisis frente a la desertificación y la sequía, como también ordenar, normar su uso y manejo del suelo.

Además de identificar y seleccionar indicadores de calidad (físico-químicos y biológicos), establecer niveles críticos en base al conocimiento local, cuenca hidrográfica y regional y definir un plan de monitoreo, para la toma de decisiones.



## 9.2 Contaminación

En nuestro país las principales fuentes de contaminación de suelos son las actividades mineras, industriales, agropecuarias y la disposición de residuos.

Distintos estudios han identificado los principales contaminantes de los suelos de nuestro país, entre estos se encuentran los metales pesados (como arsénico, antimonio, cadmio, cromo, cobre, etc.); hidrocarburos del petróleo- que son principalmente mezclas de hidrocarburos alifáticos y aromáticos policíclicos; solventes químicos de uso industrial (industria química, de la madera, metal-mecánica) como benceno, tolueno, etileno y xileno (BTEX); y los compuestos orgánicos persistentes (COPs) relacionados mayormente con los pesticidas.

Los contaminantes en el suelo generan degradación de los suelos causando aceleración del proceso de erosión, pérdida de la diversidad y cobertura vegetal, pérdida de la actividad microbiana, pérdida de la materia orgánica resultando la desertificación del recurso suelo.

La futura ley o norma que dicte las bases para la protección del recurso suelo de Chile, debe focalizarse en la protección, recuperación, remediación, uso y producción del suelo. El alcance de esta norma debe considerar no solo los potenciales riesgos para la salud humana sino también abordar la protección de las propiedades del recurso suelo.

La evaluación y priorización de los contaminantes considerados a reglamentar y sus parámetros deberá abordar entre otros aspectos, los niveles de toxicidad relevantes; la persistencia de los contaminantes; si están reglamentados en alguna de las normativas de referencia de calidad de suelos; la coherencia con otras normas de calidad primaria o emisión (sobre todo cuando éstas regulen la calidad de otras componentes ambientales que se relacionen con el suelo); la factibilidad de medir con métodos analíticos implementados en el país y que estos métodos en un corto plazo puedan estandarizarse y la relevancia en función de las fuentes de contaminación identificadas.

Otro de los puntos a tener en cuenta, hacen referencia a mecanismos de incentivo a la conservación del recurso suelo y herramientas de fomento para la aplicación de tecnologías modernas y amigables con el medio ambiente. Por otro lado, fomentar y aumentar los recursos destinados a investigación, ya sea para el levantamiento de información o para el desarrollo de nuevas tecnologías.

## 9.3 Conclusión general y consideraciones finales

1. Queda de manifiesto como conclusión principal la necesidad imperiosa de generar una normativa general de suelos en Chile.
2. Esta normativa, LEY GENERAL DE SUELOS, deberá estar asociada a los principales problemas de degradación en Chile que son: EROSIÓN Y DESERTIFICACIÓN y CONTAMINACIÓN insertos dentro del contexto del USO DE SUELO Y ORDENAMIENTO



DEL TERRITORIO ya que al generar un uso equilibrado del suelo los resultados son su conservación y recuperación.

3. Es de destacar la valiosa labor de los profesionales y académicos que participaron en esta mesa y de muchos otros que trabajan con y para el recurso suelo. Decirles: *"la unión hace la fuerza"*.
4. Tareas por hacer de ONG Suelo Sustentable:
  - Realizar la 2° mesa de trabajo con el tema USO DE SUELO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (agosto 2015)
  - Sesionar ante la Comisión de Medio Ambiente del Senado (agosto 2015)
  - Presentar el proyecto de LEY GENERAL DE SUELO para su tramitación (octubre 2015)



## 10 Bibliografía

1. Ingeniería Alemana S.A, (2011). Informe Final “Preparación de antecedentes para la elaboración de la norma de calidad primaria de suelos”
2. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Planificación y Ordenamiento Territorial.
3. Contribución a la Gestión Integrada de Cuenca Hidrográfica, (2015). División de Políticas y Estudios Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo.
4. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (2015). Ministerio de Bienes Nacionales.

