

3

**FIA**



**FUNDACION FONDO  
DE INVESTIGACION  
AGROPECUARIA**

**INSTITUTO  
DE INVESTIGACIONES  
AGROPECUARIAS**

# **PROYECTO DE INVESTIGACION**

**FUENTES DE CONTAMINACION POR PESTICIDAS ORGANOCORADOS  
Y METALES PESADOS EN AREAS AGRICOLAS  
DE LAS REGIONES IV A XI**

**INFORME FINAL  
1990**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
MINISTERIO DE AGRICULTURA

PROYECTO

"FUENTES DE CONTAMINACION CON RESIDUOS DE PLAGUICIDAS  
ORGANOCORADOS Y METALES PESADOS EN SECTORES AGRICOLAS,  
REGIONES IV A XI"

Registro FIA N° 1/86

INFORME FINAL

Auspiciado por:  
CONSEJO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Financiado por:  
FONDO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

---

ABREVIATURAS	i
GLOSARIO	iii
RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	14
2. EJECUCION DEL PROYECTO	15
2.1. Instituciones comprometidas	15
2.2. Unidad ejecutora	15
2.3. Personal participante	16
2.3.1. Investigadores	16
2.3.2. Ayudantes de Investigación	18
3. MARCO DEL PROYECTO	19
3.1. Objetivos	19
3.1.1. Generales	19
3.1.2. Objetivos específicos	19
3.2. Cobertura temática	23

3.3.	Cobertura geográfica y temporal	23
4.	<b>METODOLOGIA</b>	24
4.1.	Subproyectos	24
4.2.	Etapas	24
4.3.	Descripción de actividades	25
4.3.1.	Subproyecto Contaminación con Metales Pesados	29
4.3.2.	Subproyecto Contaminación con Residuos de Pesticidas	31
4.3.3.	Subproyecto Presencia de Otros Contaminantes	32
5.	<b>RESULTADOS SUBPROYECTO CONTAMINACION CON METALES PESADOS</b>	34
5.1.	Prospección Regional	34
5.1.1.	III Región	34
5.1.2.	IV Región	38
5.1.3.	V Región	40
5.1.4.	Región Metropolitana	44
5.1.5.	VI Región	57
5.1.6.	VII Región	66
5.1.7.	VIII Región	66
5.1.8.	Regiones IX, X y XI	71
5.1.9.	Resumen	72
5.2.	Niveles de normalidad o naturalidad	72
5.2.1.	Bovinos	72

5.2.2.	Vegetales	76
5.2.3.	Ingesta metálica por animales	81
5.3.	Límites absolutos de toxicidad	81
5.4.	Variación de los LME absolutos en función del suelo	99
5.4.1.	Límites máximos de cobre	99
5.4.2.	Límites máximos de cadmio	111
5.5.	Evaluación de conductas de suelos cúpricos	120
5.5.1.	Suelos de las Regiones Metropolitana y VI	120
5.5.2.	Recuperación de suelos contaminados	127
5.5.3.	Límites máximos permisibles para Cu y Cd en aguas para riego	130
5.6.	Antecedentes básicos para evaluar impactos de procesos contaminantes	130
6.	RESULTADOS DEL SUBPROYECTO CONTAMINACION CON RESIDUOS DE PESTICIDAS	146
6.1.	Estandarización Metodológica	146
6.1.1.	RPOC en grasas y aceites comestibles	146
6.1.2.	RPOC en carnes de vacunos	147
6.1.3.	RPOC en harinas de trigo y concentrados alimenticios	147
6.1.4.	RPOC en leches, fresca y en polvo, y huevos	147
6.1.5.	RPOC en frutas	148
6.1.6.	RPOF en frutas	148

6.1.7.	Acido dimetil-diamino-succínico (ALAR) en manzanas	148
6.2.	Prospección en alimentos de consumo humano	150
6.2.1.	Acete comestible	150
6.2.2.	Carne de vacuno	150
6.2.3.	Harina de trigo	155
6.2.4.	Leche de vacas	155
6.2.5.	Huevos	157
6.2.6.	Uva de mesa	157
6.2.7.	Nectarinos	161
6.2.8.	Manzanas	163
6.3.	Reciclaje de RPOC en sistemas de producción avícola	163
6.4.	Reciclaje de RPOC en áreas de producción bovina	169
6.4.1.	Prospección de RPOC en grasa perirrenal	169
6.4.2.	Reciclaje de RPOC en Regiones VIII, IX, X y XI	171
6.5.	RPOC en suelos y aguas superficiales	175
6.6.	Absorción radicular de RPOC, no interferida	179
6.6.1.	Ballica	179
6.6.2.	Trébol	181
6.6.3.	Trigo	181
6.7.	Efecto del Dieldrin sobre la producción de biomasa	181
6.7.1.	Ballica	183
6.7.2.	Trébol	183

6.7.3.	Trigo	183
6.8.	Efecto suelo sobre el PARD	183
6.8.1	Ballica	186
6.8.2.	Lentejas	186
7.	RESULTADOS SUBPROYECTO PRESENCIA DE OTROS CONTAMINANTES	191
7.1.	Estandarización Metodológica	191
7.1.1.	Residuos de detergentes	191
7.1.2.	Cianuro en pulpa de uva	191
7.2.	Prospección de residuos de detergentes en ríos	191
7.3.	Desperdicios urbanos	193
7.4.	Prospección de cianuro en uva	195
8.	CONCLUSIONES	199
8.1	Subproyecto "Contaminación con Metales Pesados"	199
8.1.1.	Prospección	199
8.1.2.	Niveles de normalidad	206
8.1.3.	Límites Máximos de Exceso, en condiciones de no interferencia	206
8.1.4.	Efecto suelos sobre los Límites Máximos de Exceso	209
8.1.5.	Evaluación de suelos cúpricos de las Regiones Metropolitana y VI	210

8.1.6.	Recuperación de suelos contaminados	211
8.1.7.	Bases para la evaluación de impactos ambientales de procesos contaminantes	211
8.2.	Subproyecto "Contaminación con Residuos de Pesticidas"	213
8.2.1.	Alimentos para consumo humano	213
8.2.2.	Frutas exportables	215
8.2.3.	Reciclaje de RPOC en áreas de producción bovina	216
8.2.4.	Reciclaje de RPOC en áreas de producción avícola	218
8.2.5.	Absorción radicular de RPOC	219
8.3.	Subproyecto "Presencia de Otros Contaminantes"	220
8.3.1.	Detergentes en aguas	220
8.3.2.	Cianuro en uva	221
8.3.3.	Desperdicios urbanos	221
9.	RECOMENDACIONES	223
9.1.	Aspectos generales	223
9.2.	Normas y estudios	225
9.3.	Vigilancia ambiental	227
9.4.	Sanciones y estímulos	229
10.	PROYECCION FUTURA	230

11.	BIBLIOGRAFIA	232
11.1.	Subproyecto Contaminación con metales pesados	232
11.2.	Subproyecto Contaminación con residuos de pesticidas	238
11.3.	Glosario de términos	243

**ANEXOS:**

I:	UNIDADES EXPERIMENTALES	245
II:	ANTECEDENTES METODOLOGICOS VARIOS	251
III:	RESULTADOS NO ELABORADOS SUBPROYECTO CONTAMINACION CON METALES PESADOS	291
IV:	METODOS DE ANALISIS	334
V:	RESULTADOS NO ELABORADOS SUBPROYECTO RESIDUOS DE PLAGUICIDAS	348

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

### Cuadros:

R.1.	Contaminación de los sistemas agrícolas, entre las Regiones III y XI	4
R.2.	Escalas relativas de potencial tóxico de metales, para cada una de las especies vegetales consideradas	10
R.3.	Escalas relativas de sensibilidad de especies vegetales, frente a excesos de elementos metálicos	11
4.1.	Cronograma del Subproyecto "Contaminación con Metales Pesados"	26
4.2.	Cronograma del Subproyecto "Contaminación con Residuos de Pesticidas"	27
4.3.	Cronograma del Subproyecto "Presencia de Otros Contaminantes"	28
5.1.	Contenidos metálicos totales en hojas de matorrales, existentes en los alrededores de planta de pellets en Huasco (III Región), y su reducción por remoción de particulados externos	35
5.2.	Contenido total (mg/kg ss) de elementos trazas en el horizonte A <sub>p</sub> de suelos del valle del Huasco (III Región) y de los valles Elqui y Limarí (IV Región)	37
5.3.	Caracterización salina y metálica de aguas superficiales de la IV Región. Promedios de tres épocas de muestreo	39
5.4.	Caracterización salina y metálica de aguas del sistema Aconcagua (V Región). Promedios de cuatro épocas de muestreo	43
5.5.	Caracterización salina y metálica de aguas superficiales de la Región Metropolitana. Promedios de siete épocas de muestreo	45
5.6.	Contenidos de As, Cu, N-nitrato y P-ortofosfato (mg/l) en aguas superficiales de la Región Metropolitana. Promedios de 4 muestreos efectuados en 1987	47
5.7.	Contenido total (mg/kg ss) de elementos trazas en el horizonte A <sub>p</sub> de suelos de los valles Maipo y Mapocho (Región Metropolitana)	48
5.8.	Caracterización salina y metálica de aguas superficiales en los alrededores del Embalse Rungue, Región Metropolitana	52
5.9.	Metales (mg/l) en muestras de aguas en sector aledaño a la Laguna Carén, Región Metropolitana	54

5.10. pH, CE (micromhos/cm a 25°C) y metales totales (mg/kg ss) en muestras de relaves y suelos procedentes de un sector de Laguna Carén, afectado por relaves mineros	54
5.11. Metales (mg/kg ms) en hojas de eucaliptus, muestreados en los alrededores de zona industrial de Nos. Región Metropolitana	55
5.12. Metales extraíbles con EDTA 0,05M en suelos muestreados en transecto norte de zona industrial de Nos. Expresión en mg/kg ss	55
5.13. Caracterización salina y metálica de aguas superficiales de la VI Región. Promedios de cinco épocas de muestreo	58
5.14. Contenido total (mg/kg ss) de elementos trazas en el horizonte A <sub>p</sub> de suelos de los valles Cachapoal y Tinguiririca (VI Región)	59
5.15. Rangos y promedios de metales (mg/kg ss) en suelos de Requinoa, V Región (zona donde la remolacha azucarera presenta problemas de desarrollo)	63
5.16. Caracterización química de las aguas de esteros aguas abajo de tranque de relaves Carén, de Codelco-Chile, División El Teniente. Promedio de 11 muestreos en 1988	64
5.17. Caracterización salina y metálica de aguas superficiales de la VII Región. Promedio de cuatro épocas de muestreo	67
5.18. Contenido total (mg/kg ss) de elementos trazas en el horizonte A <sub>p</sub> de suelos de los valles Mataquito y Maule (VII Región) y Laja y Bio-Bio (VIII Región)	68
5.19. Caracterización salina y metálica de aguas superficiales de la VIII Región. Promedios de tres épocas de muestreo	71
5.20. Contenido total (mg/kg ss) de elementos trazas en el horizonte A <sub>p</sub> de suelos de las Regiones IX, X y XI	73
5.21. Distribución geográfica de metales pesados y metaloides, como agentes de contaminación	74
5.22. Contenido de metales pesados (mg/kg ms) de hígados de bovinos clínicamente sanos. Detalle por Regiones	75
5.23. Contenido de nutrientes en vid, por área agrícola y órgano (considerando sólo plantas fenotípicamente sanas y en plena producción)	77
5.24. Contenido de nutrientes en manzano y peral, por área agrícola y órgano	78
5.25. Contenido de nutrientes en diversas especies, por área agrícola y órgano	79
5.26. Contenidos normales (mg/kg ms) de elementos trazas en muestras vegetales de plantas cultivadas en arena y suelos	80
5.27. Ingesta crítica de metales pesados (mg/kg dieta)	

de diversas especies animales	82
5.28. Límites máximos de exceso de metales (en mg/kg) en arena, en función de diferentes especies vegetales. Valores calculados según curvas ajustadas	85
5.29. Concentraciones (mg/kg ms) de Cd, Cu, Mn, Mo, Pb y Zn en biomasa aérea de alfalfa, cultivada en arena fortificada con estos elementos por separado. Promedios de 3 cortes	89
5.30. Concentraciones (mg/kg ms) de Cd, Cu, Mn, Mo, Pb y Zn en granos de trigo, producidos en arena fortificada con estos elementos, por separado. Promedio de tres cortes	95
5.31. Caracterización general de los suelos empleados	101
5.32. Límite máximo o nivel crítico de exceso de cobre (en mg/kg ss), para alfalfa, en arena y diferentes suelos de Chile	103
5.33. Límite máximo de exceso de cadmio en suelos (en mg/kg ss), estimados para cuatro especies vegetales indicadoras. Valores calculados según curvas ajustadas	116
5.34. Límites de exceso de cadmio y cobre (en mg/kg ss) para alfalfa, en arena con y sin aporte de materia orgánica (humus de lombricultura). Valores calculados según curvas ajustadas	129
5.35. Contenidos (r) de elementos trazas en PAT de alfalfa, regada con aguas cúpricas y cádmicas, desde planta adulta (A) y semilla (B)	132
6.1. Porcentaje de recuperación de RPOC por el micrométodo IDF, utilizando dos eluyentes	149
6.2. Densidad óptica (DO490nm-DO600nm), porcentaje de recuperación y porcentaje de variación para manzanas fortificadas con ALAR a 3 niveles: 2; 5 y 8 mg/kg	151
6.3. Contenido de RPOC (mg/kg grasa en la canal) en 30 muestras de carne provenientes de la Región Metropolitana. Promedios, rangos, n., % ocurrencia y LMR	152
6.4. Porcentaje de muestras de carne que exceden los correspondientes Límites Máximos de Residuos de Pesticidas (LMR), según la Resolución 1450 (CHILE-Ministerio de Salud, 1983)	154
6.5. Comparación entre valor promedio y los Límites Máximos de Residuos para Chile, sugeridos por el Codex Alimentarius y FDA (3). Expresión en mg/kg	154
6.6. Contenidos (mg/kg) promedios y rangos, n y % de ocurrencia de RPOC en 17 muestras de harinas de trigo, provenientes de 5 molinos de la Región Metropolitana,	

y LMR	156
6.7. Promedio y rango (mg/lt), n y % de ocurrencia de RPOC en muestras de leches, que se expenden en la Región Metropolitana, y valores de LMR	158
6.8. Concentraciones de residuos de Lindano y Dieldrin en huevos de tres planteles de la Región Metropolitana (mg/kg huevo total)	159
6.9. Consolidado de la determinación de RPOC en muestras de uva de mesa exportable	160
6.10. Consolidado de la determinación de RPOC en muestras de uva de mesa exportable	160
6.11. Consolidado de la determinación de RPOC en muestras de nectarinos	162
6.12. Consolidado de la determinación de RPOC en muestras de nectarinos	162
6.13. Consolidado de la determinación de RPOC en muestras de manzanas	164
6.14. Contenido de ALAR (mg/kg) en 12 muestras de manzanas exportables	164
6.15. RPOC (mg/kg) en huevos White Leghorn, Región Metropolitana	165
6.16. RPOC (mg/kg) en grasa abdominal de gallinas White Leghorn, Región Metropolitana	165
6.17. RPOC (mg/kg) en concentrados alimenticios para gallinas White Leghorn, Región Metropolitana	166
6.18. RPOC (mg/kg) en ingredientes alimenticios de gallinas White Leghorn, Región Metropolitana	167
6.19. Contenidos (mg/kg grasa) y porcentaje de ocurrencia de RPOC en grasa perirrenal de bovinos, por Regiones	170
6.20. Porcentaje de ocurrencia de RPOC en grasa perirrenal y carne bovina	170
6.21. RPOC en ecosistemas de producción bovina, Regiones VIII a XI	172
6.22. Resumen general de porcentajes de ocurrencia de RPOC en diferentes matrices. Totalización de muestras entre las Regiones VIII y XI	173
6.23. Contenidos de residuos (mg/l) de pesticidas organoclorados en aguas superficiales de la VI Región	176
6.24. Contenidos de residuos (mg/l) de pesticidas organoclorados en aguas superficiales de la VII Región	177
6.25. Contenidos de residuos (mg/l) de pesticidas organoclorados en aguas superficiales de la VIII Región	177
6.26. Consolidado de la presencia de RPOC en muestras de horizonte A <sub>p</sub> de suelos. Porcentaje de ocurrencia y contenidos máximos (mg/kg ss)	178
6.27. Frecuencia relativa de RPOC en muestras del horizonte A <sub>p</sub> de suelos	178
6.28. Potencial de absorción radicular de Dieldrin (PARD)	

por plantas de ballica inglesa ( <i>Lolium perenne</i> )	180
6.29. Potencial de absorción radicular de Dieldrin (PARD) por plantas de trébol ( <i>Trifolium vulgare</i> )	180
6.30. Potencial de absorción radicular de Dieldrin (PARD) por plantas de trigo ( <i>Triticum aestivum</i> )	182
6.31. Fracción del potencial de absorción radicular de Dieldrin (PARD) que alcanza las espigas de trigo	182
6.32. Efecto de la fortificación de Dieldrin en solución  nutritiva sobre la producción de biomasa por plantas de ballica inglesa	184
6.33. Efecto de la fortificación de Dieldrin en solución nutritiva sobre la producción de biomasa por plantas de trébol	184
7.1. Contenido de sustancias activas al azul de metileno (MBAS, mg/l) en aguas de ríos, Regiones V, VI y Metropolitana. Resultados en mg MBAS/l, por muestreo	190
7.2. Estimación de desperdicios urbanos, a nivel de potrero.. Valores en g/m <sup>2</sup> . Promedios de cuatro observaciones por sitio	194

**Figuras:**

5.1. Curvas isocuánticas de hierro y cobre total en hojas anversas de olivos, dentro del valle Huasco (III Región)	36
5.2. Distribución de cobre total en el horizonte A <sub>p</sub> de suelos de los valles Elqui y Limari (IV Región)	41
5.3. Relación entre Cu-total y Cu-EDTA en suelos de la IV Región	42
5.4. Mapa esquemático de la Región Metropolitana, mostrando la distribución espacial del contenido total de cobre en la estrata superficial de los suelos	50
5.5. Relación entre Cu-total y Cu-EDTA en suelos, Región Metropolitana	51
5.6. Distribución del Cu total (mg/kg ss) en el horizonte A <sub>p</sub> de suelos del Cachapoal y Tinguiririca, VI Región	60
5.7. Relación entre Cu-total y Cu-EDTA en suelos de la VI Región	62
5.8. Distribución del Cu total (mg/kg ss) en el horizonte A <sub>p</sub> de suelos de la VII Región	69
5.9. Biomasa aérea de alfalfa en arena, en función del elemento añadido	83
5.10. Recuperación de alfalfa, en arena fortificada según	

detalle	86
5.11. Contenido relativo de M en alfalfa, en función de su adición a arena	87
5.12. P.A.T. de trigo en arena, en función del elemento añadido	90
5.13. Producción relativa de trigo, segregada por órganos aéreos, en arenas fortificadas con cadmio (A) y cobre (B)	91
5.14. Metales (R) en órganos de trigo, en función de su adición a arena	93
5.15. Metales en granos de trigo, en función de su adición a arena	94
5.16. Raquis de frejól en arena, en función del elemento añadido	97
5.17. Biomasa total de remolacha en arena, en función del elemento añadido	98
5.18. Biomasa aérea de alfalfa en suelos, en función de la adición de cobre	100
5.19. Alfalfa: recuperación en el tiempo	105
5.20. Distribución porcentual de cobre nativo. Suelos chilenos usados en ensayo	106
5.21. Distribución del cobre añadido. Adición de 500 mg/kg a suelos	107
5.22. Contenido (R) de cobre en P.A. de alfalfa, en función de su adición a suelos	108
5.23. Contenido de Cu en alfalfa-P.A., en función de rendimiento en suelos	109
5.24. Absorción de Zn, Mn y Pb, en función de la absorción de Cu por alfalfa en suelos contaminados con Cu	110
5.25. Biomasa aérea de alfalfa en suelos, en función de la adición de cadmio	112
5.26. P.A.T. de trigo en suelos, en función de la adición de cadmio	113
5.27. P.A.T. de frejól en suelos, en función de la adición de cadmio	114
5.28. Biomasa de remolacha en suelos, en función de la adición de cadmio	115
5.29. Trigo: biomasa de órganos aéreos en suelos, en función de 50 mg Cd/kg	117
5.30. Distribución porcentual del cadmio agregando (50 mg/kg) al horizonte A <sub>p</sub> de los suelos Chicureo (A) y Graneros (B)	118
5.31. Distribución porcentual del cadmio agregando (25 mg/kg) al horizonte A <sub>p</sub> de los suelos Arenales (A) Santa Bárbara (B) y Cauquenes (C)	119
5.32. Rendimiento de alfalfa y trigo en suelos cúpricos	

de la Región Metropolitana	121
5.33. Rendimiento de alfalfa y trigo en suelos cúpricos de la VI Región	122
5.34. Rend. de alfalfa vs. Cu-total en suelos	123
5.35. Fraccionamiento del cobre en suelos cúpricos de las Regiones Metropolitana (A) y VI (B)	124
5.36. Relación entre producción de biomasa de alfalfa y contenidos de cobre extraíbles con EDTA 0,05M, en suelos de las Regiones Metropolitana y VI	125
5.37. Relación entre Cu-total y Cu-EDTA en suelos contaminados con cobre	126
5.38. Rendimiento de alfalfa en arenas fortificadas con cobre (A) y cadmio (B), con y sin aporte de materia orgánica	128
5.39. Rendimiento de alfalfa en arenas, regadas con aguas contaminadas con cobre y cadmio. A= desde plantas adultas, B= desde siembra	131
5.40. Efectos de los principales procesos de la artificialización inadecuada del ecosistema	134
5.41. Circuitos de dispersión de contaminantes entre los recursos del ambiente	137
5.42. Circulación ambiental de residuos antrópicos, enfatizando aquellas vías principales de interconexión	138
5.43. Circulación ambiental de residuos descargados por el ser humano, indicando las vías por las cuales éstas alcanzan al propio contaminador	139
5.44. Balance natural de metales pesados en el ambiente, mostrando los diferentes equilibrios entre recursos naturales, antes de llegar al hombre	143
5.45. Circuito de dispersión ambiental de metales pesados, liberados como agentes de contaminación, y sus efectos sobre el ser humano	144
5.46. Circuito de dispersión ambiental de residuos de pesticidas, señalando las vías por las que alcanzan al ser humano	145
6.1. N° de pesticidas por muestras. Frecuencia relativa	153
6.2. Biomasa de trigo (r) en función de adición de Dieldrin	185
6.3. Absorción de Dieldrin por ballica. Adición a diversos suelos	187
6.4. Absorción de Dieldrin por lentejas. Adición a diversos suelos	188
6.5. Fraccionamiento del Dieldrin agregado. Suelos Santa Bárbara y Collipulli	189
7.1. Degradación de Cianuro a pH 3,7 y 4°C en diferentes matrices	196
7.2. Curva de decaimiento del cianuro en uva a 0°C	198

**ABREVIATURAS**

- C.E.** = conductividad eléctrica
- CIC** = capacidad de intercambio catiónico
- DDT** = dicloro-difenil-tricloro etano
- IDA** = ingesta diaria admisible
- ECD** = detector de captura de electrones (electron capture detector)
- FDA** = Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos de América (Food and Drug Administration)
- FIA** = Fondo de Investigaciones Agropecuarias, perteneciente al Ministerio de Agricultura
- IDF** = Federación Internacional de la Leche (International Dairy Federation)
- LER** = límite extraño de residuo
- lda** = límite de detección analítica; equivalente a lmd
- LD<sub>50</sub>** = dosis letal 50% (lethal dose 50%)
- lmd** = límite mínimo de detección; equivalente a lda
- LME** = límite máximo de exceso; equivalente a umbral crítico de exceso (UCE), nivel crítico de exceso (NCE) o límite, umbral o nivel crítico superior
- LMP** = límite máximo permitido o permisible
- LMR** = límite máximo de residuos
- MAVRI** = método de arrastre (de pesticidas) con vapor, con reciclaje de isooctano
- MMPP** = metales pesados
- NaX** = sodio porcentual
- NC** = nivel crítico; término equivalente a umbral crítico, que debe especificarse si es para deficiencia (NCd) o para exceso (NCE)
- NPD** = detector de nitrógeno-fósforo (nitrogen-phosphorus detector)

- OC = (pesticida) organoclorado
- OF = (pesticida) organofosforado
- PARD = potencial máximo de absorción radicular para dieldrin
- PAT = parte aérea total
- PSB = porcentaje de saturación básica
- RAS = relación de adsorción de sodio
- PAV = parte aérea vegetativa
- RIL = residuo industrial líquido
- RPOC = residuos de plaguicidas organoclorados
- RPOF = residuos de plaguicidas organofosforados

## GLOSARIO DE TERMINOS

Dado que el Informe incorpora una serie de términos cuyo significado no es de dominio público, no se encuentran aún plenamente definidos y/o se emplean en un sentido distinto al corriente, se ha creído pertinente incorporar un glosario con aquellas palabras que mayormente podrían prestarse para interpretaciones erróneas.

Este glosario ha sido construido sobre la base del apoyo bibliográfico detallado en el Capítulo II, más la experiencia profesional de los investigadores participantes en el Proyecto.

Los términos definidos son:

- **AEROSOL:** Partículas sólidas o líquidas, de diámetro  $<10^{-3}$ mm, en suspensión en el aire u otro gas; sustancias dispersas cuya fase exterior está formada por aire u otro gas y la interior, por pequeñas partículas suspendidas en forma sólida o líquida,
- **ALIMENTO ALTERADO:** Aquél que, por causas naturales de índole física, química o biológica o derivadas de tratamientos tecnológicos, aislados o combinados, ha sufrido modificación o deterioro en sus características sensoriales, en su composición y/o en su valor nutritivo,
- **AMBIENTE (MEDIO):** Conjunto integral de condiciones externas, de índole física, química y biológica, y estructuras tecnológicas, sociales y culturales que influyen sobre la calidad de la vida de los seres vivos, incluido el hombre; desde la perspectiva de los seres vivos, es la totalidad de variables que condicionan sus modelos de asociación con los recursos físico-químicos y energéticos que lo rodean, con individuos de las restantes especies y con miembros de su propia especie que comparten un mismo espacio geográfico; debe hablarse de medio ambiente natural (para los sistemas naturales) y humano (para lo modificado o construido por el ser humano),
- **AMBIENTE CONTAMINADO:** Aquél donde, por efecto de acciones antrópicas, la concentración de un elemento, sustancia o intensidad de energía aportada sea igual o exceda el nivel máximo permisible para ese elemento, sustancia o energía, lo que se pretende definir en normas de calidad ambiental; aquél ambiente donde se ha sobrepasado la capacidad para reciclar un(os) agente(s) contaminantes, por lo que puede esperarse un desencadenamiento de efecto(s) negativo(s), tanto desde el punto de vista del equilibrio ecosistémico como de sus potencialidades de uso,
- **AGENTE (DE CONTAMINACION):** También, llamado contaminante o polutante; toda sustancia, elemental o molecular, natural o de síntesis

artificial, o aporte energético o de materia ionizante, que es incorporado a los ambientes naturales, artificializados y/o antrópicos, como residuo(s) de actividades humanas, de cualquiera naturaleza,

- **ANTROPICO:** Dicese de lo que es producido por la acción del hombre o que es relativo al ser humano,
- **APROVECHAMIENTO (RACIONAL DEL AMBIENTE):** Utilización de los recursos naturales y del espacio por los seres humanos para su propio beneficio, de manera tal que pueda obtenerse de ellos el mejor rendimiento posible y sea sostenible en el tiempo, evitándose su dilapidación, depredación y deterioro,
- **BIODEGRADABLE:** Cualidad de las sustancias orgánicas de ser degradadas a compuestos más sencillos, por la acción de los seres vivos, especialmente de hongos y bacterias,
- **BIOMASA:** Expresión ponderal de los organismos existentes en cualquier espacio definido; se califica de la forma en que ha sido pesada: peso total en vivo o en fresco, peso seco, contenido de carbono, madera inactiva, etc.; sumatoria de la masa de materia viva existente por unidad de área o de volumen,
- **BIOSFERA:** Totalidad de los seres vivos que pueblan la Tierra y que ocupan un espacio que, excepcionalmente excede los 5 mil metros de altitud y los 6 mil metros de profundidad marina,
- **CADENA TROFICA O ALIMENTARIA:** Relaciones de satisfacción de necesidades de alimento que se establecen entre los seres vivos que ocupan un mismo espacio natural y que toma la forma de una secuencia alimentaria en un sistema ecológico; permite la permanencia de una determinada comunidad biótica en un determinado espacio geográfico. Ciclo cerrado, constituido por diversos eslabones, establecidos en función de la satisfacción de las necesidades de alimento de todos los integrantes de la comunidad; cada eslabón se llama nivel trófico y está conformado por organismos con hábitos alimenticios similares; se genera una trama en que los integrantes de los eslabones superiores satisfacen sus requerimientos de energía y materia desde los niveles inferiores. Toda cadena trófica se inicia con los vegetales, y termina con los detritívoros y saprófagos, con niveles intermedios de carnívoros,
- **CALIDAD AMBIENTAL:** Conjunto de características de los ambientes, relativo a disponibilidad y facilidad de acceso de los recursos naturales y a la ausencia o presencia de agentes nocivos, todo lo cuál es necesario para la mantención, crecimiento y diferenciación de los seres vivos, en especial de los seres humanos; en la práctica, el

concepto ha servido para definir conjuntos de condiciones ambientales compatibles con diversos usos productivos de bienes o servicios,

- **CALIDAD DE VIDA:** Concepto que integra el bienestar físico, mental, ambiental y social como es percibido por cada los individuos, en particular y como integrantes de un grupo,
- **CODESTILACION:** Proceso de destilación que se lleva a cabo con un gas de arrastre,
- **CODEX ALIMENTARIUS:** Comisión de Expertos del Programa Conjunto FAO/OMS, cuyo objetivo es desarrollar normas alimentarias regionales y mundiales, las que son sugeridas a los Gobiernos nacionales,
- **CONSERVACION (DE LA NATURALEZA, RECURSOS NATURALES, PATRIMONIO HUMANO, ETC.):** Gestión, en términos de administración, de la utilización por los hombres de la biosfera y recursos abióticos, de modo que produzca el máximo beneficio sostenido para las generaciones actuales manteniendo su potencialidad para satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones futuras; el concepto beneficio debe entenderse no restringido, exclusivamente, a los económicos,
- **CONTAMINACIÓN (AMBIENTAL):** Presencia en el ambiente de uno o más contaminantes (polutantes) o cualquiera combinación de ellos, que signifique o pudiera llegar a traducirse en perjuicios para los ciclos biológicos naturales o resulte o pudiera llegar a ser nocivo a la vida, la salud y el bienestar humano, la flora, y la fauna o degraden o pudieran llegar a degradar la calidad del aire, agua, suelo, paisajes o bienes y recursos naturales, en general,
- **CONTAMINANTE:** Agente de contaminación o polutante; toda materia, elemento o substancia, sus combinaciones o compuestos, sus derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruidos que, incorporados en cierta cantidad al ambiente y por un periodo de tiempo tal, puedan ser dañinos o afectar negativamente la vida, salud o bienestar del hombre, la flora y la fauna o cualquier elemento ambiental o cause un deterioro, altere o modifique la composición del aire, agua, suelos, paisajes y recursos en general,
- **CONTAMINAR:** Introducir contaminantes o polutantes en un ambiente dado, en niveles tales y duración tal que produzcan contaminación,
- **CONTROL AMBIENTAL:** Parte de la gestión ambiental, que incluye la vigilancia, inspección y aplicación de medidas para la conservación de la calidad ambiental o para reducir y, en su caso, evitar la contaminación,

- **BIOCENOSIS:** Comunidad biótica existente en un sistema ecológico natural; conjunto de vegetales y animales, establecido naturalmente, que ocupa un área determinada en un tiempo determinado y que persiste gracias a una compleja trama de interacciones, básicamente en función de la satisfacción de sus necesidades alimenticias y de hábitat. Si bien, conceptualmente, se incluye a los seres humanos, es indudable que en la actualidad éstos están excluidos de los sistemas ecológicos naturales,
- **DEGRADACION AMBIENTAL:** Transformación antrópica de los ambientes, particularmente de los sistemas y recursos naturales, que significa una alteración negativa de éstos, tornándolos improductivos o de menor calidades; evolución desfavorable de un recurso natural, generalmente por ruptura del equilibrio ecosistémico ante un uso inadecuado,
- **DESCARGA (DE RESIDUOS ANTROPICOS):** Liberación al ambiente, de sustancias líquidas, sólidas, gaseosas u otras entidades físicas como radiaciones, residuales a actividades humanas,
- **DESCONTAMINAR:** Reducir, por neutralización, degradación o extracción, la concentración de contaminante(s) existente(s) en un ambiente dado, hasta alcanzar valores inferiores a la capacidad del ambiente para absorberlos y reciclarlos; en la práctica, esta capacidad de absorción está representada por normas de calidad ambiental,
- **DESECHO:** Denominación genérica de cualquier tipo de residuo sólido, ya sea resto, subproducto o basura; en contaminación ambiental, se agrega el que sea procedente de actividades productivas de bienes y servicios, de desenvolvimiento de centros urbanos y los hogares,
- **ECOLOGIA:** Ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos con el ambiente, involucrando los modelos de asociación con los recursos abióticos (atmósfera, litósfera, hidrósfera), con otras especies vivas y con miembros de su propia especie,
- **ECOSISTEMA:** Sistema ecológico; unidad natural con modelo propio de estructura, funcionamiento y organización de la materia viva dentro de flujos definidos de energía y materia, consistente en los organismos vivos que coexisten en un lugar y en un tiempo determinados, y las variables ambientales físico-químicas donde habitan; un ecosistema es homeostático, estable, autosuficiente y evolutivo. Un ecosistema es una unidad paisajística, cuya personalidad externa está dada por el relieve de la tierra y la comunidad vegetal que la recubre,
- **EFLUENTE:** Materia o fluido líquido, tratado o no, producto residual de origen agrícola, industrial o urbano, que es descargado al ambiente a través de las aguas,
- **ELUATO:** Sustancia que es arrastrada en un proceso de elución,

- **EMISION:** Descarga o liberación de agentes contaminantes a la atmósfera,
- **ENTORNO:** Todo lo que rodea a un ser vivo, especialmente referido a condiciones ambientales energéticas,
- **EROSION:** Degradación, desprendimiento y arrastre de partículas sólidas desde la superficie terrestre por la acción del agua, viento, gravedad, hielo o el hombre; si bien la erosión natural es un proceso importante en la modelación de la superficie terrestre, la erosión antrópica es uno de los procesos de degradación ambiental de mayor impacto,
- **ESPECIFICIDAD:** Exigencia que debe cumplir un método de análisis con respecto a la exclusividad química funcional,
- **EUMETALICA:** Condición de alta concentración de metal o metales,
- **EXACTITUD:** Exigencia que debe cumplir un método de análisis con respecto al ajuste a valores patrones,
- **EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL:** Conjunto de estudios técnico-científicos, sistemáticos e interrelacionados entre sí, para identificar, predecir y dimensionar los efectos positivos o negativos que una intervención humana en ambientes o recursos naturales pueda generar sobre la vida humana, la salud, el bienestar del hombre, el medio ambiente y sus ecosistemas,
- **FACTOR (ECOLOGICO):** Todo factor del ambiente, natural o antrópico, que actúa directamente sobre los seres vivos condicionando su modelo de integración a un medio; desde la perspectiva de la contaminación, la presencia de agentes contaminantes en el ambiente es un factor ecológico, habitualmente de carácter negativo para los ciclos vitales,
- **FORTIFICAR:** Acción de agregar una sustancia conocida y dosificada a una matriz,
- **GESTION (ambiental):** Proceso de ordenamiento y administración ambiental, que consiste propiamente en las decisiones sobre qué actividades realizar, cómo ejecutarlas, en qué plazos y cuándo, y en último término, en la selección de las opciones posibles y más adecuadas al proceso de desarrollo. Sistema que, mediante la fijación de metas, planificación, mecanismos jurídicos, etc., regula las actividades humanas que influyen sobre el medio; su propósito es asegurar una toma de decisiones sostenida y ambientalmente relacionadas y ponerlas en práctica, permitiendo que el proceso de desarrollo económico y social continúe en beneficio de las generaciones presente y futuras,

- **GRASA PERIRRENAL:** Tejido adiposo que se deposita sobre el riñón; se usa para diagnosticar la acumulación de residuos de plaguicidas en los mamíferos superiores,
- **HABITAT:** Lugar donde vive un organismo; puede ser la corteza de un árbol, una playa arenosa, la sangre de un mamífero, un curso de agua dulce, una laguna, etc. Unidad ambiental, de características definidas más o menos constantes,
- **HIDROPONICAS (SOLUCIONES):** Soluciones acuosas que contienen nutrientes minerales para los vegetales, en cantidades balanceadas de forma tal que no generan efectos tóxicos,
- **HIPERSALINA:** Condición de alta presencia de sales disueltas,
- **HIPOSALINA:** Condición de escasa presencia de sales disueltas,
- **HOMEOSTASIS:** Tendencia de los sistemas biológicos de resistirse al cambio y permanecer en estado de equilibrio dinámico,
- **INMISION:** Ingreso y recepción de materia o energía, en cualquiera de sus formas, por un ambiente dado; en el contexto de la contaminación, se aplica a la recepción de contaminantes por los ambientes,
- **IMPACTO (AMBIENTAL):** Alteración o modificación del ambiente, en su totalidad o en algunos de sus recursos constituyentes, incluyendo a los seres humanos, por efecto de una intervención humana; puesto que se trata de un cambio de estado del ambiente afectado, los impactos pueden ser positivos o negativos,
- **INGESTA DIARIA ADMISIBLE:** Variable toxicológica cuantitativa, que refleja la máxima cantidad diaria de un tóxico que puede ser consumida por una persona sin que se traduzca en efectos negativos durante toda su vida,
- **LD<sub>50</sub>:** dosis letal 50 (lethal dose 50); cantidad de tóxico que, ingerida una sola vez, produce la muerte del 50% de una población experimental de animales,
- **LIMITE MAXIMO DE EXCESO:** sinónimo de umbral crítico de máxima o de exceso; contenido de algún factor ecológico (metal pesado, por ejemplo) en un ambiente para que el rendimiento disminuya en un 10%,
- **LIMITE EXTRAÑO DE RESIDUO:** Contenido máximo de un pesticida en un alimento de consumo humano, considerado de procedencia ambiental y no de aplicación directa,

- **LIMITE MAXIMO PERMISIBLE O PERMITIDO:** Valor incorporado a normas de calidad ambiental; concentración máxima de un elemento o compuesto en recursos naturales que permite un uso determinado,
- **LIMITE MAXIMO DE RESIDUO:** Valor incorporado a normas referentes a presencia de residuos de pesticidas en alimentos de consumo humano; contenido máximo de un pesticida en un alimento para que pueda ser consumido por la población humana,
- **MATRIZ:** Sustancia que hace de portador,
- **MEDIO:** Medio circundante o simplemente medio; es distinto y menos general que el concepto de ambiente: el medio se define en términos materiales, como el fluido material dentro del cual el sistema está inmerso y a través del cual se realizan los intercambios con el exterior,
- **METABOLITO:** Sustancia derivada de un sustrato, por degradación metabólica,
- **METAL PESADO:** Metal cuya densidad es, a lo menos, cinco veces mayor que la del agua; concepto inespecífico que agrupa a un número aproximado de 35 elementos. sólo por razones de peso específico,
- **MULTIRRESIDUOS:** Conjunto de sustancias químicas, correspondientes a restos de aplicaciones de pesticidas, con propiedades comunes, que permanecen en una matriz determinada y que tienen importancia toxicológica,
- **OCURRENCIA:** Casos positivos de presencia de residuos de pesticidas, en relación a un conjunto de observaciones,
- **OLIGOMETALICO:** Condición de escasa concentración de metales,
- **OMNIPRESENCIA:** Presencia en todas partes o lugares,
- **PARD:** Potencial de Absorción Radicular de Dieldrín; capacidad de las raíces para absorber Dieldrín desde una matriz no interferente de actividad química,
- **PATOGENO:** Individuo biológico que produce o desarrolla alguna enfermedad,
- **PESTICIDA:** Llamado también plaguicida. Producto químico, de origen natural o de síntesis artificial, destinado a ser usado para combatir organismos capaces de producir daño en el hombre, animales, plantas, semillas y objetos inanimados; en general, los pesticidas son nombrados según el objetivo de uso (insecticidas, rodenticidas, nematocidas, fungicidas, acaricidas, mitocidas, herbicidas).

Substancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies no deseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales, o que pueda administrarse a los animales para combatir ectoparásitos; incluye sustancias destinadas a utilizarse como reguladores del crecimiento de plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o inhibidores de germinación, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para evitar su deterioro durante el almacenamiento y transporte; no incluye fertilizantes, nutrientes de origen vegetal y animal, aditivos alimentarios o medicamentos para animales,

- **POLUCION:** Contaminación ambiental, de origen antrópico,
- **POLVO(S):** Partículas sólidas, de hasta 100 micrones de diámetro, que se mantienen suspendidas en el aire,
- **PRACTICABILIDAD:** Exigencia que debe cumplir un método de análisis para ser aplicado en un laboratorio, en condiciones normales,
- **PRECISION:** Exigencia que debe cumplir un método de análisis con respecto a una baja variabilidad estadística,
- **PROTECCION (DEL MEDIO AMBIENTE):** Acción de salvaguardar una determinada calidad ambiental; en la perspectiva de gestión ambiental, se involucra un conjunto de medidas y actividades tendientes a asegurar que el ambiente sea preservado en condiciones favorables para el desarrollo de la vida humana, el bienestar del hombre, y el uso del mismo por las generaciones presentes y futuras,
- **RECICLAJE:** Concepto válido para ecosistemas, que se identifica la existencia de ciclos cerrados de flujo de materia entre distintos estadios; actualmente, se ha extendido a la reutilización de desechos, básicamente los orgánicos, que resultan de actividades humanas, en forma que se genere una secuencia lo más cerrada posible de transferencia de materia, a imagen y semejanza de los procesos naturales,
- **RELICTO:** Planta, animal, biocenosis o ecosistema que se encuentra en un área determinada, como sobreviviente o remanente de un período anterior,
- **SENSIBILIDAD:** Capacidad intrínseca de los organismos vivos para reaccionar frente al déficit o exceso de algún factor ecológico,
- **TOLERANCIA:** Concepto antónimo de sensibilidad; capacidad intrínseca de los organismos vivos para aceptar cambios significativos en la magnitud de los factores ecológicos,

- **TOXICIDAD:** Calidad o grado en que una sustancia puede ser venenosa o nociva para los organismos vivos; habitualmente, el término se aplica a sustancias que tienen la capacidad de interferir procesos enzimáticos, penetrando al interior de las células,
- **TROFICO:** Relativo a funciones nutricionales; dice relación con las necesidades de alimentos,
- **UBICUO:** Presente en muchas partes o lugares, simultáneamente,
- **UMBRAL CRITICO:** Constante de magnitud de algún factor ecológico por debajo del cual o por sobre el cual, un organismo vivo no alcanza a completar su ciclo vital; en el caso de la contaminación, se habla de umbral crítico máximo, pues se trata del valor de un factor ecológico por sobre el que un organismo vivo empieza a verse afectado en sus ciclos vitales,
- **USO (DEL MEDIO AMBIENTE):** Utilización por los hombres del entorno natural que lo rodea, de modo de proveerse de los recursos que le permitan lograr su subsistencia y su desarrollo individual y colectivo,
- **VIGILANCIA (AMBIENTAL):** Observación sistemática, medición e interpretación de las variables ambientales con propósitos definidos,
- **XENOBIOTICO:** Sustancia no perteneciente a ciclos metabólicos.

## RESUMEN

### Generalidades y objetivos

Entre Enero/87 y Marzo/90, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) desarrolló el Proyecto "Fuentes de Contaminación con Residuos de Pesticidas Organoclorados y Metales Pesados en sectores agrícolas, Regiones IV y XI", bajo los auspicios del Fondo de Investigaciones Agropecuarias (FIA, Proyecto N° 1/86).

Un grupo de objetivos tuvo relación con el catastro de la agricultura nacional, desde la perspectiva de la contaminación con residuos de plaguicidas (preferentemente del tipo de los organoclorados), metales pesados y otros contaminantes, como residuos de detergentes y desperdicios urbanos.

Otros objetivos se relacionaron con la definición de patrones de conducta ambiental de los contaminantes, incluyendo potenciales de toxicidad, sensibilidad de especies vegetales o interferencias con recursos naturales, específicamente suelos, con el fin de sentar algunas bases para la evaluación de contaminaciones en áreas dedicadas a la agricultura.

Por circunstancias de relevancia nacional, se debió absorber otras investigaciones solicitadas a INIA, en cuanto a la determinación de la dinámica del cianuro en bayas de uva, como base para predecir su inyección en éstas y su curva de decaimiento.

### Métodos de análisis de residuos de plaguicidas y toma de muestras

Para cumplir con los objetivos en la analítica de residuos de plaguicidas, se tomó como base las recomendaciones del Codex Alimentarius (Programa Conjunto FAO/OMS). En lo específico, ello significó ajustarse a métodos de prestigio internacional y cuya seguridad se basa en la observación rigurosa de ciertos criterios de excelencia analítica, como especificidad, exactitud, precisión, sensibilidad y practicabilidad.

Siendo la matriz determinante en definir si la extracción debe ser de tipo polar (>70% agua y 2% grasa) o apolar (> 2% grasa y menores

contenidos de agua), los métodos montados para residuos organoclorados en alimentos fueron específicos para cada tipo de alimento.

La situación fue abordada como si se tratara de multirresiduos, incluso para los organofosforados en frutas de exportación. Las modificaciones propuestas obedecieron a criterios de practicabilidad y economía, pero cuidando mantener una adecuada exactitud y precisión para no reducir la calidad del análisis.

Los métodos extractivos y de limpieza aplicados permitieron la cuantificación de residuos de pesticidas:

- **organoclorados en grasas y aceites** (Stijve y Brand, 1977, modificado por Steinwandter, 1980),
- **organoclorados en carnes rojas** (Steinwandter y Schlütter, 1977, modificado por Ciudad, 1989),
- **organoclorados en huevos y leches bovinas** (Steinwandter y Schlütter, 1977; IDF, 1983),
- **organoclorados en frutas frescas y sustratos vegetales acuosos** (método MAVRI, según Ciudad y Moyano, 1984),
- **organoclorados por el método general de multirresiduos para alimentos no grasos** (Luke et al, 1981),
- **organofosforados en vegetales** (Sawyer, 1985; Specht y Tillkes, 1985),  
y
- **ALAR en manzanas** (Edgerton et al (1976).

La cuantificación de los compuestos organoclorados y organofosforados se efectuó por cromatografía de gases, usando el detector de captura de electrones (ECD) y NP, respectivamente.

#### Catastro de metales pesados (Regiones III a XI)

En términos globales, el Proyecto dimensionó la situación actual de la agricultura chilena, en cuanto a niveles de microelementos y elementos trazas en suelos y aguas de uso agrícola y a su inmisión en ámbitos agrícolas, entre parte de la III Región y la XI. La V Región no estuvo incluida en el presente proyecto.

Por efecto de la escala de trabajo, algunas situaciones locales de contaminación menor no fueron consideradas. Una síntesis se incluye en el Cuadro R.1.

Niveles residuales de plaguicidas organoclorados (RPOC) y organofosforados (RPOF) en alimentos de consumo humano

- Aceite comestible: el porcentaje de ocurrencia de residuos organoclorados en las muestras de diferentes tipos de aceites que se expenden a público en la Región Metropolitana, fue cero,
- Carnes vacunas: las muestras analizadas contenían, por lo menos, 2 residuos distintos, siendo los más importantes (en orden decreciente de frecuencia) el Lindano (100%), Heptacloro y su epóxido (87%), Dieldrín (58%), Alfa-Clordano (27%), y DDT y metabolitos (23%).

Los promedios se mantuvieron por debajo de los límites máximos de residuos (LMR) que recomienda el Codex Alimentarius (1987), excepto para Dieldrín y el A-Clordano.

De acuerdo al Codex, el 23% de las muestras de carne debería ser rechazada, por contener al menos un compuesto sobre su umbral de tolerancia.

Tanto el Lindano como el DDT y metabolitos no aportaron contenidos peligrosos, de acuerdo a los estándares internacionales,

- Leche de vacas: al igual que con las carnes, los resultados en leche que se expende en la Región Metropolitana, revelaron la ocurrencia de Lindano en un 100% pero, en este caso, sin sobrepasar el LMR del Codex Alimentarius (1987).

