



## **INFORME**

### **CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO AGRÍCOLA (En revisión)**

#### **Participantes:**

Edmundo Acevedo  
M. Adriana Carrasco  
Olga León  
Eduardo Martínez  
Paola Silva  
Gabriela Castillo  
Inés Ahumada  
Gilda Borie  
Sergio González

**MARZO 2005**

## INDICE

### I. SÍNTESIS

1. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES TÉCNICOS Y REGULACIONES INTERNACIONALES RELATIVAS A CRITERIOS DE PROTECCIÓN DE CALIDAD DEL SUELO .....	1
2. CALIDAD DEL SUELO AGRÍCOLA.....	7
3. RECOMENDACIÓN DE PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA ELABORAR UNA NORMATIVA DE PROTECCIÓN DE CALIDAD DE LOS SUELOS DE USO AGRÍCOLA. ....	12
4. CONCLUSIONES.....	14
5. CUADROS Y FIGURAS .....	16
6. LITERATURA CITADA.....	37

### II. DOCUMENTO IN EXTENSO .....

<b>1. CALIDAD DE SUELO DE USO AGRÍCOLA.....</b>	<b>43</b>
1.1 Calidad del suelo.....	43
1.2 Evaluación de calidad de suelo.....	43
1.3 Indicadores de calidad del suelo. ....	45
1.3.1 Indicadores físicos del suelo. ....	46
1.3.2 Indicadores químicos del suelo. ....	48
1.3.3 Indicadores biológicos del suelo .....	48
1.4 Indicadores para evaluar la CS en relación a los metales pesados.....	49
1.5 Literatura citada .....	51
<b>2. METALES PESADOS EN LA SALUD.....</b>	<b>55</b>
2.1. Arsénico .....	55
2.2. Cadmio .....	56
2.3. Cobalto .....	57
2.4. Cobre.....	58
2.5. Cromo.....	58
2.6. Mercurio .....	59
2.7. Molibdeno.....	59
2.8. Níquel .....	60
2.9. Plomo .....	60
2.10. Selenio .....	60
2.11. Zinc.....	61
2.12. Literatura citada.....	62
<b>3. METALES PESADOS EN EL SUELO.....</b>	<b>66</b>
3.1. Origen.....	66
3.2. Metales pesados en suelos de Chile.....	71
3.3. Biodisponibilidad de metales pesados. ....	78
3.3.1. Procesos del suelo involucrados en la biodisponibilidad. ....	78

3.3.1.1. Intercambio catiónico. ....	78
3.3.1.2. Adsorción específica. ....	79
3.3.1.3. Precipitación. ....	80
3.3.1.4. Complejación y quelación. ....	80
3.3.2. Factores del suelo relacionados con la biodisponibilidad. ....	80
3.3.2.1. pH.....	81
3.3.2.2. Contenido de materia orgánica. ....	81
3.3.2.3. Contenido y tipo de arcilla. ....	82
3.3.2.4. Potencial redox.....	82
3.3.2.5. Óxidos de hierro, manganeso y aluminio. ....	83
3.3.2.6. Presencia de cationes y aniones en la solución suelo. ....	83
3.3.2.7. Otros factores .....	84
3.3.3. Formas de medición.....	84
3.4. Extracción secuencial.....	85
3.4.1. Estimación de la disponibilidad de metales pesados por medio de extracción secuencial. ....	85
3.4.2. Extracción secuencial en suelos tratados con lodos.....	86
3.5. Efecto de los metales pesados en el suelo. ....	87
3.5.1. Contaminación y polución. ....	87
3.5.2. Toxicidad .....	89
3.5.3. Literatura citada.....	91
<b>4. METALES PESADOS EN LOS CULTIVOS. ....</b>	<b>99</b>
4.1. Absorción y traslocación de metales pesados en las plantas. ....	99
4.1.1. Cromo. ....	100
4.1.2. Manganeso .....	102
4.1.3. Níquel .....	102
4.1.4. Cobre.....	104
4.1.5. Cinc .....	106
4.1.6. Arsénico .....	107
4.1.7. Selenio .....	108
4.1.8. Molibdeno.....	111
4.1.9 Cadmio .....	112
4.1.10. Mercurio .....	114
4.1.11. Plomo .....	116
4.2. Fitotoxicidad.....	119
4.3. Clasificación de los cultivos con relación al riesgo alimentario. ....	120
4.4. Literatura citada.....	127
<b>5. SUELOS Y CULTIVOS EN RELACIÓN A METALES PESADOS.....</b>	<b>131</b>
5.1. Zonificación Agrícola de Chile.....	131
5.1.1. Zona Norte. ....	132
5.1.1.1. Suelos típicos de la zona Norte.....	132
5.1.1.2. Cultivos típicos de la zona Norte.....	133
5.1.2. Zona del secano de la Cordillera de la Costa de Chile Central.....	135
5.1.2.1. Suelos típicos de la zona del secano de la Cordillera de la Costa de Chile Central.....	135
5.1.2.2. Cultivos típicos de la zona del secano de la Cordillera de la Costa de Chile Central .....	137
5.1.3. Zona Central de riego. ....	139
5.1.3.1. Suelos típicos de la zona Central de riego.....	139

5.1.3.2. Cultivos típicos de la zona Central de riego .....	141
5.1.4. Zona de la Precordillera Centro-Sur.....	143
5.1.4.1. Suelos típicos de la zona de la Precordillera Centro-Sur.....	143
5.1.4.2. Cultivos típicos de la zona de la precordillera centro-sur .....	145
5.1.5. Zona del secano interior de la Cordillera de la Costa sur.....	146
5.1.5.1.Suelos típicos de la zona del secano interior de la Cordillera de la Costa sur.....	146
5.1.5.2.Cultivos típicos de la zona del secano interior de la Cordillera de la Costa sur .....	148
5.1.6. Zona húmeda del sur.....	149
5.1.6.1.Suelos típicos de la zona húmeda del sur.....	149
5.1.6.2. Cultivos típicos de la zona húmeda del sur.....	150
5.2. Criterios y restricciones del uso de suelos y cultivos en relación a los metales pesados.....	151
5.3. Interacción suelo-cultivo.....	158
5.4. Indicadores de calidad de suelos.....	160
5.5. Literatura citada .....	168
<b>6. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA SUELO - PLANTA.....</b>	<b>170</b>
<b>7. ANÁLISIS DE REGULACIONES INTERNACIONALES SOBRE CRITERIOS DE PROTECCIÓN DE CALIDAD DE SUELO EN RELACIÓN A METALES PESADOS.....</b>	<b>174</b>
7.1. Panorama mundial en relación a políticas sobre protección de suelo.....	174
7.2. Calidad de suelo y contenido de metales pesados en los suelos: estándares internacionales.....	176
7.3. Propuesta de ley de protección del suelo en CHILE .....	179
7.4. Literatura citada.....	185
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>187</b>
<b>III. ANEXOS</b>	
<b>ANEXO 1.</b> Aspectos toxicológicos del uso de lodos de aguas servidas en agricultura.....	191
<b>ANEXO 2.</b> Descripción de perfiles típicos.....	205