También, se detectó pp-DDE y Dieldrín en casi el 90% de las muestras, pero por debajo de los respectivos LMR del Codex Alimentarius (1987),

- Huevos de gallinas: el estudio en ocho planteles avícolas permitió seleccionar los tres con mayores contenidos de RPOC; todas las muestras contuvieron Dieldrín y Lindano, pero en niveles bajo los LMR recomendados por el Codex Alimentarius (1987),
- Harinas de trigo: se encontró cantidades cercanas a trazas, de Lindano, Aldrín, Dieldrín, pp-DDE y A-Clordano; los niveles máximos

CUADRO R-1. CONTAMINACION DE LOS SISTEMAS AGRICOLAS, ENTRE LAS REGIONES III Y XI

ZONA	AGUAS SUPERFICIALES	SUELOS	OBSERVACIONES
VALLE DEL HUARCO III REGION	NORMALES, EN RANOS ACEPTA- DOS POR LA MCH-1283 PARA AGUAS DE RIEGO	NORMALES, CONTENIDO DE MICRO- ELEMENTOS EN EQUILIBRIO CON RIQUEZA GEOQUIMICA DE ACUIFERO	ABUNDANTE INGRESO DE PARTICULADO RICO EN FE, AL Y CU, EMITIDO POR INDUSTRIA PELLETIZADORA DE MINERA- LES FERRICOS, EN BAHIA CHAPACO
VALLE DE ELQUI IV REGION	NORMALES, EN RANOS ACEPTA- DOS POR LA MCH-1283 PARA AGUAS DE RIEGO. ALTA CARGA QUIMICA DE RIO TURBIO, DILUIDA POR RIO ELQUI	NORMALES, CONTENIDO DE MICRO- ELEMENTOS EN EQUILIBRIO CON RIQUEZA GEOQUIMICA DE ACUIFERO	SIN EVIDENCIAS DE CONTAMINACION. PRINCIPAL PROBLEMA AMBIENTAL, SEDIMENTACION DE RIOS, AFECTANDO APLICACION DE ABUAS, FERTILIDAD DE SUELOS, REGULACION DE RIOS Y VIDA EN FRANJA MARINA COSTERA
VALLE DEL LIMARI	NORMALMENTE OLIGOMETALICAS, REFLEJANDO ESCASA RIQUEZA GEOQUIMICA DE ACUIFERO	CONTENIDO DE MICROELEMENTOS, BAJO Y EN EQUILIBRIO CON LA GEOQUIMICA DE LA CUENCA	SIN EVIDENCIAS DE CONTAMINACION. PRINCIPAL PROBLEMA AMBIENTAL, SEDIMENTACION DE RIOS, POR ERO- SION DE TIERRAS ALTAS Y MALAS PRACTICAS DE RIEGO, ACELERADA COLMATAION DE REPRESAS
VALLE DEL ACONCAGUA Y REGION	SIN EVIDENCIAS DE RECEPCION DE RELAVES, CONTENIDOS ME- LICOS, EN RANOS NORMALES	CONTENIDO NATURAL DE MICRO- ELEMENTOS, MAS ABUNDANTES QUE EN SUELOS MAS AL NORTE	FUERTE ACUMULACION DE CU POR SUELOS EN VEZINDADES DE FUNDI- CIONES DE CHABRES Y VENTANAS
VALLE DEL MAPOCHO REGION METROPOLITANA	RIO MOLINA, HIPOBALINO Y OLIGOMETALICO; RIO SAN FRANCISCO, CON EXCESO DE CU Y SULFATOS, PROBABLEMEN- TE POR LA MINA LOS BRONCES LO QUE DA AL RIO MAPOCHO CONDICIONES QUIMICAS DEBME- DRADAS EN SU ORIGEN; MUY ALTERADO POR ABUAS SERVIDAS	SUELOS MARCADAMENTE CUPRICOS EN SECTOR OESTE DEL VALLE, EN GENERAL, CONTENIDOS DE CU MAYOR QUE LOS DE REGIONES III Y IV; SIMILAR A ACONCAGUA	ABUNDANTE INGRESO DE RESIDUOS QUIMICOS AL EMPALME RUMBUEJ ABUNDANTE DESCARGA DE MELAVES CUPRICOS SULFATADOS POR MINERA PUDAHUEL, A AREA VECINA A LABUNA CAREN
VALLE DEL MAIPO REGION METROPOLITANA	RIO MAIPO, CON EXCESO DE SULFATOS Y CLORUROS, MARCA- DAMENTE OLIGOMETALICO; CONTAMINACION CON RIL DE LA CPC, EN PUENTE ALTO, AFECTA SECCIONES EN BUEN	CONTENIDO NATURAL DE MICRO- ELEMENTOS BAJO Y REFLEJA LA GEOQUIMICA DEL ACUIFERO	AREA AL NE DE ZONA INDUSTRIAL DE NOS, RECIBE ABUNDANTES PARTICU- LADOS INDUSTRIALES; ACUMULACION DE METALES EN SUELOS, EROSION DE BASES CONROBIVOS; GRAN PROBLEMA AMBIENTAL; SEDIMENTACION DE RIOS, POR EROSION DE TIERRAS AL- TAS Y MALAS PRACTICAS DE RIEGO

VALLE DEL CACHAPOAL VI REGION	RIO CACHAPOAL, ORIGINALMENTE HIPOBALINO Y OLIGOMETALICO, RECIBE CU Y SULFATOS POR EL LA MINA EL TENIENTE	SUELOS MARCADAMENTE CUPRICOS EN TODO EL VALLE, CON CONTENIMAXIMOS A NIVEL NACIONAL, INFORMES DE EFECTOS TOXICOS EN CULTIVOS INDUSTRIALES	SE CREE QUE CU EDAFICO ES PREFERENTEMENTE NATURAL, SIN DESCARTARSE APOYES POR RIESGO PAOLONLONGADO CON AGUAS CONTAMINADAS CON ESTE METAL
VALLE DEL TINGUIRIRICA VI REGION	AGUAS HIPOBALINAS Y OLIGOMETALICAS, ESCASO EFECTO DE DESCARGAS DE AGUAS SERVIDAS	BAJOS CONTENIDOS DE MICROELEMENTOS, SE ENCONTRO UN SECTOR REDUCIDO, CON CONTENIDO DE CU RELATIVAMENTE ALTO	SIN EVIDENCIAS DE CONTAMINACION; PRINCIPAL PROBLEMA AMBIENTAL, LA SEDIMENTACION DE RIOS, TANTO POR DESPROTECCION DE TIERRAS ALTAS COMO POR MALAS PRACTICAS DE RIEGO
VALLES DE TEMO LONTUE Y MATAQUITO VII REGION	AGUAS MARCADAMENTE HIPOBALINAS Y OLIGOMETALICAS, EFECTO DE AGUAS SERVIDAS, CADA VEZ MENOS NOTORIO	BAJOS CONTENIDOS DE MICROELEMENTOS EN EQUILIBRIO CON DOTACION MINERAL DE LAS CUENCAS Y EL LAVADO POR LLUVIAS ABUNDANTES	SIN EVIDENCIAS DE CONTAMINACION; PRINCIPAL PROBLEMA AMBIENTAL, LA SEDIMENTACION DE RIOS, POR EROSION DE TIERRAS ALTAS, EN EL MAULE, AFECTARA VIDA UTIL DE REPRESENTAS
VIII REGION	AGUAS CON BAJO CONTENIDO DE SALES Y MICROELEMENTOS	SUELOS CON BAJO CONTENIDO DE MICROELEMENTOS, PH CAYENDO AL RANGO ACIDO, PODRIA EXISTIR DEFICIENCIA DE MICRONUTRIENTES	PRINCIPAL PROBLEMA AMBIENTAL, LA CONTAMINACION DEL RIO BIO-BIO, POR INDUSTRIAS PAPELERAS A CONTAR DE LAJAJ, FUERTE CONTAMINACION EN BAHIA SAN VICENTE Y ZONAS VECINAS POR RESIDUOS MULTIPLES DE INDUSTRIAS PETROQUIMICAS, PESQUERAS, OTRAS
REGIONES IX Y X	AGUAS NO ESTUDIADAS	SUELOS CON MUY BAJO CONTENIDO DE MICROELEMENTOS, AREA DE PROBABLES DEFICIENCIAS DE MICRONUTRIENTES	SIN EVIDENCIAS DE CONTAMINACION QUIMICA, SOLO POR AGUAS SERVIDAS EN RIOS, POR DESCARGAS DE TEMUCO, OSORNO Y OTROS CENTROS URBANOS, AUMENTO DE SEDIMENTACION EN RIOS, POR EXTRACCION DE MADERA
XI REGION	AGUAS NO ESTUDIADAS	BAJO CONTENIDO DE MICROELEMENTOS EN SUELOS, PROBABLES DEFICIENCIAS DE MICRONUTRIENTES	LEVE EVIDENCIA DE CONTAMINACION CON RESIDUOS DE MINA EL TOQUI, EN ALREDEDORES DE LABO PEDRO ABUIRRE CERDA, Y MINAS MENORES EN VECINDADES DE LABO BRAL, CARRERA

estuvieron muy por debajo de los respectivos LMR, recomendados por el Codex Alimentarius, 1987.

### Niveles residuales de plaguicidas en fruta exportable

- Uva de mesa: en 73 muestras, se detectó que el 12,3% contenía al menos un RPOC, como Aldrin, Dieldrin o Lindano, pero en contenidos bajo los LMR aceptados por el mercado estadounidense (FDA, 1985); las muestras positivas fueron de las Regiones V y Metropolitana.

Se estableció que la contaminación con RPOF alcanzó un 26%, con 16 casos de residuos de Phosmet, 14 de Ethyl-parathion y 5 Dimethoate, todos ellos bajo los respectivos LMR (FDA, 1985),

- Nectarinos: de 22 muestras analizadas, hubo un 13,6% de ocurrencia de RPOC (13,6%), correspondientes a trazas de Dieldrin en muestras de la V Región; no hubo detección en la Región Metropolitana.

Se detectó una ocurrencia de 36% de RPOF; a diferencia de la uva, se encontró sólo Phosmet y sólo en muestras de la Región Metropolitana; los niveles no excedieron los LMR (FDA, 1985),

- Manzanas: No se detectó RPOC pero sí hubo 5 casos de RPOF, consistentes en Diazinon y Phosmet, con contenidos residuales bajo los respectivos LMR (FDA, 1985).

El 33% de las muestras tuvo residuos de ALAR, en niveles cercanos a los 2mg/kg, equivalente a un décimo del LMR establecido por el FDA (1985).

### Niveles residuales de OC en aguas superficiales y suelos

La prospección de RPOC en aguas superficiales, que abarcó ríos de las Regiones VI y VIII, demostró que este recurso no participa ni activa ni significativamente en la dispersión ambiental de estos compuestos.

Los contenidos residuales en aguas fueron mínimos, cercanos al límite de detección analítica, y esporádicos, reflejando la repulsión de estos compuestos por las moléculas de agua.

Se encontró que el porcentaje de ocurrencia de RPOC, en muestras de los horizontes A<sub>p</sub>, decreció hacia el sur, siendo máximo en la VI Región (83%) y mínimo en la XI (27%).

En cuanto a identidad, los pesticidas más ubicuos fueron el Lindano (presente en todas las Regiones), Dieldrin y DDE (ausentes en la XI Región). Hubo detección menor de Heptacloro epóxido, metabolitos del DDT y A-Clordano. Llamó la atención que la frecuencia relativa siguiera un modelo similar al de los porcentajes regionales de ocurrencia.

Estos resultados corroboran evidencias ya determinadas por investigadores nacionales e inspectores del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), en el sentido que se trata de una contaminación relictual, vigente casi exclusivamente por la persistencia ambiental de estos compuestos.

En la XI Región, prácticamente, estos compuestos, no han sido empleados en prácticas agrícolas; sólo se detectó Lindano, el que tiene un uso masivo para el control de ectoparásitos en vacunos.

#### Reciclaje de RPOC en áreas de producción bovina

Se efectuó un estudio prospectivo en grasas perirrenales, muestradas en mataderos de las Regiones Regionales Metropolitana a XI, con el objeto de conocer su grado de contaminación con RPOC. Este tejido es considerado diagnóstico para este fin.

Los resultados demostraron que no existen áreas absolutamente libres de RPOC. Hay diferencias en los porcentajes de ocurrencia regionales, desde 56 a 100%, con un promedio nacional de 79%. Ninguna muestra excedió alguno de los LMR respectivos.

El mayor porcentaje de ocurrencia lo tuvo el Lindano, luego el complejo Aldrin/Dieldrin. En menor porcentaje, se detectó Heptacloro y su epóxido, DDT y metabolitos y Endrin.

Cabe hacer notar que el análisis de residuos en grasa perirrenal y en carnes rojas dió la misma identidad de compuestos, pero sin concordancia en sus ocurrencias.

El porcentaje de ocurrencia de RPOC en leches frescas, de las Regiones IX y XI, no sólo es inferior al de las carnes y grasas perirrenales, sino que además muestra una menor gama de productos. El 8% de las leches contuvo residuos excediendo los respectivos LMR.

Con los antecedentes obtenidos, no se puede confeccionar un modelo de la dinámica de transferencias de estos xenobióticos entre los distintos eslabones de las cadenas tróficas, establecidas en los sistemas de producción de leche o carne, en las Regiones VIII, IX, X y XI.

En éstas, el mayor porcentaje de ocurrencia de RPOC correspondió a la grasa perirrenal (75%) y el menor, a praderas (32%); en suelos, el porcentaje fue de 57%. Por regiones, los mayores porcentajes de ocurrencia fueron los de las IX y X, y el menor, la Región XI.

En la VIII y XI Región, no se detectó RPOC en praderas pero sí en suelos y grasas. En muestras de suelos, tomadas en pares con praderas, sólo se encontró Lindano; sin embargo, considerando otras muestras de suelos, tomadas en distintos puntos de las Regiones VIII y IX, el rango de identidad de organoclorados (OC) es mucho más amplio.

#### **Reciclaje de RPOC en sistemas de producción avícola**

Se analizaron muestras de huevos, grasas abdominales de aves, concentrados alimenticios e ingredientes de concentrados, provenientes de tres planteles productores de la Región Metropolitana.

El mayor porcentaje de ocurrencia correspondió al Lindano y al complejo Aldrín/Dieldrín, lo que concuerda con los resultados obtenidos en carnes y grasas perirrenales de bovinos.

En ingredientes, el porcentaje de ocurrencia fue de 53% para ambos tipos de organoclorados. Para los concentrados y huevos, el porcentaje fue de 100%; en las muestras de grasa abdominal, fue de 60 y 51%, respectivamente. Un 73% de las grasas contuvo, además, pp-DDE.

En ingredientes alimenticios, en adición a los identificados, se detectó Clordano, Endrín y pp-DDE, en bajos porcentajes. El afrechillo de trigo y el maíz presentaron los mayores porcentajes de ocurrencia (100 y 89%, respectivamente).

En huevos y grasa abdominal, no hubo valores individuales de RPOC sobre los LMR. Para ingredientes, las normas sólo fijan valores para el maíz, que en un 100% estuvo bajo los LMRP. No hay LMR para concentrados alimenticios.

### Niveles de normalidad de microelementos

Como una forma de contar con niveles válidos de contenidos "normales" de microelementos y elementos trazas en animales y vegetales, se confeccionó algunas tablas de valores en hígados bovinos, órgano diagnóstico en vacunos, y órganos en especies vegetales, sobre todo frutales.

Tablas de esta índole serán de utilidad, no sólo para estudios de evaluación de procesos de contaminación sino que en general, para estudios nutricionales.

En cuanto a bovinos, se determinó el contenido de cobre (Cu), cinc (Zn), molibdeno (Mo), plomo (Pb) y cadmio (Cd) en 117 muestras de hígado, recolectadas a nivel de matadero, entre las Regiones V y XI.

Los contenidos hepáticos de Cu, Zn y Mo concordaron con los rangos normales descritos por la literatura extranjera, con excepción del Cu en muestras de la VII Región, el que se encontró en un nivel inferior al considerado crítico. Otro aspecto importante fué que los contenidos metálicos variaron de acuerdo a la zona geográfica.

El contenido de Pb en muestras de las Regiones Metropolitana, VII y XI, se encontró por sobre los niveles considerados como máximos permisibles. En las restantes, los valores estuvieron dentro de los rangos considerados normales.

Por lo anterior, se demostró que el uso de tablas extranjeras de referencia tiene validez limitada y, en ningún caso, reemplazan a las generadas con muestras propias.

### Ingesta metálica crítica de metales

La revisión bibliográfica demostró que los animales, cualquiera sea su especie o raza, son más sensibles que los vegetales a la toxicidad de metales pesados.

Los ovinos son los animales más susceptibles, luego los vacunos y los equinos. Los cerdos y aves toleran mejor altas dosis de metales pesados.

Además de la especie, la sensibilidad a la toxicidad metálica está condicionada por otras variables, como presencia de otros metales (sinergismo/antagonismo), estado nutricional, preñez y edad de los

animales. Ello, sin olvidar que existen grandes diferencias en la toxicidad intrínseca de los metales pesados.

### **Toxicidad intrínseca de elementos trazas para vegetales**

Los estudios en sustrato inerte, con dosificación de Cd, Cu, Mn, Mo, Pb y Zn, por separado, y usando alfalfa, trigo, frejól y remolacha azucarera como indicadores, permitieron medir la toxicidad propia de los metales.

Se observó, por una parte, que la toxicidad de un metal es dependiente de la especie así como la tolerancia de una especie es dependiente del tipo de elemento. Una síntesis de las toxicidades metálicas y sensibilidades vegetales relativas, se presenta en los Cuadros R.2. y R.3.

Esta situación complica la evaluación de la contaminación de sectores dedicados a la agricultura con metales, por cuánto no es posible la obtención de un modelo general de interacción metal-especie vegetal que valide, al menos, un gran número de interacciones. Cada interacción tiende a ser exclusiva.

### **Efecto sobre los potenciales tóxicos de metales**

Se estudió, específicamente, el efecto suelo sobre los límites máximos de exceso (LME) de Cu para alfalfa y de Cd para las cuatro especies anteriormente mencionadas. El mayor detalle para Cd fue posible por el establecimiento de ensayos con un menor número de suelos y un menor número de repeticiones.

Manteniéndose las diferencias relativas de sensibilidad vegetal, se comprobó que la toxicidad del Cu y Cd fue fuertemente atenuada por los suelos, en función de la concurrencia de, al menos, una de las siguientes características:

- arcillas del tipo 2:1, preferentemente montmorillonitas,
- pH básico, con alto contenido de calcio, y/o
- abundante materia orgánica.

Esta última característica parece ser de las más importantes en la retención de los metales por las fases estacionarias del suelo ya que, en algunos logra neutraliza el efecto del pH ácido.

**CUADRO R.2. ESCALAS RELATIVAS DE POTENCIAL TOXICO DE METALES, PARA CUATRO ESPECIES VEGETALES**

ESPECIE	ESCALA TOXICIDAD DECRECIENTE
ALFALFA	Cd > Mo > Cu > Mn > Zn = Pb
TRIGO	Mo > Cd > Pb > Zn > Cu
FREJOL	Cd = Pb > Mo > Zn > Cu
REMOLACHA AZUCARERA	Cd = Zn > Cu > Mo > Pb > Mn

**CUADRO R.3. ESCALAS RELATIVAS DE SENSIBILIDAD DE  
ESPECIES VEGETALES, FRENTE A EXCESOS DE  
ELEMENTOS METALICOS**

ELEMENTO	ESCALAS DECRECIENTES DE SENSIBILIDAD
CADMIO	frejól > alfalfa > trigo > remolacha
CINC	remolacha > frejól > trigo > alfalfa
COBRE	remolacha > alfalfa > frejól > trigo
MANGANESO	alfalfa > remolacha
MOLIBDENO	trigo > frejól > remolacha > alfalfa
PLOMO	frejól > trigo > remolacha > alfalfa

Se comprobó una absorción adicional de Cu y otros elementos por los vegetales, en función de su disponibilidad en la zona radicular; en el caso del Cu, esta absorción adicional se asocia a un menor rendimiento y se transloca pobremente por la parte aérea del vegetal.

En el caso del Cd y Mo, la mayor absorción no está siempre asociada a un menor rendimiento y se transloca predominantemente hacia los tejidos aéreos, alcanzando los órganos reproductivos. El modelo de absorción adicional, en todo caso, varía en función de especie y elemento.

Estas investigaciones entregaron información suficiente para explicar los altos LME de Cu en suelos de las Regiones Metropolitana y VI y bajos en suelos de Catemu y Puchuncaví.

#### Recuperación de suelos contaminados con cobre

Trabajando con sustrato inerte y alfalfa, como indicador biológico, se comprobó el potencial de la materia orgánica como retenedor de Cu y Cd, inactivándolos químicamente y haciéndolos no disponibles para las plantas; así, éstas pueden desarrollarse como si sus raíces estuvieran en sustratos poco o no contaminados.

Se comprobó que las semillas germinaron y las plántulas se desarrollaron más normalmente, en presencia de materia orgánica, hasta alcanzar un estado adulto. El LME del Cu subió de 30 a 310 mg/kg y el de Cd, de 29 a 94 mg/kg, al comparar los rendimientos en sustratos sin y con agregación de materia orgánica oxidable.

Los estados de plántula o de planta recientemente madura parece ser los más sensible al exceso metálico, por lo que superado éste, no importaría la mineralización de la materia orgánica y el aumento en la disponibilidad metálica en el suelo. Ello deberá ser comprobado.

#### Absorción radicular de RPOC

Los antecedentes de trabajos iniciados con anterioridad al Proyecto informado, acerca de la fisiología de la absorción radicular de moléculas orgánicas no polares (como los ciclodrenos, en especial Dieldrin), usando soluciones hidropónicas, obligaron su continuación para resolver algunas incógnitas sobre la conducta de estos xenobióticos bajo condiciones límites. Primero, sin interacción aparente del soporte

(arena) y segundo, bajo condiciones de interacción físico-química, como son los fenómenos de adsorción que pueden presentarse en los suelos.

Para tal efecto, se estudió 3 especies: ballica (*Lolium perenne*), trébol (*Trifolium vulgare*) y trigo (*Triticum aestivum*), bajo concentraciones crecientes de Dieldrín en arena. Paralelamente, se cultivó ballica y lenteja (*Lens culinaris*) en diferentes tipos de suelos, con concentraciones crecientes de Dieldrín.

Los resultados indicaron que en arena, es posible calcular un potencial de absorción radicular de Dieldrín (PARD) por especie. El PARD máximo fue mostrado por el trigo (3,33 mg/kg).

Existió una alta correlación positiva entre los contenidos del xenobiótico en el soporte y los foliares, lo que confirmó la absorción del OC. Sólo en trigo, se desarrolló un efecto tóxico de la absorción de Dieldrín sobre la producción de biomasa, posiblemente derivado de su alto PARD.

Finalmente, se demostró que los distintos suelos evidenciaron una capacidad diferencial para retener el xenobiótico agregado, dando como consecuencia, una disponibilidad mayor y absorción mayor en la medida que esta retención fué menor. La menor afinidad suelo-xenobiótico parece estar relacionada, mayoritariamente, con la cantidad y tipo de materia orgánica existente.

## 1. INTRODUCCION

El presente documento corresponde al Informe Final del Proyecto "Fuentes de Contaminación por Pesticidas Organoclorados y Metales Pesados en áreas agrícolas, Regiones IV a XI"<sup>1</sup>, patrocinado por el Consejo de Investigaciones Agropecuarias y financiado por el Fondo de Investigaciones Agropecuarias (FIA).

Este Proyecto se desarrolló sobre la base de la experiencia metodológica y conocimiento sobre procesos contaminantes en la agricultura, adquiridos en el Proyecto "Contaminación ambiental en sectores agrícolas del Valle Aconcagua", ejecutado entre 1981 y 1985, bajo los mismos auspicios (Proyecto FIA 72/81).

Se definió la necesidad de obtener una prospección nacional actualizada de situaciones de contaminación agrícola por metales pesados y pesticidas organoclorados, como plataforma básica para diseñar estrategias futuras, ya sea de desarrollo como de protección ambiental.

Durante la formulación del Proyecto, se vió la conveniencia de completar los ciclos de dispersión ambiental de contaminantes, incluyendo los alimentos humanos, lo que se consiguió con una integración con el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), de la Universidad de Chile. Además, empezar a prospectar algunos otros contaminantes, como los residuos de detergentes y desperdicios urbanos.

Esta reformulación involucró una ampliación de los objetivos específicos originalmente planteados, sin variar, obviamente, los objetivos generales.

---

<sup>1</sup>Título de trabajo "Fuentes de contaminación en la agricultura, Regiones IV a XI", Proyecto FIA 1/86

## 2. EJECUCION DEL PROYECTO

### 2.1. Instituciones comprometidas

El Proyecto fue adjudicado al **Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)**, corporación de derecho privado, sin fines de lucro, cuyos objetivos son:

- **contribuir al aumento de la producción agropecuaria** del país, a través de la creación, adaptación y transferencia de tecnología,
- **fomentar y apoyar** el desarrollo de procesos de transformación industrial o de **incorporación de valor agregado a los productos agropecuarios**, mediante la ejecución de todo tipo de investigaciones, estudios o prestaciones de servicios, y
- **procurar, en general, elevar las condiciones de nutrición de la población nacional**, mediante el desarrollo de todo tipo de acciones que tiendan a la mejor utilización de los recursos provenientes del sector agrícola.

INIA hizo uso de personal propio, recibiendo la colaboración de otras instituciones, como el **Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA)**, de la Universidad de Chile, en lo referente a la prospección de residuos de pesticidas en alimentos humanos.

En 1987, el Proyecto recibió la colaboración de la **FAO**, a través del auspicio del Proyecto "**Residuos de Plaguicidas en Productos Agrícolas Prioritarios**" (FAO IL2/2CHI/INIA), que intentó cuantificar el nivel residual de plaguicidas en tres frutas exportables, durante la temporada 1987/88. Esta actividad fué continuada, posteriormente.

Durante 1989, operó un **Acuerdo de Trabajo**, entre **INIA** y el **Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)**, por el cuál éste se hizo cargo de algunas labores de muestreo de aguas y suelos, a cambio de apoyo analítico para algunos de sus programas específicos.

### 2.2. Unidad ejecutora

El Proyecto fue radicado en la **Area de Agroecología de INIA**, cuyo Director, en conjunto con el Líder del Programa de Ecología y Producción y el Encargado del Proyecto, fueron responsables de su coordinación general, de las relaciones entre las unidades de INIA y de su representación externa.

La planificación de actividades y su ejecución, recayó en el **Programa de Ecología y Producción**, con sede en la **Estación Experimental La Platina (R.M.)**. El trabajo analítico se realizó en el **Laboratorio Central de Contaminantes y Alimentos (LACECONAL)**, delegándose algunos análisis en el **Laboratorio de Salinidad de Suelos y Aguas**.

Algunas actividades, como la recolección de muestras de grasa perirrenal de vacunos, fueron encargadas a investigadores del mismo Programa, asignados a las Estaciones Experimentales de Quilamapu (VIII Región), Carillanca (IX Región) y Remehue (X Región).

Para otras actividades, como la determinación de residuos de pesticidas en frutas de exportación y cianuro en uvas, se contó con la asesoría de investigadores del Area de Producción Vegetal y de Transferencia de Tecnología de INIA.

El muestreo de suelos, aguas y praderas, fué encargada a la **División de Protección de Recursos Naturales Renovables (DIPROREN)** del SAG, la que requirió su cumplimiento de las Oficinas Regionales respectivas (Regiones IV, VI, VII, VIII, IX, X y XI).

**INTA comisionó a la Sra. Dita Marcus W.**, Bioquímica, en la Estación Experimental La Platina. Se deja constancia del apoyo brindado, también, por el Instituto de Investigaciones y Ensayos Farmacológicos (IDIEF), de la Universidad de Chile, en algunos análisis de pesticidas.

## 2.3. Personal participante

### 2.3.1. Investigadores

Los investigadores directamente comprometidos fueron:

- **Sorgio González M.**, Ing. Agrónomo M.Sc., Encargado de Proyecto,
- **Claudio Ciudad B.**, Bioquímico, responsable del Subproyecto pertinente a residuos de pesticidas,

- **Enrique Bergqvist A.**, Méd. Veterinario M.Sc. (exceptuando 1989),
- **Dita Marcus W.**, Bioquímica, INTA, y
- **Jorge Moraga C.**, Ing. Agrónomo, Jefe del Proyecto de Descontaminación Ambiental, DIPROREN-SAG.

En labores de apoyo y coordinación, estuvieron:

- **Carlos Rojas W.**, Ing. Agrónomo Ph.D., Director de la Area de Agroecología (hasta marzo/90),
- **Carlos Sierra B.**, Ing. Agrónomo M.Sc., Líder Nacional del Programa de Ecología y Producción (hasta marzo/90), Est. Experimental Remehue,
- **Carlos Alberto Dulcic B.**, Méd. Veterinario, Director de la Est. Experimental La Platina (hasta marzo/90),
- **Rafael Novoa S-A.**, Ing. Agrónomo Ph.D., Encargado del Programa Ecología y Producción (hasta marzo/90), actualmente, Director de la Est. Experimental La Platina, y
- **Mario Lagos S.**, Ing. Agrónomo, Director DIPROREN-SAG (hasta mayo/90).

Otros colaboradores fueron:

- **Silvia Gálvez A.**, Ing. Agrónomo, Area de Transferencia de Tecnología,
- **Jorge Valenzuela B.**, Ing. Agrónomo Ph.D., Líder del Programa Frutales,
- **Alejandro del Pozo L.**, Biólogo M.Sc., Est. Experimental Quilamapu,
- **Leoncio Martínez B.**, Ing. Agrónomo, Subestación Experimental de Vicuña,
- **Juan Luis Rouanet M.**, Ing. Agrónomo M.Sc., Est. Experimental Carillanca,
- **Harald Thiermann E.**, Ing. Agrónomo, Oficina Coyhaique-INIA,
- **Raúl Raggi M.**, Ing. Agrónomo M.Sc. de SAG, con sede en la VIII Región,
- **Carlos Rondanelli A.**, Ing. Agrónomo de SAG, con sede en la XI Región,

- **Carlos Greve V.**, Ing. Agrónomo de SAG, con sede en la IX Región, y
- **José Castro V.**, Ing. Agrónomo de SAG, con sede en Ancud, X Región.

### 2.3.2. Ayudantes de Investigación

El Proyecto contó con la participación del personal del Laboratorio Central de Contaminantes y Alimentos, de la Estación Experimental La Platina, a saber:

- **Stella Moyano A.**, Quím. Laboratorista M.Sc., en los periodos enero/87-agosto/88 y enero/89 en adelante,
- **Rogina Ite D.**, Quím. Laboratorista,
- **Elona Bustamante A.**, Quím., hasta junio/88,
- **Xicona Gálvez L.**, Técnico Industrial con Mención en Química, a partir de julio/88,
- **Rosana Salazar M.**, Egresada de Quím. Laboratorista, por el periodo septiembre-diciembre/88,
- **Nelson Zapata S.M.**, Téc. Agrícola, a partir de mayo/89, y
- **María Herminia Castro**, Quím. Laboratorista, en cuanto a análisis de cianuro, exclusivamente.

### 3. MARCO DEL PROYECTO

#### 3.1. Objetivos

##### 3.1.1. Generales

Los objetivos generales son permanentes y representan la filosofía de INIA, en relación a la investigación sobre materias ambientales. Ellos son:

- conceptualización de la contaminación ambiental y de los procesos específicos que afecten áreas dedicadas a la agricultura,
- calibración de metodología analítica que permita el desarrollo de estudios prospectivos, con resultados reproducibles y comparables, y
- determinación de variables definitorias de procesos de contaminación ambiental en áreas agrícolas, así como de las limitaciones que este proceso pueda imponer a la producción agrícola.

##### 3.1.2. Específicos

Con el fin de maximizar los beneficios por obtener, los objetivos específicos planteados en las bases de la licitación, fueron objeto de ciertas adaptaciones. Para una mejor comprensión de lo obrado, se presenta los objetivos originales, la interpretación efectuada y la propuesta final, aceptada oficialmente por FIA.

Los objetivos específicos originales fueron determinar:

- las fuentes de contaminación, en suelos y aguas, por pesticidas organoclorados,
- el contenido natural de metales pesados en suelos y aguas continentales,
- los niveles críticos de exceso de los metales pesados en vegetales y animales, y
- las fuentes de contaminación metálica de aire, suelos y aguas.

La interpretación efectuada consideró, en primer término, que siendo un Proyecto del Ministerio de Agricultura, el alcance de sus actividades no debía exceder el ámbito agrícola.

En segundo término, toda investigación sobre contaminación de recursos naturales de uso agrícola debe pretender, aunque sea en términos preliminares, evaluar sus impactos en la producción de alimentos o en otras variables ambientales trascendentes.

En tercer término, el Proyecto debía intentar dar respuesta a una serie de interrogantes planteadas al término del Proyecto "Contaminación en el Valle Aconcagua". Por ello, se debía internalizar el conocimiento alcanzado, emergente de los Proyectos "Contaminación en el Valle Aconcagua" y "Residuos de Pesticidas y Antibióticos en carnes bovinas", encargado a la Universidad Austral de Chile (UACH) por el Ministerio de Agricultura, de los programas de fiscalización de contaminación y de Congresos Científicos, que empezaron a desarrollarse en los años 80.

Entre los más destacados, están los Simposios sobre Contaminación Ambiental, organizados por INIA con auspicio de la Intendencia de la Región Metropolitana; y los Encuentros Científicos sobre el Medio Ambiente, organizados por CIPMA.

Los antecedentes indicaban que los alimentos estaban amenazados por contaminaciones que involucraban, en especial, dos grupos de agentes contaminantes de alto riesgo ambiental: **los metales pesados y los residuos de pesticidas**, especialmente los organoclorados.

Los metales pesados (elementos de densidad 5 o más) son descargados al ambiente por la minería, principal aunque no exclusivamente. El impacto de esta contaminación está en ser tóxicos y absolutamente persistentes, por lo que tenderán a acumularse en recursos naturales, como suelos y cuerpos de aguas, aumentando gradualmente sus concentraciones a medida que el aporte persista, hasta exceder los umbrales máximos de tolerancia, llamados **límites máximos o niveles críticos de exceso** (LME o NCE).

En relación a los residuos organoclorados, su presencia en el ambiente se debe al uso agrícola dado en el pasado inmediato. A pesar que su uso va desapareciendo, su lenta degradación ambiental hace que persistan en los ambientes por largo tiempo, pudiendo aún ingresar a las cadenas tróficas y llegar al hombre.

La presencia de ambos contaminantes en los recursos naturales de uso agrícola y en alimentos, en concentraciones superiores a las "normales" o "naturales"<sup>1</sup>, puede involucrar una pérdida de la capacidad productiva de los suelos y un riesgo para los seres vivos, incluido el Homo sapiens.

Una alimentación suficiente, balanceada y sana, es un factor básico para acceder a mejores niveles de vida. Debe velarse porque los alimentos, que representan un capítulo decisivo en el desarrollo de una sociedad, mantengan una calidad óptima.

Es cada vez mayor el interés por la inocuidad de los alimentos, preservándolos de contaminaciones, adulteraciones, prácticas comerciales deshonestas y pérdidas, en general. Las legislaciones, con definición de cantidades máximas de contaminantes y productos tóxicos se han ido haciendo cada vez mas complejas y exigentes.

Instancias internacionales, como la Comisión Conjunta FAO/OMS del Codex Alimentarius, están recomendando el establecimiento de Códigos que protejan al consumidor, mediante la dictación de cuerpos legales modernos y el establecimiento de instancias normativas, fiscalizadoras y de control.

Chile no escapa a esta tendencia mundial, aunque su legislación y sus estructuras de control de calidad no están suficientemente desarrolladas; podría ser que el alto costo de instalación y operación desincentiven a la autoridades, no obstante las exigencias crecientes del comercio internacional de alimentos.

En los últimos años, Chile se ha ido dando límites máximos permisibles (LMP) de contaminantes en alimentos y algunos recursos naturales, llegando incluso a la prohibición de algunos productos, como los pesticidas organoclorados a partir de 1985.

Estas disposiciones son copias de la normativa de EEUU de América, especialmente; si bien éste es un buen punto de partida en la gestión ambiental o permite llenar vacíos de información, no debe considerarse como permanente, por cuánto al ser definidos en y para realidades ecológicas distintas, podrían no satisfacer las exigencias nacionales.

---

<sup>1</sup>Involucra las concentraciones de materias en ecosistemas, resultantes de procesos naturales de formación de la corteza terrestre, sin intervención antrópica

Por ello, es preciso conocer la dinámica de los sistemas nacionales dedicados a la producción de alimentos, con el objeto de ir optimizando estos sensores de calidad, que son los límites de tolerancia de contaminantes.

En último término, los mencionados contaminantes no son los únicos que amenazan la agricultura y el medio ambiente humano. Las aguas cloacales, usadas para riego sin tratamiento previo, aportan grandes cantidades de residuos domiciliarios, como los detergentes, además del conocido problema de dispersión de agentes patógenos. Por otra parte, grandes volúmenes de desperdicios urbanos se incorporan a las aguas, desde poblaciones vecinas a los cauces de conducción superficial de aguas servidas.

En consecuencia, los objetivos específicos definitivos fueron:

- determinar el aporte de residuos de plaguicidas organoclorados por fuentes agrícolas y extra-agrícolas, en especial por aguas servidas, y su dispersión en ambientes agrícolas,
- cuantificar el nivel de residuos de pesticidas organoclorados en ambientes dedicados al rubro ganadero y a hortalizas,
- medir la capacidad de distintas especies vegetales para absorber residuos de pesticidas organoclorados radicularmente desde suelos,
- estudiar la persistencia de residuos de pesticidas organoclorados en suelos agrícolas representativos, como un camino de predicción de su disponibilidad para las plantas,
- cuantificar el nivel residual de plaguicidas en las principales frutas de exportación,
- determinar el contenido natural de metales pesados en suelos y aguas continentales,
- establecer niveles críticos de toxicidad de metales pesados en vegetales y animales,
- determinar las fuentes de contaminación metálica del aire, los suelos y las aguas continentales de uso agrícola,
- evaluar los impactos sobre la producción de alimentos, generados por situaciones de contaminación ambiental,

- **determinar el nivel residual de pesticidas organoclorados en algunos alimentos de consumo humano,**
- **estimar las probables variaciones regionales en los contenidos residuales de pesticidas organoclorados, con inferencia de las fuentes originarias,**
- **estimar el nivel de residuos de detergentes aportados por aguas de riego contaminadas con aguas servidas, y**
- **tipificar y cuantificar, en términos preliminares, los desperdicios urbanos que ingresan a áreas dedicadas a la agricultura.**

### 3.2. Cobertura temática

El Proyecto contempló la prospección y evaluación de procesos contaminantes existentes en áreas dedicadas a la agricultura, involucrando **residuos de pesticidas organoclorados (RPOC), metales pesados (MMP), residuos de detergentes y desperdicios urbanos.**

En todo caso, el Proyecto estuvo abierto a otros contaminantes que pudieran detectarse en la área del Proyecto, como fue el caso de los residuos de otros pesticidas en la fruta de exportación y de cianuro en la uva de mesa.

### 3.3. Cobertura geográfica y temporal

Oficialmente, el Proyecto incluyó las principales áreas dedicadas a la **agricultura entre las Regiones IV y XI, excluida la V Región, por haber sido motivo de un Proyecto previo.** La cobertura fue, finalmente, **ampliada hasta el valle del río Huasco, en la III Región.**

El Proyecto duró **tres años, contados a partir del 21 de Enero de 1987.** En 1989, se convino con el Ministerio de Agricultura, prorrogar la fecha de término en cuatro meses, en atención a que el Laboratorio Central se destinó a actividades de emergencia, por el Supremo Gobierno, que se originaron en el supuesto envenenamiento de uva con cianuro.

#### 4. METODOLOGIA

En el Proyecto, coexisten tres líneas de investigación, con orientaciones y actividades distintas, no necesariamente complementarias, que son los **residuos de pesticidas, especialmente organoclorados (RPOC), los metales pesados, sobre todo cobre, y otros contaminantes, como los residuos de detergentes y otros.**

Estas tres líneas de investigación reunieron todas las actividades del Proyecto, las que fueron definidas intentando llegar a una **prospección<sup>1</sup> y evaluación<sup>2</sup>.**

Consecuente con su cobertura temática, el Proyecto fue dividido en **Subproyectos**, que identificaron las líneas de investigación. La necesidad de una generación secuencial cronológicamente ordenada de información, fue satisfecha por la definición de **Etapas.**

##### 4.1. Subproyectos

El Subproyecto constituyó el primer nivel de clasificación de actividades, según la identidad de los contaminantes. Los Subproyectos fueron:

- "Contaminación con residuos de plaguicidas",
- "Contaminación con metales pesados", y
- "Presencia de otros contaminantes", incluyendo residuos de detergentes, desperdicios urbanos y cianuro.

##### 4.2. Etapas

---

<sup>1</sup>Prospección, como el conocimiento actualizado de la distribución geográfica y grado de acumulación de contaminantes en recursos naturales (suelos, aguas, vegetales, animales)

<sup>2</sup>Evaluación, de un conocimiento de los efectos posibles de emerger y de la dinámica ambiental de los contaminantes (conducta en los suelos, absorción radicular, toxicidad, otros)

La Etapa constituyó el segundo nivel de clasificación, necesario para conseguir un avance equilibrado del Subproyecto, mediante una ocurrencia oportuna de sus actividades. Su definición pretendió explicitar la interdependencia de las actividades entre sí y la retroalimentación permanente del sistema.

Las Etapas definidas fueron:

- **Preliminar**, de adecuación de estructuras y acopio de antecedentes bibliográficos,
- **Diagnóstico**, de prospección de niveles de normalidad<sup>1</sup> de agentes de contaminación en recursos naturales de uso agrícola y de casos de contaminación de suelos, aguas, vegetales o animales, con inferencia de sus orígenes,
- **Investigación**, de determinación de leyes que gobiernan el reciclaje y actividad ambiental de contaminantes (retención por el suelo, velocidad de degradación, absorción) y constantes de toxicidad,
- **Evaluación**, de determinación de los impactos de la contaminación en la producción de alimentos y alimentación humana, y
- **Estandarización Metodológica**, de calibración de métodos de análisis químico de contaminantes.

En torno a este esquema de doble entrada, se definió una serie de Unidades Experimentales a desarrollar en los tres años del Proyecto, cuyo detalle se entrega en el Anexo I. Los cronogramas de actividades se presentan en los Cuadros 4.1., 4.2. y 4.3.

Se procuró mantener una máxima integración de actividades entre los Subproyectos, con el objeto de maximizar el rendimiento de los recursos materiales y humanos.

#### 4.3. Descripción de actividades

---

<sup>1</sup>Concentración natural de un elemento o compuesto en un ecosistema, producto de procesos geoquímicos





CUADRO 4.-E. CRONOGRAMA DEL SUBPROYECTO "CONTAMINACION CON RPOC"

ETAPA/ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
PROLIMINAR:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
RECOPILACION DE ANTECEDENTES NACIONALES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
- CIENTIFICOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ADQUISICION DE EQUIPOS/MATERIALES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ESTANDARIZACION DE METODOS:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIAGNOSTICO:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
RPOC-ABUAS, BUELOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
RPOC-LECHE, CARNE (VII, VIII Y IX R)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
RPOC-CONCENTRADOS (R.R.)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
RPOC-AVES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
RPOC-BUELOS, PRADERAS (IX Y X R)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
RPOC-OTROS ALIMENTOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
FRUTAS EXPORTACION	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
INVESTIGACION:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DEMINACION	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ABSORCION RADICULAR CULTIVOS HIDROPONICOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
EVALUACION:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ABSORCION RADICULAR DESDE BUELOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
FRACCIONAMIENTO RPOC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
INFORMED:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

**CUADRO 4.3. CRONOGRAMA SUBPROYECTO "PRESENCIA DE OTROS CONTAMINANTES"**

<b>ETAPA/ACTIVIDAD</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>
<b>ESTAND. METODOLOGICA:</b>	X	X					X	X	X			
<b>RESIDUOS DETERGENTES</b>							X	X	X			
<b>CIANURO EN UVAS</b>	X	X										
<b>DIAGNOSTICO:</b>			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>DETERGENTES EN AGUAS</b>							X	X	X	X		
<b>CIANURO EN UVAS</b>			X	X	X	X	X					
<b>DESPERDICIOS URBANOS</b>									X	X	X	X
<b>INFORMES:</b>									X	X	X	X

#### 4.3.1. Subproyecto Contaminación con Metales Pesados

El Diagnóstico incluyó la determinación de los contenidos salinos y de elementos metálicos -cadmio, cinc, cobre, manganeso, molibdeno y plomo- en los principales ríos de las Regiones IV, V, Metropolitana, VI, VII y VIII. Los sitios de recolección de muestras de aguas y las épocas de muestreo se presentan en el Anexo II (Cuadros 1 a 6 y Figuras 2, 4, 5, 7, 9 y 11).

Otras actividades fueron de prospección metálica en el horizonte superficial de los suelos de los valles Huasco (III R), Elqui y Limari (IV R), Maipo y Mapocho (RM), Cachapoal y Tinguiririca (VIR), Mataquito y Maule (VIIR), Bio-Bio y Laja (VIIIR) y áreas agrícolas de las Regiones IX, X y XI. Los puntos de recolección de muestras del horizonte Ap se presentan en el Anexo II (Figuras 1, 3, 6, 8, 10, 12, 13, 14 y 15).

En el valle del río Huasco (III Región), se procedió a un muestreo de hojas de olivos, desde los mismos sitios de muestreo de suelos, cuya ubicación se detalla en el Anexo II (Figura 1).

Las actividades de la Etapa Diagnóstico se completaron con la determinación de concentraciones "normales"<sup>1</sup> de elementos en vegetales y animales. Los sitios de obtención de muestras de hígados, órgano diagnóstico del nivel metálico en animales, se presentan en el Anexo II (Cuadro 7). En referencia a vegetales, se efectuó una exhaustiva revisión bibliográfica nacional, cuyo detalle se encuentra en el Capítulo 10 (Bibliografía).

La Etapa Investigación involucró la determinación de constantes de toxicidad no interferida. En animales, ello se remitió a la determinación de **niveles máximos de ingesta** de metales, mediante revisión bibliográfica. En vegetales, se intentó establecer los **límites críticos máximos** (o "absolutos"<sup>2</sup>) de elementos frente a diversas especies vegetales, consideradas como indicadoras.

Para este efecto, se llevó a cabo una serie de ensayos de cultivos en macetas, usando un sustrato inerte -arena de río- fortificado con concentraciones crecientes de cadmio, cinc, cobre, manganeso, molibdeno

---

<sup>1</sup>Refiriéndose a concentraciones de metales en tejidos orgánicos, no alteradas por procesos de contaminación ambiental.

<sup>2</sup>Entiéndase los niveles de toxicidad en vegetales, obtenidos en medios no inactivadores del elemento (efecto suelo inexistente)

y plomo, separadamente, para determinar los respectivos **límites máximos de exceso** (LME) o niveles críticos de exceso (NCE) para **alfalfa, trigo, remolacha y frejól**.

La solución nutritiva empleada, así como los detalles metodológicos más relevantes, son presentados en el Anexo II (Cuadros 8 y 9, respectivamente).

La Evaluación estuvo dirigida a determinar las modificaciones de los diferentes LME en diferentes tipos de suelos y a la búsqueda de explicaciones de las tendencias encontradas. Considerando que cada zona agrícola es caracterizada por suelos específicos, estas modificaciones son la base para obtener la "permisividad"<sup>1</sup> de cada zona para recibir contaminantes metálicos.

Se desarrolló ensayos en macetas, usando los suelos que se detallan en el Anexo II (Cuadro 10), los que fueron dosificados con cobre y cadmio, separadamente; el rendimiento fue relacionado con la mineralogía de los suelos y con el fraccionamiento del elemento añadido, de acuerdo a un esquema definido integrando el de Miller y McFee (1983) con los de McLaren y Crawford (1973a), Emmerich et al (1982a y b), John (1972), King (1988a, 1988b) y Shuman (1979). Los detalles metodológicos se presentan en el Anexo II (Cuadros 11 y 12, respectivamente).

Esta Etapa pretendió, también, validar los **límites máximos permisibles** (LMP) de metales en aguas para riego, establecidos en la Norma Oficial Chilena 1333 (CHILE-INN, 1978), mediante ensayos en macetas, regando con aguas crecientemente cúpricas o cádmicas. Detalles metodológicos se presentan en el Anexo II (Cuadro 13).

Otra línea de investigación fue la búsqueda de alternativas tecnológicas para recuperación de suelos contaminados. Se estableció un ensayo de alfalfa en arena fortificada con cobre o cadmio, incluyendo tratamientos de adición de materia orgánica oxidable, en relación 2:1 v/v. El detalle metodológico se presenta en el Anexo II (Cuadro 14).

Un último aspecto se refirió a la definición de algunos factores que deberían ser tomadas en cuenta en la enunciación de métodos de evaluación de impactos ambientales en la agricultura, por procesos de contaminación ambiental.

---

<sup>1</sup>Concepto referente a la capacidad propia de cada zona de acumular un contaminante, sin desencadenamiento de efectos biológicos negativos

#### 4.3.2. Subproyecto Contaminación con Residuos de Pesticidas

Este Subproyecto incluyó una Etapa de Estandarización Metodológica, tendiente a lograr muestras representativas y montaje de técnicas simplificadas, pero eficientes, para la determinación de RPOC en leches, huevos, grasas, carnes rojas y otras matrices.

Una primera dificultad en los estudios de catastro estriba en la generación de muestras representativas, que permitan tipificar situaciones, en este caso los niveles de contaminantes en alimentos de consumo humano, y su comparación con valores límites, establecidos en la normativa nacional o recomendados por el Codex Alimentarius.

Una segunda dificultad estriba en el alto costo de los métodos convencionales, lo que motiva el desarrollo de técnicas de menor costo, aplicables a estudios de prospección, donde se requiere el procesamiento de un gran número de muestras y que, por ello, se puede permitir licencias en la precisión analítica.

Para cumplir con los objetivos del Subproyecto, se consideró conveniente ajustarse a las normas que recomienda el Codex Alimentarius del Programa Conjunto FAO/OMS (1986).

En lo concerniente a los análisis químicos, se dió preferencia a los métodos oficiales elaborados por organizaciones internacionales y cuya seguridad haya sido establecida en relación a los siguientes criterios:

- especificidad,
- exactitud,
- precisión (repetibilidad y reproducibilidad),
- limite de detección,
- sensibilidad, y
- practicabilidad (en condiciones normales de laboratorio).

Una actividad de Diagnóstico fue la prospección de los niveles residuales de pesticidas organoclorados en algunos alimentos humanos, seleccionados tanto por su importancia en la dieta alimenticia como por la posibilidad de concentrar estos residuos. Se trabajó con harina de

trigo, aceite comestible, carne vacuna, leche, huevos y fruta exportable. Los antecedentes más relevantes, en cuanto a la generación de muestras por rubro, y tipos de pesticidas incluidos en los estudios prospectivos se presenta en el Anexo II (Cuadros 15 a 22).

Otra actividad Diagnóstico se refirió al catastro de RPOC en los sistemas agrícolas del país, en especial en suelos, aguas y praderas; especial énfasis se otorgó al reciclaje de RPOC en sistemas de producción bovina (Regiones IX y X). Para ello, se trabajó con grasa de riñonada, grasa abdominal de aves, concentrados alimenticios, praderas y suelos. Antecedentes de épocas y sitios muestrales se presentan en el Anexo II (Cuadros 1 a 6, Figuras 1, 3, 6, 8, 10, 12 y 15).

Las actividades de Investigación estuvieron dirigidas a determinar algunas constantes de fitotoxicidad de los RPOC, mediante ensayos de germinación, y constatar via experimentos la capacidad vegetal para absorber RPOC por sus raíces.

Desde que se iniciaron los estudios de contaminación con residuos de pesticidas OC, especialmente, en lo referente a praderas de la IX y X Regiones, ha habido preocupación por el reciclaje de estos xenobióticos en el binomio planta-suelo. Resulta obvio entrar a verificar la capacidad o potencialidad de las plantas para absorber estos xenobióticos, a través de su sistema radicular, ya que es una vía de entrada de estos productos a la cadena trófica.

La forma más obvia de validar este fenómeno es mediante el análisis foliar de plantas que crecen en soluciones nutritivas, fortificadas con diferentes concentraciones del producto químico, en un soporte inerte, para después probar la interacción del soporte, que en este caso, son los suelos. En forma paralela, también interesa conocer los efectos fitotóxicos de estos xenobióticos.

La Etapa Evaluación centró sus actividades en la determinación del "efecto suelo" sobre la absorción radicular de RPOC y en los equilibrios químicos alcanzados por los RPOC en suelos, como una forma de explicar sus tasas de degradación o acumulación en suelos.

#### 4.3.3. Subproyecto Presencia de otros Contaminantes

Este Subproyecto tuvo un fuerte componente de montaje y calibración de técnicas analíticas de residuos de detergentes en aguas, cianuro en aguas y sustratos vegetales.

Este Subproyecto contempló la medición de residuos de detergentes en aguas de ríos de las Regiones Metropolitana, V y VI. Especial mención debe hacerse al cianuro en uvas, pues es una investigación que se hizo necesaria, luego del supuesto envenenamiento de uva destinada al mercado estadounidense.

Igualmente, el Subproyecto incluyó una prospección del ingreso de desperdicios urbanos a zonas dedicadas a la agricultura, en la Región Metropolitana. Antecedentes de muestreos se incluyen en el Anexo II (Cuadros 23 y 24).

## 5. RESULTADOS SUBPROYECTO CONTAMINACION CON METALES PESADOS

### 5.1. Prospección Regional

Uno de los principales objetivos fue conocer la situación de los sistemas agrícolas, entre la IV y la XI Regiones, desde la perspectiva del ingreso de contaminantes químicos, específicamente contaminantes metálicos. Se presenta un análisis regional, incluyendo los cursos de aguas superficiales y los suelos. Con el fin de hacer una presentación más fluida, se incluye sólo los resultados más relevantes, ingresándose los no elaborados en el Anexo III.

#### 5.1.1. III Región

Ante reiteradas denuncias de los agricultores, de estar afectados severamente en la producción de olivas- principal rubro de la zona- por emisiones de particulados desde una industria pelletizadora de minerales férricos ubicada en Bahía Chapaco (2km al S de Huasco), se efectuó un estudio prospectivo del Valle del río Huasco, en un transecto comprendido entre las ciudades de Huasco y Freirina.

De acuerdo al **Cuadro 5.1.**, se constató una abundante emisión de partículas minerales, de carácter predominantemente férrico, desde la industria. No cabe duda que el origen de estos particulados es la planta pelletizadora, de propiedad de la CMP.

La **Figura 5.1.** indica que hay ingreso de estas partículas al valle, distribuyéndose superficialmente en forma asociada con la distancia desde su origen. Que las partículas depositadas sobre el follaje sean de similar composición a las de la industria y que la mayor cantidad se encuentre sobre las hojas anversas<sup>1</sup>, comprueba que la zona está contaminada con particulados propio de la industria metalúrgica y probablemente.

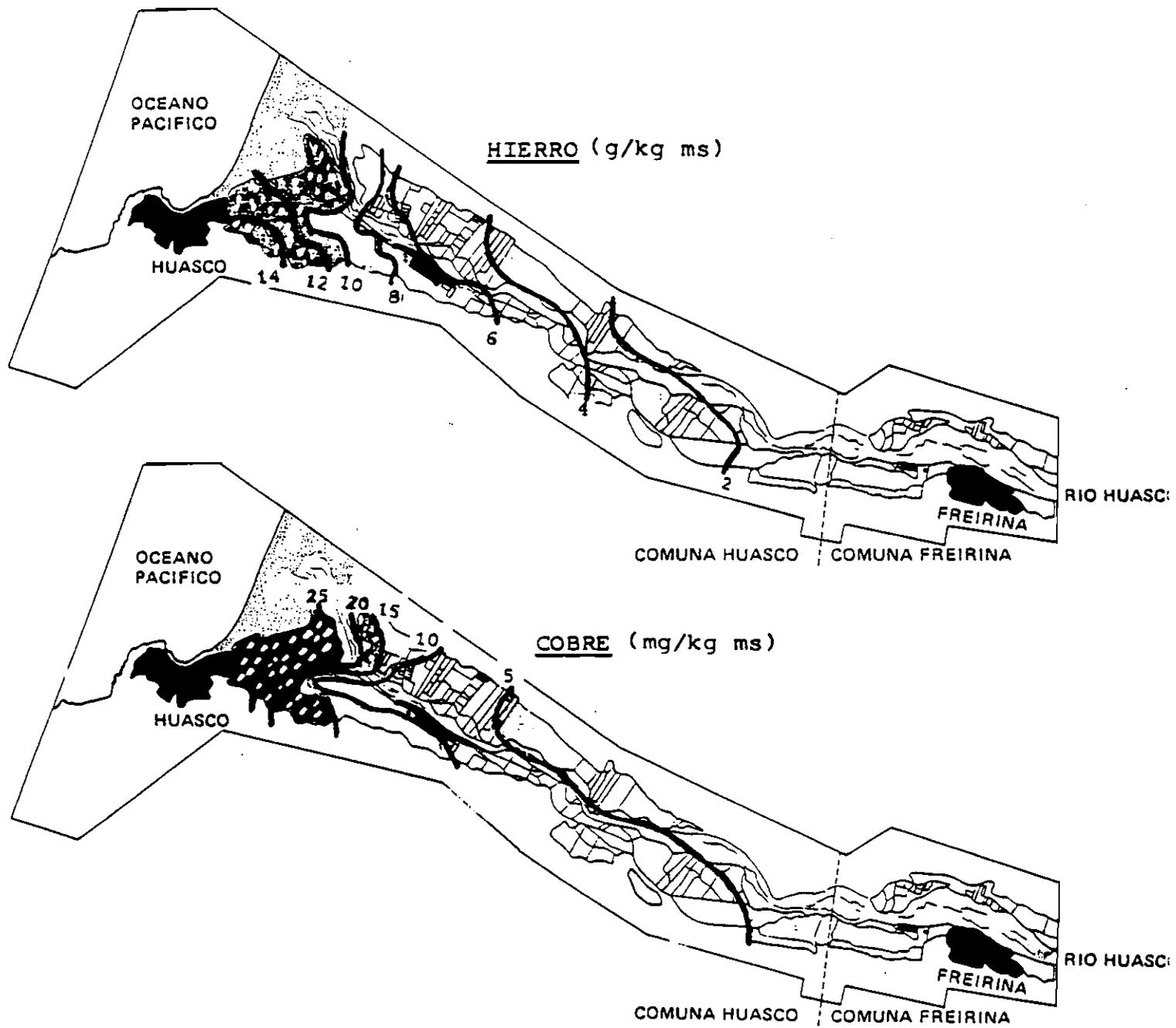
La prospección de metales en el horizonte Ap de los suelos dió los resultados que se presentan en el **Cuadro 5.2.** Los contenidos parecen encuadrarse dentro de rangos de equilibrio natural, sin reflejar la

---

<sup>1</sup>Follaje que mira hacia la costa, zona de localización de la industria pelletizadora

**CUADRO 3.1. CONTENIDOS METALICOS TOTALES EN HOJAS DE MATORRALES, EXISTENTES EN LOS ALREDEDORES DE PLANTA DE PELLETS EN HUASCO (III REGION), Y SU REDUCCION POR REMOCION DE PARTICULADOS EXTERNOS**

Elemento	unidad	C O N T E N I D O S		% REDUCCION
		TOTALES	LAVADAS	
hierro	gr/kg	154,47	7,92	94,9
aluminio	gr/kg	7,28	3,57	50,6
cobre	mg/kg	179,60	28,10	84,4
cinc	mg/kg	87,30	78,60	10,0
plomo	mg/kg	23,70	17,10	27,8



**FIGURA 5.1. Curvas isocuánticas de hierro y cobre totales en hojas anversas de olivos, dentro del valle Huasco (III Región)**

**CUADRO 3.2. CONTENIDO TOTAL (mg/kg ss) DE ELEMENTOS TRAZAS EN EL HORIZONTE A<sub>p</sub> DE SUELOS DEL VALLE DEL HUASCO (III REGION) Y DE LOS VALLES DE LOS ELQUI Y LIMARI (IV REGION)**

elemento	V A L L O R E S			n
	Promedio	minimo	MAXIMO	
VALLE DEL RIO HUASCO (III REGION):				
aluminio (g/kg)	5.4	3.4	7.6	29
cadmio	< 2.5	< 2.5	< 2.5	29
cinc	80.8	44.3	140.3	29
cobre	31.4	12.5	52.5	29
hierro (g/kg)	15.7	10.8	25.0	29
plomo	14.6	10.0	25.0	29
molibdeno	<10.0	<10.0	<10.0	29
VALLE DEL RIO ELQUI:				
cadmio	< 2.5	< 2.5	< 2.5	21
cinc	200.4	40.0	400.0	21
cobre	86.7	14.0	160.0	21
manganeso	783.6	110.0	1450.0	18
plomo	36.3	5.0	150.0	21
molibdeno	<10.0	<10.0	<10.0	21
VALLE DEL RIO LIMARI:				
cadmio	< 2.5	< 2.5	< 2.5	21
cinc	92.2	43.0	170.0	18
cobre	64.6	36.0	100.0	18
manganeso	876.1	570.0	1340.0	18
plomo	33.0	2.0	57.0	18
molibdeno	<10.0	<10.0	<10.0	21

contaminación, lo que puede deberse a que el proceso es de corta data y a que el hierro, elemento que caracteriza el proceso, es un macroelemento, desde el punto de vista geoquímico.

Llama la atención la relativa pobreza en cobre y cinc del horizonte  $A_p$  de los suelos, con concentraciones totales muy bajas para las condiciones áridas de la zona.

#### 5.1.2. IV Región

El Cuadro 5.3. presenta la caracterización de los ríos integrantes de los sistemas Elqui y Limarí, principales fuentes de agua para riego de los valles del Norte Chico.

Partiendo de la premisa que la composición química de las aguas de los ríos refleja la riqueza geoquímica de los acuíferos, se deduce que existen dos tipos de acuíferos en los sistemas estudiados: uno integrado por la Cuenca del Limarí y la Subcuenca del Claro, en la Cuenca del Elqui, y otro conformado por la Subcuenca del río Turbio, en la Cuenca del Elqui.

Mientras las aguas del río Claro e integrantes del sistema Limarí, como el Cogotí, Hurtado, Rapel, Grande y Limarí, poseen un marcado carácter hiposalino, con baja C.E. debido a una escasa presencia de sulfatos y otros aniones, y oligometálico, con escasa representación metálica total, el río Turbio es marcadamente salino, con una abundante presencia de sulfatos especialmente, y eumetálicas, producto del elevado contenido de cobre, acompañado de otros elementos, en su tramo superior.

De acuerdo a antecedentes de la Dirección General de Aguas<sup>1</sup>, el río Turbio posee otros elementos, como arsénico y cianuro; si bien, la mayor parte de la carga química del río Turbio debe ser natural, la presencia de cianuro refleja la contaminación que origina la Mina El Indio y que es controlada por el Ministerio de Salud. Se estima que gran parte de la concentración de cobre es antrópico.

La abundante carga química del río Turbio es eficientemente diluida por el río Claro, fundamentalmente, para generar el río Elqui, curso con aguas con buena aptitud para riego.

---

<sup>1</sup>DGA, Ministerio de Obras Públicas (MOP). Gentileza Sra. Rosa Sandoval L., Jefa del Laboratorio de Hidrología



Este río muestra una persistencia en sus parámetros químicos, reflejando una casi nula intervención humana en la composición de sus aguas. Por el contrario, el río Limarí denota un incremento gradual de sus contenidos salinos, lo que refleja las descargas de aguas servidas desde Ovalle.

También, el río Limarí muestra un creciente desbalance de sodio, el que llega a exceder el LMP de 35% para el sodio porcentual (Na%), fijado por la NCH-1333 (CHILE-INN, 1978). Es indudable que aquellos suelos regados con aguas persistentemente sódicas podrían llegar a entrar en un proceso de sodificación.

Los contenidos metálicos en el horizonte Ap de los suelos de los valles Elqui y Limarí, presentados en el Cuadro 5.2., son moderados, con contenidos totales de cobre y cinc mayores que los del valle Huasco. Se estima que estos contenidos reflejan los equilibrios geoquímicos naturales, sin intervención humana; de allí entonces, la mayor riqueza cúprica de los suelos del Elqui, comparados con los del Limarí.

La Figura 5.2. muestra una distribución homogénea del cobre total en el horizonte Ap de los suelos, sin zonas con concentración anómala del elemento. Desde la perspectiva de la nutrición vegetal, la Figura 5.3. muestra que estos suelos contienen una adecuada disponibilidad de cobre, medida por la fracción extraída con EDTA 0,05M, y que mantiene una estrecha asociación con el contenido total, aunque en términos absolutos y no porcentuales.

### 5.1.3. V Región

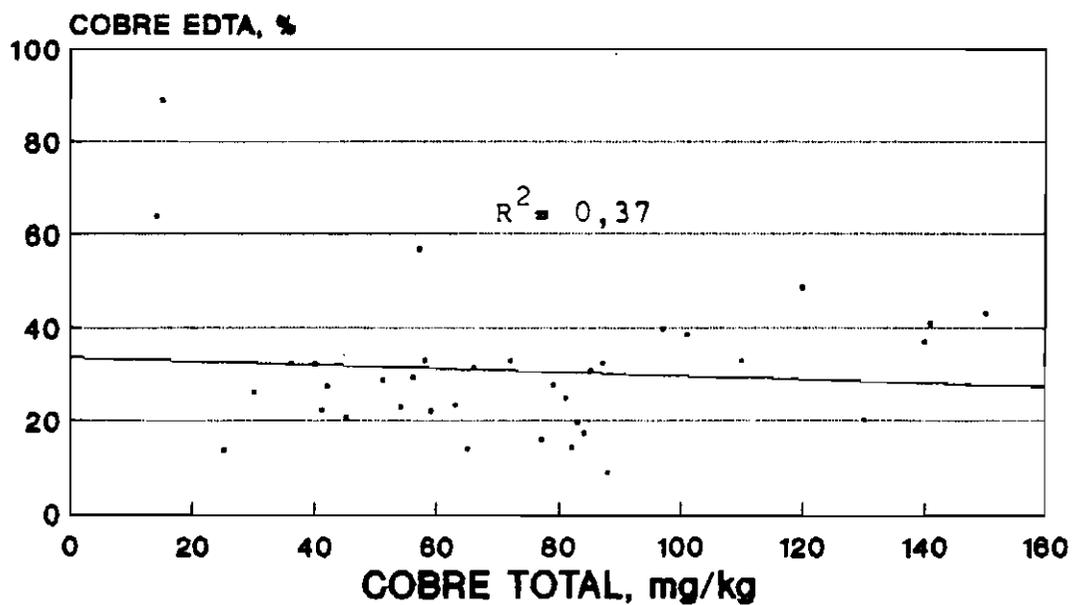
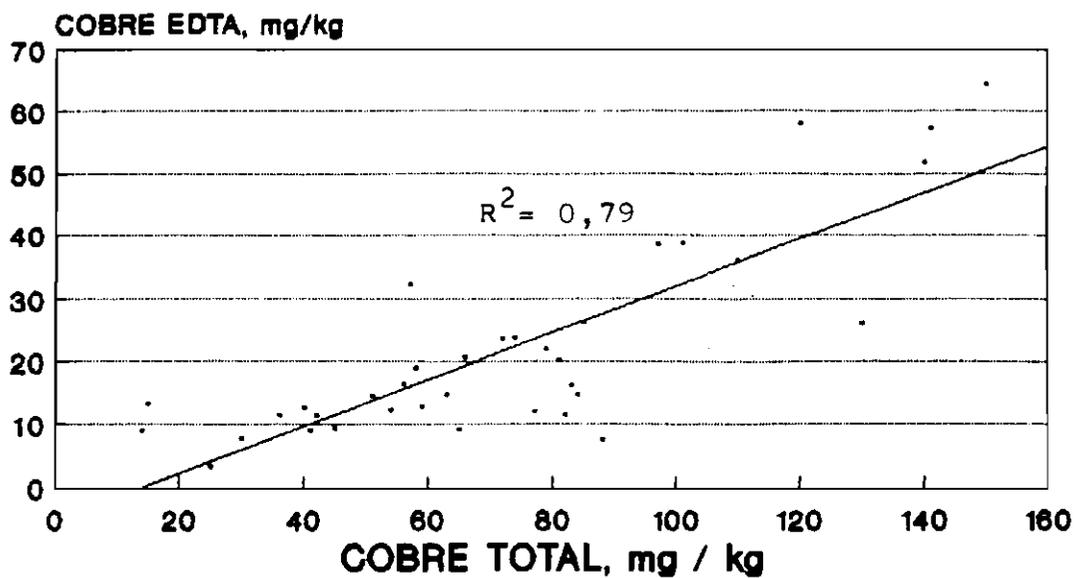
Las actividades en esta Región se circunscribieron al análisis de muestras remitidas por DIPROREN-SAG o por la Junta de Vigilancia de la Primera Sección del Río Aconcagua.

Que durante estos tres años de Proyecto, sólo se recibieron un grupo de muestras en Septiembre' 88, demuestra una situación de normalidad en este río, la que data de la entrada en funciones del tranque de relaves Los Leones, en 1981, que discontinuó las descargas de relaves desde Saladillo. No obstante, algunos agricultores continúan denunciando alteraciones drásticas en sus aguas de riego, adjudicándolas a la misma causa.

Los resultados de las muestras analizadas, recolectadas en prevención de anomalías en la composición del río, debido al escaso caudal en dicha temporada, son presentados en el Cuadro 5.4. e indican



FIGURA 5.3. RELACION ENTRE Cu-TOTAL Y Cu-EDTA EN SUELOS DE LA IV REGION



**CUADRO 5.4. CARACTERIZACION SALINA Y METALICA<sup>1</sup> DE AGUAS DEL SISTEMA ACONCAGUA (V REGION). Promedios de cuatro epocas de muestreo<sup>2</sup>**

N° SITIO	CE	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cu		Mn		Pb		Zn		Mo	
			tot	dis	tot	dis	tot	dis	tot	dis	tot	dis
1 JUNCAL	484	158	<0.02	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	<0.13	<0.13	
2 BLANCO	564	150	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.14	0.13	
3 Canal Los Quilos	458	131	<0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	<0.13	<0.13	
4 ACONCA- GUA, en Puente Vizcachas	458	131	<0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	<0.13	<0.13	
5 Canal Rinconada	461	127	<0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	<0.13	<0.13	
6 Canal Ahumada	470	130	<0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	<0.13	<0.13	
7 Canal Montenegro	499	140	<0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	<0.13	<0.13	

-----  
 fechas de muestreo: 06.09 13.09 20.09 27.09, durante 1988

<sup>1</sup>CE, micromhos/cm a 25°C; Aniones y metales, mg/litro

<sup>2</sup>se analizó Cd y Mo, manteniéndose bajos sus lmd (0,06 y 0,2 mg/l, respectivamente). Cu disuelto, <0,02 mg/l; pH, 7,3 en todos los casos

una situación de normalidad, desde el punto de vista de su composición metálica.

#### 5.1.4. Región Metropolitana

La Región Metropolitana concentra casi el 50% de la población nacional y gran parte de la actividad económica productiva. Por consiguiente, es donde se podría esperar la mayor cantidad de conflictos ambientales, en adición a los de las aguas servidas no tratadas, que no fueron motivo de este Proyecto.

El Cuadro 5.5. presenta la caracterización de las aguas superficiales de esta Región. Se constató que la Cuenca del Maipo genera aguas significativamente distintas a las del Mapocho, no sólo por sus mayores contenidos salinos naturales, producto de importantes concentraciones de sulfatos, cloruros y cationes mayores, sino que también por sus menores contenidos metálicos, condición sólo exceptuada por el Estero Morales, en cuanto a cinc, plomo y cobre.

Llama la atención los altos valores C.E. de las aguas del sistema Maipo que, según la NCH-1333, podría implicar una salinización de los suelos receptores de estas aguas; del mismo modo, el contenido de sulfatos excedió casi permanentemente su LMP de 250 mg/l.

Al respecto, se cuestiona la validez de las normas técnicas sobre calidad de recursos naturales que son copiadas del extranjero, respondiendo a un entorno ecológico distinto; considerando que el valle Maipo posee un historial de más de un siglo de riego con estas aguas sulfatadas, sin evidenciar deterioros en sus suelos por esta razón, este LMP parece excesivamente restrictivo.

Lo expresado en el párrafo anterior podría ser, también válido, para los cloruros, cuyo LMP de la NCH-1333 es 200 mg/l. Obsérvese que el río Maipo posee más que ese nivel en sus tramos superiores, siendo eficientemente diluida hacia los inferiores.

La Cuenca del Mapocho presenta una situación distinta a la del Maipo, tanto en sus aspectos de salinidad como de contenidos metálicos. En realidad, el sistema Mapocho está conformado por dos subsistemas: el del río San Francisco y el del río Molina.

Se detectó que, mientras el río Molina proporciona aguas marcadamente hiposalinas, con escasos contenidos de sulfatos y cationes mayores y definitivamente oligometálicas, con contenidos metálicos bajos,

CUADRO 5-5. CARACTERIZACION SALINA Y METALICA DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA REGION METROPOLITANA. Promedios de siete épocas de muestreo

N° Sitio	pH	CE	SU <sub>4</sub> E <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Boro ca- fionop	NaK	Zn		Cu		Mn		Pb	
									tot	dlc	tot	dlc	tot	dlc	tot	dlc
<b>CUENCA DEL RIO MAPOCHO:</b>																
1 EL RANZANITO	7.5	94	14	2					0.03		0.01					<0.02
2 VERBA LOCA	5.4	311	131	10	1.4	0.10	1.49	3.1	0.24	0.28	2.51	1.98	0.50	0.50	0.03	<0.02
3 SAN FRANCISCO-1	4.5	584	272	15	1.4	0.30	2.00	8.3	0.67	0.79	19.97	17.50	1.75	1.75	0.03	0.02
4 SAN FRANCISCO-2	5.1	484	251	24	1.2	0.30	1.90	8.8	0.66	0.75	14.07	20.00	2.88	2.38	0.02	<0.02
5 HOLINA	6.5	105	24	6	0.5	0.20	0.72	16.4	0.07	0.03	0.44	0.08	0.01	0.01	0.01	<0.02
7 MAPOCHO-2	6.1	232	130	9	1.0	0.20	1.34	8.2	0.25	0.27	5.75	0.86	0.66	0.38	0.03	0.02
8 MAPOCHO-3	6.9	344	171	52	2.4	1.20	4.05	17.6	0.40	0.03	1.63	0.02	0.50	0.24	0.08	<0.02
9 MAPOCHO-4	6.8	773	220	73	2.9	1.60	4.95	19.5	0.17	0.08	0.92	0.03	0.45	0.07	0.06	0.04
11 ZANJON LA ABUADA	7.1	1339	223	166	3.0	4.80	8.55	40.0	0.51	0.04	0.26	0.01	0.29	0.04	0.09	0.03
12 MAPOCHO	6.8	934	252	98	3.0	1.90	5.25	22.4	0.17	0.04	0.49	0.02			0.06	0.03
13 MAPOCHO-7	7.3	1127	230	117	4.1	2.80	7.75	22.2	0.09	0.03	0.28	0.03	0.25	0.01	0.05	0.04
14 MAPOCHO-8	7.4	1079	238	104	3.9	2.70	7.40	22.5	0.09	0.01	0.08	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02
<b>CUENCA DEL RIO MAIPO:</b>																
15 EL VOLCAN-1	7.6	1849	639	117					0.50		0.01					0.15
16 MORALES	6.5	1177	60	69					0.27		0.01					0.04
17 EL VOLCAN-2	7.1	1578	576	71					6.70		0.46					1.24
18 EL YESO	7.7	1246	648	197					0.05		0.01	<0.01		<0.01	0.06	
19 MAIPO-1	7.8	1910	300	210					0.20		0.02	<0.01		<0.01	0.08	
20 MAIPO-2	7.8	1213	274	78	3.6	1.60	5.61	16.7	0.10	0.02	0.03	0.01	0.11	0.01	0.05	0.02
21 MAIPO-3	7.6	992	271	85	2.6	1.60	4.41	22.2	0.14	0.02	0.04	0.02	0.19	0.01	0.07	0.02
22 CLARILLO	6.7	183							0.01	0.02	0.02	0.01			0.02	0.02
23 MAIPO-4	7.3	853	82	54	2.7	1.40	4.45	18.9	0.29	0.02	0.11	0.02			0.09	0.03
24 MAIPO-5	7.3	917	256	125					0.29	0.02	0.08	0.01	1.13	0.01	0.10	0.04
25 MAIPO-6	7.4	819	269	74	3.0	2.50	6.13	25.8	0.05	0.02	0.02	0.01	0.13	0.03	0.03	0.03
Límite de tolerancia 10 NCH-1395 (CHILE-INN° 1578) -																
valor máximo 9.0 7500 250 200 80 0.2 0.2 0.2 0.2																
valor mínimo 5.0																

UNIDADES EMPLEADAS: - CE, microhm/cm a 25°C - Aniones, ag/litro - Cationes, meq/litro - Molalidad, eq/litro  
 - Contenido de Cd y Mo, bajo sus respectivos lds (0,08 y 0,20 ag/l)

el San Francisco posee aguas fuertemente salinas, con elevados valores C.E., debidos fundamentalmente a sulfatos, y una extraordinaria riqueza cúprica, que excede largamente su LMP de 0,2 mg/l de la NCH-1333.

Dado que la abundancia de sulfatos se traduce en un pH bajo, fuera del rango permitido por la NCH-1333, lo que no ocurre en el río Maipo - probablemente porque presenta un adecuado balance de aniones y cationes- y que prácticamente todo el cobre se presenta disuelto, se estima que esta condición del río San Francisco no es estrictamente natural y, por el contrario, se produce por una contaminación desde la Mina los Bronces, localizada aguas arriba de los sitios muestrales.

Probablemente por su gran caudal, el río Maipo mostró constancia en la composición de sus aguas, en todo su trayecto, absorbiendo las aguas del río Mapocho, sin alterarse significativamente. Se deja constancia que esto es válido sólo para los parámetros químicos, no involucrando los biológicos.

Por el contrario, es notorio el cambio químico que sufre el río Mapocho, como resultado de las descargas de aguas servidas. Tomando como base los valores del sitio N° 7 (Mapocho en puente Ñilhue), es evidente el aumento de la C.E., una vez que este río cruza Santiago. El aumento paralelo de cloruros, residual a la cloración de aguas para uso humano, demuestra que la causa del incremento de la C.E. está en las descargas constantes de aguas servidas que contienen una abundante carga orgánica disuelta.

Llamó la atención que las aguas del Zanjón de la Aguada, curso casi exclusivo de aguas servidas, presentara concentraciones metálicas sólo levemente superiores al resto del sistema hídrico, a pesar de incluir los RIL de las industrias ubicadas en la ciudad de Santiago.

Estos resultados concuerdan con los antecedentes de la DGA, del Ministerio de Obras Públicas (MOP), parte de los cuales son presentados en el **Cuadro 5.6.**

El **Cuadro 5.7.** presenta los contenidos totales de algunos elementos trazas, en sus promedios y rango de variación, en el horizonte Ap de los suelos de los valles Maipo y Mapocho.

Los suelos de estos valles, conformados por materiales de relleno transportados aluvialmente desde la cordillera, reflejan la riqueza geoquímica de sus respectivas cuencas originarias, ya visualizada por el análisis de las aguas superficiales.

**CUADRO 5.6. CONTENIDOS DE As, Cu, N-NITRICO Y P-ORTOFOSFATO (mg/l) EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA REGION METROPOLITANA. Promedios de cuatro muestreos efectuados en 1987<sup>1</sup>**

Sitio	As <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3+</sup>
SISTEMA DEL RIO MAPOCHO:				
San Francisco, aguas arriba de estero Yerbas Locas	0.025	18.95	2.71	0.003
Estero Yerbas Locas	0.004	2.59	0.63	0.195
Molina, aguas arriba de río San Francisco	<0.005	0.01	0.40	0.454
Mapocho, en Arrayán	0.002	4.92	0.57	0.118
Mapocho, en Pudahuel	0.022	0.72	0.63	0.003
Mapocho, en Rinconada de Maipú	0.044	1.45	2.11	0.373
Zanión de La Aguada, en camino Pajaritos	0.022	0.47	12.35	3.359
SISTEMA DEL RIO MAIPO:				
Maipo, en San Alfonso	0.021	0.04	0.20	0.186
Yeso, aguas arriba del río Maipo	0.005	0.02	0.25	0.015
Volcán, en Queltehues	0.21	0.14	0.72	
Maipo, en Cabimbao	0.032	0.14	1.60	
LMP según NCH-1333	0.100	0.20		
LMP según NCH- 409	0.050	1.00	10.00	1.000

<sup>1</sup>Antecedentes proporcionados por la Sra. Rosa Sandoval, Jefa del Laboratorio de Hidrología, DGA-MOP

**CUADRO 5.7. CONTENIDO TOTAL (mg/kg ss) DE ELEMENTOS TRAZAS EN EL HORIZONTE A<sub>p</sub> DE SUELOS DE LOS VALLES MAIPO Y MAPOCHO (REGION METROPOLITANA)**

elemento	V A L L E S Promedio	L O R E S mínimo	MAXIMO	n
VALLE DEL RIO MAPOCHO:				
cadmio	1.02	< 1.00	2.90	40
cinc	154.53	72.20	343.70	40
cobre	196.58	41.50	856.40	40
molibdeno	<10.00	<10.00	<10.00	59
plomo	28.70	8.20	66.40	40
VALLE DEL RIO MAIPO:				
cadmio	0.45	< 1.00	2.84	21
cinc	111.44	16.00	200.00	19
cobre	72.31	7.50	242.80	19
manganeso	920.68	600.00	1547.60	5
molibdeno	<10.00	<10.00	<10.00	59
plomo	23.81	5.00	45.70	19

Los suelos del valle Maipo poseen contenidos totales de cinc, manganeso y plomo, comparables a los de las Regiones III y IV, y de cobre, a los de la IV Región, sin evidencias de alteraciones antrópicas. Por su parte, los suelos del valle Mapocho son mucho más cúprico, alcanzando valores extremadamente elevados, y algo más ricos en cinc que los del Maipo.

La **Figura 5.4.** permite ver que esta riqueza en cobre total, con máximos detectados de 856 mg/kg, no es general sino que se concentra en una zona donde existe un centro minero cuprífero; por consiguiente, se estima que esta cupricidad sería nativa. Se trataría de una zona de acumulación del cobre lixiviado desde yacimientos cordilleranos. Se encontró una moderada asociación entre cobre y cinc.

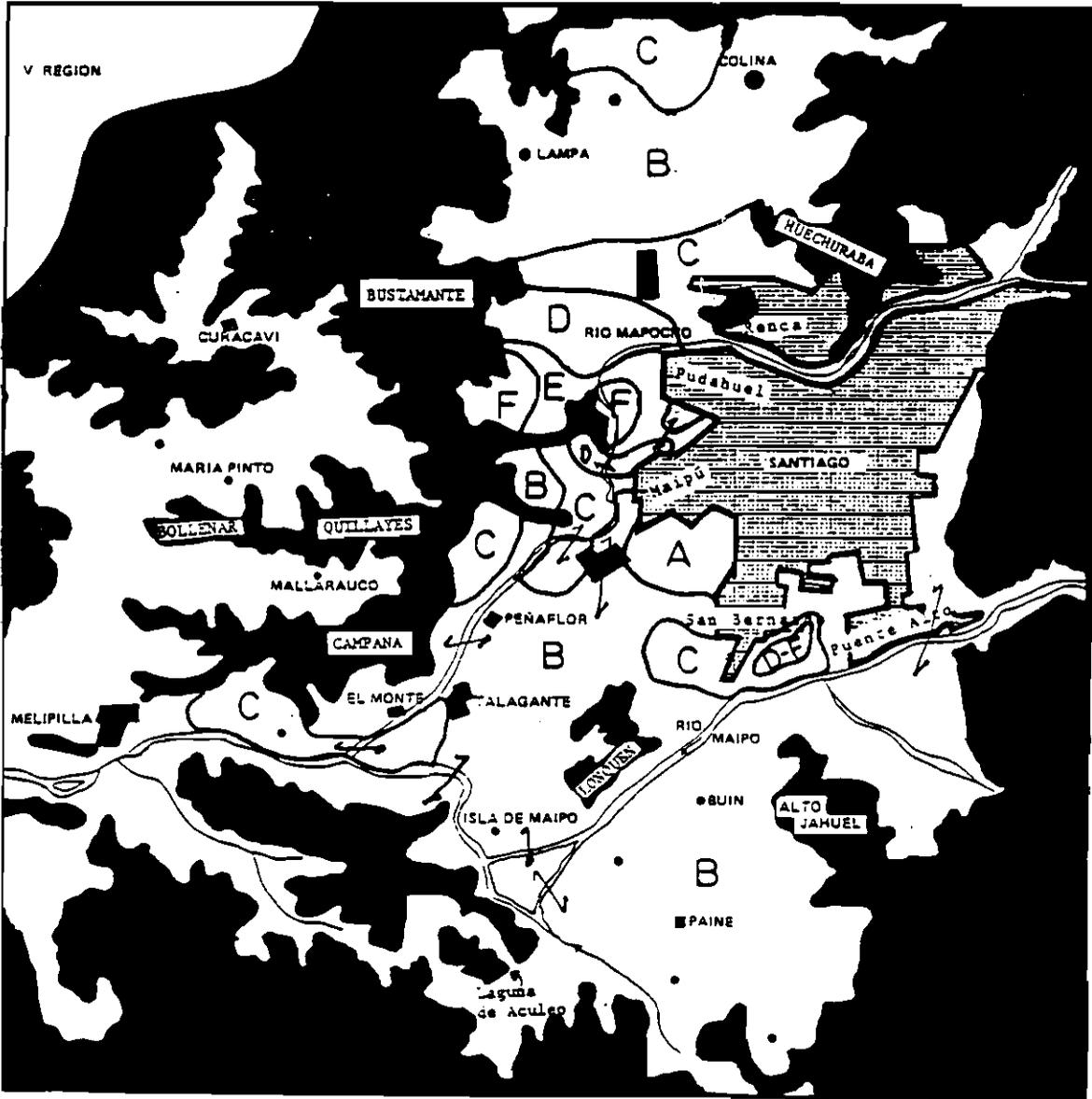
Desde el punto de vista de la nutrición vegetal, se comprobó que la fracción de cobre extraído con EDTA 0,05 M es abundante y, según indica la **Figura 5.5.**, permite una estrecha asociación con el cobre total ( $R^2=0,92$ ), indicando una mayor disponibilidad a medida que el contenido total crece; sin embargo, esta relación no es válida en términos porcentuales.

Se prospectó algunas otras situaciones puntuales de contaminación en la Región, las que fueron:

- recepción de relaves al Embalse Rungue, por filtraciones,
- descargas de relaves a área vecina a la Laguna Carén,
- emisiones atmosféricas de elementos particulados desde industrias en Nos, y
- descargas de RIL de una industria papelerera al río Maipo frente a Puente Alto.

El **Cuadro 5.8.** muestra la caracterización de las aguas del Embalse Rungue, tanto de las que lo alimentan como de las que se salen de él. Esta área se estudió luego de conocerse la inquietud de los agricultores por el ingreso directo del RIL de REFIMET al embalse, hecho comprobado personalmente por el Encargado del Proyecto.

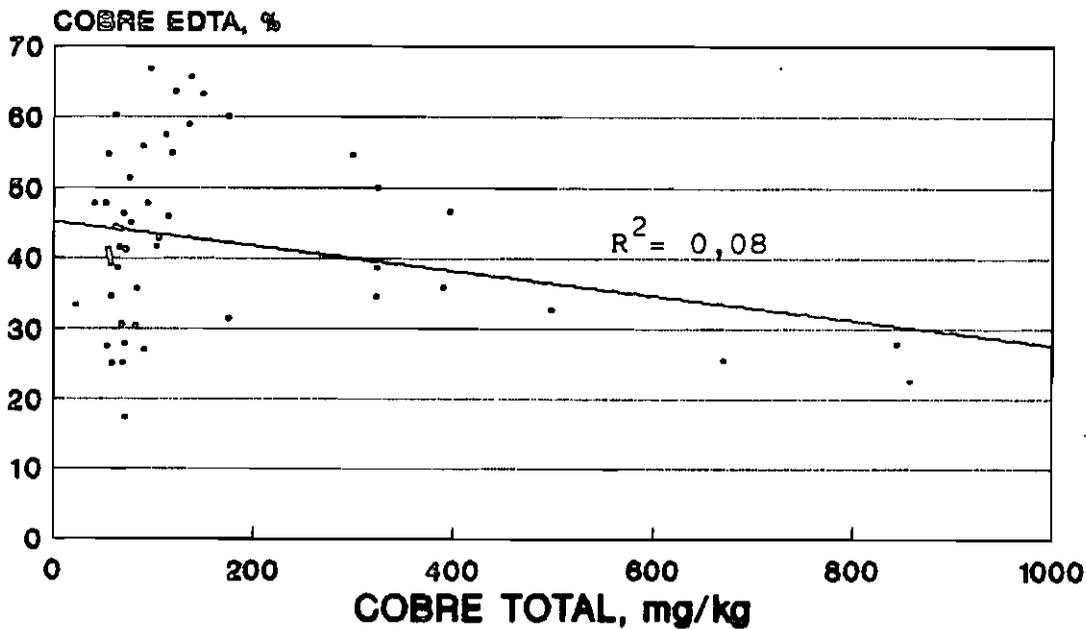
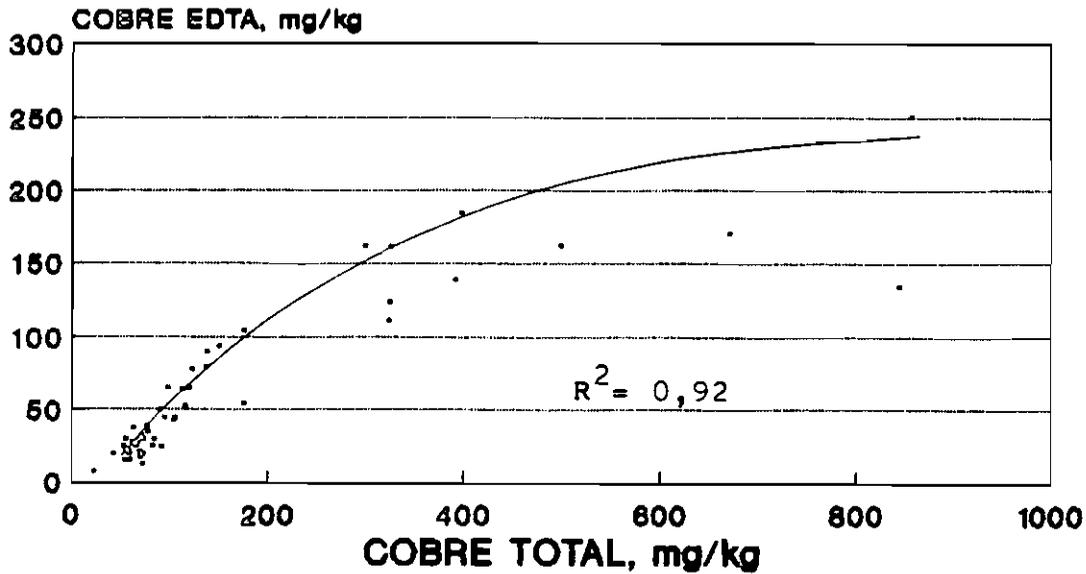
La caracterización de las aguas indica que al embalse, están ingresando aguas fuertemente salinas, con valores C.E. y pH prácticamente fuera de la norma para riego, y con contenidos de sulfatos que exceden en más de 10 veces el LMP de la NCH-1333.



**FIGURA 5.4.** MAPA ESQUEMATICO DE LA REGION METROPOLITANA, MOSTRANDO LA DISTRIBUCION ESPACIAL DEL CONTENIDO TOTAL DE COBRE EN LA ESTRATA SUPERFICIAL DE LOS SUELOS.

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| A = < 50 mg/kg ss        | D = 200,1 – 400 mg/kg ss |
| B = 50,1 – 100 mg/kg ss  | E = 400,1 – 600 mg/kg ss |
| C = 100,1 – 200 mg/kg ss | F = > 600,1 mg/kg ss     |

FIGURA 5.5. RELACION ENTRE Cu-TOTAL Y Cu-EDTA EN SUELOS, REGION METROPOLITANA



CUADRO 5.8. CARACTERIZACION SALINA (A) Y METALICA (B) DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EXISTENTES EN EL AREA DEL EMBALSE RUNGUE, REGION METROPOLITANA

## (A) CARACTERIZACION SALINA:

SITIO	pH	C. E. S O L I D O S				2-	-	2+	2+	+	+	RAE	NaX
		uños/ ca 25°C	total mg/l	susp. mg/l	dis. mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Cl mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l		
ESTERO INGRESO AL EMBALSE	4.0	4378	7110	248	6862	3504	22	10.5	16.4	1.8	0.07	0.49	6.26
CASETA SALIDA DE EMBALSE	6.3	928	340	18	822	528	13	4.7	3.5	1.1	0.05	0.54	11.76
CANAL EN RINCON DE SAN ANTONIO	6.9	920	818	42	776	504	12	4.5	3.3	1.1	0.06	0.56	12.29
CANAL EN LA CAPILLA	7.1	895	758	24	734	490	19	4.5	3.4	1.1	0.05	0.55	12.15

## (B) CARACTERIZACION METALICA (expresión en mg/litro):

SITIO	CADMIO		CINC		COBRE		HIERRO		MANGANESO		PLOMO	
	total	dis.	total	dis.	total	dis.	total	dis.	total	dis.	total	dis.
ESTERO INGRESO AL EMBALSE	0.18	0.18	20.00	18.00	55.00	55.00	405.00	398.00	130.00	130.00	0.08	0.08
CASETA SALIDA DE EMBALSE	0.03	0.03	1.20	1.10	0.90	2.80	6.80	0.20	17.50	17.00	0.02	0.02
CANAL EN EL RINCON DE SAN ANTONIO	0.03	0.03	1.20	1.20	1.10	1.20	7.00	0.40	15.80	15.00	0.02	0.02
CANAL EN LA CAPILLA	0.02	0.02	1.00	0.80	1.00	0.50	6.50	0.20	13.50	16.50	0.02	0.02

Desde el punto de vista de la composición metálica, el elemento más abundante es el hierro, con contenidos importantes de manganeso y cobre e impurezas de cinc, plomo y cadmio. Es posible que participen otros elementos que no fueron analizados.

Gran parte de la carga química de este RIL está floculada, por lo que va al fondo del embalse, lo que hace que, en la medida que el embalse baje sus niveles, empiece a entregar aguas progresivamente desmejoradas.

De acuerdo a los antecedentes disponibles, esta contaminación es de corta data, por lo tanto no se espera la emergencia de evidencias de deterioro en la área receptora en el futuro cercano; sin embargo, no se descartan en un plazo mediano, de continuar la situación.

En relación a una área vecina a la Laguna Carén, los resultados se presentan en los Cuadros 5.9. y 5.10. Esta zona está recibiendo relaves intermitentemente desde la Minera Pudahuel, siendo estudiada una de las ocasiones de descarga.

La gran riqueza cúprica del sedimento contaminante queda refrendada tanto por el análisis de las aguas recolectadas en la zona (sitio problema, Cuadro 5.9) como de los relaves, propiamente tales y de los suelos contaminados (Cuadro 5.10).

Según los antecedentes recogidos, esta contaminación afecta continuamente a la propia Laguna Carén, la que se verá progresivamente afectada en su potencial de uso recreacional, con mantención de una fauna íctica ad-hoc. En último término, podría quedar inutilizada, en un proceso similar al que sufre el Lago Rapel, con los efluentes del Embalse Carén.

Los Cuadros 5.11 y 5.12. presentan parte de los antecedentes existentes sobre la área aledaña a industrias de Nos. Se constató la emisión de grandes volúmenes de elementos particulados, dominante cúpricos, desde CARBOMET S.A., los que dispersan en la zona agrícola inmediata al norte y noroeste, depositándose sobre la vegetación e incorporándose a los suelos, haciendo crecer sus contenidos metálicos.

Por tratarse de elementos provenientes de refineries y/o fundiciones, se acompañan de abundantes emisiones de  $SO_2$ , lo que provoca un proceso de lluvia ácida en el sector, afectando no sólo la agricultura sino que también la salud humana.

CUADRO 5.9. METALES (mg/lt) EN MUESTRAS DE AGUAS EN SECTOR ALEDAÑO A LA LAGUNA CAREN, REGION METROPOLITANA

MUESTRA	COBRE		PLOMO		CINC		CADMIO	
	total	dis.	total	dis.	total	dis.	total	dis.
CONTROL	0.23	0.10	0.06	0.06	0.01	0.01	0.005	0.005
PROBLEMA	300.00	0.06	0.43	0.09	6.32	0.01	0.051	0.003
BEBIDA-2	5.25	0.19	0.16	0.13	0.63	0.01	0.010	0.006
BEBIDA-3	15.30	0.38	0.15	0.14	1.03	0.02	0.012	0.008
LMP según:								
- NCH 409		1.00		0.05		5.00		0.010
- NCH 1333		0.20		5.00		2.00		0.010

- Control = no afectado, 1km N de R-68 y 1,5km O de Peaje Lo Prado
- Problema= sector afectado, igual ubicación de control
- bebida-2= bebida animales en potrero N°2, predio Sr. A. Menichet (0,8km N de R-68)
- bebida-3= bebida animales en potrero N°3, predio Sr. A. Menichet (0,6km N de R-68)

CUADRO 5.10. pH, CE (micromhos/cm a 25°C) Y METALES TOTALES EN MUESTRAS DE RELAVES Y SUELOS PROCEDENTES DE UN SECTOR DE LAGUNA CAREN, AFECTADO POR DEPOSITOS DE RELAVES MINEROS

PROCEDENCIA MUESTRA	pH	CE	Cu	Pb	Zn	Cd
SEDIMENTO POTRERO 2			19180.0	104.1	430.0	2.65
BARRO POTRERO 2			1560.0	44.6	290.0	1.96
SUELO POTRERO 1:						
0- 20 cm	8.8	2.2	71.0	71.0	97.0	<0.50
20- 40 cm	8.8	2.3	70.0	49.0	100.0	<0.50
SUELO POTRERO 2:						
0- 20 cm	5.1	0.5	1425.0	73.0	210.0	<0.50
20- 40 cm	8.2	2.8	190.0	80.0	130.0	<0.50
SUELO POTRERO 3:						
0- 20 cm	5.7	3.7	1990.0	47.0	370.0	<0.50
20- 40 cm	7.0	3.7	630.0	42.0	210.0	<0.50
SUELO EN SECTOR CON MAXIMA AFECCION (0-20)	10.3	11.8	110.0	68.0	90.0	<0.50

CUADRO 5.11. METALES (mg/kg ms) EN HOJAS DE EUCALIPTUS, MUESTREADOS EN LOS ALREDEDORES DE ZONA INDUSTRIAL DE NOS, REGION METROPOLITANA

MUESTRA	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Pb	Zn
MATERIAL CARBOMET	140.0	163.0	187500.0	75000	3000	3636	1986	6000.0
HOJAS RENOVAL:								
- La Platina	3.5	<5.0	75.0	2500	875	< 10	86	27.5
- Aceros Chile	6.5	<5.0	2750.0	2250	150	409	374	85.0
HOJAS ADULTAS:								
- La Platina	3.5	<5.0	67.5	500	200	< 10	49	20.0
- Aceros Chile (1)	5.5	<5.0	1750.0	1250	400	242	213	62.5
- Aceros Chile (2)	13.5	<5.0	4250.0	2500	670	358	294	110.0
HOJARASCA:								
- La Platina	3.5	<5.0	22.5	750	500	< 10	55	15.0
- Aceros Chile	19.0	<5.0	5250.0	2000	408	449	634	132.5

1) HOJAS ADULTAS, CON 50% DE LAMINA FOLIAR NECROSADA  
 2) HOJAS ADULTAS, 100% LAMINA FOLIAR NECROSADA

CUADRO 5.12. METALES EXTRAIBLES CON EDTA 0,05M EN SUELOS MUESTREADOS EN TRANSECTO NORTE DE ZONA INDUSTRIAL DE NOS. Expresión en mg/kg ss

DISTANCIA (ms)	PROF. (cm)	Cd	Cu	Mo	Pb	Zn
300	0- 20	3.6	715.0	57.0	64.0	89.0
500	0- 20	< 1	242.0	21.0	52.0	42.0
800	0- 20	< 1	303.0	16.0	50.0	65.0
1500	0- 20	< 1	24.0	<15.	21.0	22.0

Hace alrededor de una década, se detectó en la zona una contaminación con molibdeno, originada en Molimet, la que produjo severos problemas en la masa vacuna alcanzada y condujo a su control, mediante el mejoramiento de su chimenea. Además, los tenores plúmbicos están algo alterados, por aportes desde otras industrias del sector.

Finalmente, se menciona las descargas intermitentes pero abundantes de residuos fibrosos, desde la CMPC al río Maipo en Puente Alto, las que incluyen, además, residuos químicos de alto riesgo, como es el mercurio.

En variadas oportunidades, la zona de Buin, incluyendo la Subestación Experimental de Los Tilos, de INIA, ha recibido aguas con altos contenidos de residuos fibrosos. Al regar, esta masa se aglomera sobre la superficie, impidiendo gradualmente la infiltración, lo que trae como consecuencia la ineficiencia del riego y una carga económica adicional para el agricultor.

El mayor problema ambiental no es visible ya que se trata de una posible acumulación de mercurio en los suelos; en la situación actual, si bien es detectado en el río, sus contenidos en los suelos no han variado significativamente.

Sin ánimo de minimizar los problemas de contaminación detectados, es indudable que los mayores problemas ambientales que está enfrentando la agricultura metropolitana es el crecimiento incontrolado de Santiago y la sedimentación de sus ríos, producto de la erosión de tierras altas, y de las tierras bajas, por malas prácticas de riego.

Lo primero no debe verse sólo por la gran superficie que la ciudad ha efectivamente incorporado (Santiago ya sobrepasó las 50 mil há) sino que, además, porque se produce una zona de transición campo-ciudad, donde cesa la actividad agrícola, por la conducta inapropiada de esta población establecida, lo hace aumentar consecuentemente la área citadina; así, se genera un círculo vicioso de zonas abandonadas por la agricultura, sitios eriazos que son urbanizados, nueva área abandonada por la agricultura y nuevos sitios eriazos que son urbanizados.

Igualmente, no puede dejar de mencionarse la erosión de los suelos del valle, por efecto de riegos no diseñados para evitar la erosión, lo que suma a la erosión de las tierras altas. Todo ello se refleja en la muy abundante carga de sedimentos en los ríos, especialmente durante los deshielos, con los consiguientes perjuicios ambientales y a estructuras humanas.

### 5.1.5. VI Región

La química de las aguas de la VI Región es, en alto grado, similar a las de la Región Metropolitana, específicamente en cuanto a la existencia de dos cuencas con diferentes riquezas geoquímicas.

Como se desprende del Cuadro 5.13., las aguas de la Cuenca del Tinguiririca son marcadamente oligometálicas e hiposalinas, condición que no varía significativamente a lo largo de su trayecto hasta el Embalse Rapel.

En cambio, el sistema Cachapoal está conformado por dos subsistemas: el del río Pangal, hiposalino y oligometálico, y el del río Coya, con mayores contenidos salinos, dominando los sulfatos, y una gran riqueza cúprica, mayoritariamente disuelta, asociada a contenidos menores de cinc, manganeso y plomo.

Llama la atención la similitud entre este río y el San Francisco, en la cuenca del Mapocho, toda vez que también se da la existencia de un importante centro minero, aguas arriba del sitio de muestreo, la Mina El Teniente, de CODELCO-CHILE.

Por relaciones de caudales, esta gran carga cúprica y de sulfatos tiende a ser diluida hacia zonas inferiores; de todas formas, la carga total de cobre, en valores entre 0,32 y 1,88 mg/kg entre la ruta 5-S y Pichidegua, excede el LMP de 0,2 mg/l.

En cuanto al contenido total de metales en los suelos (Cuadro 5.14.), se comprobó el carácter marcadamente cúprico en el valle Cachapoal, con el promedio más alto del país. Esta riqueza de los horizontes A<sub>p</sub> se presenta en ambas riberas del valle Cachapoal pero no en el valle Tinguiririca. No hay diferencias importantes en cuanto a cinc, manganeso o plomo, con respecto a otras Regiones; no se detectó cadmio ni molibdeno.

Esta riqueza cúprica de los suelos del Cachapoal era conocida desde hace algunos años, luego de los trabajos de Sudzuki (1964), pero se suponía restringida a la ribera sur. Según la Figura 5.6., existen concentraciones máximas en ambas riberas, indicando un enriquecimiento generalizado de los suelos por aportes cúpricos a través de aguas superficiales o subterráneas -sin descartar el riego- o simplemente, tratarse de un valle relleno con materiales líticos fuertemente cúpricos.

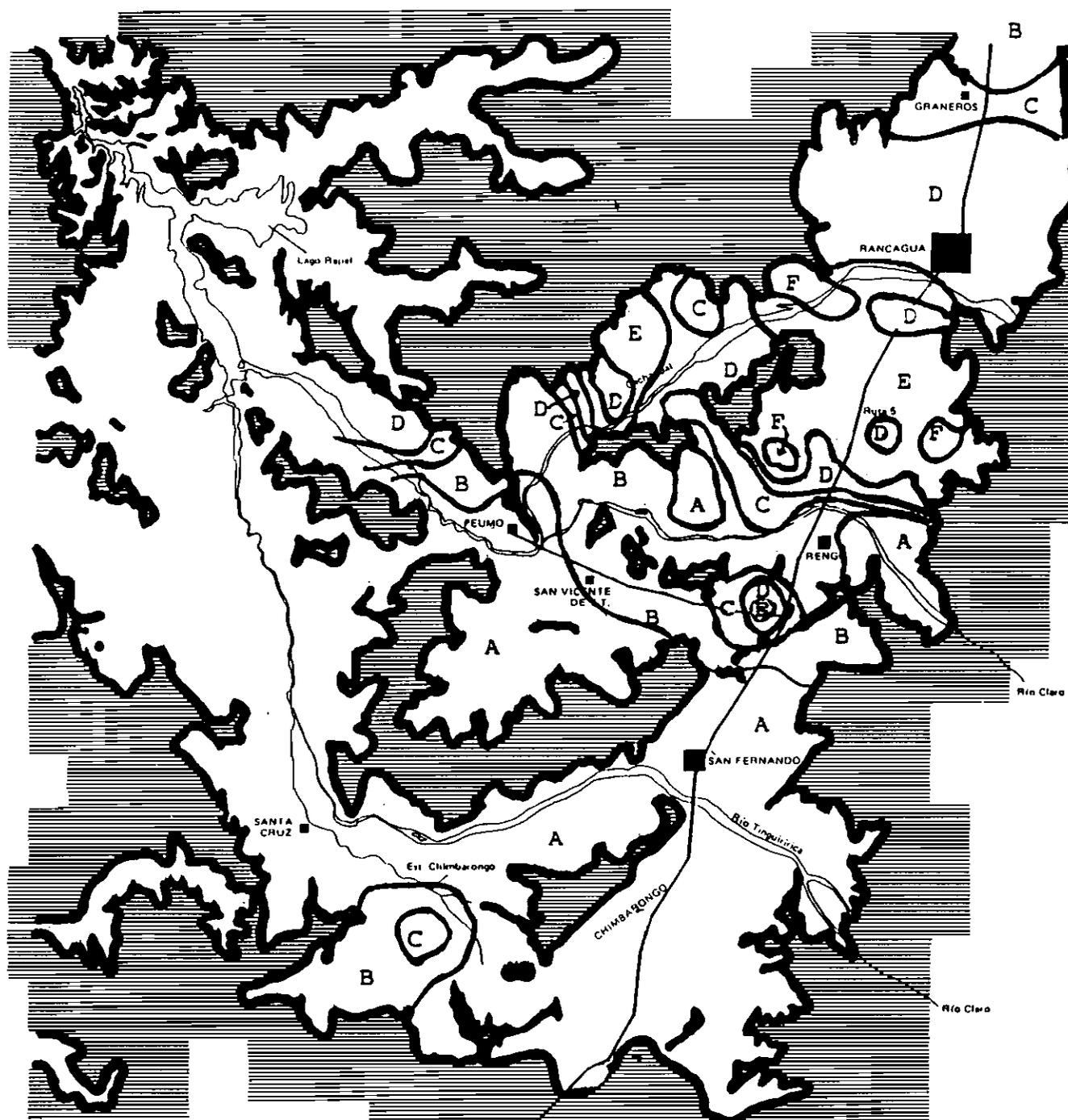
CUADRO 5.13. CARACTERIZACION BALINA Y METALICA DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA VI REGION. Promedios de cinco épocas de muestreo

N° Sitio	PH	CE	SO <sub>4</sub>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Suma cationes	Zn		Cu		Mn		Pb	
									tot	dis	tot	dis	tot	dis	tot	dis
<b>CUENCA DEL RIO CACHAPOAL:</b>																
1 PANGAL	6.4	105	24	11	0.45	0.20	1.31	8.3	0.02	0.01	<0.02	<0.02	0.01	0.01	<0.02	<0.02
2 COYA	5.6	985	115	11	3.40	0.90	4.95	10.2	1.87	1.56	36.58	22.57	1.14	0.94	0.07	<0.02
3 CLARO	7.5	624	53	8	0.85	0.40	1.46	14.3	0.03	0.01	0.06	<0.02	0.02	<0.01	<0.02	<0.02
4 CACHAPOAL-1	6.3	864	139	15	1.15	0.40	1.75	13.1	0.05	0.01	0.03	<0.02	0.07	0.01	<0.02	<0.02
5 CACHAPOAL-2	6.6	904	68	28	1.00	0.40	1.51	15.4	0.11	0.02	0.03	<0.02	0.22	0.02	0.03	<0.02
7 CACHAPOAL-4	6.8	338	91	39	1.43	0.40	2.10	10.8	0.11	0.03	0.26	<0.02		0.03	<0.02	
8 CACHAPOAL-5	6.7	365	86	28	1.40	0.70	2.37	17.6	0.06	0.02	1.88	<0.02	0.31	0.01	0.04	<0.02
9 CACHAPOAL-6	6.7	325	72	21	1.15	0.40	1.75	13.1	0.09	0.02	3.42	<0.02	0.29	0.03	0.04	<0.02
10 CACHAPOAL-7	6.6	435	96	16	1.70	0.70	2.75	14.9	0.09	0.02	0.10	<0.02			<0.02	<0.02
11 CACHAPOAL-8	6.6	284	86	20	1.30	0.40	1.95	11.8	0.07	0.02	0.32	<0.02	0.10	0.01	0.03	<0.02
12 CACHAPOAL-9	6.7	374	91	23	1.20	0.40	1.95	11.8	0.12	0.03	0.39	<0.02	0.18	0.01	0.02	<0.02
13 CACHAPOAL-10	6.2	350	86	27	1.22	0.40	2.01	11.2	0.12	0.02	0.34	0.03		0.04	<0.02	
14 ESTERO ALHUE-1	7.6	184	10		0.50	0.60	1.48	26.3	0.01	0.01	<0.02	<0.02	0.14	<0.01	<0.02	<0.02
15 ESTERO ALHUE-2	7.5	1656	1332	12	6.50	2.00	14.05	8.3	0.01	0.04	<0.02	<0.02	0.37	0.27	0.07	<0.02
16 ESTERO ALHUE-3	7.5	996	370						0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.04	0.02	0.02	<0.02
17 ESTERO CAREN	7.6	2268	1608	18	6.50	2.00	14.20	8.2	0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.52	0.26	0.03	<0.02
18 EMBALBE RAPEL	7.5	524	18	3.00	1.00	12.45	5.9	0.02	0.02	0.01	0.02	<0.02	0.02	<0.01	<0.02	<0.02
<b>CUENCA DEL RIO TINBUIRICA:</b>																
19 CLARO	7.3	159	10	9	0.45	0.10	0.63	8.9	0.01	0.01	<0.02	<0.02			<0.02	
20 E. CHIMBARONBO-1	8.0	361	46	6	0.30	0.70	1.17	44.6	0.03	0.02	<0.02	<0.02			<0.02	
21 E. CHIMBARONBO-2	7.4	202	48	6	0.60	0.40	1.24	19.4	0.03	0.01	0.02	<0.02	0.02	<0.01	<0.02	<0.02
22 TINBUIRICA-2	7.7	123	40	6	0.45	0.20	0.81	14.7	0.03	0.01	<0.02	<0.02	0.07		<0.02	<0.02
24 TINBUIRICA-3	7.9	130	40	6	0.45	0.20	0.78	15.0	0.03	0.01	<0.02	<0.02	0.02	0.02	<0.02	<0.02
26 TINBUIRICA-5	7.3	153	40	4	0.65	0.20	0.98	11.6	0.03	0.02	<0.02	<0.02	0.06	0.01	<0.02	<0.02
27 TINBUIRICA-6	8.1	159	42	5	0.60	0.30	1.04	17.2	0.02	0.01	<0.02	<0.02			<0.02	<0.02
28 TINBUIRICA-7	7.6	188	40	5	0.50	0.20	0.83	14.0	0.02	0.01	<0.02	<0.02	0.03	<0.01	<0.02	<0.02
29 TINBUIRICA-8	7.2	139	40	5	0.45	0.20	0.78	15.0	0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.03	<0.01	<0.02	<0.02
30 TINBUIRICA-9	7.5	289	42	9	1.05	0.70	2.16	19.7	0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.02	<0.01	<0.02	<0.02
Límite superior 1 a NCH-1333 (CHILE-INIA, 1978)																
valor medio 7.0 7500 250 200 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2																
valor mínimo 5.0																

UNIDADES EMPLEADAS:  
 - Ca, microequivalentes/litro  
 - Cd, microequivalentes/litro  
 - Cu, microequivalentes/litro  
 - Mn, microequivalentes/litro  
 - Pb, microequivalentes/litro  
 - Metales, mg/litro

**CUADRO 5.14. CONTENIDO TOTAL (mg/kg ss) DE ELEMENTOS TRAZAS EN EL HORIZONTE A<sub>p</sub> DE SUELOS DE LOS VALLES CACHAPOAL Y TINGUIRIRICA (VI REGION)**

elemento	V A L L E S			n
	Promedio	mínimo	MAXIMO	
VALLE DEL RIO CACHAPOAL, ribera norte:				
cadmio	< 2.0	< 2.0	< 2.0	13
cinc	111.4	16.0	180.0	13
cobre	402.5	40.0	1180.0	13
manganeso	677.7	340.0	890.0	13
plomo	20.0	10.0	26.0	13
molibdeno	<10.0	<10.0	<10.0	13
VALLE DEL CACHAPOAL, ribera sur:				
cadmio	< 2.0	< 2.0	< 2.0	39
cinc	148.7	11.0	320.0	39
cobre	435.6	39.0	1140.0	39
manganeso	726.2	67.0	1660.0	39
plomo	35.6	14.0	340.0	39
molibdeno	<10.0	<10.0	<10.0	39
VALLE DEL TINGUIRIRICA:				
cadmio	< 2.0	< 2.0	< 2.0	18
cinc	101.6	22.0	220.0	18
cobre	68.7	14.0	320.0	18
manganeso	687.1	51.0	1290.0	18
plomo	19.8	10.0	42.0	18
molibdeno	<10.0	<10.0	<10.0	18



**FIGURA 5.6.** Distribución del Cu-total (mg/kg ss) en el horizonte Ap de suelos del Cachapoal y Tinguiririca, VI Región

**Leyenda:**

A= < 80,0

B= 60,1- 125,0

C= 125,1- 250,0

D= 250,1-500,0

E= 500,1-1000,0

F= 1000,1-1500,0

Por tanto, a diferencia de Sudzuki (op. cit.), se estima que la situación no sería producto de una contaminación, al menos, como origen único; no se descarta que se trate de un proceso natural, resultante de la gran riqueza cúprica de los materiales líticos existentes en la cuenca superior.

Como muestra la **Figura 5.7.**, al igual que en las Regiones IV y Metropolitana, el contenido total condiciona el contenido de cobre extraíble con EDTA, pero igualmente sólo, en términos absolutos ya que esta asociación no se da en términos de peso relativo de la fracción indicada.

El valle del Cachapoal, especialmente en su ribera sur, ha preocupado desde hace tiempo atrás, por ciertas evidencias de alteraciones en cultivos, curiosamente en industriales como la remolacha azucarera, el tabaco y la maravilla.

Una prospección de suelos, llevada a cabo, en conjunto con profesionales de IANSA<sup>1</sup>, en los alrededores de Requinoa, donde la remolacha ha presentado severos altibajos, dió los resultados presentados en el **Cuadro 5.15**. Las posiciones bajas correspondieron a zonas topográficas inferiores, donde hubo problemas para el establecimiento del cultivo.

Todos los suelos presentaron contenidos extremadamente altos de cobre, no existiendo asociación entre contenido de cobre y rendimiento del cultivo. Considerando que los profesionales de IANSA han descartado cualquier otra causa, de carácter fitosanitaria, genética o de manejo, se concluyó que los problemas eran debidos al exceso de cobre.

Ciertamente, la interpretación debe realizarse sobre bases poblacionales y no individuales, puesto que hay diferencias individuales en la tolerancia vegetal al exceso de metal, que tienden a dificultar la explicación.

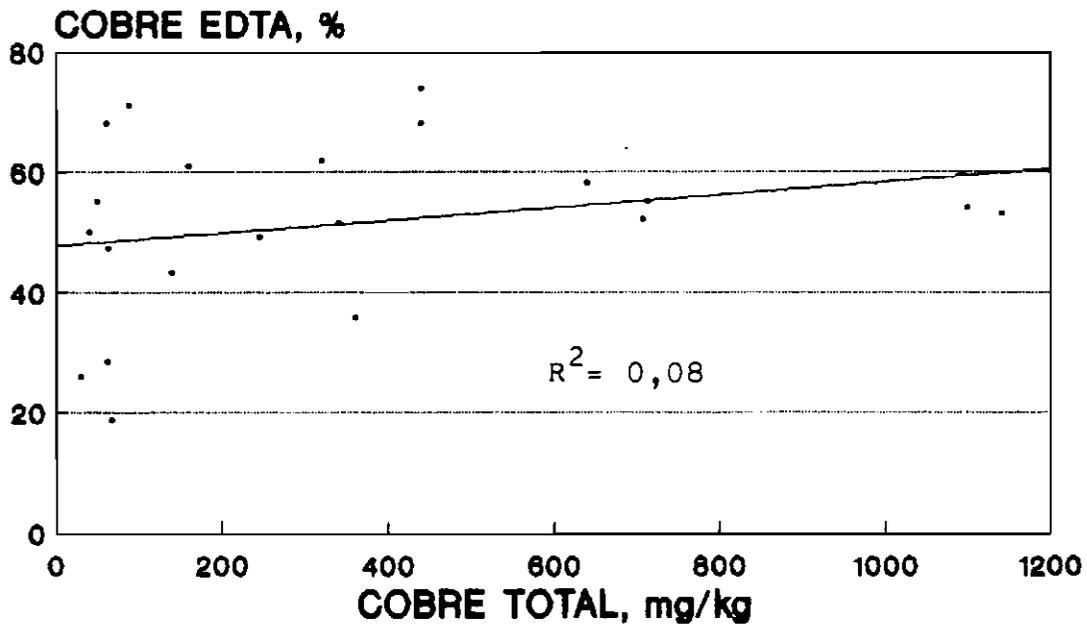
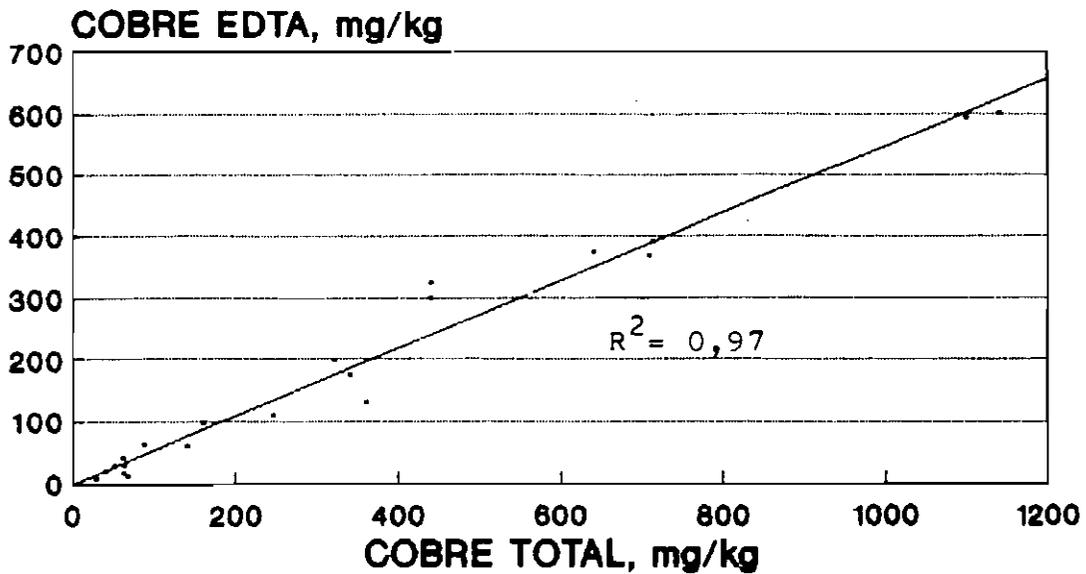
Una investigación desarrollada por Rodríguez y Suárez (1987), a petición de la Cía. Chilena de Tabacos, que también ha detectado problemas en este cultivo, alcanzó conclusiones similares.

Mención aparte merece la puesta en marcha del nuevo tranque de relaves Carén de la División El Teniente, en la localidad de Loncha, algunos de cuyos resultados se muestran en el **Cuadro 5.16**. Se comprobó

---

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo Juan Arentsen

FIGURA 5.7. RELACION ENTRE COBRE-TOTAL Y COBRE-EDTA EN SUELOS, VI REGION



CUADRO 5.15. RANGOS Y PROMEDIOS DE METALES EN SUELOS DE REQUINCA, V REGION.  
(zona donde la remolacha azucarera presenta problemas de desarrollo)

LUGAR	POSICION	PROF. cm	VALOR	pH	CE	T O T A L E S			S O D I A	
						Cu	Mn	Zn	Cu	Fe
FUNDO SANTA LUCILA El Llano de Abajo	alta	0-25	promedio	7.1	0.6	711.7	823.3	151.7	331.6	391.7
		25-50	mínimo	6.7	0.4	580.0	740.0	140.0	199.5	310.0
			máximo	7.6	0.8	890.0	890.0	170.0	407.7	580.0
FUNDO SANTA LUCILA El Llano de Abajo	baja	0-25	promedio	7.1	0.4	848.3	340.0	146.7	368.9	336.7
		25-50	mínimo	6.7	0.2	140.0	710.0	100.0	43.9	170.0
			máximo	7.5	0.6	1170.0	940.0	190.0	550.0	470.0
FUNDO SANTA ISABEL Sr. José Martínez	alta	0-25	promedio	7.0	1.0	1000.0	925.0	160.0	534.3	415.0
		25-50	mínimo	6.8	0.8	950.0	900.0	160.0	526.9	410.0
			máximo	7.1	1.1	1050.0	950.0	160.0	541.6	420.0
FUNDO SANTA ISABEL Sr. José Martínez	baja	0-25	promedio	6.9	0.9	905.7	921.0	180.0	552.5	452.0
		25-50	mínimo	6.5	0.6	92.0	865.0	150.0	257.0	350.0
			máximo	7.2	1.1	1255.0	1080.0	200.0	725.7	570.0
FUNDO A. DOMINGUEZ	alta	0-25	promedio	7.3	0.8	692.5	335.0	162.5	358.3	275.0
		25-50	mínimo	7.1	0.6	670.0	330.0	160.0	330.4	366.0
			máximo	7.4	1.0	715.0	840.0	165.0	386.1	290.0
FUNDO A. DOMINGUEZ	baja	0-25	promedio	6.9	0.7	565.0	870.0	140.0	277.9	250.0
		25-50	mínimo	6.9	0.5	430.0	850.0	110.0	204.2	230.0
			máximo	6.9	0.8	790.0	350.0	170.0	349.5	270.0
FUNDO F. FARIAS C.	alta	0-25	promedio	7.5	0.8	1120.0	1024.0	170.0	514.3	460.0
			mínimo							
			máximo							
FUNDO F. FARIAS C.	baja	0-25	promedio	7.1	0.6	980.0	930.0	150.0	413.7	270.0
			mínimo							
			máximo							
FUNDO SCAFFINI S.A ALTA		0-25	promedio	7.5	0.5	410.0	920.0	110.0	236.0	410.0
			mínimo							
			máximo							

CUADRO 5.16. CARACTERIZACION QUIMICA DE LAS AGUAS DE ESTEROS  
AGUAS ABAJO DE TRANQUE DE RELAVES CAREN, DE CODELCO-CHILE,  
DIVISION EL TENIENTE. Promedios de 11 muestreos en 1988.

IDENTIFICACION N° SITIO	pH	CE	2- SO4	Cu total	Mn total	Mo dis.	total	dis.
			l	mg/litro				l
14 ESTERO ALHUE-1	7.4	159	7	<0.03	0.05	<0.01	<0.10	<0.10
17 ESTERO CAREN	7.0	2554	1563	<0.03	0.19	0.11	9.88	9.06
15 ESTERO ALHUE-2	7.2	1924	930	<0.03	0.11	0.07	5.30	5.05
16 ESTERO ALHUE-3	7.5	1001	477	<0.03	0.12	0.02	1.94	1.83

NOTAS:

- CE, en micromhos/cm a 25°C
- Estero Alhué-1, aguas arriba de unión con Estero Carén
- Estero Carén, aguas arriba de unión con Estero Alhué.
- Estero Alhué-2, 0,5km aguas abajo de unión con Estero Carén
- Estero Alhué-3, en sector de ingreso al Lago Rapel

que este tranque está descargando efluentes al Estero Carén, con una abundante carga química, representada por sulfatos y molibdeno, en más de 6 y 200 veces el LMP de la NCH-1333, respectivamente. Como estos valores son promedios de 11 muestreos en 1988, hubo oportunidades en que los parámetros químicos se presentaron aún más desmedrados.

Uno de estos episodios máximos parece haber producido la mortandad de peces en el embalse Rapel, en 1989, en una zona vecina al ingreso de las aguas del Estero Alhué, receptor del Carén. No debe olvidarse que la estación limnológica de la Universidad de Chile demostró que existía una adecuada carga de oxígeno en las aguas y no detectó otra evidencia de deterioro.

CODELCO-CHILE gestionó ante la DGA y obtuvo una modificación de los LMP vigentes para sulfatos -de 250 a 1.800 mg sulfatos/l y de 0,01 a 5 mg Mo/l; a pesar de estos LMP tan permisivos, los efluentes no siempre pueden ceñirse a la normativa.

No existe información suficiente para justificar el gran aumento del LMP para molibdeno; incluso, los resultados que este Proyecto ha generado indican que este elemento es uno de los más tóxicos y, por tanto, debe ser regulado más cuidadosamente que otros.

Originalmente, esta excepción fue dictadas por 18 meses, para permitir a CODELCO enfrentar una situación de colmatación del tranque ocurrida en 1987. Finalmente, han sido prorrogadas indefinidamente.

Este tipo de contaminación, de carácter esporádico e intermitente, presenta la característica de producir el daño y no dejar rastro; ello significa que, pasado un corto tiempo desde la descarga contaminante, el análisis químico de las aguas no registra anormalidad en su composición.

Normalmente, eso ocurre con las inspecciones derivadas de denuncias, ya que los inspectores del SAG concurren, con posterioridad al hecho denunciado, a la zona afectada, procediendo a tomar muestras cuando las condiciones de normalidad pueden haberse reestablecidos; la mayor parte de las veces, los resultados son negativos, no pudiendo sancionarse las fuentes contaminantes.

Es conveniente para el país modificar el sistema de vigilancia de la sanidad ambiental, desde uno basado en el muestreo puntual e instantáneo a otro fundado en monitoreo continuo y registrado. Es indudable que el mayor costo involucrado en este último sistema debe ser solventado por la fuente controlada, tal como ocurre con la Fundición de Chagres, en Catemu (V Región).

#### 5.1.6. VII Región

El Cuadro 5.17. presenta la caracterización de las aguas de los sistemas hidricos Maule y Mataquito, conformado este último por los ríos Teno y Lontué. Estas aguas son químicamente similares a las del río Tinguiririca, tanto en su condición hiposalina, con C.E. permanentemente bajo 400 umhos/cm a 25°C y Na% muy por debajo del LMP de 35%, fijado por la NCH-1333 como en su condición oligometálica, con contenidos metálicos prácticamente bajo el lmd<sup>1</sup> de la técnica empleada.

No obstante que no alcanzó a alterar sus aptitudes para riego, se constató un nivel superior de sales en el río Teno, junto a un Na% inferior, comparado con el Lontué y Maule.

El Cuadro 5.18. presenta la caracterización metálica del horizonte A<sub>p</sub> de los suelos de la VII Región, demostrando una completa normalidad de los contenidos de cinc, manganeso, plomo y cobre; con excepción del cobre, cuyo promedio es inferior a las otras Regiones ya analizadas, los restantes elementos se presentan en niveles similares a los de éstas Regiones.

La distribución del cobre total en el horizonte superficial de los suelos (Figura 5.8.) es muy regular, mostrando un rango de variación relativamente estrecho, entre 16 y 61 mg/kg.

#### 5.1.7. VIII Región

El Cuadro 5.19. presenta la caracterización química de los ríos Laja y Bio-Bio, además de algunos otros cursos, como el Bureo, Vergara y Perquilauquén.

Se intensifica la condición hiposalina y oligometálica de las aguas, iniciada en el río Tinguiririca, lo que está de acuerdo con las condiciones climáticas, cada vez más húmedas hacia el sur del país, por una parte, y a la menor riqueza geoquímica de los acuíferos, entre la Cuenca Tinguiririca y la XI Región, lo que se refleja por la inexistencia de la actividad minera en dicho tramo.

---

<sup>1</sup>lmd= límite mínimo de detección, variable según la técnica empleada y elemento analizado

CUADRO 5-17. CARACTERIZACION SALINA Y METALICA DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA VII REGION. PROMEDIOS DE CUATRO EPocas de Muestreo

N° Biotr	pH	CE	SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Zn		Cu		Mn		Pb	
									tot	día	tot	día	tot	día	tot	día
<b>CUENCA DEL RIO MATAQUITO:</b>																
1 YENO-1	7.4	398	77	25	0.65	0.20	1.26	8.9	0.02	0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
2 YENO-2	8.4	272	58	21	0.65	0.30	1.36	12.7	0.01	0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
3 LONTUE-1	7.8	140	19	13	0.25	0.12	0.61	11.3	0.02	0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
5 MATAQUITO	8.2	226	29	18	0.45	0.20	1.12	16.0	0.03	0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
<b>CUENCA DEL RIO MAULE:</b>																
6 MAULE-1	7.4	135	24	10	0.25	0.25	0.74	21.2	0.02	0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
7 MAULE-2	7.5	114	17	6	0.25	0.15	0.58	16.7	0.02	0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
8 MAULE-3	8.0	124	15	3	0.25	0.25	0.68	25.0	0.02	0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
9 MAULE-4	7.8	140	19	7	0.30	0.30	0.79	24.2	0.01	0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
10 CLARO-1	8.3	136	12	7	0.25	0.20	0.70	23.6	0.02	0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
11 CLARO-2	8.0	102	10	4	0.20	0.20	0.60	21.1	0.03	0.03	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
12 CLARO-3	7.7	150	11	6	0.35	0.30	0.91	22.1	0.02	0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
13 PANQUILEMO	7.4	184	10	5	0.25	0.30	0.80	24.0	0.02	0.02	<0.02	<0.01	0.08	<0.01	<0.02	<0.02
14 LIRCAY	7.7	121	15	3	0.20	0.20	0.60	21.1	0.03	0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
15 EST. PIDUCO	7.3	174	18	7	0.35	0.35	0.92	25.4	0.01	0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
16 LONCOMILLA	7.5	124	7	3	0.25	0.20	0.58	21.5	0.04	0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
17 CACHUPIVIL	7.0	156	12	5	0.35	0.40	1.00	25.8	0.02	0.02	<0.02	<0.01	0.03	<0.01	<0.02	<0.02
18 PUTABAN	7.2	139	10	6	0.30	0.30	0.79	24.2	0.02	0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
Límites de tolerancia para NCH-1353 (CHILE-INN, 1978) =																
valor máximo	9.0	7500	250	200	0.20	0.20	0.80	30	0.20	0.02	0.2	0.2	0.2	0.2	5.0	5.0
valor mínimo	5.0															

UNIDADES EMPLEADAS:  
 - CE, cloruros/cá a 25°C - Aniónes, mg/litro - Cationes, mg/litro  
 - Contenido de Cd y Mg, bajo sus respectivos íd (0,05 y 0,20 mg/l)

**CUADRO 5.18. CONTENIDO TOTAL (mg/kg ss) DE ELEMENTOS TRAZAS EN EL HORIZONTE A<sub>p</sub> DE SUELOS DE LOS VALLES MATAQUITO Y MAULE (VII REGION) Y LAJA Y BIO-BIO (VIII REGION)**

elemento	V A L L E S			n
	Promedio	minimo	MAXIMO	

VALLE DEL RIO MATAQUITO (VII REGION):

cadmio	< 1.0	< 1.0	< 1.0	10
cinc	144.2	41.0	510.0	10
cobre	37.5	16.0	61.0	10
manganeso	695.5	130.0	1160.0	10
plomo	18.0	5.3	26.0	10
molibdeno	<10.0	<10.0	<10.0	10

VALLE DEL RIO MAULE, ribera norte (VII REGION):

cadmio	< 1.0	< 1.0	< 1.0	26
cinc	207.1	19.0	920.0	26
cobre	26.0	15.0	41.0	26
manganeso	687.5	90.0	1130.0	26
plomo	26.6	9.0	190.0	26
molibdeno	<10.0	<10.0	<10.0	26

VALLE DEL RIO MAULE, ribera sur:

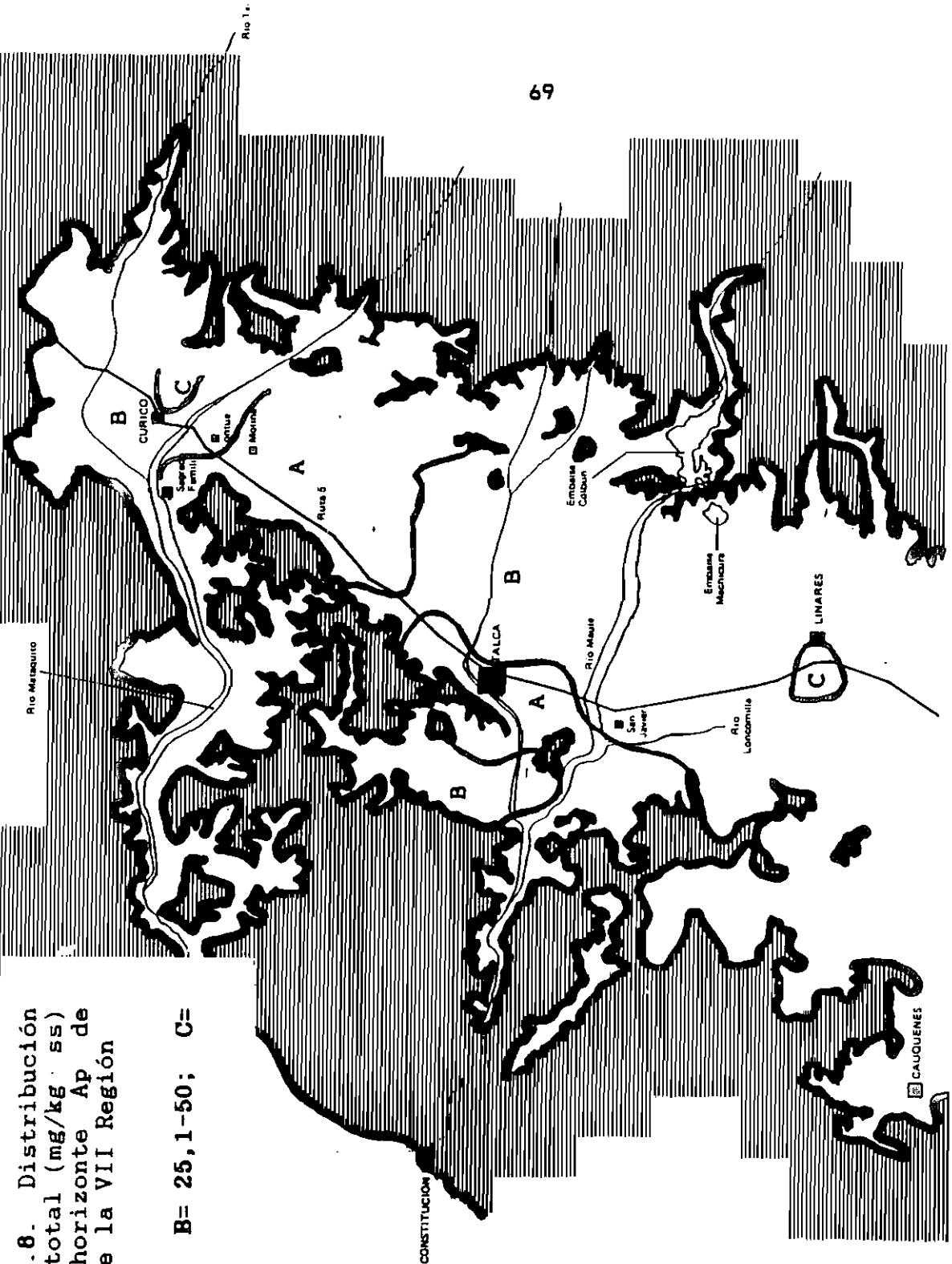
cadmio	< 1.0	< 1.0	< 1.0	14
cinc	68.9	19.0	190.0	14
cobre	30.6	15.0	65.0	14
manganeso	702.1	190.0	2000.0	14
plomo	22.6	10.0	58.0	14
molibdeno	<10.0	<10.0	<10.0	14

VIII REGION:

cadmio	< 1.0	< 1.0	< 1.0	36
cinc	65.7	19.0	300.0	47
cobre	32.0	6.1	85.0	47
manganeso	956.7	220.0	3740.0	47
plomo	16.2	5.7	47.0	47
molibdeno	<10.0	<10.0	<10.0	36

FIGURA 5.8. Distribución del Cu-total (mg/kg · ss) en el horizonte Ap de suelos de la VII Región

Leyenda:  
A= < 25;  
B= 25,1-50; C= 50,1-100



CUADRO 5.19. CARACTERIZACION SALINA Y METALICA DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA VIII REGION. Promedios de tres épocas de muestreo

N° Sitio	pH	CE	SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Suma ca- ciones	Max	Zn		Cu		Mn		Pb	
									tot	dis	tot	dis	tot	dis	tot	dis
<b>CUENCA DEL RIO LAJA:</b>																
1 LAJA-1	7.5	62	9	1	0.15	0.10	0.20	21.5	0.01	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
2 LAJA-2	7.5	64	9	1	0.15	0.10	0.20	21.5	0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
3 LAJA-3	7.4	72	9	2	0.10	0.15	0.35	25.3	0.03	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
4 LAJA-4	7.4	67	8	0	0.10	0.20	0.40	31.8	0.01	<0.02	<0.02	<0.02	0.01	0.01	<0.02	<0.02
5 HUALQUI	7.4	123	10	4	0.25	0.20	0.65	17.2	0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
<b>CUENCA DEL RIO BIO-BIO:</b>																
6 BIO-BIO-1	7.5	93	9	2	0.15	0.20	0.45	27.4	0.01	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	0.01	<0.02	<0.02
7 BIO-BIO-2	7.4	94	11	2	0.20	0.20	0.50	25.6	0.01	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	0.01	<0.02	<0.02
8 BIO-BIO-3	7.4	91	10	3	0.15	0.20	0.45	29.4	0.01	0.01	<0.02	<0.02	<0.01	0.03	<0.02	<0.02
9 BIO-BIO-4	7.4	100	11	0	0.15	0.20	0.50	23.8	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.01	0.02	<0.02	<0.02
10 C.M.P.	7.4	187	38	1	0.30	0.60	1.00	38.2	0.05	0.02	0.02	<0.01	0.04	<0.02	0.02	0.02
11 BIO-BIO-5	7.2	174	15	21	0.25	0.90	1.30	44.1	0.02	0.01	<0.02	<0.02	0.02	0.02	<0.02	0.01
12 BIO-BIO-6	7.5	147	19	0	0.20	0.40	0.75	35.9	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	0.02	<0.02	<0.02	<0.02
13 BUREO		5	2	0.10	0.10	0.25	24.4	0.01	0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
14 VERBARA		5	6	0.20	0.20	0.55	21.5	0.01	0.01	<0.02	<0.02	0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
<b>OTROS RIOS DE LA VIII REGION:</b>																
15 PERQUILAQUEN	7.2	69	10	1	0.05	0.10	0.20	32.3	0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
16 RUBLE	7.2	117	10	3	0.30	0.20	0.60	19.3	0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
17 ITATA	7.4	117	19	3	0.20	0.20	0.60	19.1	0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
18 DUBUECO	7.3	89	10	4	0.15	0.20	0.50	27.0	0.01	0.00	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
Lima 3000 msnnm, 14 NCH-1333 (CHILE-INN, 1775)-																
valor minimo 7.0 7500 200 200 2.0 0.2 0.2 0.2 0.2																
valor minimo 5.0																
<b>UNIDADES EMPLEADAS:</b>																
- CE, microhm/cm a 25°C																
- Cationes de Cd y Mo, bajo sus respectivos led (0,08 y 0,20 mg/l)																
- Cationes de Cu y Mn, mg/litro																
- Metales, mg/litro																

Aunque no influye en la agricultura, no puede dejar de mencionarse la gran contaminación del río Bio-Bio, receptor de abundantes volúmenes de residuos orgánicos fibrosos, difícilmente biodegradables, procedentes de las papeleras que funcionan en sus riberas. Además de haber eutroficado sus aguas, han degradado profundamente el paisaje y sus posibilidades de uso, tanto en lo ecológico como en lo económico y en lo recreacional.

Al igual que lo que ocurre con la CMPC en la Región Metropolitana, las descargas desde las industrias de celulosa están liberando grandes volúmenes de residuos de los químicos usados en sus sistemas de producción, entre los que se mencionan las sales mercuriales.

Estas descargas, sumadas a las de las petroquímicas, metalúrgicas y otras, provenientes del complejo industrial Talcahuano-San Vicente, producen un proceso contaminante de extrema gravedad en la Bahía de San Vicente y otras zonas costeras de la VIII Región. A esta contaminación química, debe sumarse la contaminación por aguas cloacales.

Se deja constancia del episodio de muerte masiva de peces en 1990 en una zona litoral marina vecina a la Bahía mencionada, la que fué asignada por el Ministerio de Salud y el Servicio Nacional de Pesca, a una descarga instantánea fuertemente mercurial desde alguna de las industrias del sector; este tipo de contaminación no deja rastros permanentes en las aguas pero sí en los animales muertos.

El Cuadro 5.18., que incluye los contenidos totales de elementos trazas en el horizonte  $A_p$  de los suelos de esta Región, reafirma la disminución en el contenido de cobre, situación lógica por clima y riqueza geoquímica de los materiales parentales.

Se detectó una disminución de los contenidos de cinc, acompañada de una leve disminución del plomo y un incremento de manganeso, el que se acentuará hacia el sur. El cadmio y molibdeno se mantuvieron bajo sus respectivos lmd.

#### 5.1.8. Regiones IX, X y XI

Los suelos de estas Regiones no debieran reflejar alteraciones por contaminaciones químicas, dada la inexistencia de actividades mineras o industriales de envergadura, con excepción de dos localidades en la XI Región, en las vecindades de los lagos Pedro Aguirre Cerda y General Carrera.

El Cuadro 5.20. presenta la caracterización metálica total de sus suelos, en sus horizontes superficiales. El cobre continúa en niveles bajos, menores que en las Regiones IV, Metropolitana y VI, además de la V (CHILE-INIA, 1986), y similares a los del valle Huasco (III Región), y Regiones VII y VIII; se constató un nivel algo mayor en la IX Región, siendo la XI, la Región de menor riqueza cúprica.

De acuerdo a estos resultados, es altamente probable la existencia de casos de deficiencias de micronutrientes, especialmente en suelos arenosos, donde es necesario su aporte para mantener rendimientos adecuados en algunos cultivos, como la remolacha azucarera en los suelos arenosos de la cuenca del Laja, en la VIII Región.

El manganeso es más abundante en estas Regiones, especialmente en la X, donde alcanzó el máximo promedio del país. Los contenidos totales de cinc y plomo son similares a los de la VIII Región, y, obviamente, inferiores a los del resto del país.

#### 5.1.9. Resumen

Tomando en cuenta estos resultados, además de antecedentes proporcionados por SAG-DIPROREN y la DGA, es posible consolidar la situación de contaminación metálica de la agricultura chilena, tal como se presenta en el Cuadro 5.21.

#### 5.2. Niveles de normalidad o naturalidad

Los resultados incluyen los contenidos de elementos minerales en tejidos diversos, pertenecientes a individuos fenotípicamente exentos de anomalías.

##### 5.2.1. Bovinos

El Cuadro 5.22. presenta una información consolidada de los contenidos totales de elementos metálicos en hígados de bovinos, muestrados en mataderos de las Regiones que se indican. Se usó este órgano por ser diagnóstico para la ingesta mineral. Se analizó cadmio y molibdeno, sin tener detección positiva.

**CUADRO 9.20. CONTENIDO TOTAL (mg/kg ss) DE ELEMENTOS TRAZAS EN EL HORIZONTE A<sub>p</sub> DE SUELOS DE LAS REGIONES IX, X Y XI**

elemento	V A L O R E S			n
	Promedio	minimo	MAXIMO	
<b>IX REGION:</b>				
cadmio	< 1.0	< 1.0	< 1.0	62
cinc	67.2	25.0	94.0	62
cobre	52.0	15.0	90.0	62
manganeso	2018.7	270.0	5360.0	62
molibdeno	< 5.0	< 5.0	< 5.0	62
plomo	23.3	88.0	5.0	62
<b>X REGION:</b>				
cadmio	< 1.0	< 1.0	< 1.0	59
cinc	45.7	10.0	96.0	59
cobre	37.4	13.0	110.0	59
manganeso	998.6	42.0	5050.0	59
molibdeno	< 5.0	< 5.0	< 5.0	59
plomo	19.6	11.0	45.0	59
<b>XI REGION:</b>				
cadmio	< 1.0	< 1.0	< 1.0	20
cinc	55.6	17.0	110.0	20
cobre	13.3	7.8	31.0	20
manganeso	887.9	590.0	1560.0	20
molibdeno	< 5.0	< 5.0	< 5.0	20
plomo	17.5	3.3	42.0	20

**CUADRO 5.21. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE METALES PESADOS Y METALOIDES, COMO AGENTES DE CONTAMINACION<sup>1</sup>**

<u>Reg.</u>	<u>Elemento</u>	<u>Tipo de contaminación</u>	<u>Área receptora</u>
III	cobre	contaminación eólica, por fundiciones de minerales; de aguas, por decargas de relaves	alrededores de Paipote y Chararal
III	hierro	contaminación eólica, por pelletizadora de minerales férricos	valle del Huasco, sección inferior
IV	arsénico	contaminación de aguas del río Turbio, por faenas mineras	valle del Elqui
V	cobre	contaminación eólica, por fundiciones de minerales (también, cinc y plomo)	alrededores de Puchuncavi y Catemu
	molibdeno	contaminación del río Blanco, por planta de extracción	primera sección del río Aconcagua
R.M.	cobre	contaminación del río San Francisco, por faenas mineras	área regada por el río Mapocho
	cobre	contaminación de aguas, por descargas de faenas mineras	área vecina a la laguna Carén
	cobre	contaminación de aguas, por descargas de faenas mineras (asociado a cinc, manganeso, otros)	área regada con el embalse Rungue
	molibdeno	contaminación eólica, por industria refinadora	alrededores de Nos
	cobre	contaminación eólica, por industrias del área (asociado a plomo, cinc, otros)	alrededores de Nos
VI	cobre	contaminación del río Coya, por faenas mineras	valle del Cachapoal
	molibdeno	contaminación del estero Carén, por efluentes de tranque de relaves (asociado a manganeso)	alrededores del lago Rapel

<sup>1</sup>Extractado de González M., S.P. (1989)

**CUADRO 3.22. CONTENIDO DE METALES PESADOS (mg/kg) EN HIGADOS DE BOVINOS CLINICAMENTE SANOS. DETALLE POR REGIONES**

Región	N° anim.	R a n g o s			P r o m e d i o		
		Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb
V	10	127.5 197.8	80.5 140.9	2.7 9.0	157.4	113.7	5.5
Metropolitana	15	14.0 260.0	49.5 249.6	4.2 28.1	84.6	107.1	12.3
VI	16	40.0 650.0	69.3 174.4	2.2 8.8	182.5	118.8	4.9
VII	15	3.9 54.0	72.5 206.3	2.8 29.7	20.6	126.8	14.1
VIII	15	4.0 277.3	84.0 228.0	2.3 15.5	99.8	114.9	7.3
IX	15	4.0 276.0	84.3 195.0	2.1 12.7	72.4	125.7	6.1
X	16	84.8 281.8	93.8 128.2	2.0 12.1	162.5	108.1	6.6
XI	15	11.1 317.7	106.1 152.6	12.4 61.6	107.9	124.6	29.8
<b>Total nacional</b>	117	3.9 650.0	49.5 249.6	2.0 61.6	110.0	117.5	11.0
-----							
Según:							
-Doyle y Spaulding (1978)							
		50.0	118.0	1.4	225.0	127.0	1.7
-Sharma y Street (1978)							
		400.0	136.0	2.0			
-----							
% de muestras sobre maximo literatura							
		0.9	2.1	99.1			

Lo primero que llama la atención es que los tejidos hepáticos contienen, no solamente elementos esenciales sino que también otros neutros o no esenciales: es el caso del plomo, del que no se conoce participación activa en procesos bioquímicos o fisiológicos.

Los tres elementos incluidos muestran variabilidad por regiones, la que es más acentuada para el plomo, siguiéndole el cobre y el cinc.

Se detectó algunas situaciones indicativas de cierta asociación entre los contenidos minerales de los hígados y la riqueza mineral del hábitat de los animales, a saber:

- aumento del plomo en los animales de la XI Región, coincidente con un promedio ligeramente mayor de cinc, en una Región que posee yacimientos de estos dos minerales,
- menor concentración cúprica en animales de Regiones con menor riqueza de cobre, como son las VII, VIII, IX y XI, y
- promedios mayores de cobre en las Regiones V y VI, donde se ha prospectado los contenidos máximos del elemento en suelos y donde se mantienen actividades extractivas de alto nivel.

### 5.2.2. Vegetales

Los Cuadros 5.23., 5.24. y 5.25. presentan una información de los antecedentes bibliográficos nacionales sobre contenidos normales de metales en tejidos vegetales.

La mayoría de los estudios fueron efectuados en el decenio 1966/1975, al introducirse el análisis foliar, como herramienta de diagnóstico nutricional. El objetivo fué determinar tablas con rangos de deficiencia, normalidad y exceso de elementos, necesarias para calibrar el método.

El Cuadro 5.26. incluye los contenidos normales en alfalfa y trigo, procedentes de los ensayos efectuados durante el Proyecto. Hubo una correspondencia entre los contenidos minerales de alfalfa cultivada en arenas con aquella cultivada en suelos, con excepción del manganeso, que fue 4 veces más abundante en la alfalfa en suelos.

Esta mayor riqueza de manganeso no pudo ser explicado, toda vez que la referencia incluida en el Cuadro 5.25. es comparable con los resultados en arena.

CUADRO 5.23. CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN VID, POR AREA AGRICOLA Y ORGANNO  
(considerando sólo plantas fenotípicamente sanas y en plena producción)

REGION	órgano	época	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg	variedades
V	pecíolo	plena flor	0.31	0.27	1.95	1.45	0.56	13.3	25.9	30.8	42.7	30.7	Sultanina, Emperor Ribier, Almería
R.M. a VII (riego)	pecíolo	plena flor	0.38	0.26	2.03	1.33	0.55	11.5	25.2	29.7	36.8	29.6	Semillón, Sultanina, Cabernet-Sauvignon, Emperor, Almería, Ribier
	pecíolo	cuaja	0.05	0.10	1.89	1.48	0.47	8.8		32.8	30.8		Cabernet
	pecíolo	pinta	0.05	0.05	1.76	2.32	1.03	7.6		37.3	34.8		Cabernet
	pecíolo	cosecha	0.04	0.04	0.65	2.97	1.17	5.5		42.8	27.0		Cabernet
	hoja	plena flor	3.26	0.21	0.92	1.22	0.23	12.8		54.5	17.1		Cabernet
	hoja	cuaja	2.97	0.19	1.14	1.35	0.41	21.3		92.8	32.9		Cabernet
	hoja	pinta	2.22	0.11	0.56	2.38	0.26	11.1		59.5	15.3		Cabernet
	hoja	cosecha	1.38	0.09	0.76	3.23	0.43	12.0		84.0	23.8		Cabernet
VII secano	pecíolo	plena flor	0.20	0.49	0.65	2.13	0.89					12.2	Pais
	pecíolo	madurez	0.95	0.10	1.45	0.55							Pais
	hoja	plena flor	2.70	0.25	0.60	0.60							Pais
	hoja	madurez	1.20	0.15	0.55	0.75							Pais
VIII secano	pecíolo	plena flor	0.02		1.20							25.0	Pais
	lámina	plena flor	2.10	0.30	0.55	2.00	0.40			45.0	75.0		Pais

Antecedentes extractados de:

- GONZALEZ (1969)
- GIL et al (1973)
- MORANDE (1973)
- LAVIN (1984)
- ETCHEVERS et al (1983)
- RODRIGUEZ et al (1972)
- HYLLIE et al (1971a)

CUADRO 5.24. CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN MANZANO Y PERAL, POR AREA AGRICOLA Y ORGANO

REGION	organo	epoca	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg	variedades
<b>M A N Z A N O S (1):</b>													
VI	hojas	15-30/01	2.25	0.14	1.98	1.13	0.19	14.1	136.8	19.9	21.6		Granny Smith
	raquilla												
	hojas	15-30/01	2.07	0.12	1.75	1.58	0.22	14.7	132.4	20.7	29.1		Granny Smith
	dardos												
	hojas	15-30/01	2.16	0.13	1.86	1.35	0.20	14.4	134.5	22.8	25.3		Granny Smith
VII	hojas	130 días	1.20	0.15	15.00	2.10	0.18	6.0	180.0	16.0	20.0	40.0	Yellow Newton
	dardo	floración											
VIII	hojas	120 días	1.90	0.16	1.57	0.07	0.39		130.5	37.0	19.8	25.0	
		floración											
<b>P E R A L E S (2):</b>													
R.M.	hoja	¿plena flor?	1.43	0.38	1.34	1.52	0.38	7.0	120.5	41.2	30.3		Packams Winter Bartlett Beurre
VI	hoja	¿plena flor?	1.85	0.13	1.27	1.46	0.27	10.9	110.0	41.7	31.0		Packams Winter Bartlett Beurre
VII	hoja	¿plena flor?	2.00	0.12	1.18	1.67	0.28	28.6	169.8	65.7	71.3		Beurre Bartlett

Antecedentes de:

1= MARIN (1985); GALAZ (1932); RODRIGUEZ et al (1974)

2= WYLIE et al (1971b)

CUADRO 5.25. CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN DIVERSAS ESPECIES, POR AREA AGRICOLA Y ORGAN0

ESPECIE	RE- GION	órgano	época	N %	P %	K %	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg	varie- dad	Ref.	
GUINDO DULCE	VIII	hojas	100 días floración	1.50	0.22	1.90	2.00	0.35	3.6	160.0	38.0	21.0	56.0	Corazón Paloma	1	
		hojas	120 días floración	1.90	0.14	1.25	2.13	0.54		70.0	38.5	13.0	25.0	Corazón de Paloma		
		hojas	160 días floración	1.20	0.15	1.60	2.50	0.38	4.5	210.0	39.0	19.0	50.0	Corazón de Paloma		
DURAZ- NERO	V	hojas ramilla	100 días floración	2.90	0.18	1.75	2.60	0.70	7.5	150.0	25.0	1.5	42.5	Pogona, otras	2	
DAMASCO	R.H.	hojas ramilla		31.10	3.03	0.18	0.23	1.34	0.52	9.3	85.0	35.3	16.0	Nueva Imperial	3	
				10.02	2.05	0.18	0.94	2.18	0.61	9.8	135.0	39.5	13.5			
				30.03	1.90	0.17	0.20	2.73	0.59	10.3	201.3	42.0	12.0			
		hojas dardo		31.10	1.43	0.11	0.11	0.83	0.24	5.3	42.5	22.0	7.5			
				10.02	0.95	0.09	0.11	1.35	0.33	5.0	75.0	18.3	7.3			
				30.03	1.03	0.09	0.11	1.60	0.31	5.0	103.8	22.0	5.8			
ALFALFA	R.H.	hojas	25 días rezago	5.25	0.64	1.99	1.33	0.29	13.5	93.0	35.5	40.0		Liguén	4	
		hojas	50 días rezago	5.25	0.59	1.20	1.72	0.20	13.0	113.6	49.0	30.5		Moapa		
FRAN- BUESO	X	hojas y peciolos	inicio madurez	2.80	0.13	2.27	0.80	0.21	13.9	377.0	298.0	29.0	50.0		5	
GROSE- LLERO	X	hojas y peciolos	pinta	2.13	0.17	3.57	0.11	0.71						Rojo, Negro	6	
PALTO	V	hojas	primavera	1.80	0.17	1.38	2.00	0.53	10.0	125.0	265.0	90.0	75.0	Fuerte	7	
OLIVO	I	hojas	plena flor	1.40	0.19	10.00				8.5	85.0	12.5	Co=2.0 Mo=0.6 Ni=0.5	35.0	Sevi- llano	8

Antecedentes extractados de: 1= MARIN (1985); HIDALGO (1984)  
 2= SARCIA-HUIDOBRO et al (1973); RODRIGUEZ et al (1973)  
 3= BAHAMONDES (1974)  
 4= GONZALEZ et al (1973)  
 5 y 6= MEDEL (1984)  
 7= EMBLETÓN (1984)  
 8= RAZMILIC et al (1979)

**CUADRO 5.26. CONTENIDOS NORMALES (mg/kg ms) DE ELEMENTOS TRAZAS EN MUESTRAS VEGETALES DE PLANTAS CULTIVADAS EN ARENA Y SUELOS**

ESPECIE	Tejido Organo	valor	Cu	Mn	Mo	Pb	Zn	Cd
CULTIVOS EN ARENA:								
ALFALFA	parte	promedio	13,0	26,1	16,8	8,1	22,7	
	aérea	máximo	14,4	39,2	21,6	21,2	26,0	
		mínimo	11,1	25,3	11,6	5,0	19,3	
	n° obs.		8	8	4	10	5	
TRIGO	parte aérea veget.		7,3	8,7	<10	5,8	8,1	1,6
	capotillo		6,0	9,9	<10	13,9	9,7	0,9
	granos		7,7	13,0	<10	16,3	27,3	<0,3
	espiga completa		6,8	11,4	<10	15,1	18,4	0,6
	raíces		32,0	274,9	<10	14,0	29,1	<0,3
CULTIVOS EN SUELOS:								
ALFALFA	parte	promedio	15,1	110,9		8,9	20,8	
	aérea	máximo	18,1	223,0		10,1	25,8	
		mínimo	11,1	56,5		7,1	18,0	
	n° obs.		11	11		11	11	

### 5.2.3. Ingesta metálica por animales

El Cuadro 5.27. presenta los valores máximos de ingesta de algunos metales por diversas especies animales, sin generarse efectos negativos sobre el crecimiento y desarrollo de los individuos. Este Cuadro fue construido a base de referencias bibliográficas.

### 5.3. Límites absolutos de toxicidad

Con el fin de contar con bases para evaluar las situaciones de suelos contaminados e inferir conductas y efectos, se determinó la toxicidad de una serie de elementos metálicos y metaloides, encontrados como contaminantes en Chile. Los elementos incluidos fueron cobre, molibdeno, cadmio, cinc, plomo y manganeso y la constante determinada fue el LME absoluto o no interferido.

Como se sabe que cada especie tiene una sensibilidad específica frente a estas contaminaciones, se usó cuatro especies como indicadoras:

- la alfalfa (*Medicago sativa*), por ser una especie que simula el largo plazo, a través de cortes sucesivos,
- el trigo (*Triticum aestivum*), representando a las gramíneas, generalmente con gran tolerancia a amplios cambios ambientales,
- el frijón (*Phaseolus vulgaris*), representando a las leguminosas de grano, generalmente muy sensibles a estas contaminaciones, y
- la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* var. *Sacharata*), por los problemas detectados en Cachapoal.

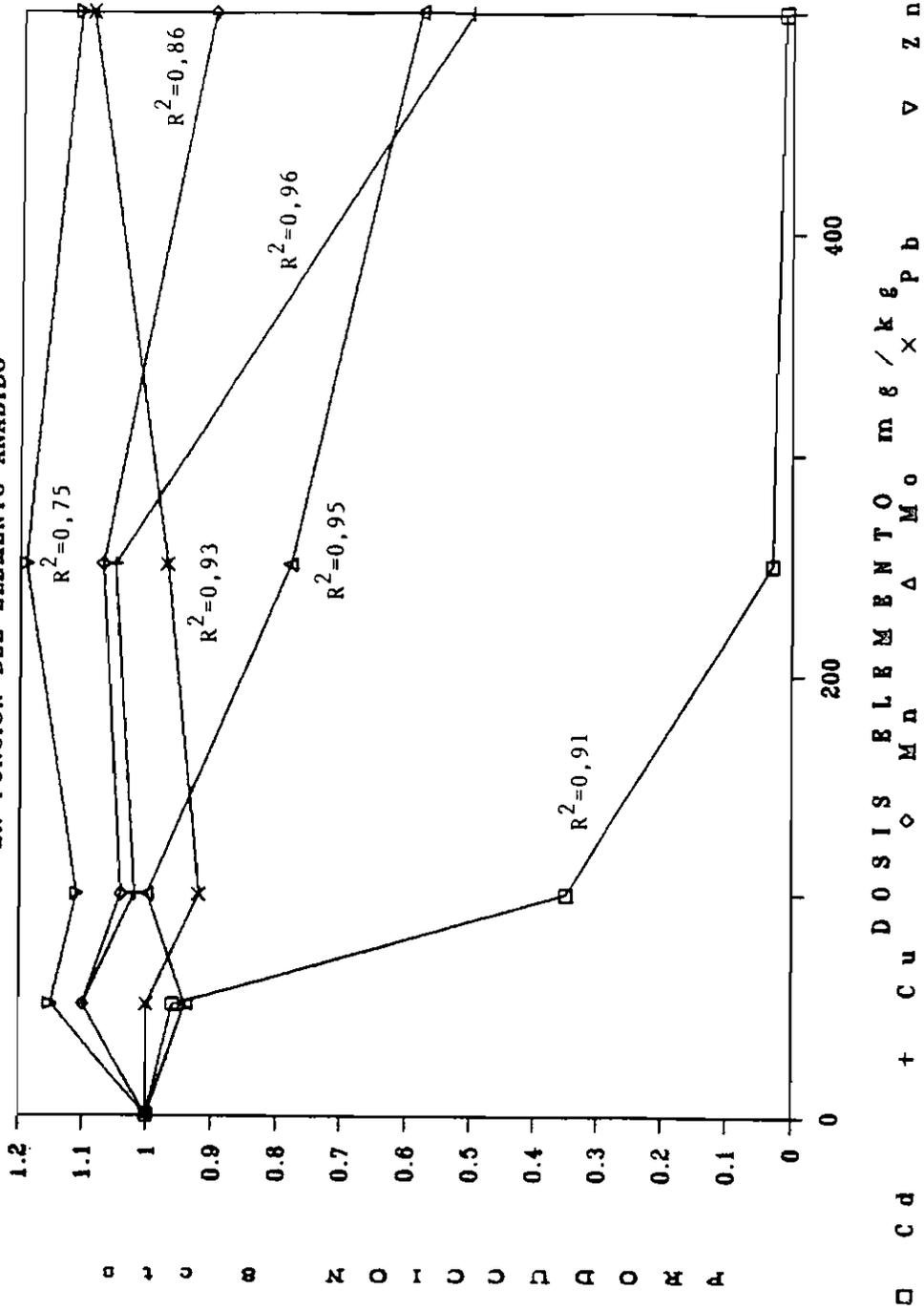
La Figura 5.9. presenta las curvas de producción de tejidos aéreos de alfalfa, en función de la adición de metal a un sustrato inerte, como la arena. Se constató que esta especie es sensible a los excesos de elementos trazas en la zona de arraigamiento, por cuánto su crecimiento se ve progresivamente reducido a medida que la concentración metálica aumenta.

**CUADRO 5.27. INGESTA CRITICA DE METALES PESADOS (mg/kg dieta) DE DIVERSAS ESPECIES ANIMALES**

ESPECIE	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb	As <sup>1</sup>
Ovinos	15	500- 1000		50	200	3- 10
Bovinos	37	500- 1000	8- 20	50	200- 800	15- 45
Equinos	800	3000				10- 45
Cerdos	150- 200					0,5- 10
Aves						0,05- 0,3

<sup>1</sup>Dosis oral aproximada, en gramos

FIGURA 5.9. BIOMASA AEREA DE ALFALFA EN ARENA EN FUNCION DEL ELEMENTO AÑADIDO



Se constató, también, que esta sensibilidad es dependiente del elemento. Así, se comprobó que la alfalfa fue diferencialmente sensible, según la escala siguiente:

**Cd > Mo > Cu > Mn > Zn = Pb.**

La alfalfa no fue sensible al cinc o plomo, al menos en el rango de trabajo; frente al manganeso, fue levemente sensible, lo cuál quedó corroborado con los respectivos LME, que se incluyen en el **Cuadro 5.28**.

En este ensayo, y en todos los llevados a cabo desde 1981, se ha comprobado que estas plantas poseen una capacidad de "readecuar" su funcionamiento fisiológico, luego de algún tiempo, al verse "obligadas" a desarrollar su sistema radicular en un medio poco favorable, en este caso un exceso de metales; ello les permite recuperar parte de su potencial de crecimiento.

Por ello, luego de un tiempo inicial con un pobre crecimiento, las plantas mostraron recuperación en su producción de biomasa y en sus aspectos fenotípicos, por lo que el déficit de rendimiento, con relación a los testigos, se minimiza progresivamente, tal como se muestra en la **Figura 5.10**.

Esta recuperación, en todo caso, es limitada hasta un determinado contenido de metal disponible para las plantas, por sobre el cuál las plantas crecen en promedio menos que lo normal. Se insiste en lo de crecimiento promedio menor, por cuánto se ha observado en tratamientos inmediatamente sobre dicho umbral, que hay individuos que se recuperan totalmente pero otros, quizás por razones genéticas, no soportan la contaminación y finalmente mueren. En tratamientos extremos, todos los individuos mueren.

Considerando esta recuperación en el tiempo, es que se determinó medir el rendimiento de la alfalfa por la biomasa aérea acumulada en 6 a 8 cortes sucesivos, a partir del segundo. El primer corte no se considera porque muestra aún las variaciones de la emergencia, en tanto que al séptimo u octavo corte, ya se ha definido el máximo rendimiento; a partir del décimo corte, hay envejecimiento de las plantas y el rendimiento se altera completamente.

La **Figura 5.11** muestra que la alfalfa tiende a absorber cantidades adicionales del elemento, en función de su mayor aporte a las raíces, pero la proporción en que es absorbido y translocado a los órganos superiores es, también, dependiente del elemento.

**CUADRO 5.28. LIMITES MAXIMOS DE EXCESO DE METALES (en mg/kg) EN ARENA, EN FUNCION DE DIFERENTES ESPECIES VEGETALES. Valores calculados según curvas ajustadas**

Elemento	E S P ALFALFA	E C I E TRIGO	FREJOL	REMOLACHA
cadmio	29	32	< 10	86
cinc	>500	342	107	84
cobre	297	400	345	89
manganeso	498			>500
molibdeno	144	< 5	29	106
plomo	>500	83	< 10	180

**FIGURA 5.10. RECUPERACION DE ALFALFA  
EN ARENA FORTIFICADA SEGUN DETALLE**

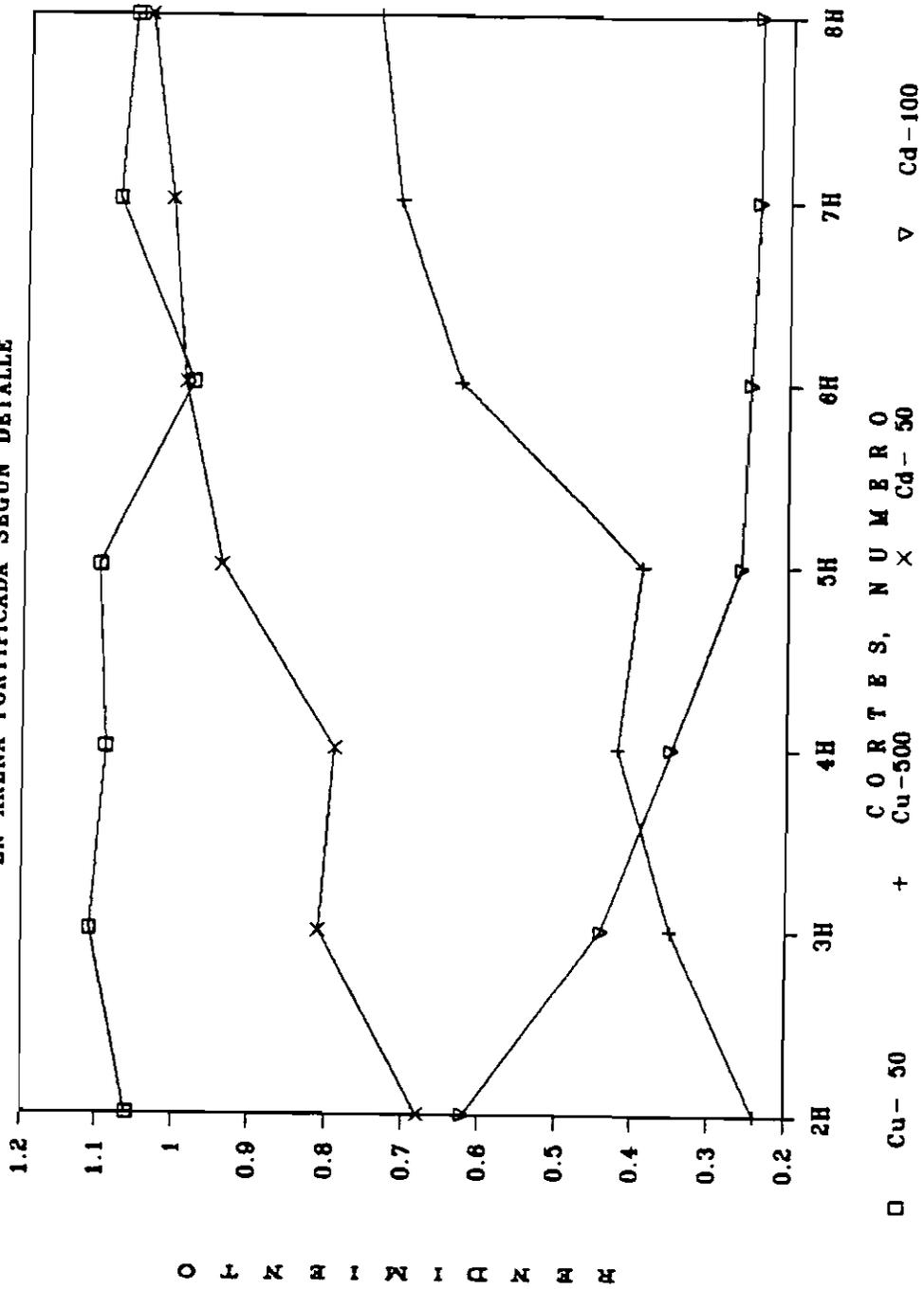
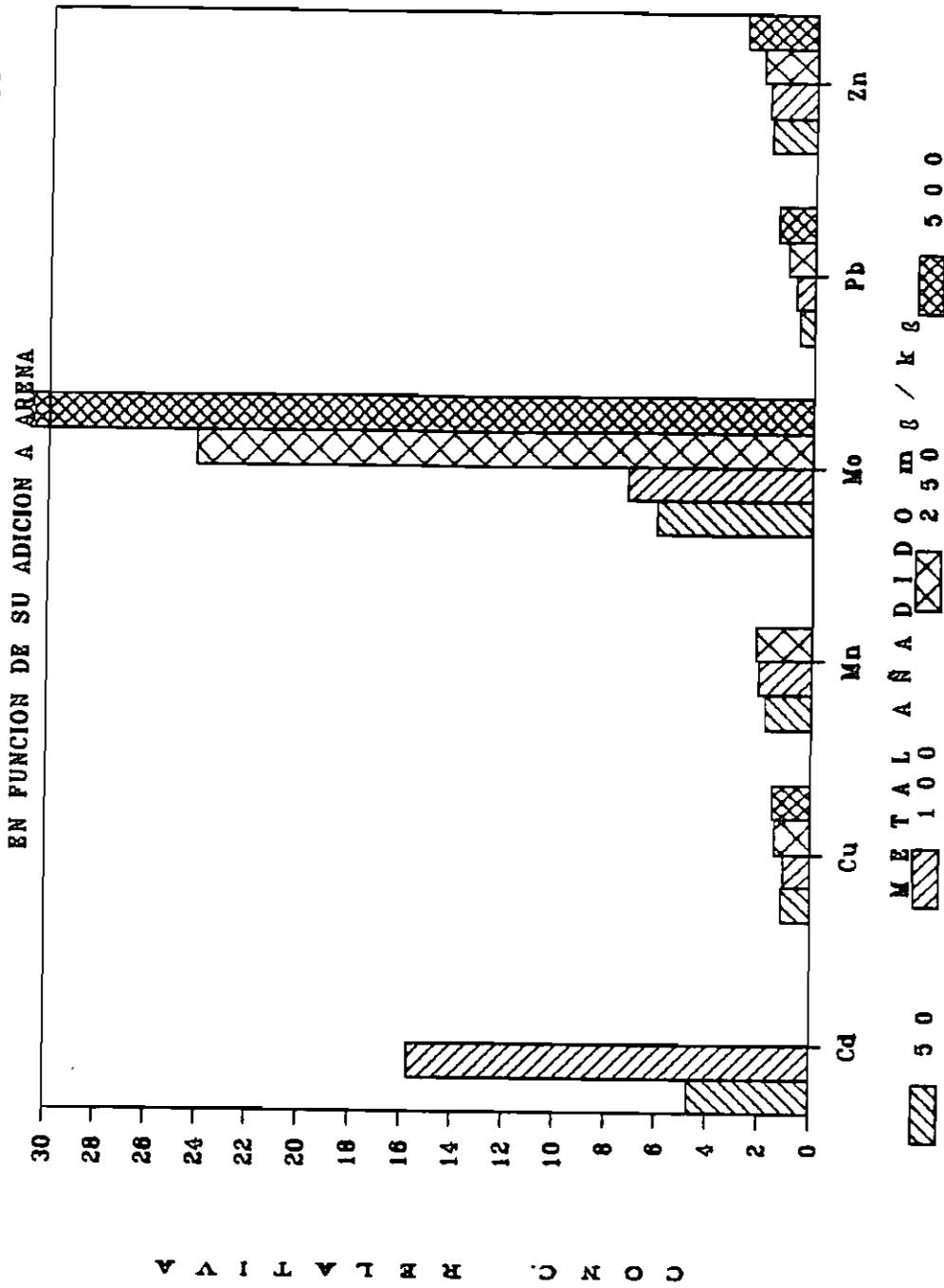


FIGURA 5.11.

CONTENIDO RELATIVO DE M EN ALFALFA  
EN FUNCION DE SU ADICION A ARENA



Los elementos que son proporcionalmente más absorbidos en exceso y translocados hacia las partes aéreas, son cadmio (16 veces en el tratamiento de 100 mg/kg) y molibdeno (34 veces en el tratamiento de 500 mg/kg). Pareciera que la mayor toxicidad demostrada por estos elementos sea una resultante de este ingreso adicional preferencial.

Esto no quiere decir que no haya absorción adicional de los otros elementos aportados, sólo que la tasa adicional de absorción es mayor para el cadmio y molibdeno. De hecho, al momento de alcanzar el respectivo LME, los órganos aéreos vegetativos aumentaron sus concentraciones de cadmio, molibdeno, cobre y manganeso en 2; 6; 1,2 y 2 veces, respectivamente, con respecto al testigo; incluso el cinc y el plomo, cuyos LME está sobre los 500 mg/kg, aumentaron sus contenidos en el tratamiento máximo, en 2,7 y 1,4 veces, respectivamente.

Es indudable la relación entre el LME de un elemento y su aumento en los tejidos vegetales; se constató que el LME de un elemento fué función inversa de la tasa de absorción adicional y translocación hacia los tejidos fotosintetizadores.

De acuerdo a los presentados en el Cuadro 5.29., no se obtuvo resultados concluyentes sobre relaciones de sinergismo o antagonismo de microelementos, en función del exceso de alguno; sin embargo, en algunos casos, se detectó aumentos o reducciones no consistentes del cobre y cinc en función del exceso de cadmio, plomo por cinc, y cobre y cinc por una absorción adicional de manganeso.

La Figura 5.12. muestra que el trigo es también sensible a la concentración de metales en la zona de arraigamiento; puesto que se trata de un sustrato inerte, se concluye que es sensible a la mayor disponibilidad de metales pesados.

Como la alfalfa, el rendimiento del trigo, medido como biomasa aérea total, es diferencialmente afectado por la concentración metálica, presentando la siguiente escala de sensibilidad:

**Mo > Cd > Pb > Zn > Cu (no se incluyó Mn),**

esencialmente distinta a la escala de sensibilidad de la alfalfa. Los LME para el trigo se presentan en el Cuadro 5.28.

Si bien el rendimiento del trigo se determinó por la biomasa aérea total, ello no significa que los distintos órganos se afecten en igual forma. Como lo muestra la Figura 5.13., se obtuvo dos modelos de afección de biomasa:

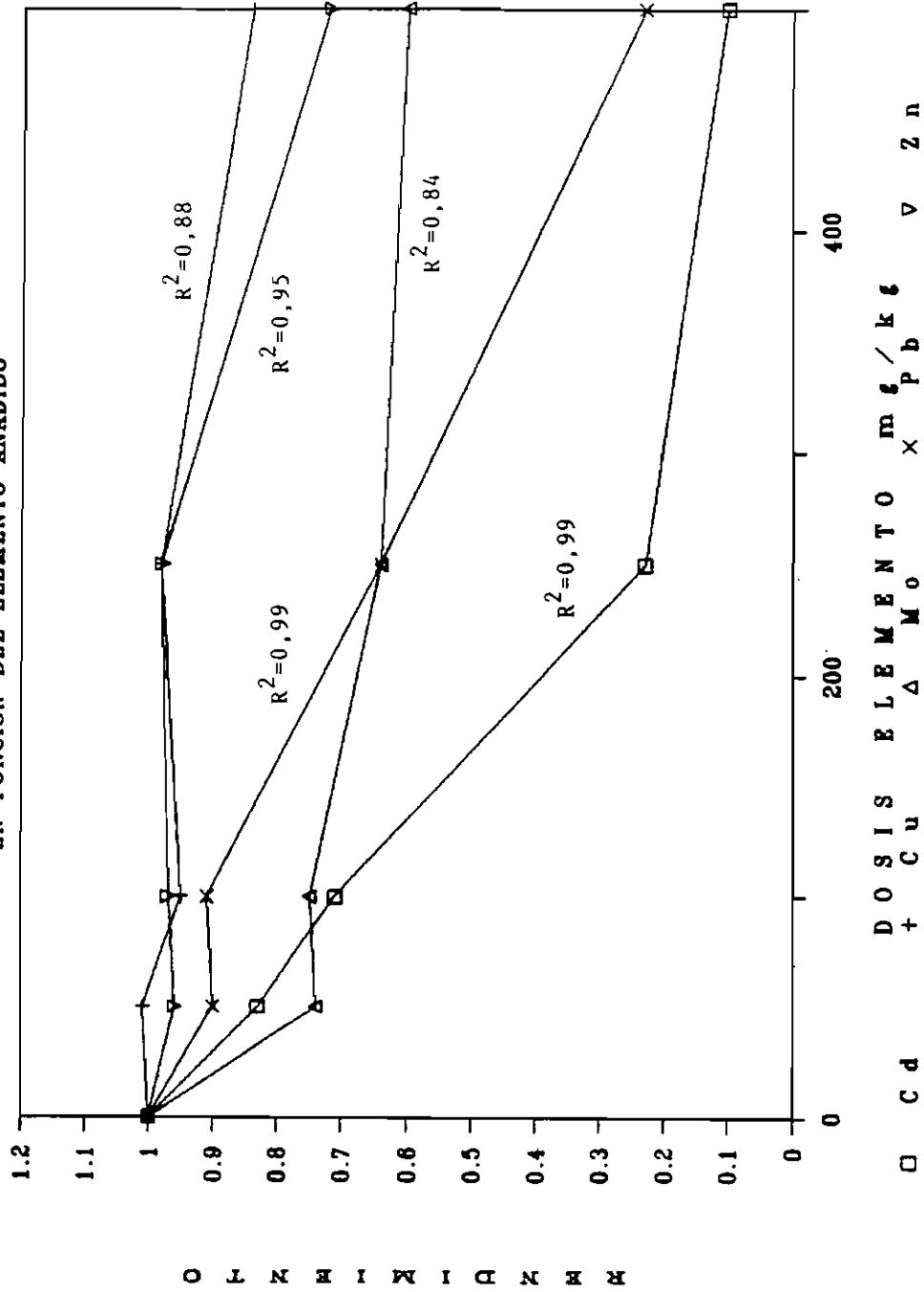
**CUADRO 5.29. CONCENTRACIONES (mg/kg ms) DE Cd, Cu, Mn, Mo, Pb y Zn EN BIOMASA AÉREA DE ALFALFA, CULTIVADA EN ARENA FORTIFICADA CON ESTOS ELEMENTOS, POR SEPARADO. Promedios de tres cortes**

Elemento	dosis <sup>1</sup>	Cu	Mn	Mo	Pb	Zn
Testigo	0	12,6	28,0	11,0	8,1	29,7
cadmio	50	8,0	26,5	132,4	8,2	19,8
	100	7,2	30,3	3,2	7,0	19,2
	250	7,8	39,2	30,0	10,4	17,0
	500	sd <sup>2</sup>	sd	sd	sd	sd
cobre	50	12,8	33,0	10,7	7,0	25,9
	100	12,2	29,1	17,7	5,8	26,5
	250	14,3	30,5	11,8	7,5	24,7
	500	17,0	58,6	28,2	9,1	23,7
manganeso	50	9,2	47,8	21,4	6,3	23,9
	100	8,5	56,6	21,6	4,7	21,4
	250	8,4	58,1	10,6	5,5	21,8
	500	9,0			4,7	22,2
molibdeno	50	10,1	32,0	66,8	6,1	26,0
	100	12,0	28,0	80,3	17,0	32,5
	250	10,6	34,2	265,6	6,5	25,9
	500	8,5	34,7	382,2	5,0	25,6
plomo	50	10,0	34,0	12,3	4,0	34,2
	100	11,5	33,5	19,1	5,0	32,2
	250	10,0	31,8	12,3	8,5	37,6
	500	12,5	32,0	9,3	11,0	34,0
cinc	50	10,5	29,5	19,1	4,5	49,9
	100	10,3	30,1	19,1	6,0	55,2
	250	9,5	29,0	14,3	4,0	56,7
	500	9,5	30,0	12,2	4,0	79,5

<sup>1</sup>mg Cd agregado por cada kg arena (base seca)

<sup>2</sup>sin dato; no hubo cosecha

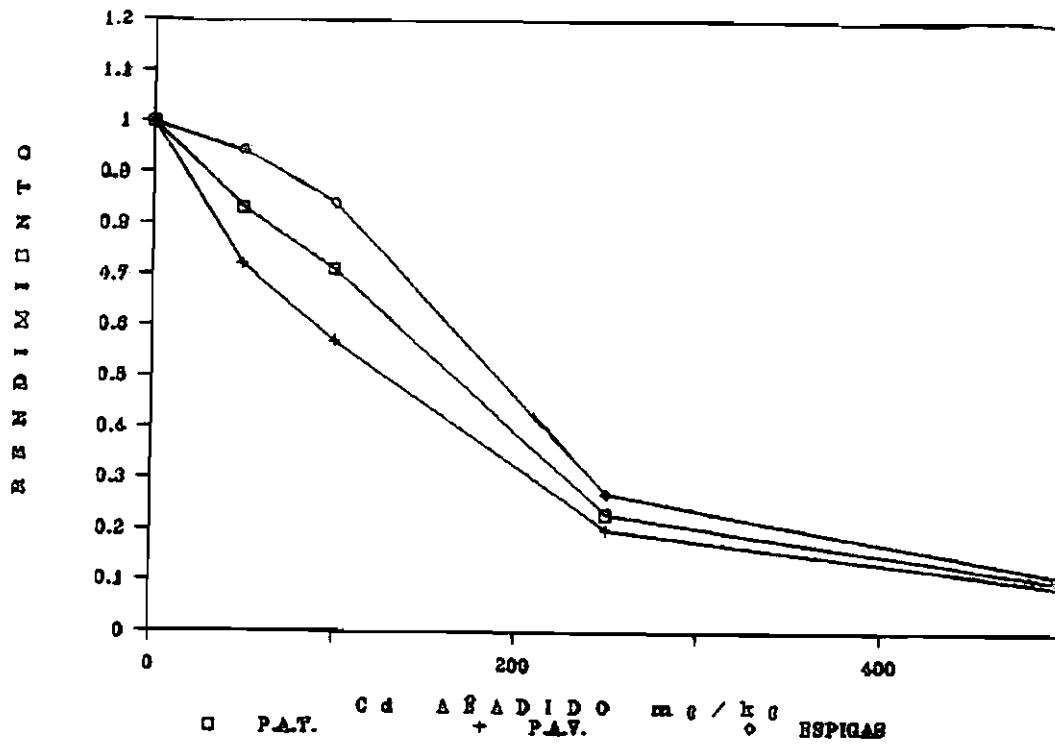
FIGURA 5.12. P. A. T. DE TRIGO EN ARENA  
EN FUNCION DEL ELEMENTO AÑADIDO



P A T O L N I M I Q N H N

D O S I S E L E M E N T O m g / k g  
+ C u    Δ    M o    ×    P b    ◇    Z n

## A: ARENA FORTIFICADA CON CADMIO



## B: ARENA FORTIFICADA CON COBRE

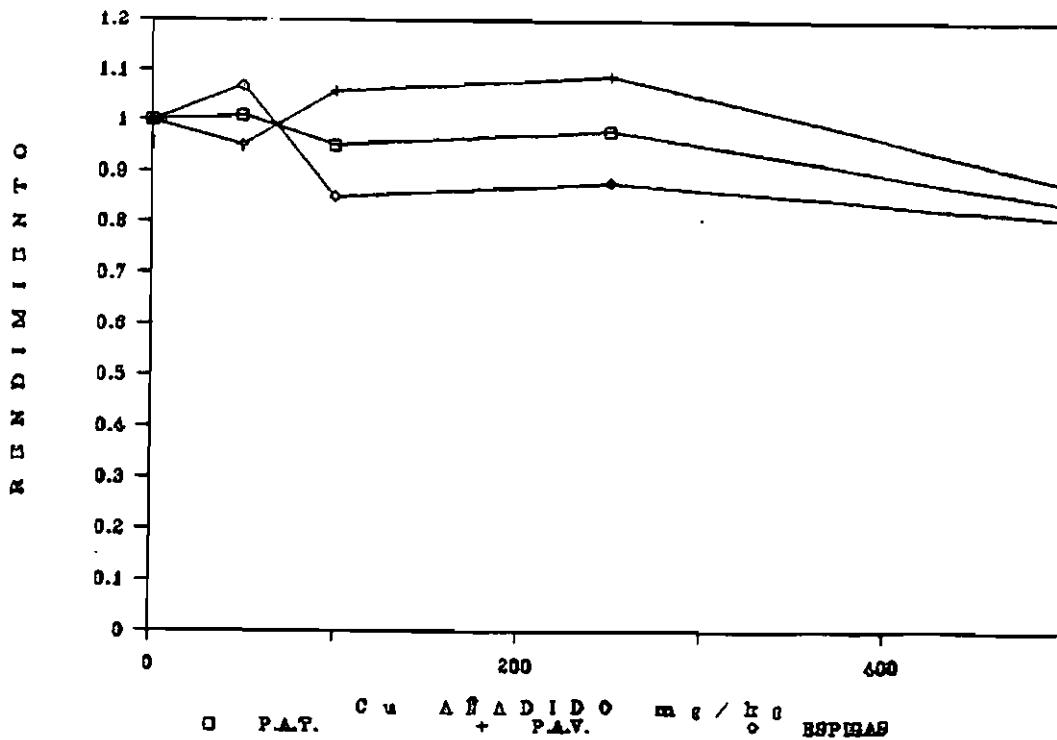


FIGURA 5.13. Producción relativa de trigo, segregada por órganos aéreos, en arenas fortificadas con cadmio (A) y cobre (B)

- uno representado por cadmio y plomo, en el cuál la formación de espigas y la biomasa vegetativa son igualmente afectadas, y
- otro representado por cobre, cinc y molibdeno, en el cuál ambos órganos son distintamente afectados; en este modelo, las espigas serán más o menos afectadas que la parte vegetativa en función inversa a la fertilidad del medio de crecimiento.

En ensayos con suelos del valle Catemu, con alto contenido de arcillas, el trigo se ve afectado por la contaminación cúprica sólo en su parte aérea vegetativa, mientras que en suelos de Puchuncavi, predominantemente arenosos, se dá el resultado exactamente opuesto (CHILE-INIA, 1986).

Si se trata de arena (o suelos arenosos), se esperará una mayor afección de las espigas por exceso de metales; en suelos bien provistos de nutrientes disponibles, los tejidos vegetativos tenderán a verse más afectados que las espigas. Al igual que la alfalfa, el trigo también demostró una recuperación en el tiempo, lo que se tradujo, en este caso, en una cosecha casi normal pero tardía.

Es indudable, como muestra la **Figura 5.14.**, que la mayor disponibilidad de nutrientes se traduce, necesariamente, en una absorción adicional de estos elementos por el trigo aunque no necesariamente la magnitud de ésta ni la translocación interna sean similares en todos los casos.

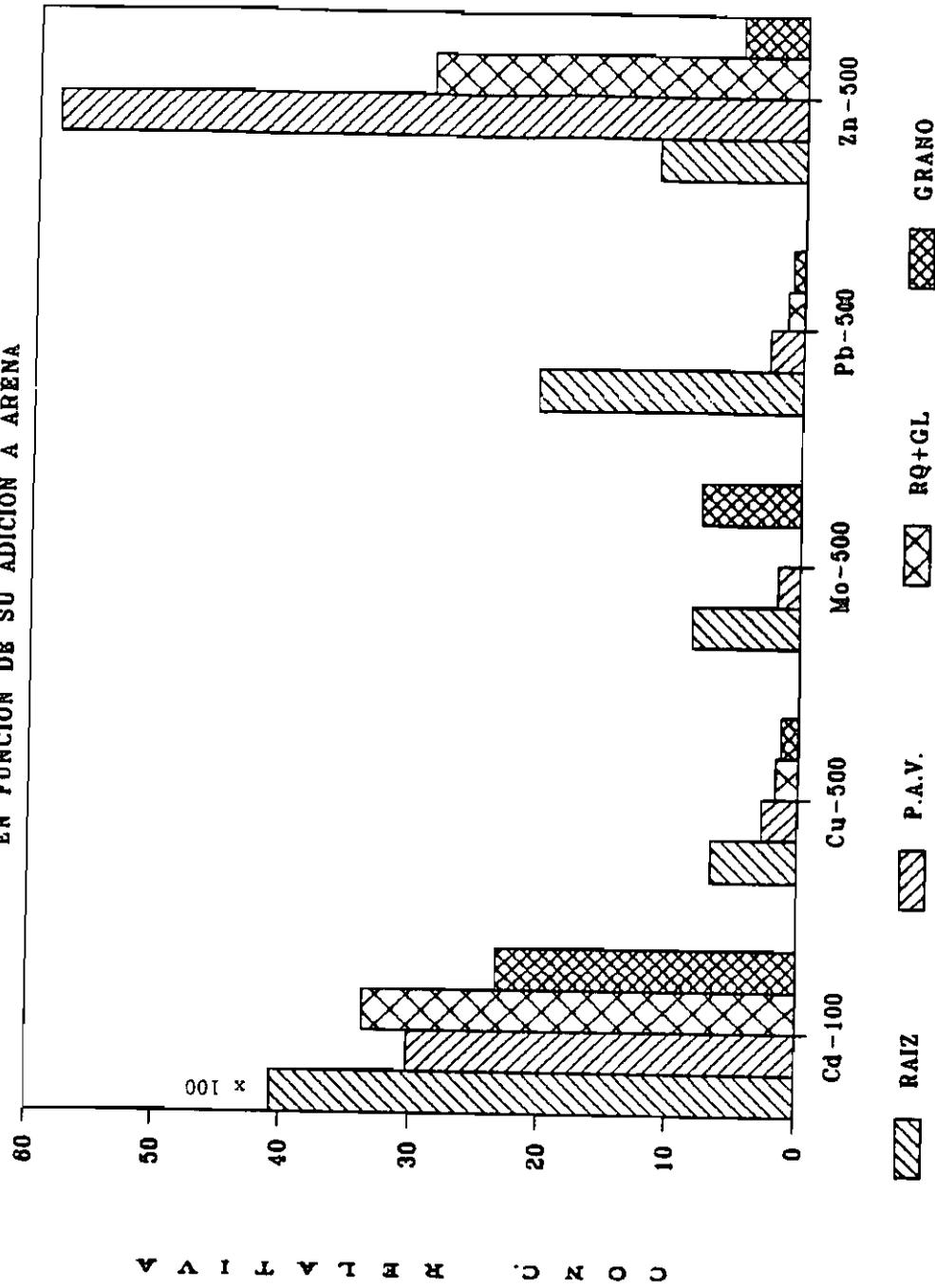
Al ser absorbidos adicionalmente, algunos elementos tenderán a mantenerse en las raíces, con una translocación mínima a los órganos aéreos, la que ocurre preferencialmente a los tejidos vegetativos: es el caso del cadmio, cobre y plomo, y probablemente del molibdeno. Por el contrario, con el cinc, la mayor absorción tenderá a manifestarse en los órganos aéreos, con un gran incremento en los tejidos vegetativos.

Por su importancia como alimento humano, se determinó la composición elemental de los granos, en función de la mayor disponibilidad de los elementos. La **Figura 5.15.** indica que el mayor incremento de los granos ocurrió con el cadmio, elemento muy tóxico, luego el cinc, cobre y finalmente, no se encontró alteración en el contenido basal de plomo.

Según el **Cuadro 5.30.**, habría algunas relaciones de sinergismo o antagonismo que tenderían a confirmar lo insinuado por la alfalfa. Así, la adición de cadmio parece confirmar un efecto antagónico con cobre, al

FIGURA 5.14.

METALES (R) EN ORGANOS DE TRIGO  
 EN FUNCION DE SU ADICION A ARENA



**FIGURA 5.15. METALES EN GRANOS DE TRIGO EN FUNCION DE SU ADICION A ARENA**



**CUADRO 3.30. CONCENTRACIONES (mg/kg ms) DE Cd, Cu, Mn, Mo, Pb Y Zn EN GRANOS DE TRIGO, PRODUCIDOS EN ARENA FORTIFICADA CON ESTOS ELEMENTOS, POR SEPARADO. Promedio de tres repeticiones**

Elemento	dosis	Cd	Cu	Mn	Pb	Zn
Testigo	0	1,6	7,7	12,3	11,3	27,3
cadmio	50	34,7	3,3	12,2	10,3	19,4
	100	17,1	3,0	12,1	11,1	16,7
	250	23,4	2,0	6,6	7,9	19,6
	500	48,3	3,8	10,0	7,5	33,2
cobre	50	1,6	8,9	17,9	11,9	25,9
	100	1,4	10,9	12,8	11,9	27,9
	250	1,4	10,9	26,9	10,9	21,0
	500	1,9	10,2	27,3	11,4	17,7
molibdeno	50	1,5				
	100	1,2				
	250	0,7				
	500	0,3				
plomo	50	1,3	8,0	37,0	9,0	26,6
	100	2,1	8,0	14,0	10,0	24,1
	250	1,1	8,0	18,9	10,0	31,5
	500	1,1	8,0	20,4	8,5	29,1
cinc	50	1,6	7,5	11,0	8,0	85,3
	100	1,4	8,0	10,7	10,0	94,5
	250	1,7	7,3	15,5	7,3	115,9
	500	0,3	6,9	12,8	6,9	134,7

igual que el de cobre con respecto al cinc. Habría un efecto sinérgico del cobre en relación al manganeso. Las restantes alteraciones no manifestaron efecto alguno ni tendencias definidas.

La Figura 5.16. presenta el crecimiento del raquis del frejól, en relación al aporte metálico en arena. No es fácil usar esta especie, como indicador biológico, por las dificultades en establecer un criterio de rendimiento de esta especie.

Por una parte, la formación de vainas se mostró muy aleatoria, bajo las condiciones del ensayo; por otra, la evaluación mediante la parte aérea total (raquis, hojas y vainas) no es tampoco aconsejable, dada la tendencia a la abscisión temprana de sus hojas, normalmente no asociada a la contaminación, excepto para el plomo.

Esta especie fue especialmente sensible al exceso de metales pesados, más que la alfalfa y el trigo, manifestando adicionalmente una serie de síntomas externos no mostrados por las otras especies, que la hacen muy interesante como indicador biológico cualitativo de la contaminación metálica.

La escala de sensibilidad relativa decreciente (o tolerancia creciente) determinada fue para el frejól fué:

$Pb > Cd > Mo > Zn > Cu$  (Mn no incluido),

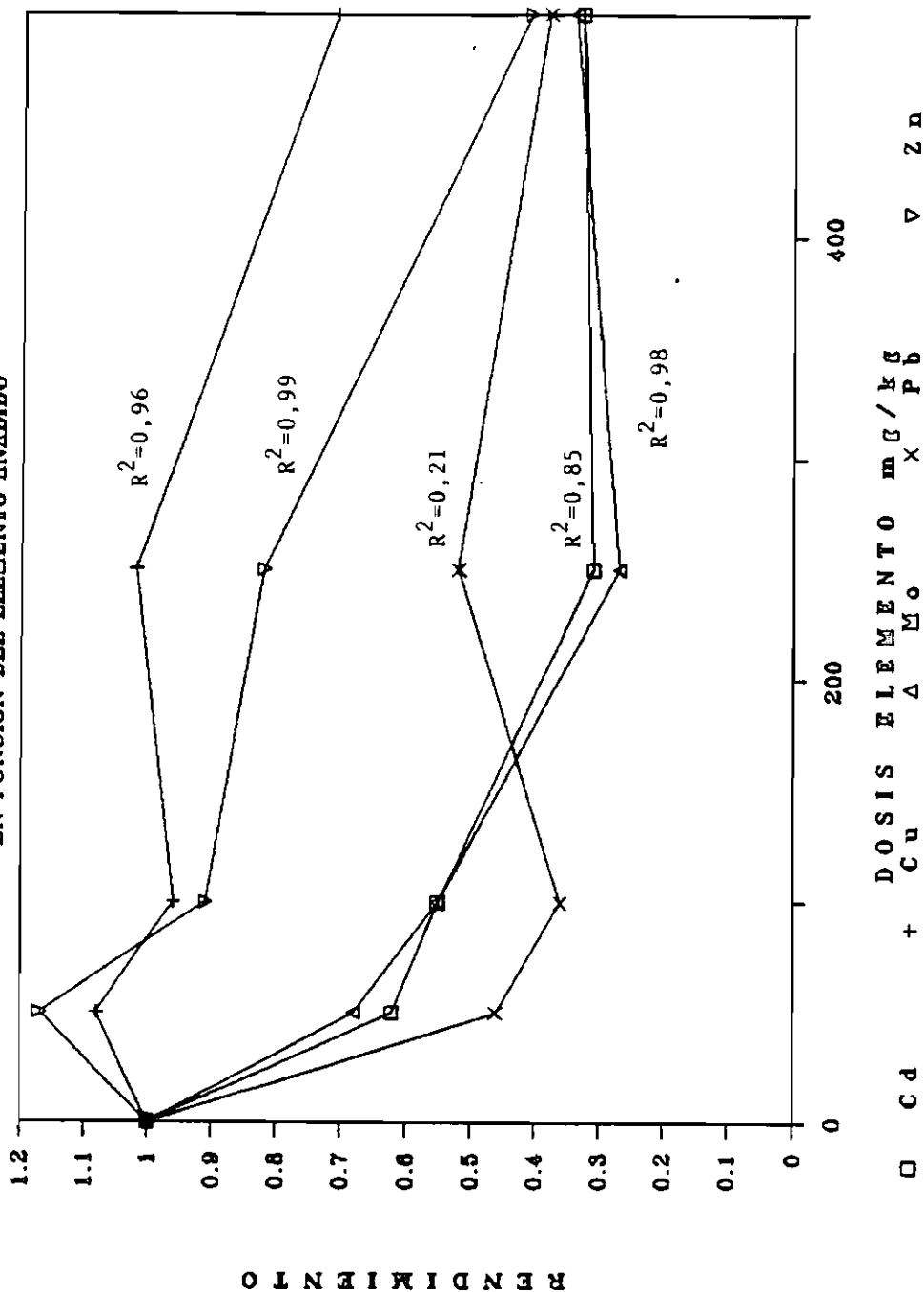
la que se ve representada por los respectivas LME, que se encuentran en el Cuadro 5.28.

La remolacha azucarera, cuyo rendimiento fue expresado como biomasa total, mostró las curvas que se presentan en la Figura 5.17. Esta especie demostró escasa utilidad como indicador biológico, debido a un crecimiento aleatorio de sus diferentes órganos y tejidos y a una baja sensibilidad frente a metales pesados. Se debió eliminar el tratamiento testigo por su crecimiento irregular; se consideró como tal el de 50 mg.

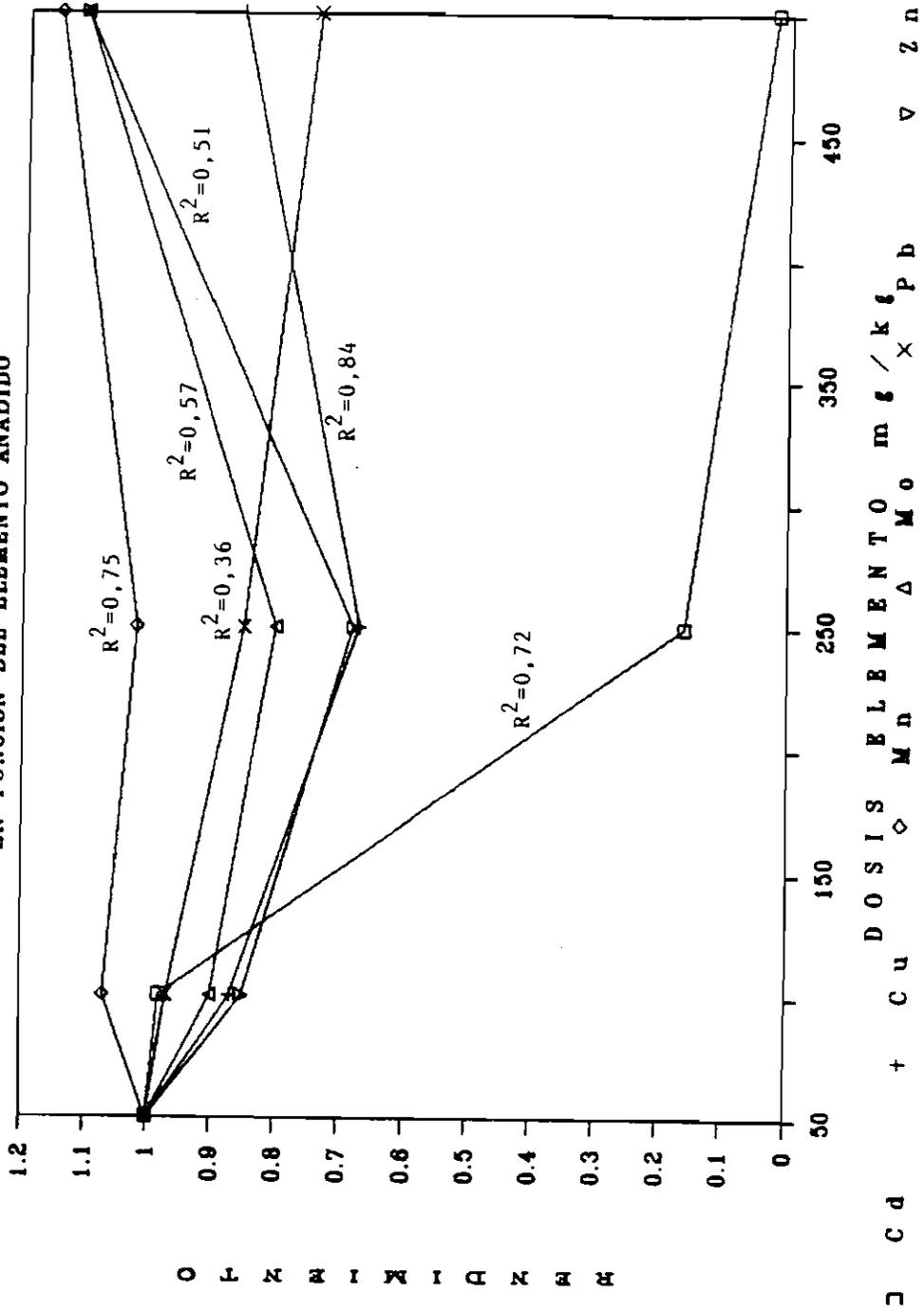
Analizando los valores de LME calculados para este ensayo (Cuadro 5.28.), se detectó una gran sensibilidad al cadmio y una pobre respuesta a los restantes elementos empleados en el ensayo.

Los LME calculados fueron excesivamente altos, si se considera que se trabajó con arenas fortificadas. Como se verá más adelante (Cuadro 5.34.), un ensayo de alfalfa en arena fortificada con cobre y cadmio, separadamente, con y sin adición de una fuente orgánica, dió un LME no

FIGURA 5.16. RAQUIS DE FREJOL EN ARENA  
EN FUNCION DEL ELEMENTO AÑADIDO.



**FIGURA 5.17. BIOMASA TOTAL DE REMOLACHA EN ARENA EN FUNCION DEL ELEMENTO AÑADIDO**



O F Z N I X I Q Z M H

3 C d + C u D O S I S E L E M E N T O m g / k g X P b Z n

interferido de cobre inferior al del presente ensayo (30 vs 297 mg Cu/kg).

Es evidente, entonces, que en el presente ensayo, los metales agregados fueron inactivados en alguna medida por la arena, lo que justifica los altos LME obtenidos. A pesar que la arena fué lavada con HCl diluido, antes de establecer el ensayo para eliminar sales u otras fuentes de retención catiónica, este pretratamiento no fue suficiente.

También, cabe la posibilidad que la granulometría de las arenas haya sido excesivamente fina, poseyendo una cierta CIC. Hay antecedentes de la presencia de zeolitas en rocas de la Cuesta El Manzano, lo que otorga una cierta CIC a la fracción arena de suelos del valle del Mapocho; aunque la arena usada provino del río Maipo, esta razón podría tenerse en cuenta (Barticevic *et al*, 1976). Estos factores deberán ser mejor controlados, en próximas oportunidades.

#### 5.4. Variación de los LME absolutos en función del suelo

##### 5.4.1. Límites máximos de cobre

La **Figura 5.18.** muestra las curvas de producción total de alfalfa, acumulando los cortes 2° a 9°, en suelos fortificados de forma de establecer una gradiente de concentración cúprica. Una caracterización general de éstos ha sido incluida en el **Cuadro 5.31.**

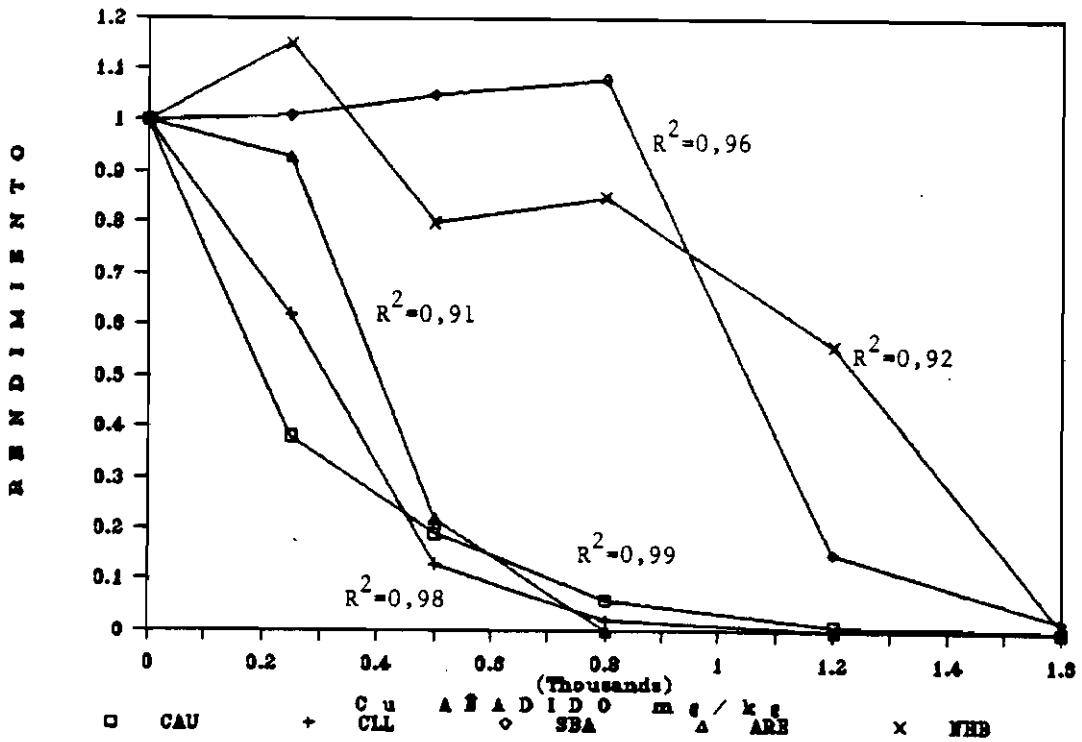
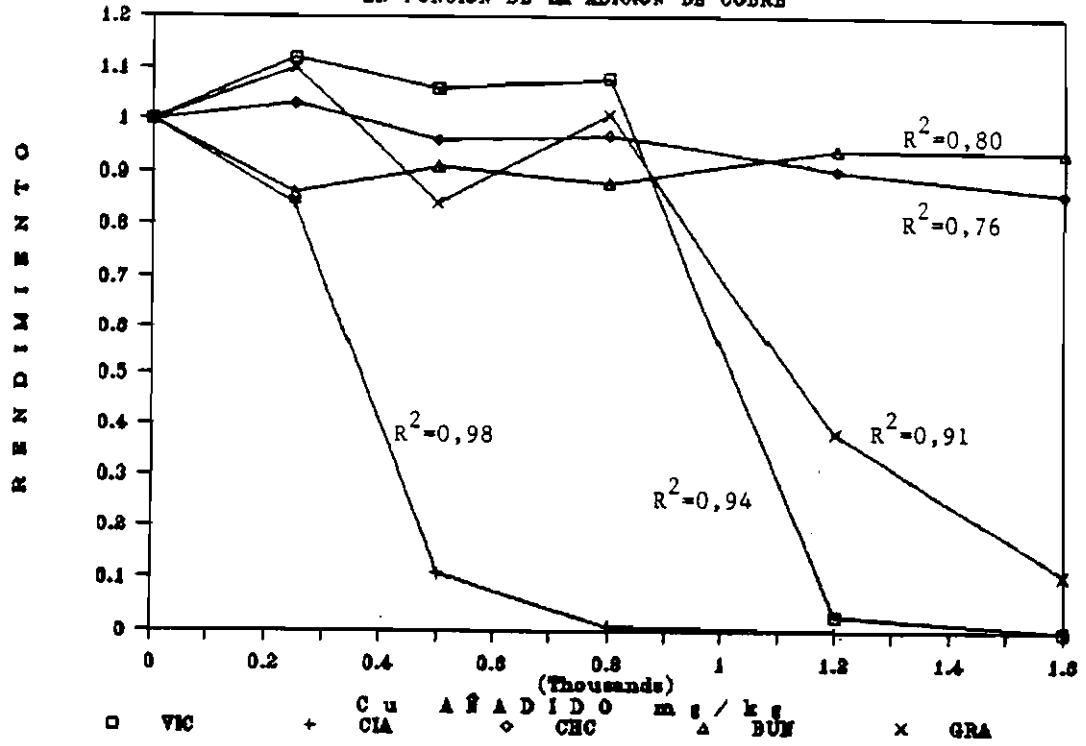
La alfalfa no sólo respondió negativamente al aporte de cobre sino que se afectó diferentemente en función del tipo de suelo. Ello quiere decir que áreas agrícolas que reciban aportes exógenos del elemento, vía aguas o aire, podrían ver afectados sus potenciales de producción, en relación al tipo de suelo que en ellas domine.

Las curvas de respuesta de la alfalfa se agrupan en tres modelos, a saber:

- **curvas asintóticas**, sin respuesta al cobre en el rango de trabajo, representadas por los suelos **Chicureo** (Vertisol) y **Buin** (Inceptisol, aluvial),
- **curvas sigmoideas**, con una caída de rendimiento que se inicia aceleradamente en un punto medio del rango de trabajo, representadas

FIGURA 5.18.

BIOMASA AEREA DE ALFALFA EN SUELOS,  
EN FUNCION DE LA ADICION DE COBRE



CUADRO 5-31 - CARACTERIZACION GENERAL DE LOS SUELOS EMPLEADOS EN ENSAYOS

SUELOS diabolo	REGION, zona agro- ecológica	Materia generador	Clasificación <sup>1</sup>	Textura	Arcillos decimotos	pH	R.D.
VICUA <sup>2</sup> VIC	IV Región, Valle del río Elqui	sedimentos aluviales	(colleno antrópico)	Franco arenoso	Minerales 2:1	7.9	1.1
BUN <sup>3</sup> BUN	Región Metropolitana Valle del río Maipo	sedimentos aluviales	Sandy loam, mixed, thermic Fluventic Xerochrept	Franco limoso	Minerales 2:1 y 2:2	7.1	0.3
BRAMEROS BRA	VI Región, Valle del río Cachapoal	sedimentos aluviales		Franco arcilloso	Minerales 2:1 y 2:2	7.5	2.2
LA COMPANIA <sup>2</sup> CIA	V Región, Area de lomas costeras	arenas de origen marino	Sandy mixed thermic Typic Torripsament	Arena	sin fracción < 2 micrones	7.3	0.5
AREMALES <sup>4</sup> ARE	VII Región, Terrazos bajos del río Laja	arenas volcánicas	Melic dyablic Xeropsament	Arenoso	fracción < 2 no significativa	6.9	1.8
CHICUREO <sup>3</sup> CMC	Región Metropolitana, Valle del río Mapocho	sedimentos lacustrinos	Fine montmorillonitic thermic Palaeoholic kerollic chromosol	Arcilloso	montmorillonita (2:1 expandible)	7.8	1.8
SANTA BARBARA <sup>4</sup> SBA	VIII Región, áreas interiores entre las Regiones VII y X	cenizas volcánicas recientes	Ashy, medial, mesic Typic Dystrandept	Franco limoso	alófana	6.1	14.5
CABUENES CAU	VII Región, secano costero	granito "in-situ"		Arcilloso caolinita		5.4	1.1
COLLIPULLI <sup>4</sup> CLL	VIII Región, lomas interiores desde VIII a X Región	cenizas volcánicas antiguas	Fino, mesic keric Palousult	Arcilloso metahalobita		5.8	2.8
MAHUELUTA MNS	IX Región, Cordillera de Nahuelbuta	rocas metamórficas		Franco	intergrado, clorita, illita	5.3	13.0

<sup>1</sup>De acuerdo al Soil Taxonomy

<sup>2</sup>Tomado de CHILE-ENR (1987)

<sup>3</sup>Tomado de CHILE-ENR (1979)

<sup>4</sup>Tomado de CHILE-INIA (1985)

por los suelos **Graneros** y **Vicuña** (Inceptisoles, aluviales), **Santa Bárbara** (Andept) y **Nahuelbuta** (derivado de rocas metamórficas), y

- **curvas de caída permanente de rendimiento**, representadas por los suelos **Cauquenes** (Alfisol, probablemente), **Collipulli** (Ultisol), **Arenales** y **La Compañía** (Entisoles),

permitiendo calcular los LME que se incluyen en el **Cuadro 5.32**.

Se sabe que la retención de cobre, factor contrario a su disponibilidad para las plantas, tiene relación directa con la CIC del suelo, el contenido de materia orgánica y el pH; por ello, factores como cantidad e identidad de la fracción arcilla, así como el PSB, son condicionantes de la fuerza de la asociación cobre-complejo de cambio (Cavallaro, 1978; Emmerich et al, 1982; Kopelman y Dillard, 1977; Miller y McFee, 1983; Petruzelli et al, 1978).

La toxicidad del cobre se minimizó (altos LME para cobre) en la medida que los suelos fueron más arcillosos, siempre que los minerales de arcilla fueran predominantemente del tipo 2:1 y preferentemente esmectíticos, que tuvieran abundante materia orgánica y un pH neutro a moderadamente alcalino, con abundante calcio.

El factor materia orgánica es mencionado frecuentemente como el más importante en la retención de este elemento por los suelos (Bloomfield y Sanders, 1977, Bloomfield et al, 1976); sin precisar si esta aseveración es estrictamente cierta, se puede afirmar que, en todo caso, es uno de los más relevantes. Baste observar que suelos ácidos, como el Santa Bárbara y Nahuelbuta, pero con altos contenidos orgánicos, logran tamponar la toxicidad del cobre.

Por el contrario, los máximos índices de toxicidad de cobre para alfalfa fueron obtenidos en suelos predominantemente kandíticos u óxicos, no importando lo abundante de la fracción arcilla, con bajos contenidos de materia orgánica y/o pH en el rango ácido.

Algunos LME fueron menores, incluso, al de cobre en arena, que se suponía debía ser el menor de todos. No cabe duda que, por algún factor experimental, esta arena no constituyó un medio completamente inerte. En todo caso, ninguno de los LME calculados en este ensayo fue menor que el LME de cobre para la alfalfa en arena, perteneciente al ensayo con humus (**Cuadro 5.34.**), que podría ser el LME absoluto de cobre para alfalfa.

**CUADRO 9.32. LIMITE MAXIMO O NIVEL CRITICO DE EXCESO DE COBRE (en mg/kg ss) PARA ALFALFA, EN ARENA Y DIFERENTES SUELOS DE CHILE<sup>1</sup>**

SUELO	SIMBOLO	LME
ARENA DE RIO		32-297
BUIN (RM)	BUN	>1.600
CHICUREO (RM)	CHC	1.253
SANTA BARBARA (VIII R)	SBA	860
VICUÑA (IV R)	VIC	821
NAHUEL BUTA (IX R)	NHB	816
GRANEROS (VI R)	GRA	785
ARENALES (VIII R)	ARE	115
COLLIPULLI (VIII R)	CLL	58
LA COMPAÑIA (IV R)	CIA	41
CAUQUENES (VII R)	CAU	32

<sup>1</sup>El valor calculado corresponde a lo agregado experimentalmente; por tanto, para obtener el valor real de cobre en el suelo, debe adicionarse el contenido original; en el caso del suelo Graneros, el LME real es de 1025 mg Cu/kg

Se incluye la **Figura 5.19.** para demostrar que también hubo recuperación de la alfalfa en el tiempo, la que alcanza su máxima magnitud entre el 7º y 9º corte. Por ello, el rendimiento se evaluó como la producción acumulada entre los cortes 2º y 9º.

Es indudable que la fitotoxicidad del cobre, y de cualquier elemento en el suelo, es una resultante directa de su disponibilidad e inversa de su fuerza de retención por el suelo. Por ello, se efectuó un fraccionamiento del cobre nativo de los suelos usados<sup>1</sup> y también del agregado, todo lo cual se ha resumido en las **Figuras 5.20.** y **5.21.**

La distribución del cobre agregado permite explicarse el porqué de los LME tan distintos. Mientras suelos con altos LME, como Chicureo, Buin y Graneros, muestran que más del 50% del cobre agregado entró a formar un complejo organo-metálico, al parecer de gran estabilidad, en los con bajos LME, como el Cauquenes, Collipulli y Arenales, el cobre se mantuvo disponible para las plantas, al ubicarse predominantemente en posición de intercambio catiónico.

Desde el punto de vista de la nutrición mineral de las plantas sometidas a "stress cúprico" obligatorio, se comprobó, como lo indica la **Figura 5.22.**, que no son completamente selectivas y que absorbieron más cobre en la medida que hubo más disponibilidad de éste. Además, se comprobó que esta absorción adicional de cobre se translocó, en gran medida, a la parte aérea de las plantas y fué más abundante en suelos con LME más bajos.

En todo caso, como indica la **Figura 5.23.**, esta absorción adicional está relacionada o condiciona el rendimiento de la alfalfa ya que ambos parámetros son, en alguna medida, interdependientes, pudiendo calcularse una concentración 1,4-1,5 veces sobre la normal, al momento del rendimiento 90%, o sea del LME. Cabe hacer notar que el valor  $R^2 = 0,37$  se debe a la gran variabilidad mostrada por los contenidos de cobre en el tejido vegetal analizado, no sólo en un corte sino que entre cortes.

No se detectó claras relaciones de sinergismo o antagonismo con la absorción de cobre, aumentada hacia rendimientos deficitarios, y la de otros nutrientes y elementos neutros, como cinc, manganeso y plomo; ésto quedó refrendado en la **Figura 5.24.**

---

<sup>1</sup>Probablemente, el concepto no se aplique totalmente al suelo Graneros, que presenta un alto contenido inicial de cobre

FIGURA 5.18. ALFALFA: RECUPERACION EN EL TIEMPO

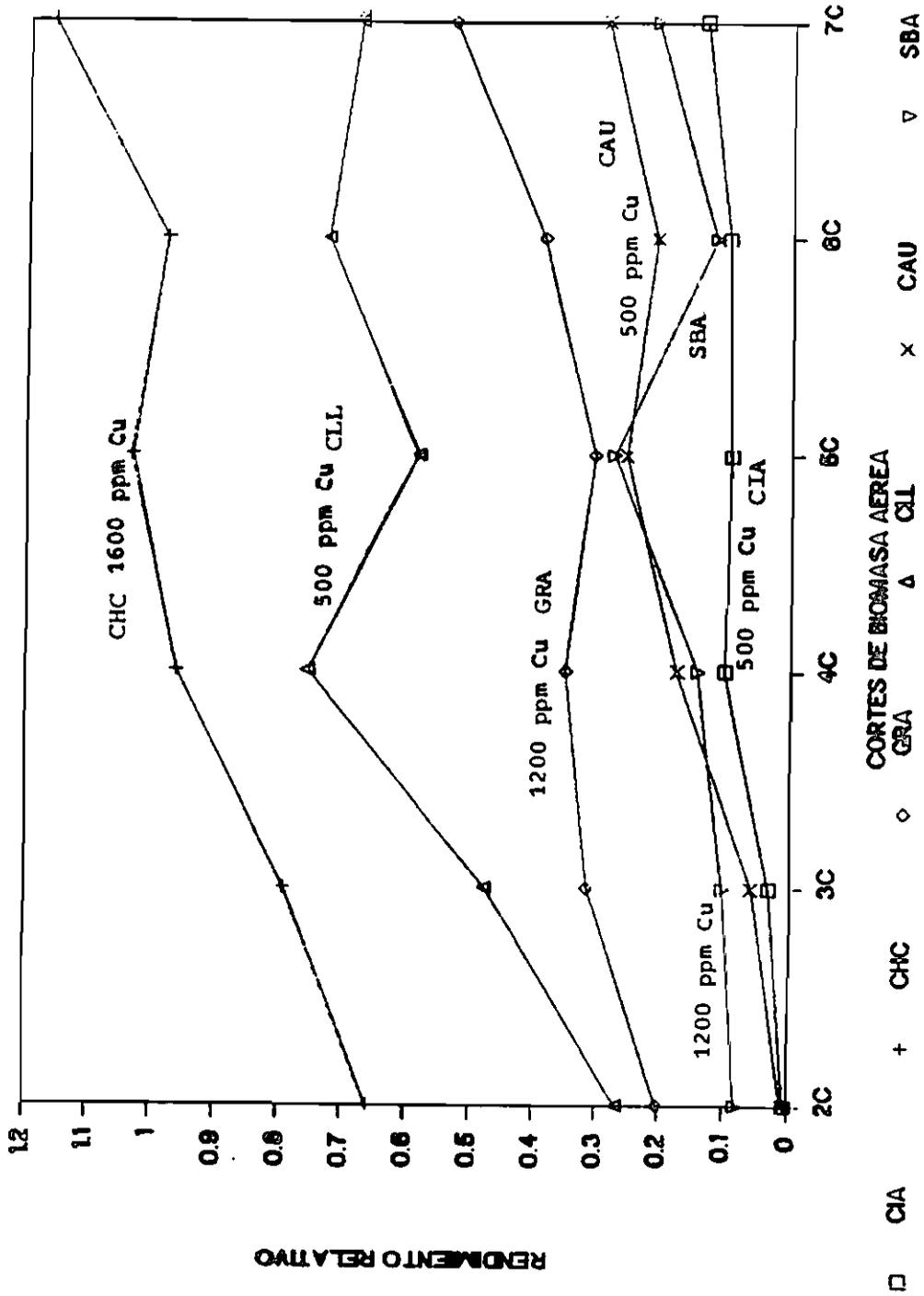


FIGURA 5.20. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE COBRE NATIVO  
SUELOS CHILENOS USADOS EN ENSAYO

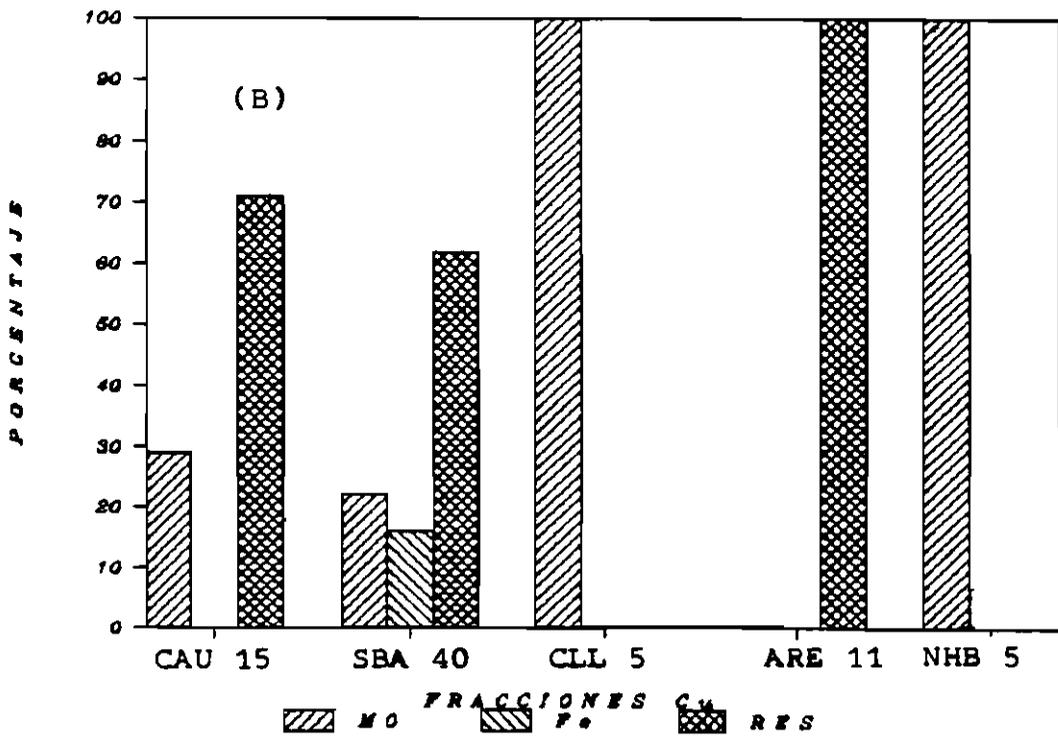
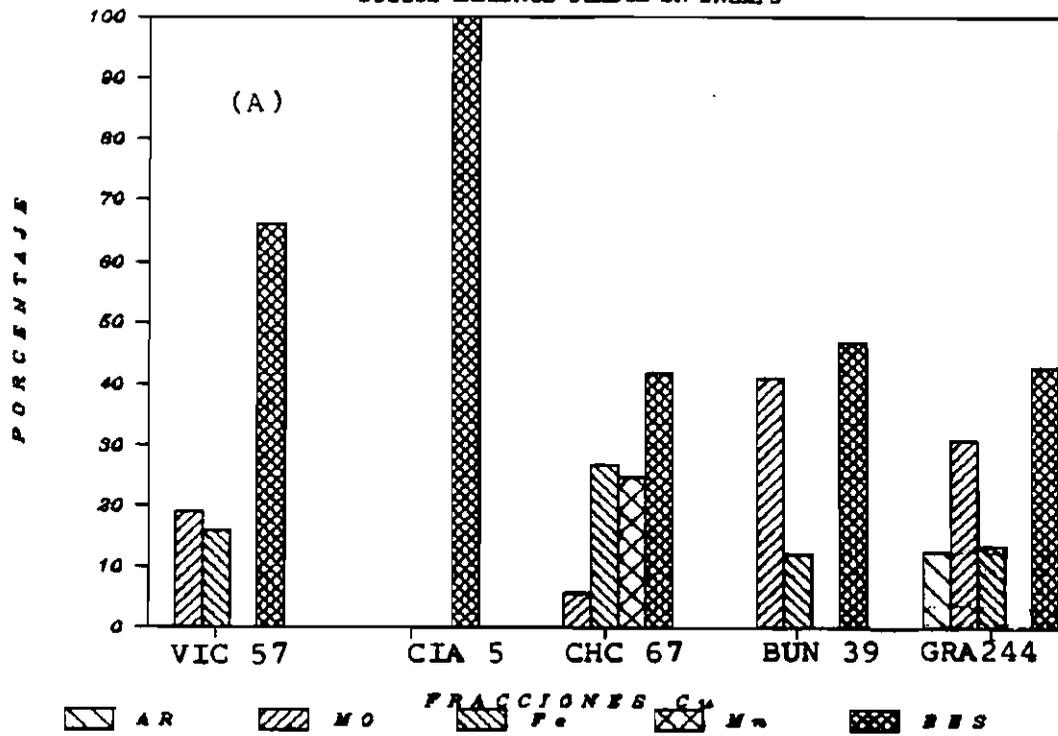


FIGURA 5.21. DISTRIBUCION DEL COBRE AÑADIDO

ADICION DE 500 mg/kg A SUELOS

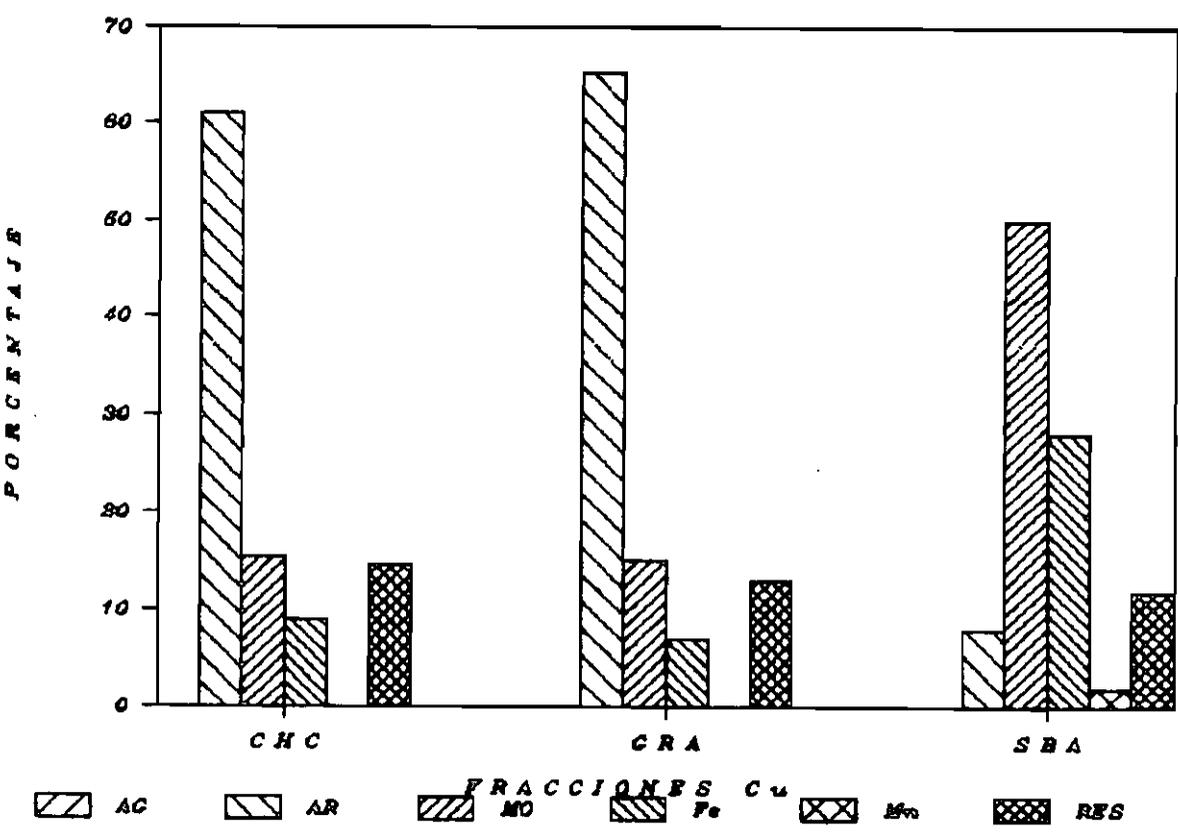
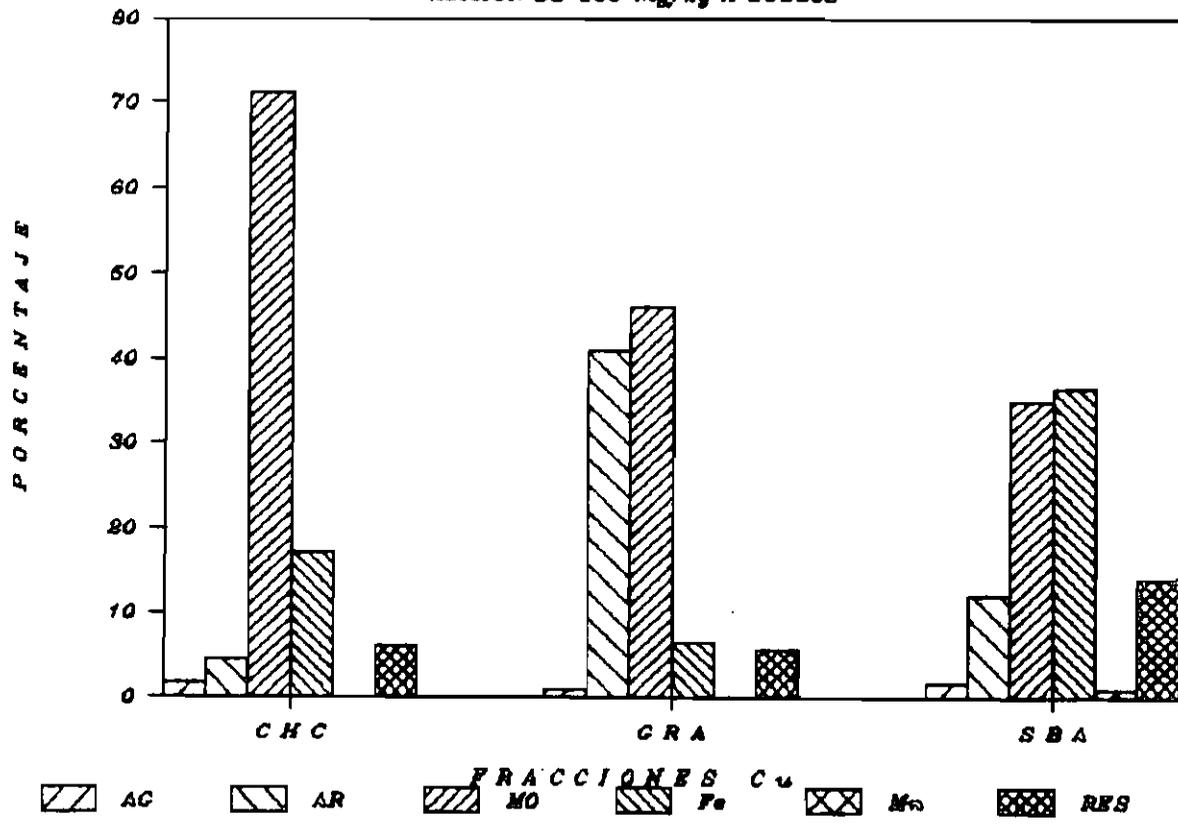


FIGURA 5.22. CONTENIDO (R) DE COBRE EN P.A. ALFALFA EN FUNCION DE SU ADICION A SUELOS

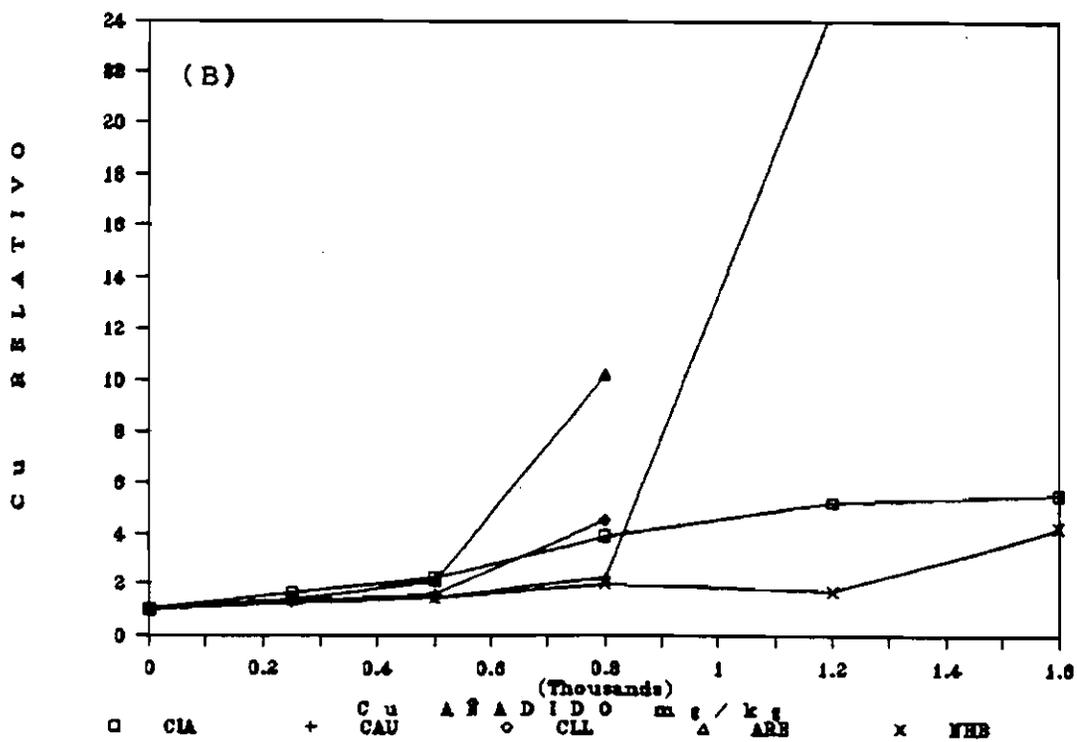
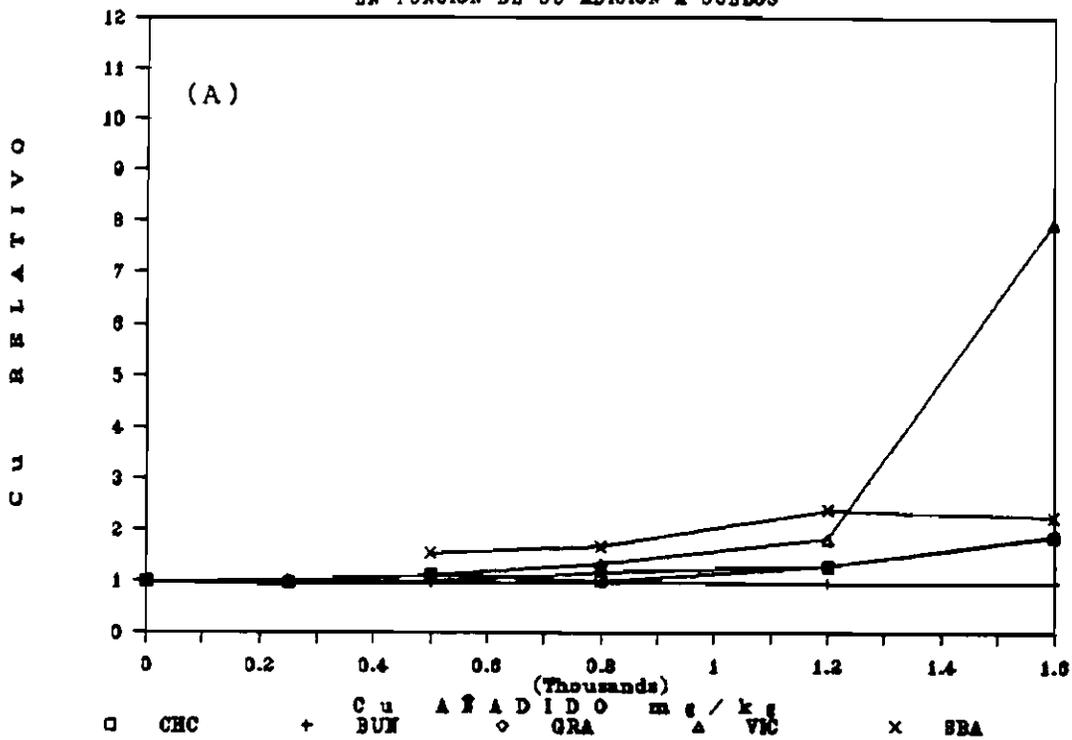
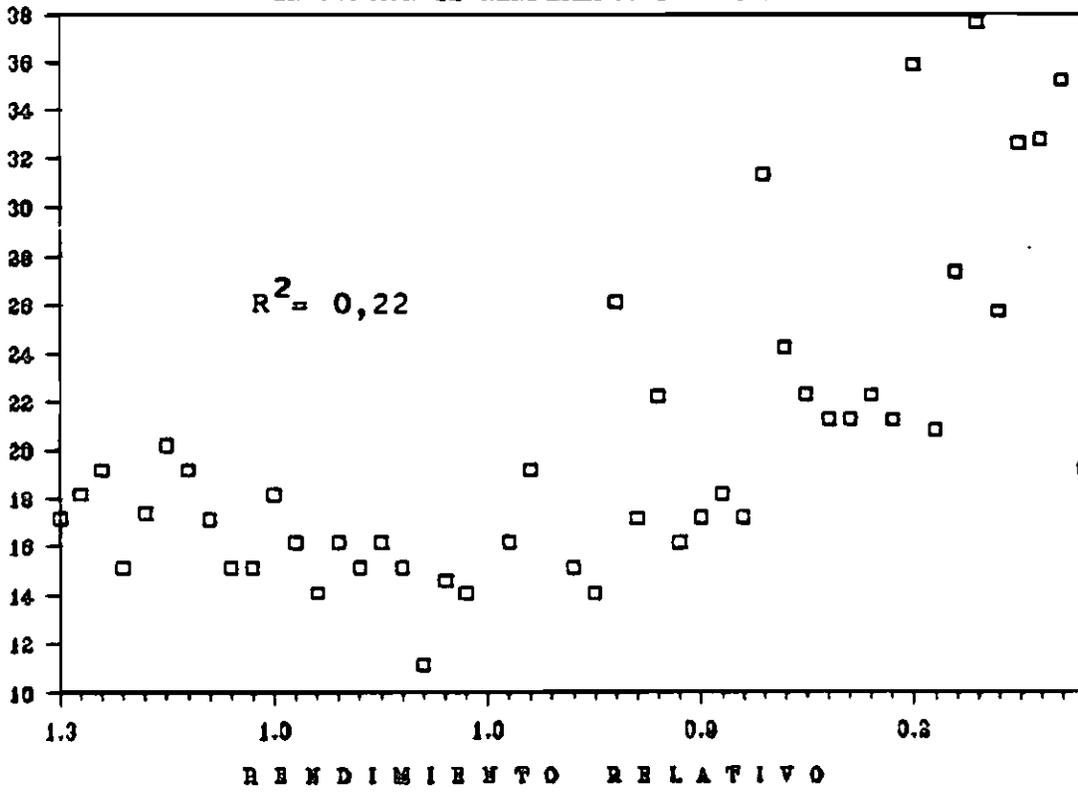
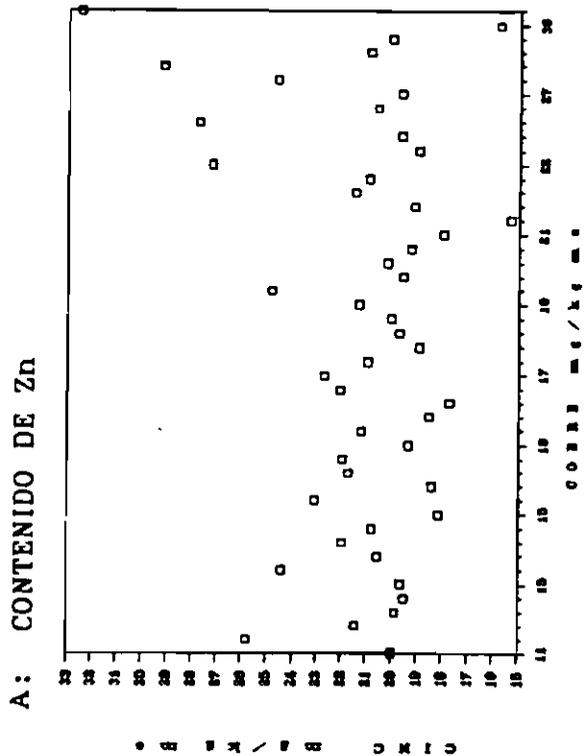
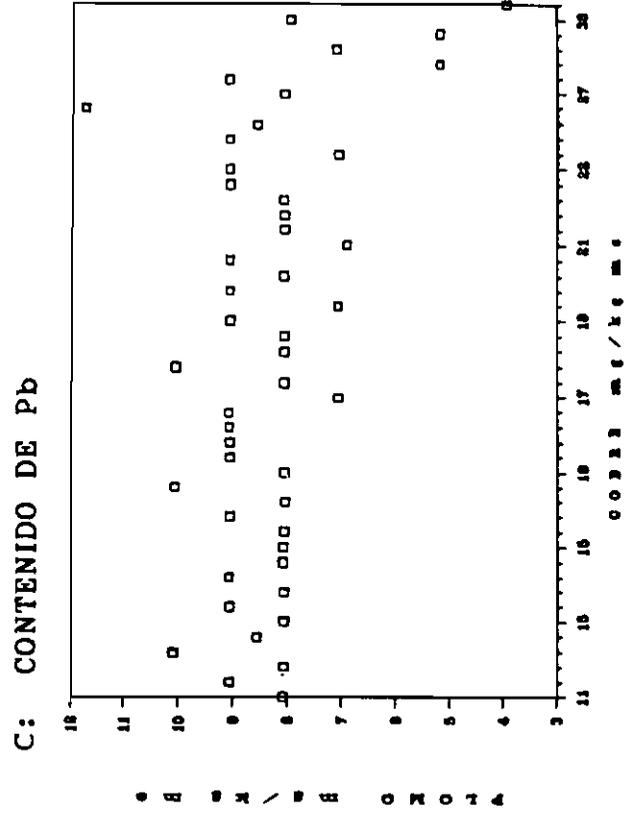
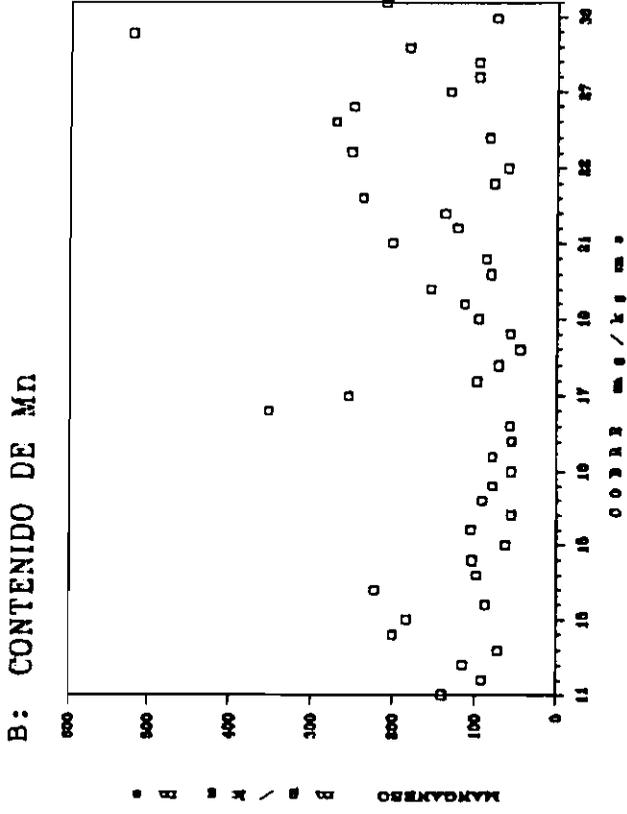


FIGURA 5.23.

CONTENIDO DE Cu EN ALFALFA-P.A.  
EN FUNCION DE RENDIMIENTO EN SUELOS





**FIGURA 5.24.** Absorción de Zn, Mn y Pb, en función de la absorción adicional de Cu por alfalfa en suelos contaminados con Cu

#### 5.4.2. Límites máximos de cadmio

Se estableció un ensayo paralelo de fortificación de suelos con cadmio. Los resultados para alfalfa, trigo, frejól y remolacha se presentan en las Figuras 5.25., 5.26., 5.27. y 5.28.

Los resultados, en general, son concordantes con los del ensayo con cobre, ya presentados, en el sentido que se mantiene la relación de sensibilidad entre especies, a saber:

frejól > trigo > alfalfa > remolacha.

Asimismo, las respuestas de las cuatro especies indican que el cadmio es crecientemente inactivado en el sentido:

CHC > GRA > SBA > ARE > CAU = CLL.

Como se comprobó en el ensayo con arenas fortificadas, la toxicidad del cadmio se demostró pronunciadamente mayor que la del cobre, lo que quedó comprobado a través del cálculo de los respectivos LME, que se incluyen en el Cuadro 5.33.

Cabe llamar la atención sobre la Figura 5.29., que presenta el rendimiento relativo de distintas partes del trigo, a una dosis de 50 mg Cd/kg. Al parecer, existe una ley universal que dice que individuos con buen nivel nutricional, tienen mejores posibilidades para enfrentar situaciones críticas.

Aplicado a este ensayo, el concepto se traduce en que si las plantas de trigo son cultivadas en suelos de alta fertilidad, como Chicureo y Graneros, se afectarán principalmente en sus partes vegetativas, logrando mantener una producción de órganos reproductivos.

Por el contrario, aquellas plantas producidas en suelos pobres como Collipulli y Cauquenes, verán afectadas principalmente sus órganos reproductivos, a tal grado que podría no haber producción de granos. Los suelos Santa Bárbara y Arenales mantuvieron una posición intermedia.

Al igual que para el cobre, el fraccionamiento del cadmio agregado (Figura 5.30. y 5.31.) entregó informaciones interesantes. En general, se observa que en aquellos suelos donde el cadmio fué mayormente inactivado léase, retenido con mayores fuerzas que las extractivas de las raíces, la mayor retención del elemento añadido ocurrió por la materia orgánica; por el contrario, en los suelos donde el cadmio fué

**FIGURA 5.25. BIOMASA AEREA DE ALFALFA EN SUELOS EN FUNCION DE LA ADICION DE CADMIO**

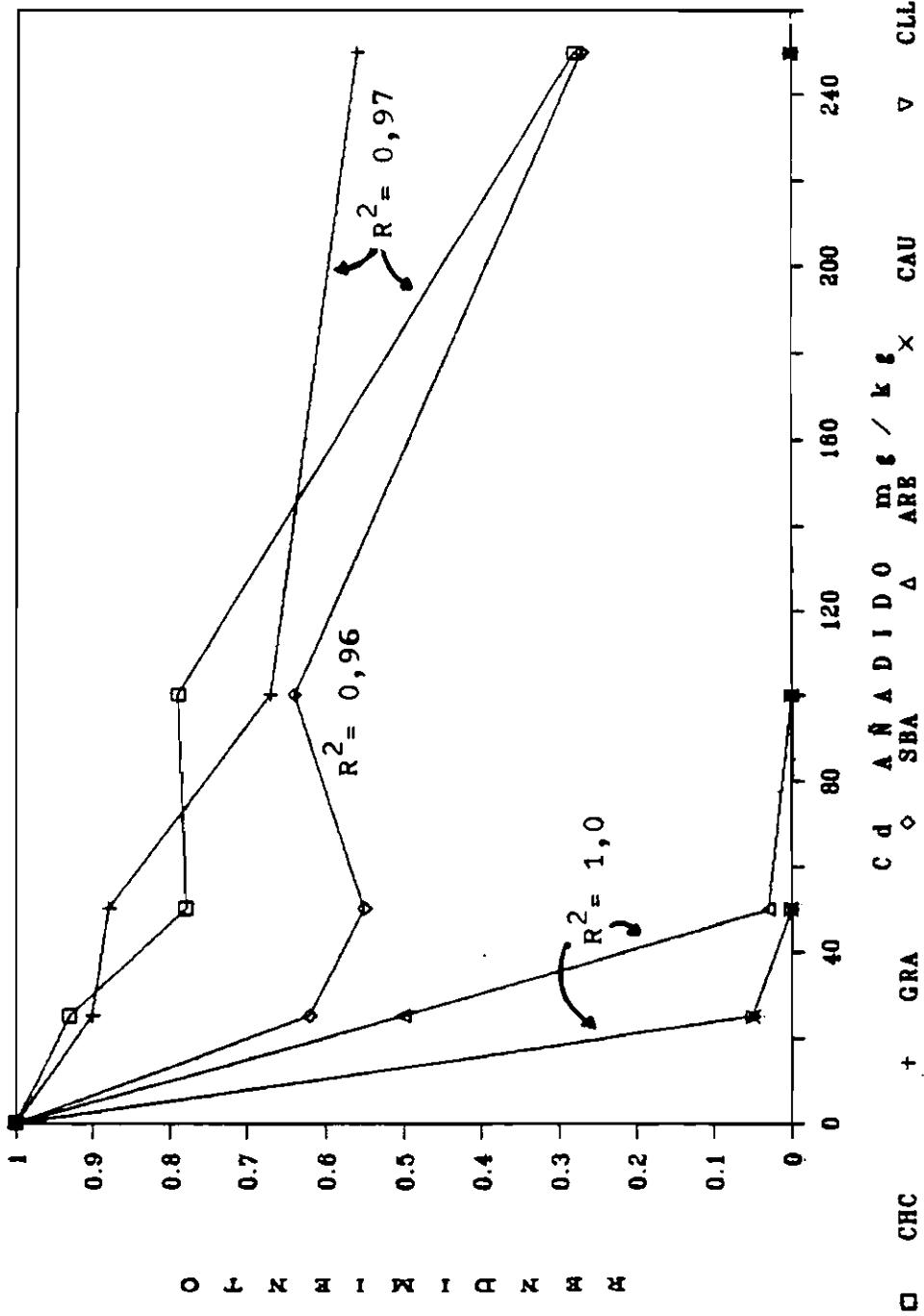
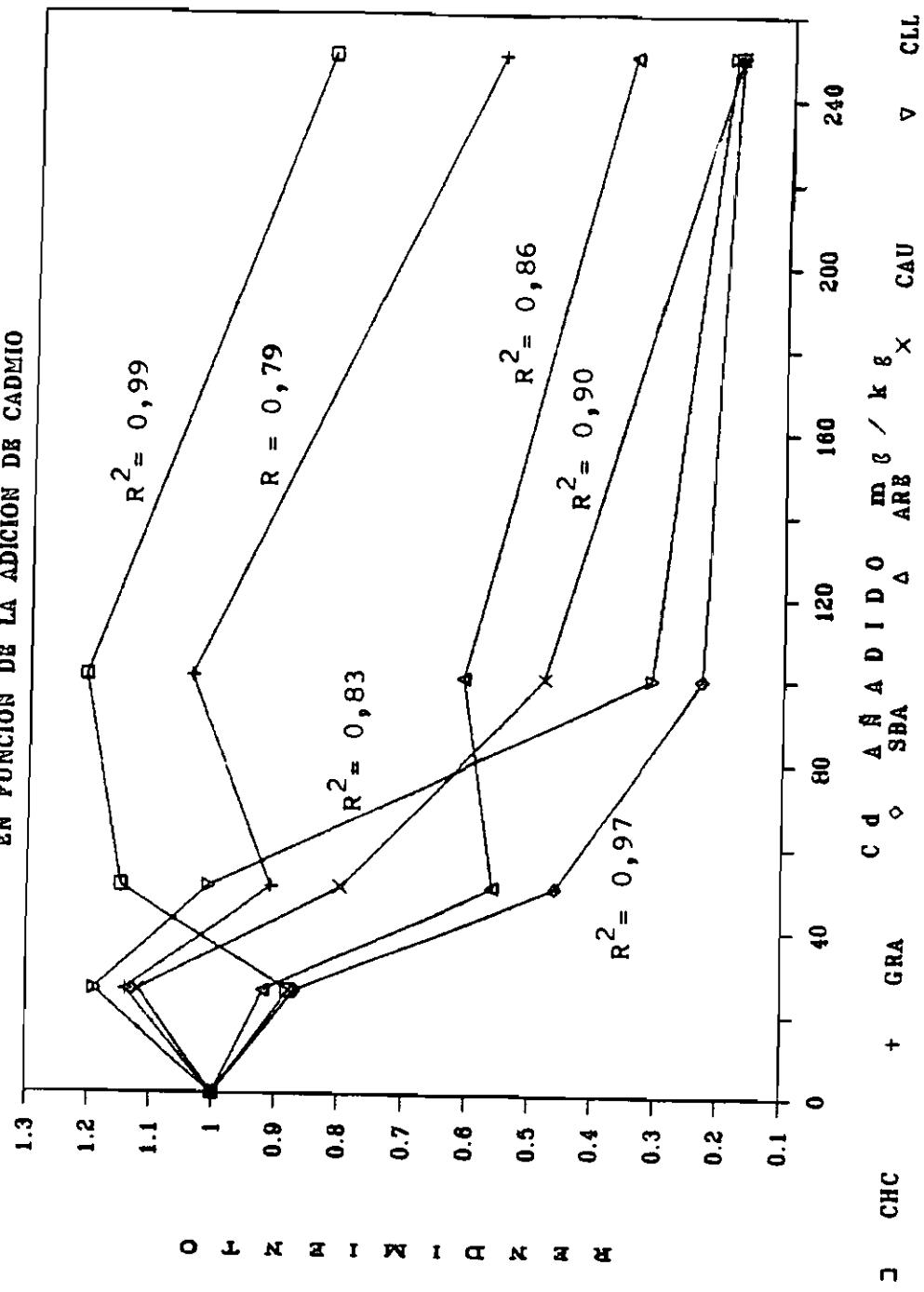


FIGURA 5.26. P. A. T. DE TRIGO EN SUELOS EN FUNCION DE LA ADICION DE CADMIO



**FIGURA 5.27. P. A. T. DE FREJOL EN SUELOS EN FUNCION DE LA ADICION DE CADMIO**

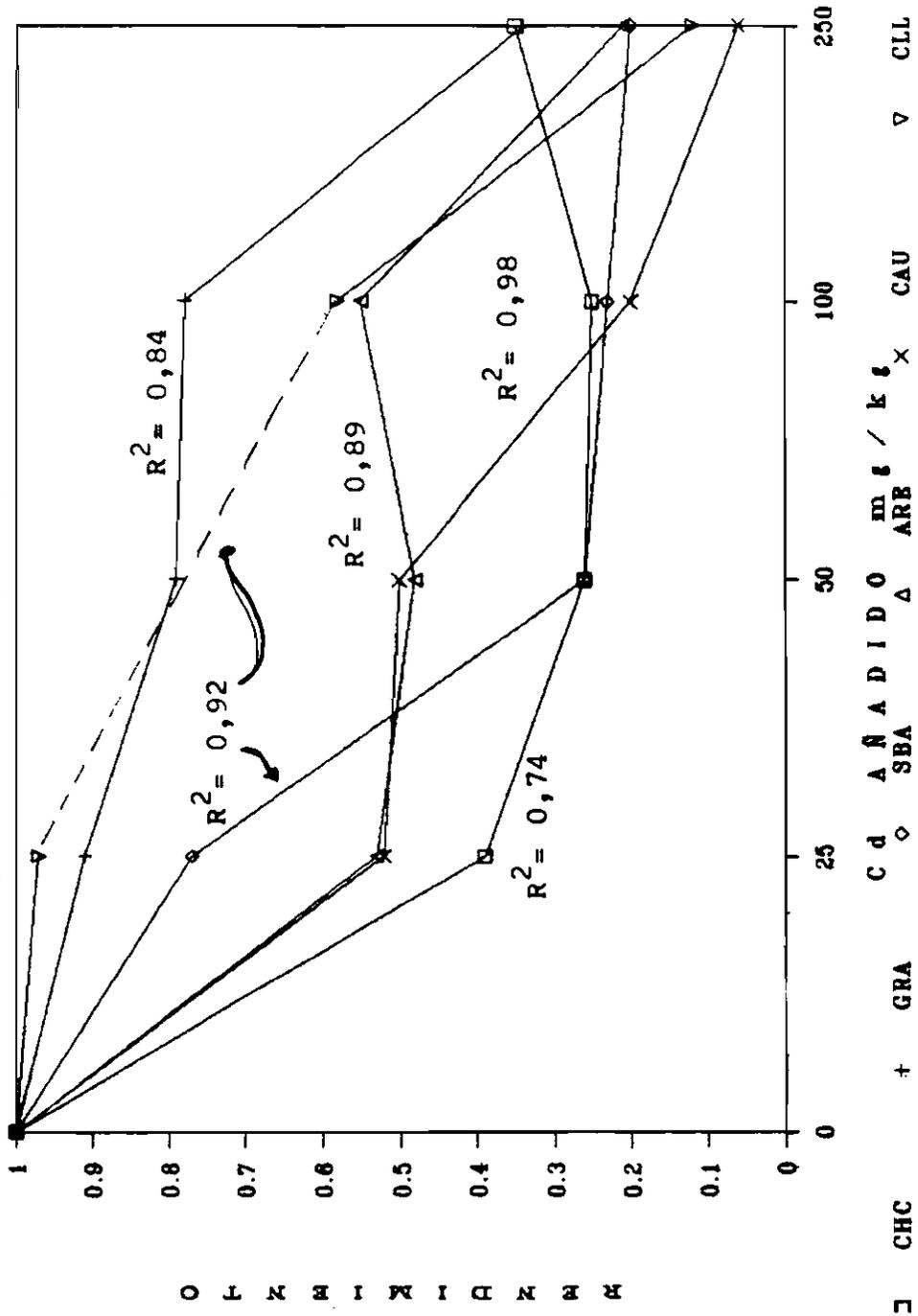
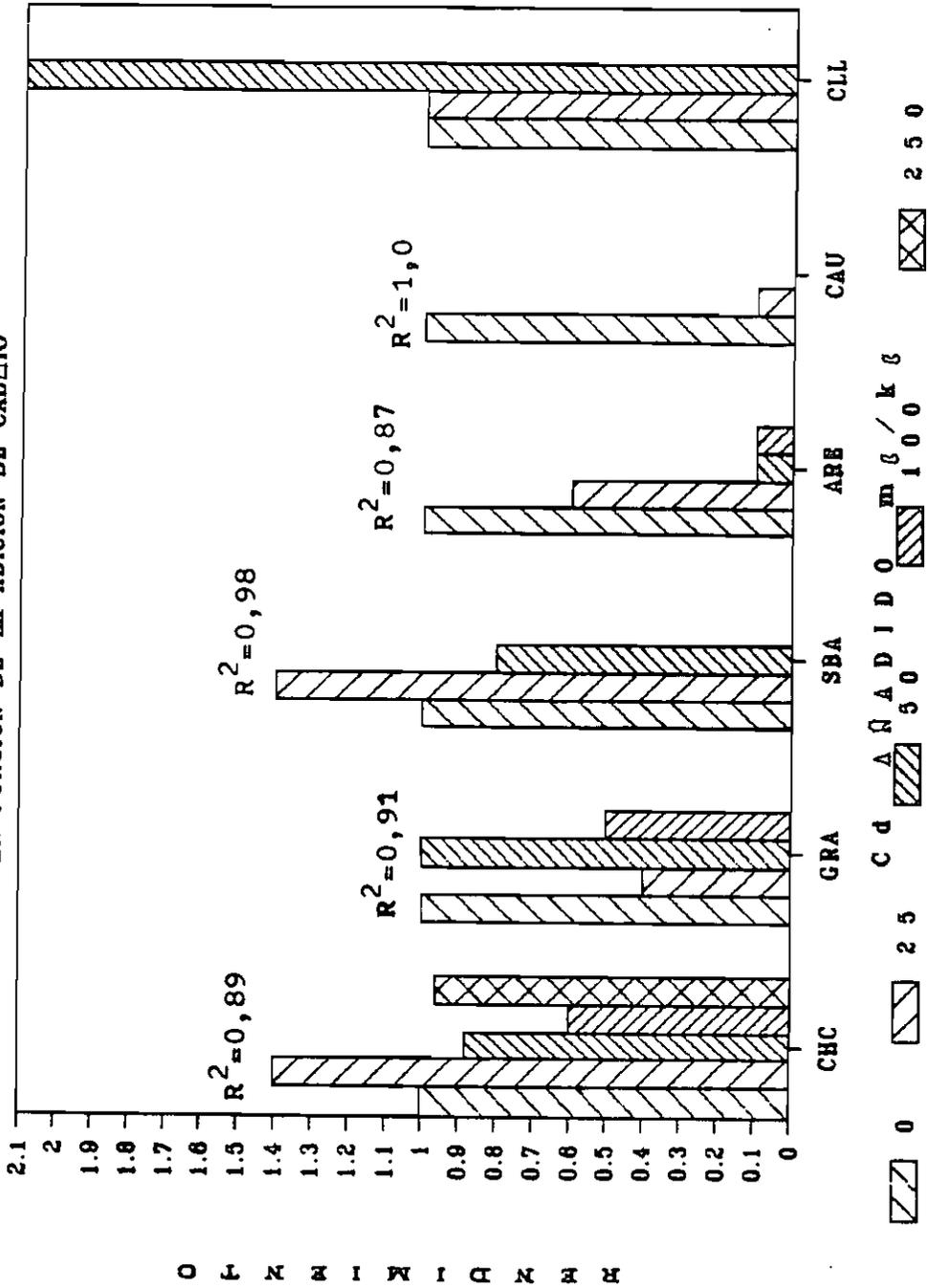


FIGURA 5.26. BIOMASA DE REMOLACHA EN SUELOS EN FUNCION DE LA ADICION DE CADMIO



O F N N I N I Q N H R

**CUADRO 5.33. LIMITES MAXIMOS DE EXCESO DE CADMIO EN SUELOS (en mg/kg ss)<sup>1</sup>, ESTIMADOS PARA CUATRO ESPECIES VEGETALES INDICADORAS. Valores calculados según curvas ajustadas**

SUELO simbolo		E S P E C I E			
		ALFALFA	TRIGO	FREJOL	REMOLACHA
Arena de río		29	32	< 5	86
CHICUREO	CHC	82	236	< 5	35
GRANEROS	GRA	47	163	47	32
SANTA BARBARA	SBA	29	12	6	52
ARENALES	ARE	5	15	< 5	7
CAUQUENES	CAU	5	33	5	< 5
COLLIPULLI	CLL	< 5	30	49	33

<sup>1</sup>Teóricamente, corresponde adicionar el contenido original para obtener el LME real; los valores del cuadro son dosis agregadas experimentalmente

FIGURA 5.29. TRIGO: BIOMASA ORGANOS AEREOS EN SUELOS EN FUNCION DE 50 mg Cd/kg

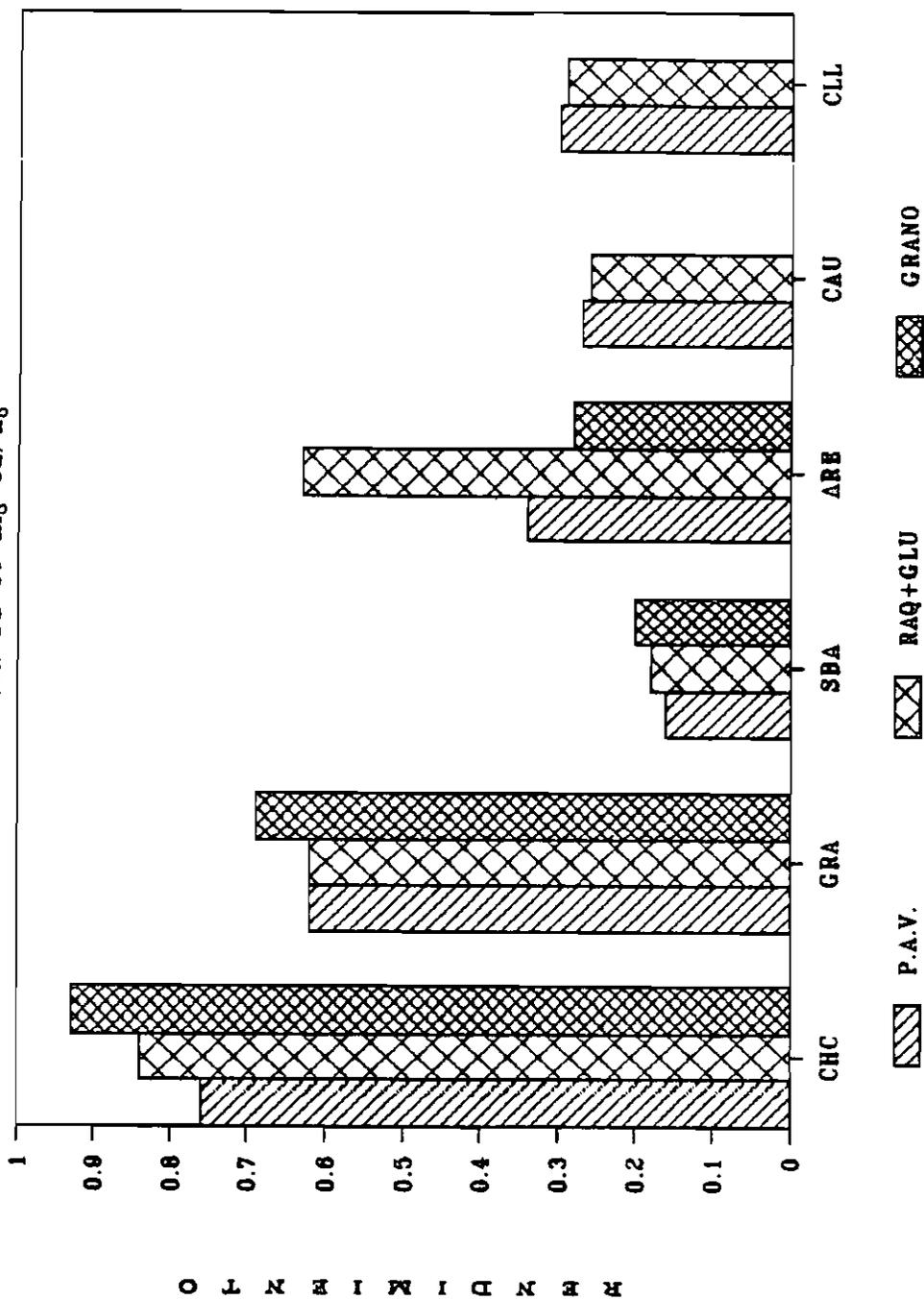
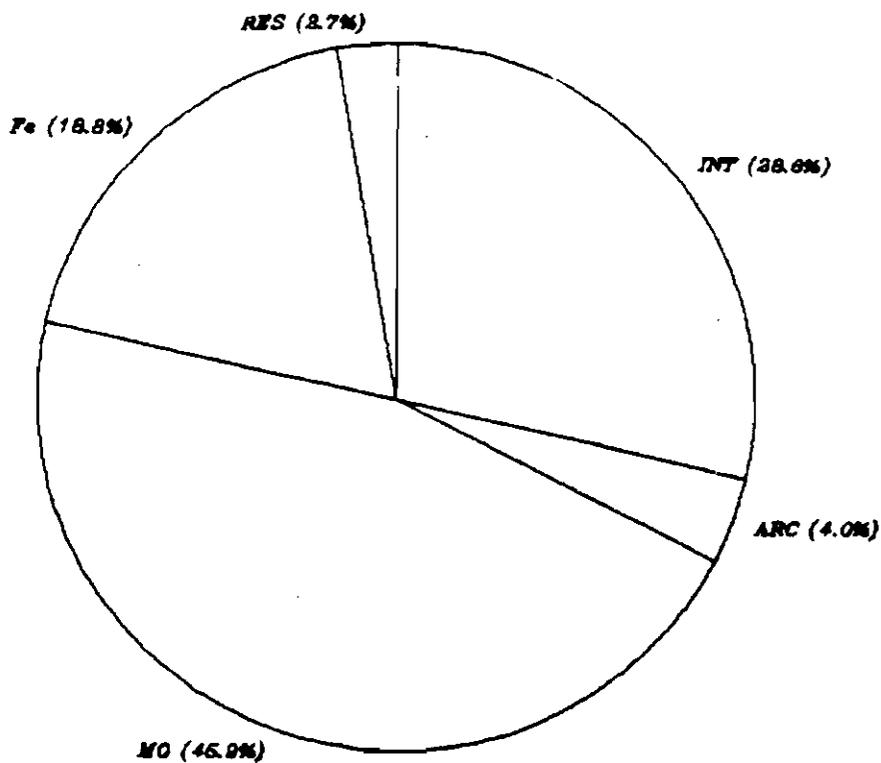
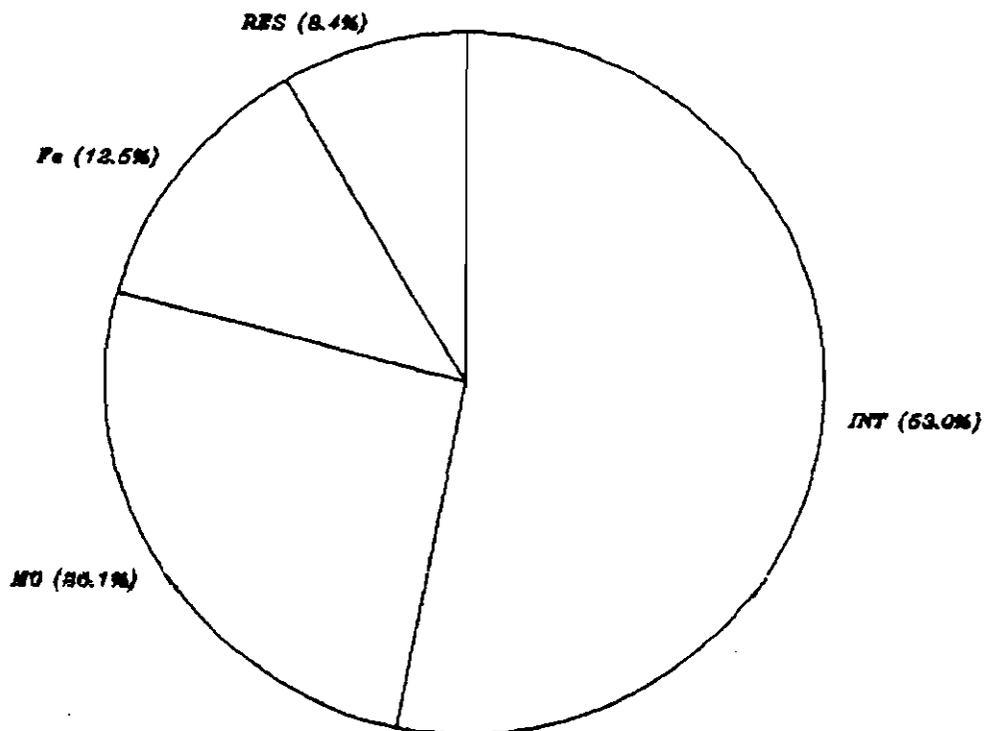


FIGURA 5.30. Distribución porcentual del cadmio agregado (50 mg/kg) al horizonte Ap de los suelos Chicureo (A) y Graneros (B)



(A) Chicureo



(B) Graneros

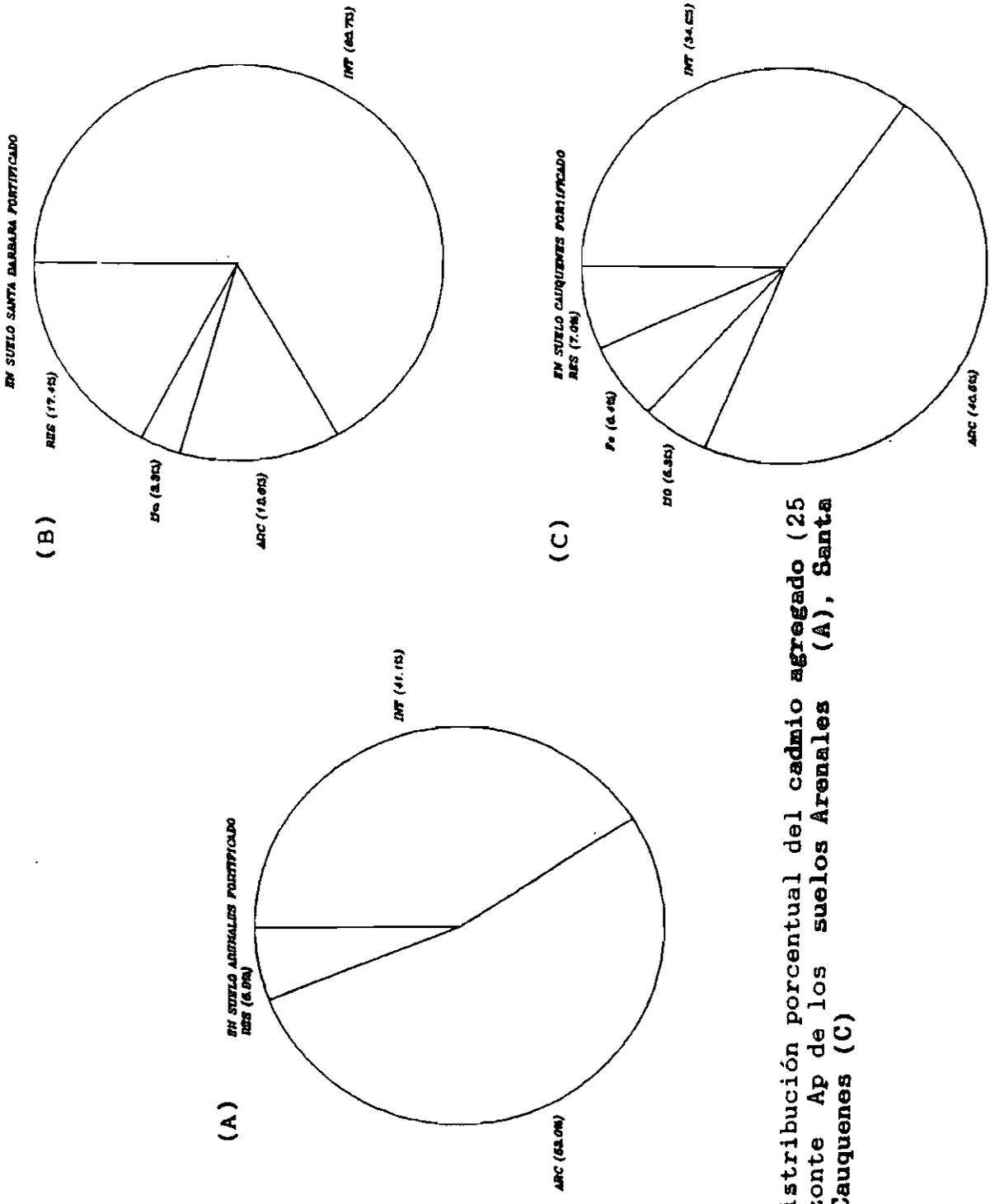


FIGURA 5.31. Distribución porcentual del cadmio agregado (25 g/kg) al horizonte Ap de los suelos Arenales (A), Santa Bárbara (B) y Cauquenes (C)

fácilmente absorbido, el elemento se localizó en sitios de adsorción específica de arcillas.

Estos resultados, similares en gran medida a los de distribución del cobre agregado, contradicen algunos antecedentes bibliográficos (Cavallaro y McBride, 1978; García-Miragaya y Page, 1978; King, 1988a y 1988b; Konte et al, 1976), que hablan de una retención preferencial del cadmio por minerales de arcilla, con menor participación de la fracción orgánica.

## 5.5. Evaluación de conductas de suelos cúpricos

### 5.5.1. Suelos de las Regiones Metropolitana y VI

Los resultados precedentes ayudan, en gran medida, a explicar los resultados obtenidos en los ensayos de evaluación del potencial de producción de los suelos cúpricos de las Regiones Metropolitana y VI. Las Figuras 5.32. y 5.33. muestran que los rendimientos de alfalfa y trigo no decaen en ambos grupos de suelos. También, se trabajó con frejól y remolacha, manteniéndose en las tendencias detectadas.

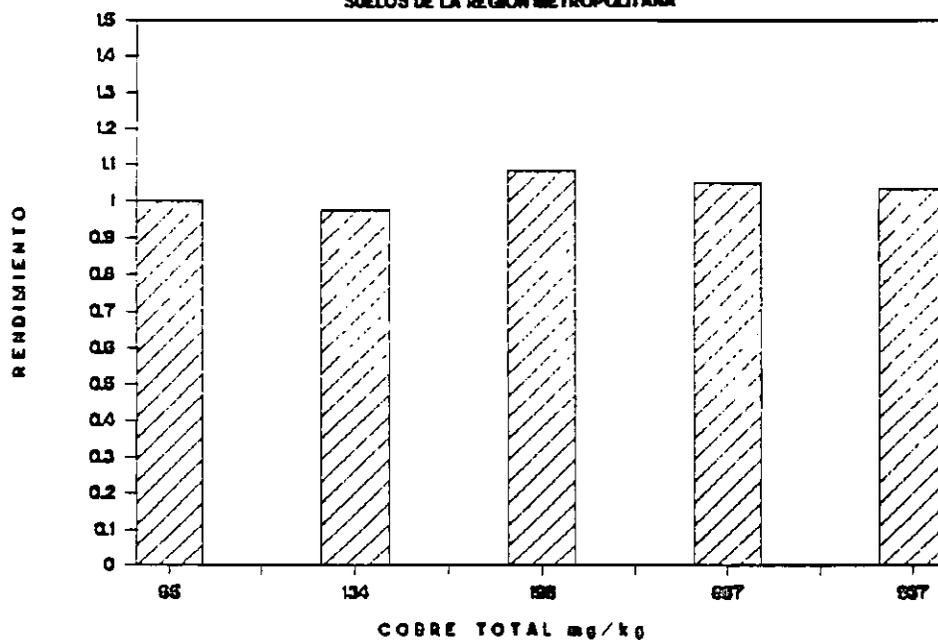
Se observa que no hubo respuestas significativas al cobre en los suelos de la Región Metropolitana, y sólo una leve disminución de rendimiento en los suelos de la VI Región hacia las máximas concentraciones de cobre.

Estas tendencias concuerdan con las detectadas en los ensayos ya expuestos, donde los suelos con máxima capacidad tampón del cobre fueron justamente los de la Región Metropolitana, seguidos por los del Cachapoal.

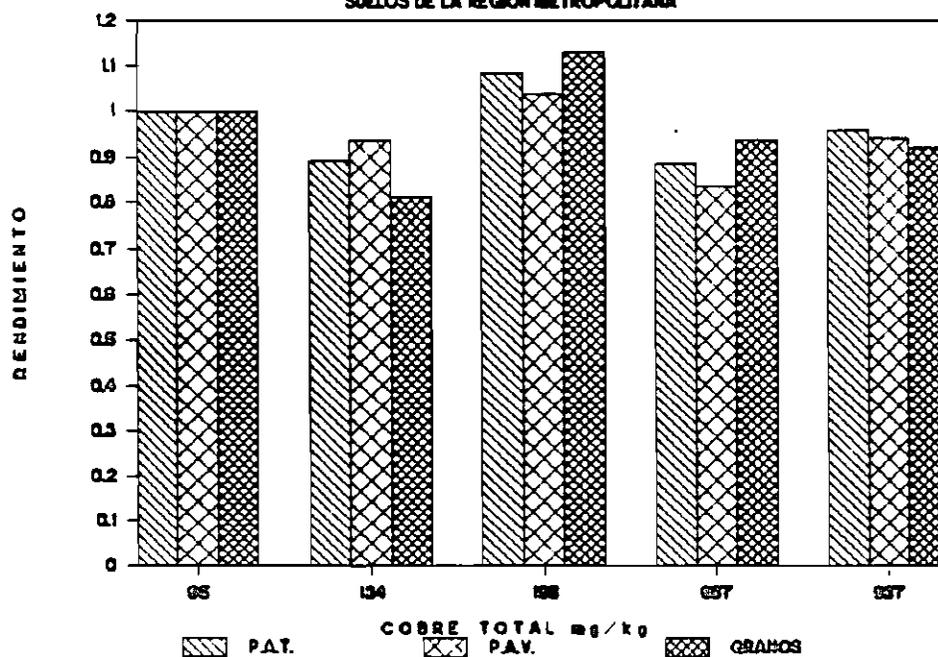
La Figura 5.34. indica que no existe asociación entre los contenidos totales de cobre en suelos y rendimiento de las plantas. La Figura 5.35., que integra el fraccionamiento del cobre en algunos de estos suelos cúpricos, muestra resultados concordantes con los obtenidos en el ensayo con suelos fortificados: no cabe duda que una parte importante de la inactivación del cobre se debe a la retención ejercida por la fracción orgánica, quedando relegadas las restantes fracciones a un segundo término.

Como muestra las Figuras 5.36. y 5.37., la respuesta vegetal de sensibilidad a los excesos de cobre no puede ser estimada vía contenido

**FIGURA . BIOMASA AEREA DE ALFALFA**  
SUELOS DE LA REGION METROPOLITANA

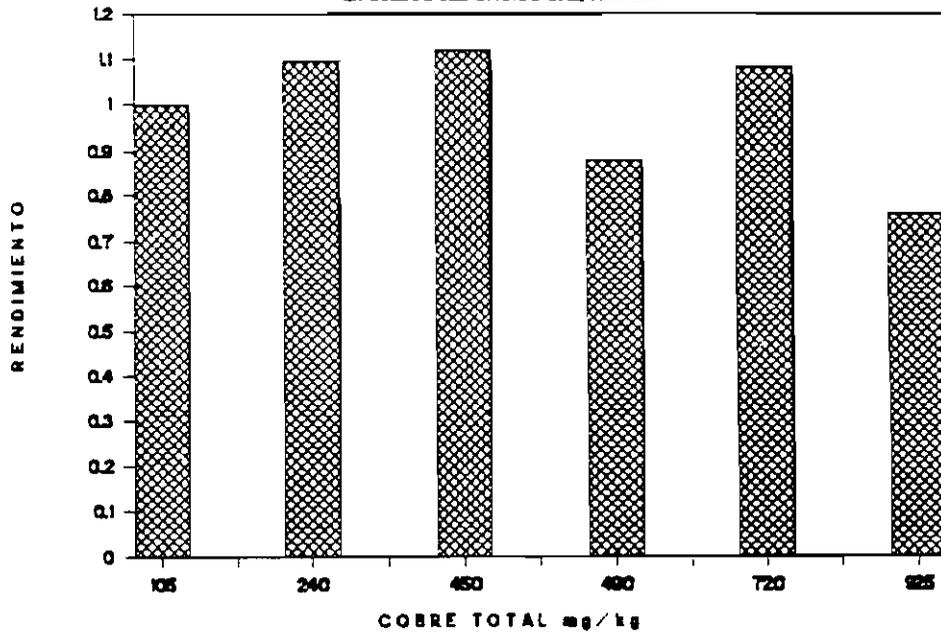


**FIGURA . BIOMASA AEREA DE TRIGO**  
SUELOS DE LA REGION METROPOLITANA

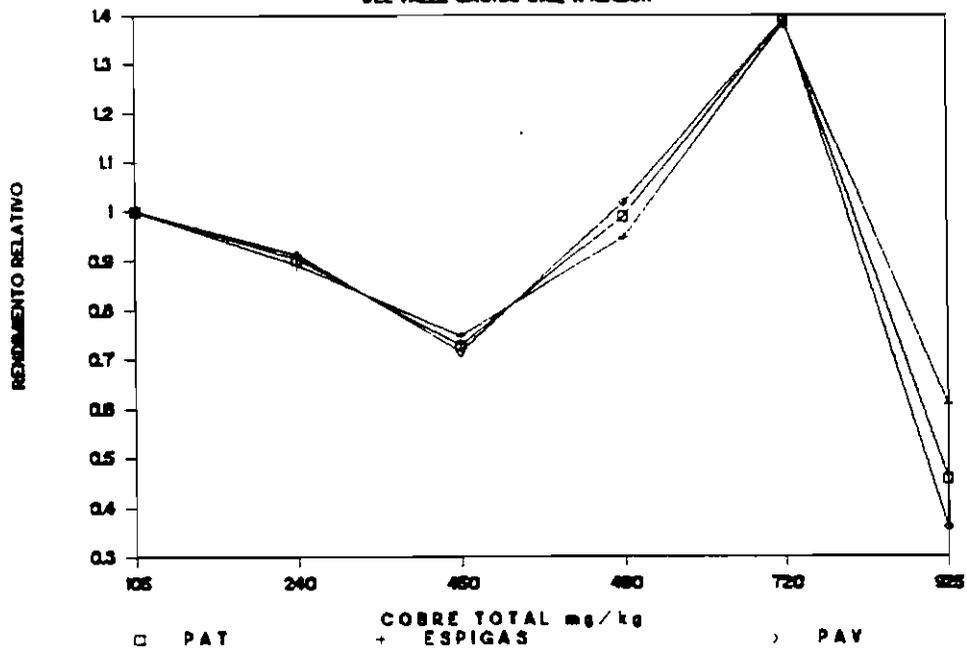


**FIGURA 5.32.** Rendimiento de alfalfa y trigo en suelo cúprico de la Región Metropolitana

**FIGURA . BIOMASA AEREA DE ALFALFA**  
EN SUELOS DEL CACHAPOAL, VI REGION

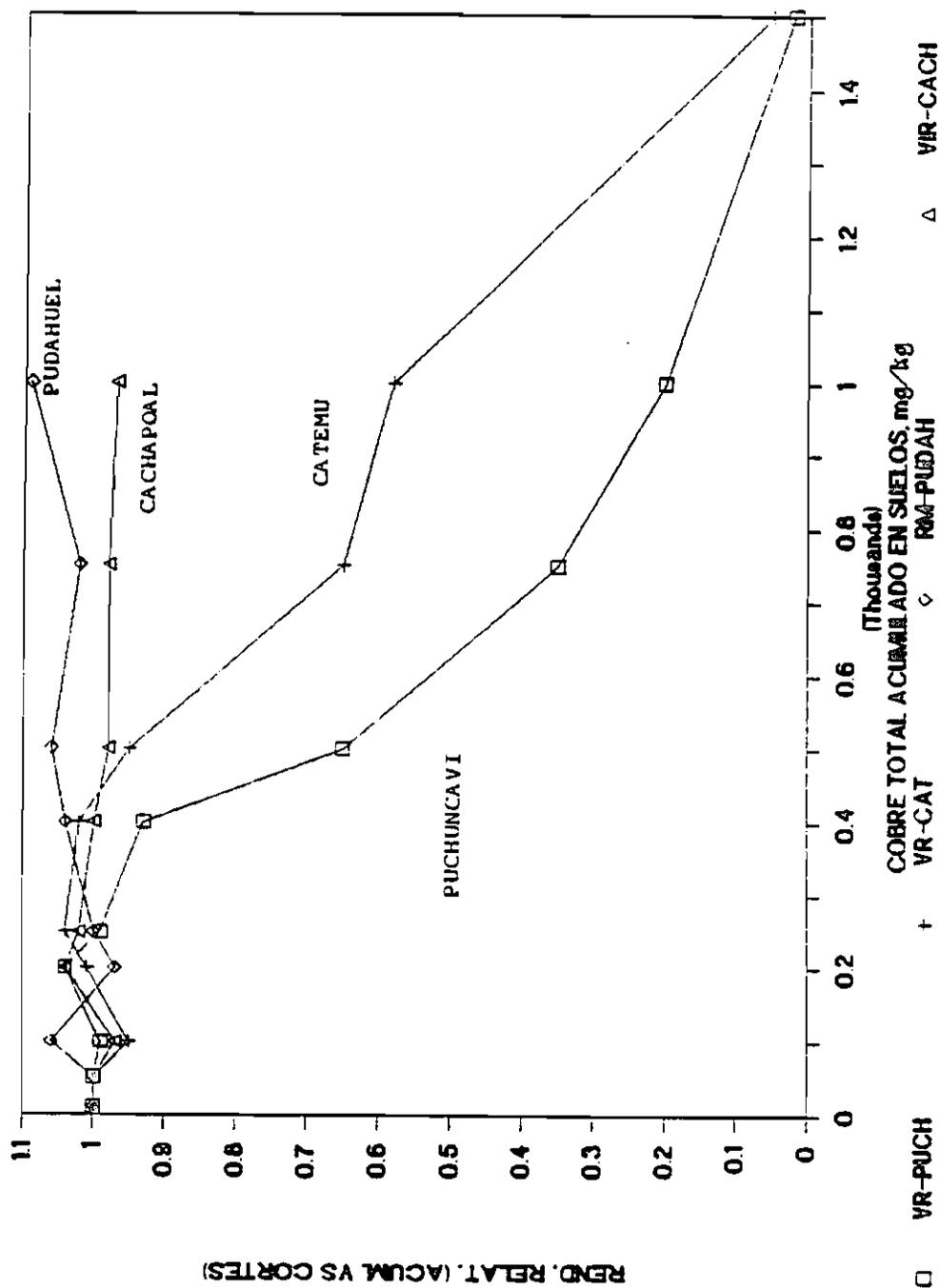


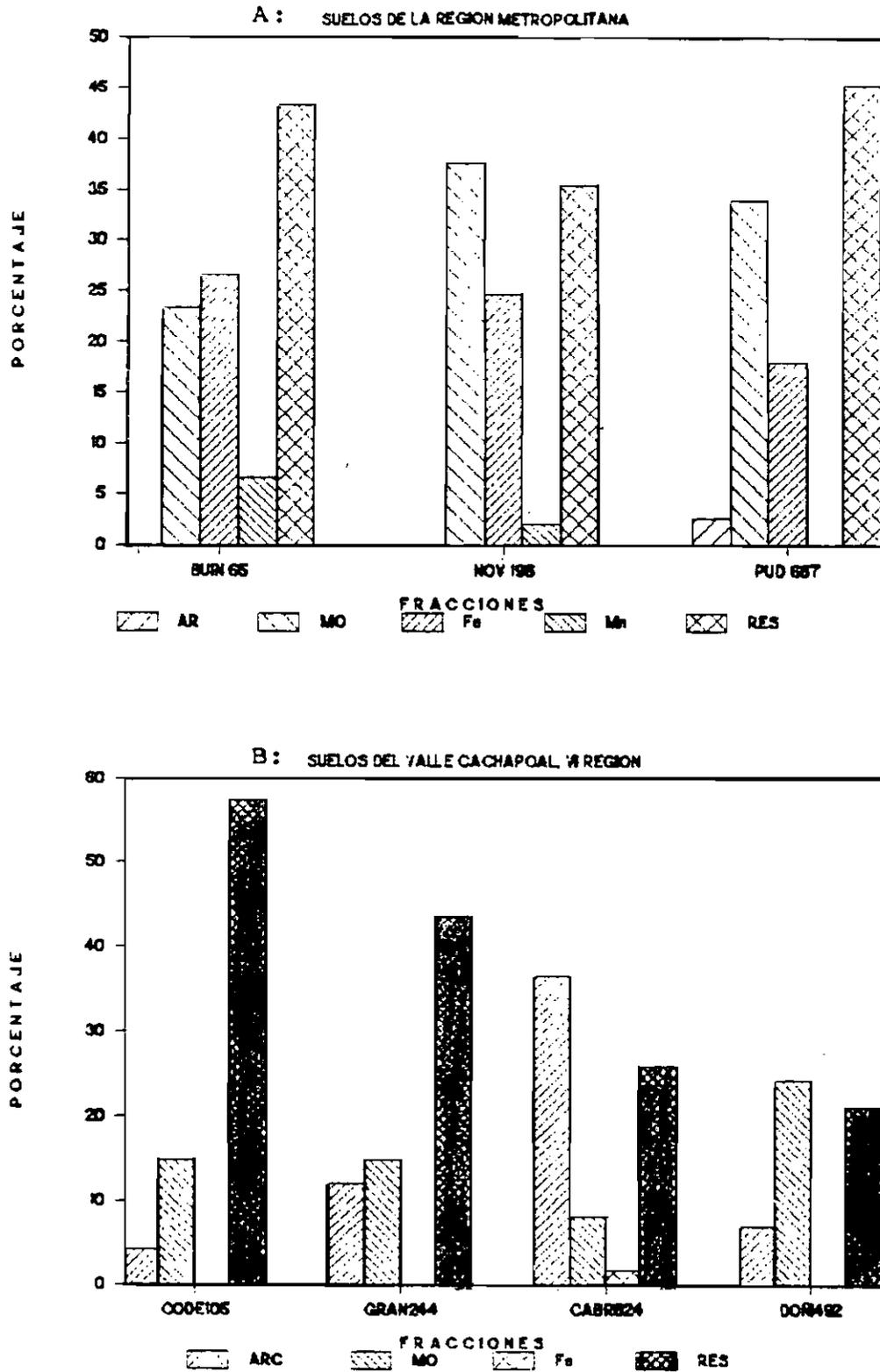
**FIGURA . BIOMASA DE TRIGO EN SUELOS**  
DEL VALLE CACHAPOAL, VI REGION



**FIGURA 5.33.** Rendimiento de alfalfa y trigo en suelo cúpricos de la VI Región

FIGURA 5.34. REND. DE ALFALFA VS CU-TOTAL EN SUELOS





**FIGURA 5.35. Fraccionamiento del cobre en suelos cúpricos de las Regiones Metropolitana (A) y VI (B)**

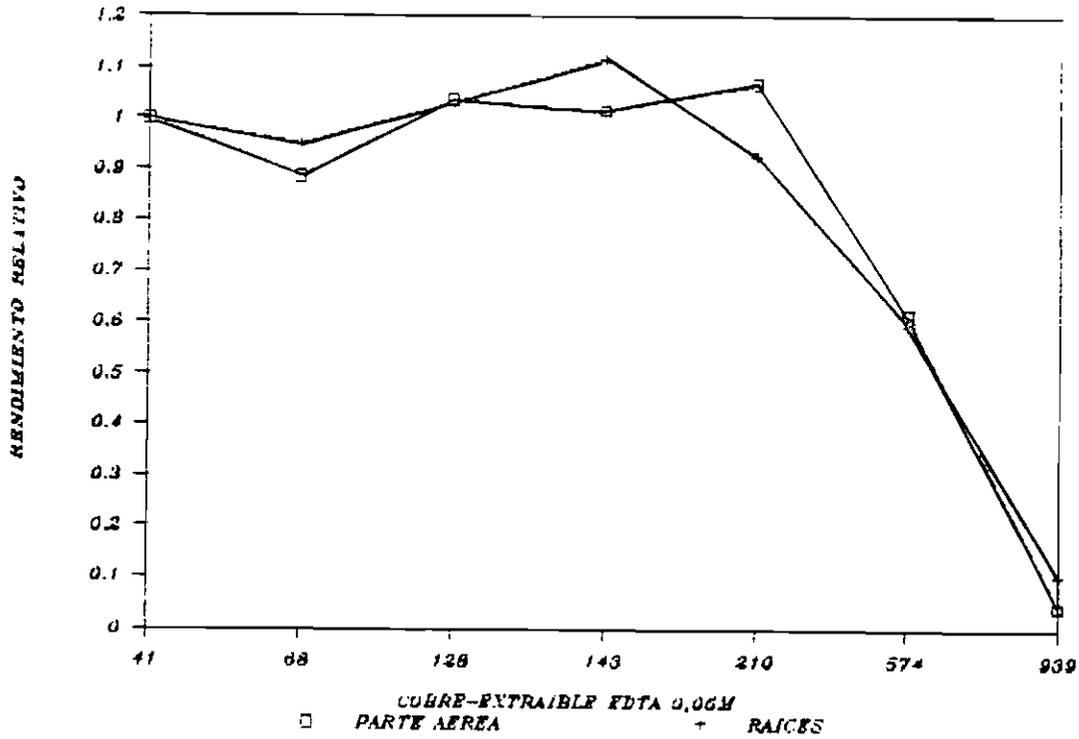


FIGURA 5.36. Relación entre producción de biomasa de alfalfa y contenido de cobre extraíble con EDTA 0,05M, en suelos de las Regiones Metropolitana y VI

# RELACION ENTRE CU-TOTAL Y CU-EDTA

EN SUELOS CONTAMINADOS CON COBRE

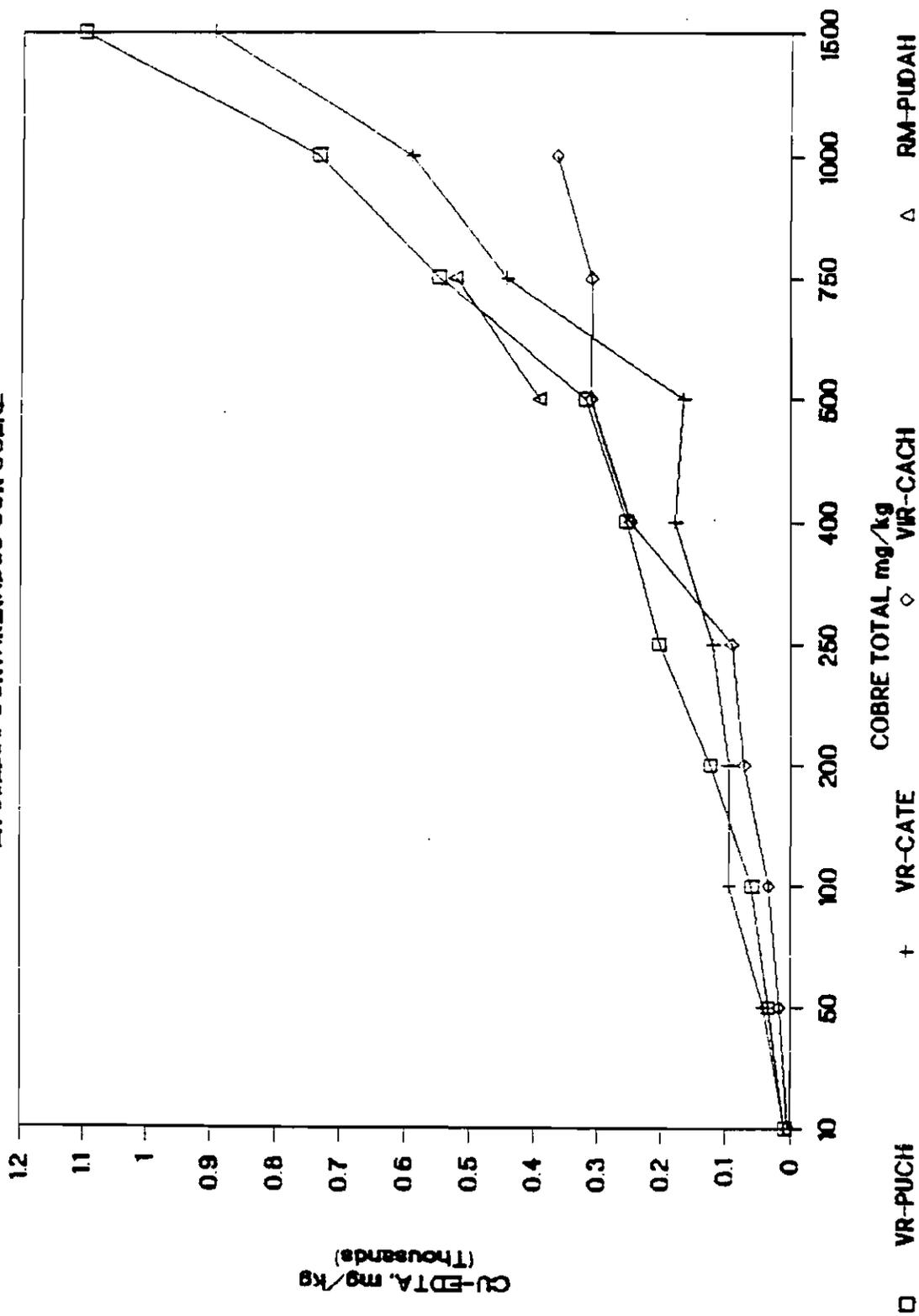


FIGURA 6. 37.

total del elemento sino que, por el contrario por alguna fracción de éste, como podría ser el extraíble con EDTA.

Un mejor indicador de las respuestas vegetales es la fracción de cobre extraíble con EDTA al 0,05M, llamada fracción "disponible" para las plantas y que concentra las fracciones solución suelo, adsorbidas en las arcillas, complejada por la materia orgánica y unidas a los óxidos férricos.

Ello se debe a que, como muestra la **Figura 5.36.**, si bien existe una relación entre cobre-total y cobre-EDTA, ésta no es lineal y, por tanto, no son necesariamente sustituibles.

De acuerdo a los resultados de este ensayo evaluativo, los sistemas de producción agrícolas de la Región Metropolitana y del valle del Cachapoal (VI Región) son altamente "permisivos", en cuanto a una gran capacidad receptora de cobre, gracias a una fuerte afinidad de estos suelos con este metal. Obviamente, ello no ocurre con los suelos de Catemu y, en mucha mayor medida, con los de Puchuncaví.

#### 5.5.2. Recuperación de suelos contaminados

Según los antecedentes generados por los ensayos con sustrato inerte, suelos fortificados y suelos cúpricos de las Regiones Metropolitana y VI, resulta fácil explicarse la respuesta positiva de las plantas a la adición de una fuente orgánica (en este caso, humus de lombrices) a un sustrato fortificado con dosis creciente de cobre o cadmio.

La **Figura 5.38.** muestra que la adición de humus, en una relación 1:2 p/p humus/arena, permitió una gran recuperación en el crecimiento de la alfalfa, quizás debido a que ejerce una fuerte retención de los elementos. Los LME obtenidos, integrados al **Cuadro 5.34.**, indican que el LME de Cu en arena para la alfalfa, subió de casi 30 mg a más de 200 mg Cu/kg, gracias a este aporte orgánico.

En el caso del cadmio, el resultado no es tan espectacular como para el cobre, debido a una menor afinidad cadmio-materia orgánica, pero aún así, el LME subió de alrededor de 20 mg a casi 100 mg Cd/kg.

En la actualidad, el ensayo ha progresado por 6 cortes; siendo la fuente orgánica adicionada rápidamente oxidable, se llegará un momento en que toda esta materia habrá sido oxidada, retornando los elementos a una condición de disposición para las plantas. Ello ocurrirá con

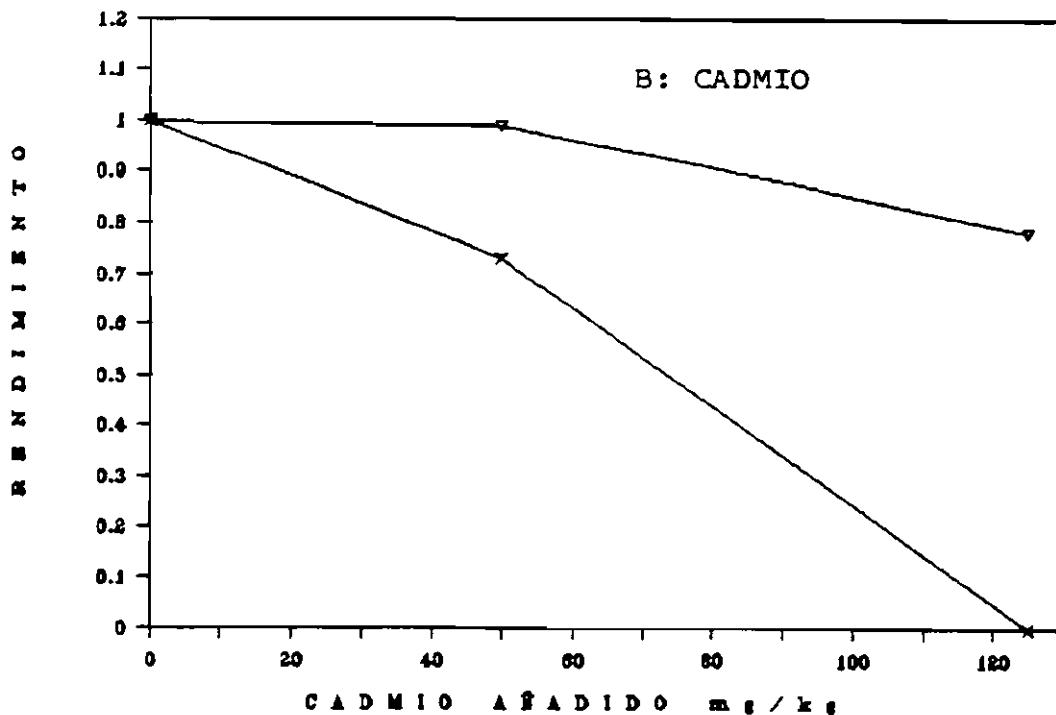
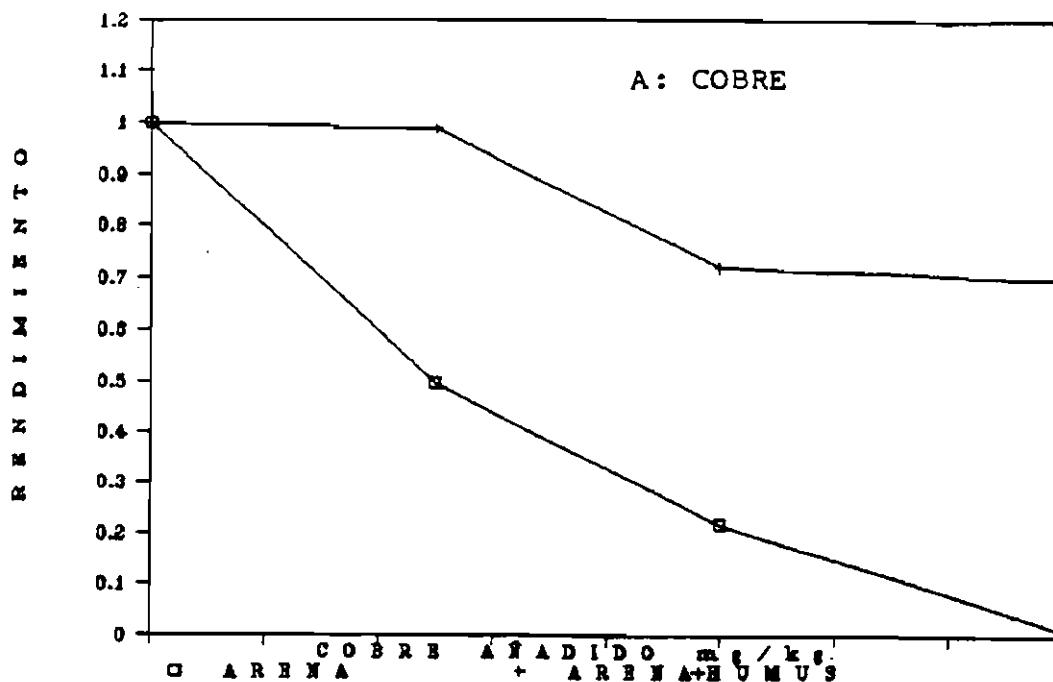


FIGURA 5.38. Rendimiento de alfalfa en arenas fortificadas con cobre (A) y cadmio (B), con y sin aporte de materia orgánica

**CUADRO 3.34. LIMITES DE EXCESO DE CADMIO Y COBRE (en mg/kg ss) PARA ALFALFA, EN ARENA CON Y SIN APORTE DE MATERIA ORGANICA (HUMUS DE LOMBRICULTURA). Valores calculados según curvas ajustadas**

ELEMENTO	substrato	LME
COBRE	arena	46
	arena (2) + humus (1)	372
CADMIO	arena	26
	arena (2) + humus (1)	95

---

plantas adultas, las que, según el ensayo de riego, que se verá a continuación, no parecen ser sensibles. Es un punto interesante de estudiar pero ello ocurrirá después de terminado el Proyecto.

### 5.5.3. Límites máximos permisibles para Cu y Cd en aguas para riego

La **Figura 5.39.** presenta los resultados obtenidos por los ensayos de riego con aguas contaminadas con cobre o cadmio, tanto para el que fue establecido desde planta adulta de alfalfa como el que se estableció desde siembra.

Tal como se observa, no ha habido respuesta a los aportes de metales a la matriz de arraigamiento. De acuerdo a los análisis efectuados a las arenas, la acumulación de metales no ha llegado aún a los LME calculados anteriormente, por lo que la respuesta se justifica.

Sin embargo, como lo presenta el **Cuadro 5.35.**, las plantas han absorbido metales adicionalmente, en función del mayor aporte metálico de las aguas de riego sin que se relacionen con caída de producción. Este ensayo no ha entregado la totalidad de los resultados esperados y, por tanto, será mantenido algún tiempo después del término del Proyecto.

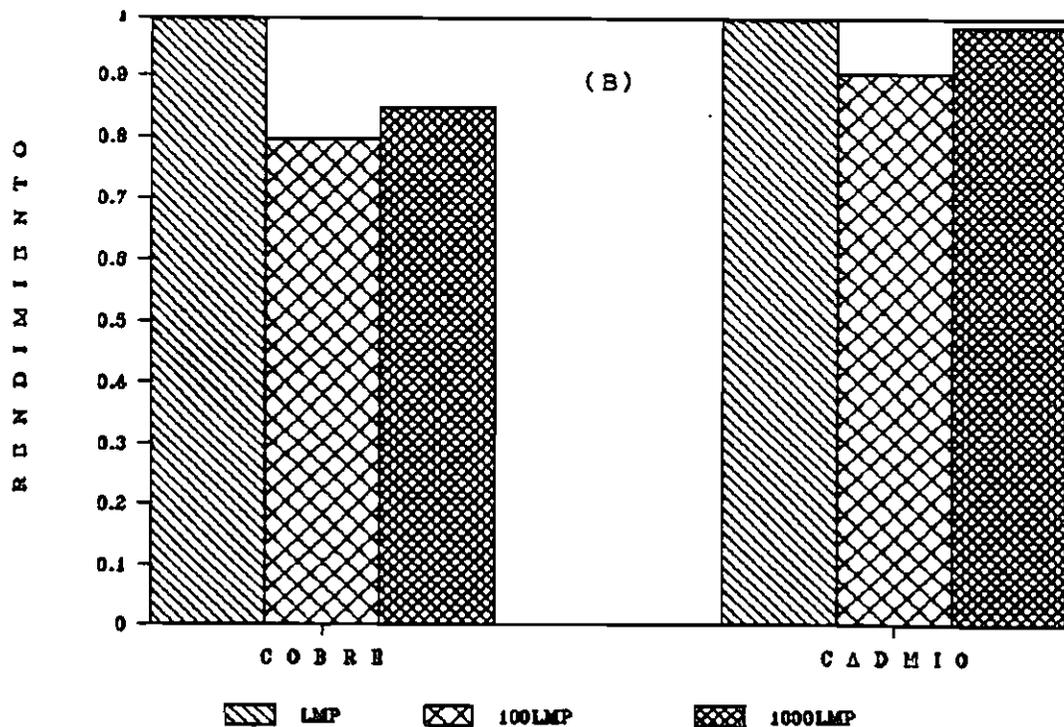
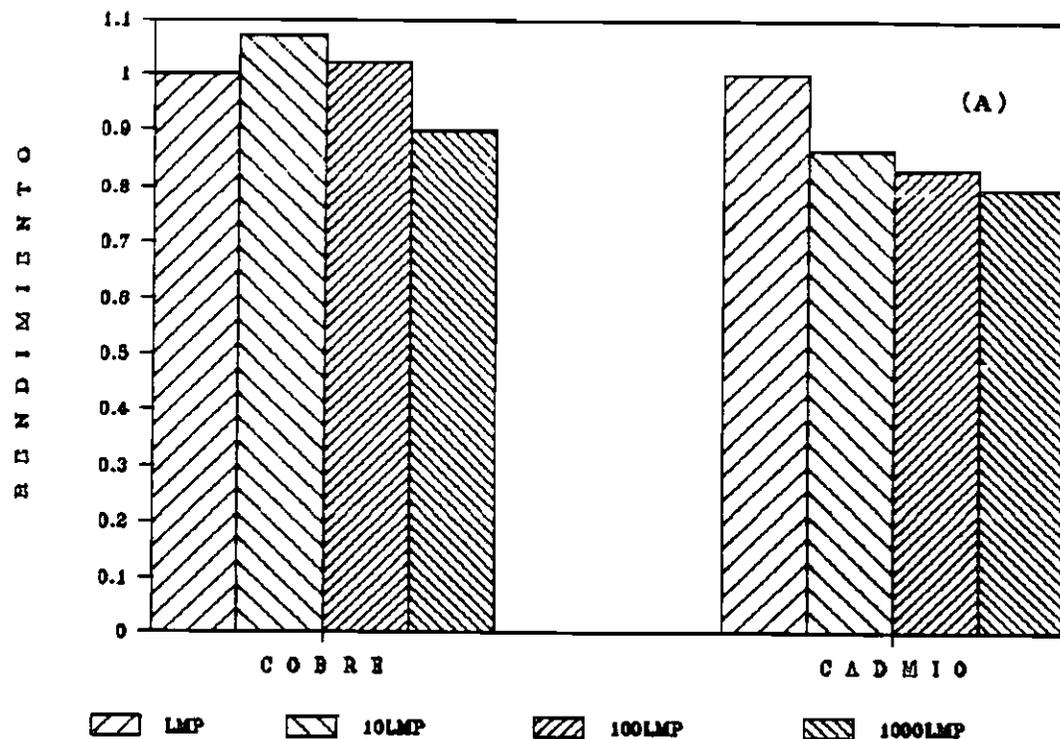
Partiendo de la base de una tasa de acumulación de cobre y cadmio que responde a la fórmula  $A = C/T$ , donde A es la acumulación registrada al tiempo T, gracias al riego con aguas con una concentración C, es posible estimar el tiempo necesario para alcanzar el respectivo LME, el que dependerá de la concentración del elemento en las aguas, la frecuencia de riego y la extracción del metal por las plantas. Es importante determinar si, al momento de llegar al LME, habría efectos negativos, toda vez que se contaría sólo con plantas adultas.

### 5.6. Antecedentes básicos para evaluar impactos de procesos contaminantes

En líneas generales, todos los países, con mayor o menor intensidad, están desarrollando una gran multiplicidad de actividades en el ámbito del conocimiento de los procesos de degradación ambiental, incluida la contaminación, activos en sus territorios.

Sin embargo, casi la totalidad de las acciones emprendidas dice relación con catastros de recursos naturales y prospecciones sobre la presencia y magnitud de ocurrencia de contaminantes, sin entrar a

FIGURA 5.39. Rendimiento de alfalfa en arenas, regadas con aguas contaminadas con cobre y cadmio. A= desde plantas adultas; B= desde siembra



**CUADRO 5.35. CONTENIDOS (R) DE ELEMENTOS TRAZAS EN PAT<sup>1</sup> DE ALFALFA REGADA CON AGUAS CUPRICAS O CADMICAS, DESDE PLANTA ADULTA (A) Y SEMILLA (B)**

TRATAMIENTO	Cd	Cu	Mn	Mo	Pb	Zn
<b>A) desde planta adulta:</b>						
TESTIGO		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cu LMP		0.74	1.13	1.00	0.80	0.59
Cu 10LMP		0.96	1.04		0.70	1.01
Cu 100LMP		1.20	1.75	0.50	0.70	1.09
Cu 1000LMP		5.78	1.70	0.77	6.11	1.04
Cd LMP		0.85	1.09	1.14	0.80	1.02
Cd 10LMP		0.59	1.13	1.55	0.80	0.50
Cd 100LMP		0.76	0.89	1.27	0.70	1.02
Cd 1000LMP		1.07	1.28	0.77	0.80	1.05
<b>B) desde semilla:</b>						
Cu LMP		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cu 100LMP		1.14	1.07	1.13	0.87	0.85
Cu 1000LMP		3.26	1.05	1.12	0.85	0.89
Cd LMP		1.17	1.14	0.63	0.93	1.26
Cd 100LMP		0.94	1.05	1.45	1.41	0.98
Cd 1000LMP		0.98	1.05	1.13	0.86	0.97

<sup>1</sup>Parte aérea total

evaluar los impactos<sup>1</sup> -léase, el significado o trascendencia- que el proceso contaminante pudiera estar imponiendo o llegar a imponer, en plazos futuros, sobre la calidad de vida humana.

Esta particularidad obedece a las dificultades existentes en este ámbito y que derivan, por una parte, de debilidades conceptuales y, por otra, de falta de conocimiento científico sobre aspectos básicos de efectos biológicos negativos, persistencia de éstos una vez terminada la causa, persistencia y reciclaje ambiental de contaminantes.

Un aspecto fundamental, que no puede ser ignorado en un proceso de evaluación de impactos ambientales, es que la intercomunicación de los diferentes recursos naturales y la búsqueda permanente de equilibrios dinámicos hacen que se deba tener presente que un mismo tipo de intervención antrópica indebida en los recursos naturales, se traduce en múltiples efectos concatenados; de la misma forma, un mismo efecto de deterioro ambiental puede ser causado por múltiples acciones humanas.

Ello es lo que se representa en el diagrama de acciones de artificialización inadecuada de ecosistemas, expuesta en la **Figura 5.40**. (CEPAL, 1981). Se ve como una acción -el uso indiscriminado de plaguicidas- puede generar una serie impresionante de efectos degradantes, como la reducción del control natural de plagas, el aumento de resistencia de vectores de enfermedades, la contaminación ambiental y las enfermedades humanas, entre otros.

Por otra parte, un mismo efecto -la alteración química del suelo- puede ser generado por varias acciones, como el uso masivo de plaguicidas, el consumo excesivo de fertilizantes y/o la deforestación de semillas y siembras, entre otros.

Esta situación de amplificación del rango de efectos, revela la importancia que tiene el evaluar, a-priori, los posibles efectos negativos que una acción humana pueda imponer en el ambiente, estimar los plazos de ocurrencia y proponer soluciones preventivas, no curativas pues éstas son siempre menos eficientes, desde el punto de vista de la administración del ambiente.

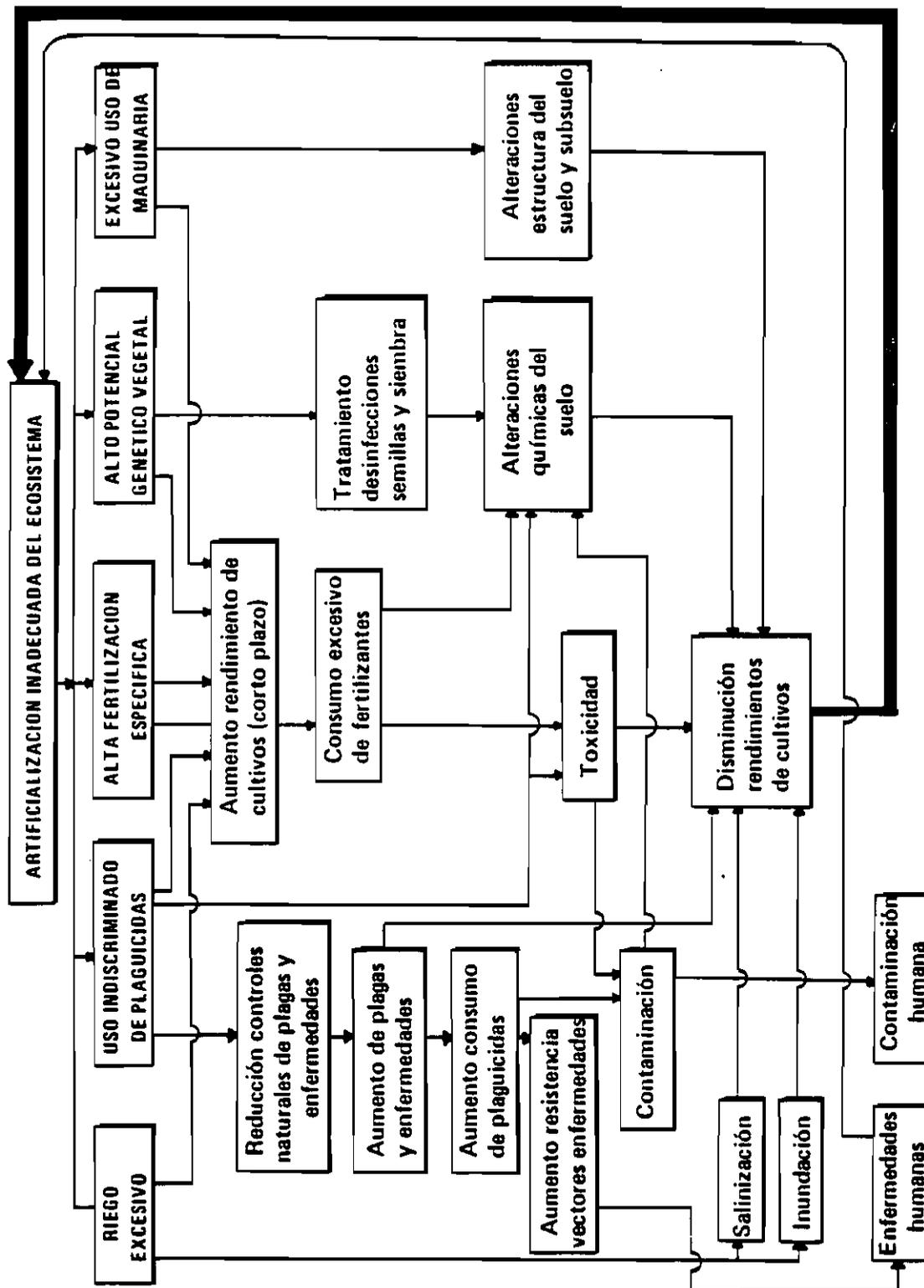
Un aspecto conceptual importante en la evaluación de un proceso contaminante, está referido al tipo de materia emitida para que un proceso pueda ser considerado como contaminación ambiental. Se podría

---

<sup>1</sup>Léase, el o los efectos inducidos directa o indirectamente por una intervención humana en los ambientes o recursos naturales

FIGURA 5.40.

EFFECTOS DE LOS PRINCIPALES PROCESOS DE LA ARTIFICIALIZACION INADECUADA DEL ECOSISTEMA



Fuente: Extractado de "Estudios e Informes de la CEPAL Nº 4", Stgo., 1981 (pág. 17).

estimar que sólo se está en presencia de un proceso contaminante cuando la descarga involucre materias "extrañas" al ambiente, esto es, residuos de compuestos no existentes en naturaleza y que sean productos de síntesis artificiales.

Es indudable que descargas de este tipo son, necesariamente, contaminantes; a esta categoría, se puede asignar los residuos de pesticidas y las partículas radiactivas, como las emitidas en la explosión de la central nuclear de Chernobyl. Sin embargo, concebir la contaminación como un proceso exclusivo de descargas de residuos "extraños" es simplista e insuficiente, aunque se reconoce que sean las de mayor impacto ambiental.

Esta concepción impediría considerar como contaminación, los derrames de petróleo en los mares, las emisiones atmosféricas de  $SO_2$ , las descargas de relaves o las emisiones de metales pesados, por ejemplo, pues todos ellos son elementos o compuestos de síntesis natural.

Otra objeción al concepto de "sustancia extraña" es que, independiente de la naturaleza y origen de lo emitido, sólo podría hablarse de contaminación si se trata de sustancias no existentes en el ecosistema receptor. Este concepto permitiría dejar fuera una serie de procesos fuertemente degradantes del ambiente.

Por tanto, una conceptualización más real es la de incluir a los procesos de descargas de residuos antrópicos, cualquiera sea su naturaleza y origen, cuando alteren significativamente el equilibrio físico o químico de los recursos receptores.

Por consiguiente, se debe hablar de contaminación, no sólo cuando se involucre "sustancias extrañas", ya sea por ser artificial o por no existir en el sistema receptor, sino que además cuando la descarga, por caudal y/o magnitud, permita que el ambiente sea alterado significativamente en los equilibrios físicos y químicos, naturalmente alcanzados.

Adicionalmente, no basta que exista descarga antrópica de sustancias residuales o la detección de éstas en un ambiente, para hablar de contaminación. Para ello, se requiere la concurrencia de otro factor básico: el desencadenamiento de efectos negativos en seres vivos, llegando a afectar, finalmente, la calidad de vida del ser humano.

Como se deduce, lo importante es la generación de efectos negativos sobre procesos bioquímicos, sin discriminar sobre sus modalidades. Ello permite considerar como agentes de contaminación, algunos productos no

tóxicos, como el petróleo pero que su presencia inarmónica en el ambiente "gatilla" grandes efectos negativos para los seres vivos.

En el ejemplo mencionado, el principal efecto de la presencia de petróleo en cuerpos de agua se produce por su adherencia a órganos filtradores de agua, bloqueando la difusión de oxígeno; así, los peces y otros habitantes acuáticos mueren por asfixia, no por envenenamiento.

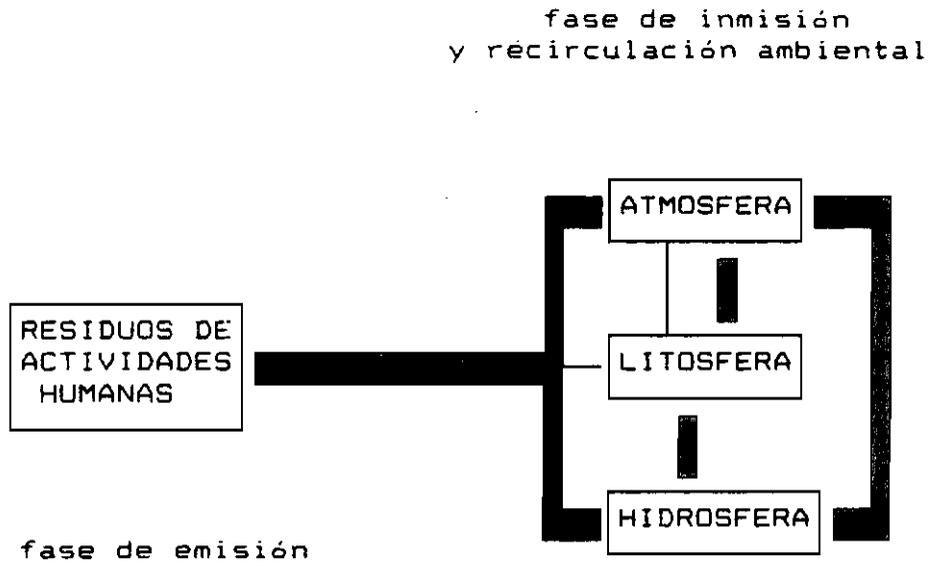
Es indudable que la toxicidad, factor distintivo de la contaminación para una importante parte de la sociedad, no es obligatoriamente definitorio de la contaminación ambiental, aunque, al igual que en referencia a lo de "sustancias extrañas", los impactos ambientales de contaminaciones involucrando tóxicos son máximos; por ello, un proceso evaluativo les debe dar la máxima importancia.

En este campo, una evaluación de los probables efectos ambientales desencadenados por una descarga significativa de residuos tóxicos no sólo debe considerar debidamente los aspectos referentes al potencial tóxico de éstos (lo que podría llamarse el riesgo intrínseco, sino que también la sensibilidad o tolerancia de los recursos biológicos que los recibirán.

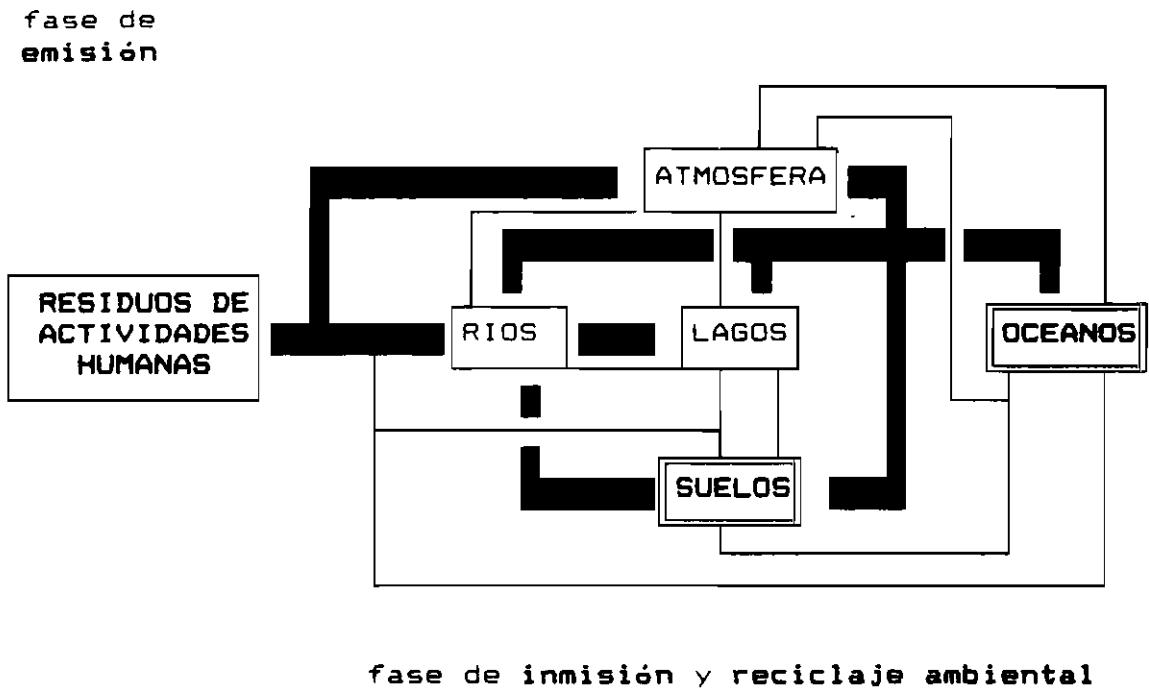
Ello permitirá dimensionar el tipo de impactos y la máxima magnitud potencial. Es excepcionalmente importante conocer el potencial interferente de los recursos materiales (suelos, aguas, atmósfera), lo que podría denominarse la protección intrínseca del sistema contaminado. Ello emerge del hecho constatado que una misma contaminación, en tipo y magnitud, producirá impactos de magnitud diferente en ecosistemas distintos.

Un último aporte conceptual trascendente es el referido a la persistencia ambiental o a su recíproco, la biodegradabilidad del contaminante, una vez liberado el ambiente. Al igual que en referencia a la toxicidad, si bien no es definitorio de contaminación, el impacto ambiental de una contaminación es, también, función directa de la persistencia ambiental del contaminante.

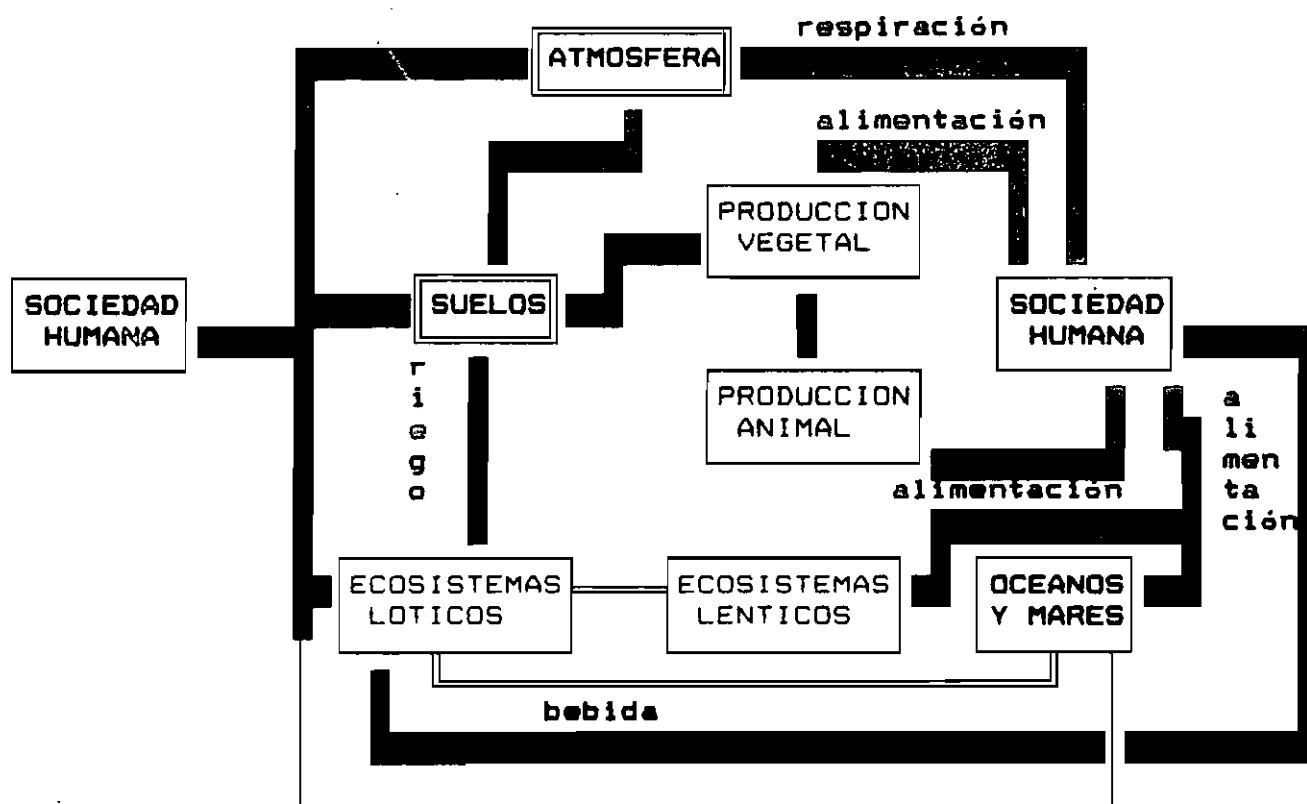
El factor persistencia es muy importante, por cuánto aceleraría la acumulación del contaminante en los recursos, permitiendo detonar efectos negativos en el menor tiempo posible y alcanzar una máxima dispersión ambiental, contaminando recursos y ecosistemas muy alejados del sitio de descarga, como se puede deducir de los circuitos de interconexión, mostrados a través de las Figuras 5.41., 5.42. y 5.43.



**FIGURA 5.41. CIRCUITOS DE DISPERSION DE CONTAMINANTES ENTRE LOS RECURSOS DEL AMBIENTE**



**FIGURA 5.42. CIRCULACION AMBIENTAL DE RESIDUOS ANTROPICOS, ENFATIZANDO AQUELLAS VIAS PRINCIPALES DE INTECONEXION**



**FIGURA 5.43. CIRCULACION AMBIENTAL DE RESIDUOS DESCARGADOS POR EL SER HUMANO, INDICANDO LAS VIAS POR LAS CUALES ESTOS ALCANZAN AL PROPIO CONTAMINADOR**

La trascendencia de la contaminación es una función de la magnitud de los efectos sobre los organismos biológicos, los que a su vez deben ser vistos a través de la persistencia de un ambiente contaminado, una vez desaparecida la causa, y también, a través de la persistencia de los efectos, una vez desaparecida la causa.

Una contaminación en que se conjugan factores de escasa o nula degradación ambiental y alto potencial tóxico de contaminantes tendrá una máxima evaluación negativa. Pero, igualmente lo tendrá una contaminación que, no obstante extinguirse el contaminante casi instantáneamente deja efectos negativos perdurables.

Este último es el caso de las radiaciones ionizantes, como la radiactividad, cuyos efectos son perdurables desde el momento que entra a afectar la composición genética o genotipo biológico; el caso de Chernobyl es terriblemente ilustrativo con aparición masiva de casos de malformaciones y cánceres transcurridos varios años del accidente.

Párrafo aparte merece el factor persistencia. Para evaluar la trascendencia de una contaminación, debe analizarse si se trata de residuos persistentes per-se, como los plásticos y metales pesados, con los que el reciclaje ambiental y acumulación en determinados sectores naturales serán de máximo impacto.

También, puede tratarse de residuos biodegradables pero cuya velocidad de degradación fuera función del recurso receptor; en este caso, se hablaría de persistencia adquirida y podría corresponder al caso de residuos de pesticidas, cuya persistencia parece, en gran medida, ser función del suelo y clima. A mayor contenido orgánico en los suelos, mayor retención de residuos y mayor persistencia aunque menor disponibilidad para las plantas.

Igualmente, el contaminante podría perdurar, en función de la magnitud y persistencia de las descargas a un ambiente, adquiriendo máxima dispersión y acumulación, no obstante una pronunciada labilidad. Es el caso de los microorganismos patógenos o residuos de detergentes, que se mantendrán en los ambientes, siempre que las descargas de aguas servidas no tratadas sean permanentes y su abundancia exceda la capacidad de dilución de la zona.

Las Figuras 5.41., 5.42. y 5.43. enfatizan una realidad poco comprendida, que los recursos y sistemas ambientales están intercomunicados, generando un complejo sistema de equilibrio dinámicos, o sea, un sistema homeostático. Desde la perspectiva de contaminación, sólo bajo condiciones de extrema rapidez de inestabilidad ambiental, de

escasez de aportes y/o intermitencia de descargas, el contaminante se restringirá al cuerpo receptor primario.

Por el contrario, lo normal es que el contaminante ingrese a un circuito infinito de transferencia entre recursos naturales, incluyendo las cadenas tróficas naturales o establecidas por el hombre (como es la agricultura), alcanzando una máxima dispersión en función de su persistencia, intrínseca o inducida.

Por esta vía de transferencias concatenadas, la **Figura 5.43.** indica que cualquier contaminación generará efectos ambientales negativos que repercutirán, finalmente, en la calidad de vida del propio ser humano. Esta afección podría ser directa, a través de la emergencia de enfermedades, producto de un ambiente degradado o de alimentos alterados, alteración del equilibrio psíquico por degradación de paisajes o deterioro en sus actividades económicas, como son las basadas en el uso de recursos naturales.

Estos circuitos de dispersión ambiental presentan dos componentes, de magnitud contrapuesta, que deben ser tomados en cuenta al evaluar una contaminación: la dispersión propiamente tal y la acumulación del contaminante.

Se debe entender que algunos recursos naturales tienen una función de comunicación, de transferencia de energía o materia entre dos puntos terminales; en ellos, como la atmósfera y los ríos, los contaminantes recibidos tenderán a ser entregados a otros recursos. La **Figura 5.43.** indica que en ellos, los impactos ambientales pueden, en gran medida, ser reversibles.

Existe otra categoría de recursos naturales, como los suelos, los lagos y los mares, que tenderán a mantener la carga química recibida antes que entregarla, produciéndose una neta acumulación del contaminante en el tiempo. Allí es donde debe buscarse los máximos impactos ambientales, que serán, generalmente irreversibles. No se olvide que la toxicidad es, primariamente, función de cantidad antes que de calidad de tóxico de una substancia.

Tal como se mencionó para la persistencia adquirida, una adecuada evaluación ambiental de una contaminación deberá incluir el grado de modificación del potencial tóxico de un contaminante por el ambiente receptor, como el tipo de suelo. A mayor capacidad interferente del suelo, mayor cantidad del contaminante se requerirá para producir un mismo efecto tóxico y por lo tanto más protegido está ese ambiente.

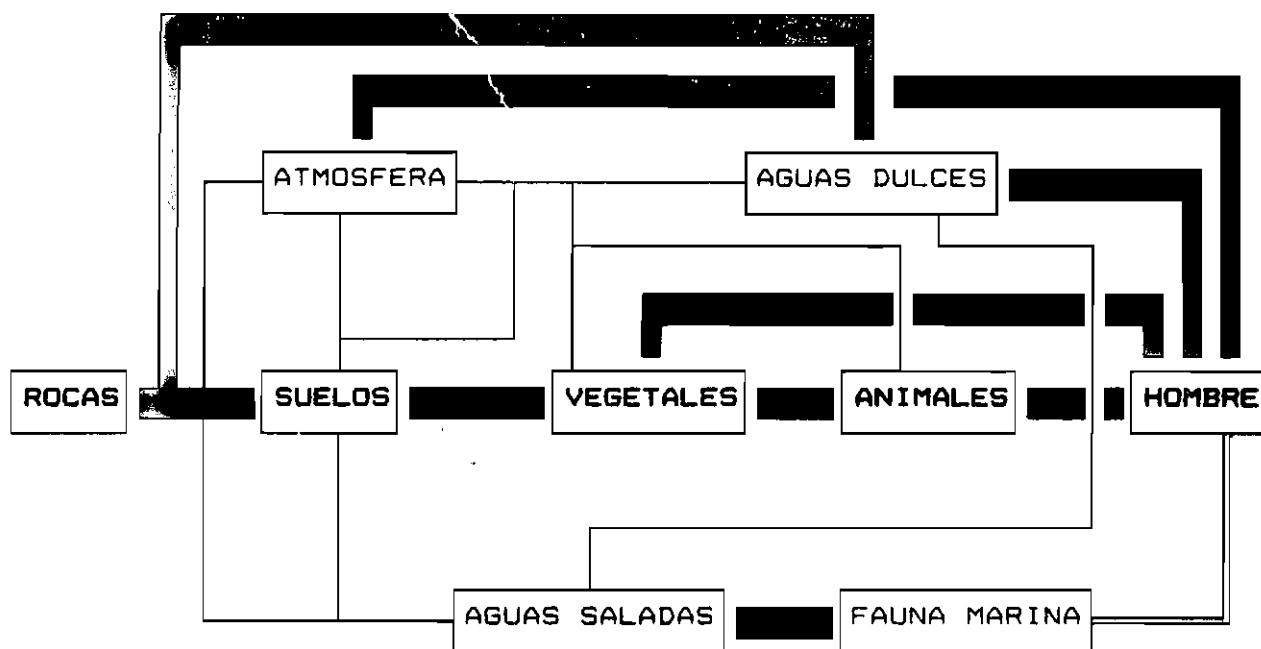
Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, INIA ha dado preferencia al estudio de procesos contaminantes en la agricultura que manifiesten el máximo potencial de impacto ambiental negativo, como son los que involucran metales pesados y RPOC, los que conjugan factores de persistencia, toxicidad y persistencia de descargas abundantes.

En el primer caso, se trata de sustancias no extrañas, presentes en la naturaleza, manteniendo un equilibrio dinámico, que se refleja en los alimentos humanos, tal como se expone en la **Figura 5.44**. Los metales provienen del magma incandescente que queda expuesto a la atmósfera, gracias a la formación de rocas, las que evolucionarán a suelos, según la intensidad de los factores formadores. A través de ello, su riqueza condicionará la dieta metálica del ser humano.

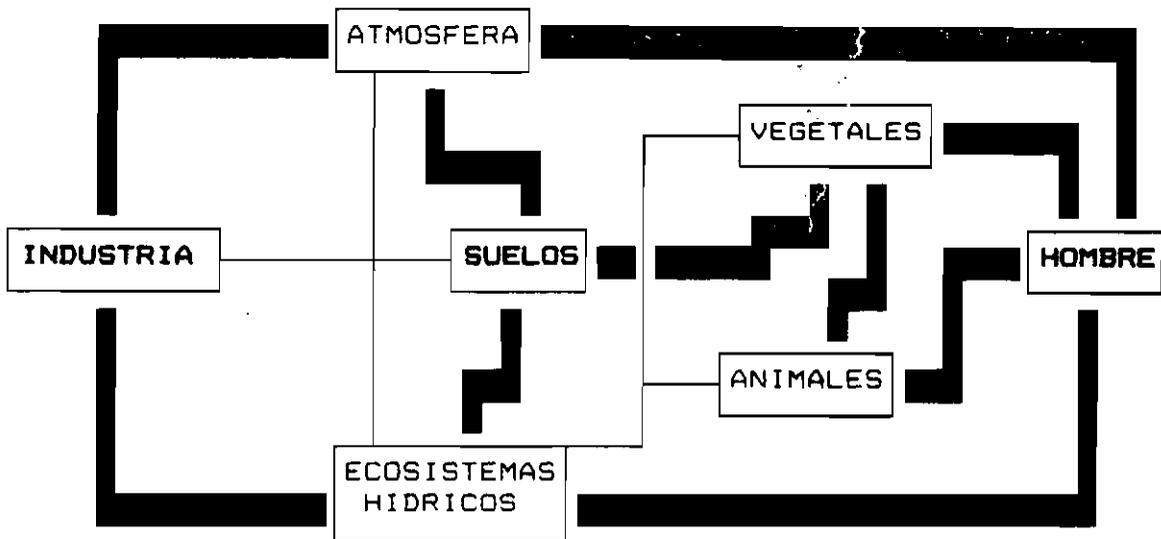
La **Figura 5.45** grafica la modificación en la cantidad de metales que ingiere el hombre, impuesta por éste mediante descargas industriales o de otros tipos.

Los efectos esperados serán de distinta índole, a saber una menor cosecha de alimentos (por exceder los umbrales críticos en suelos y aguas), alimentos alterados en composición o bien, ingesta directa de mayores dosis metálicas, por respiración o bebida.

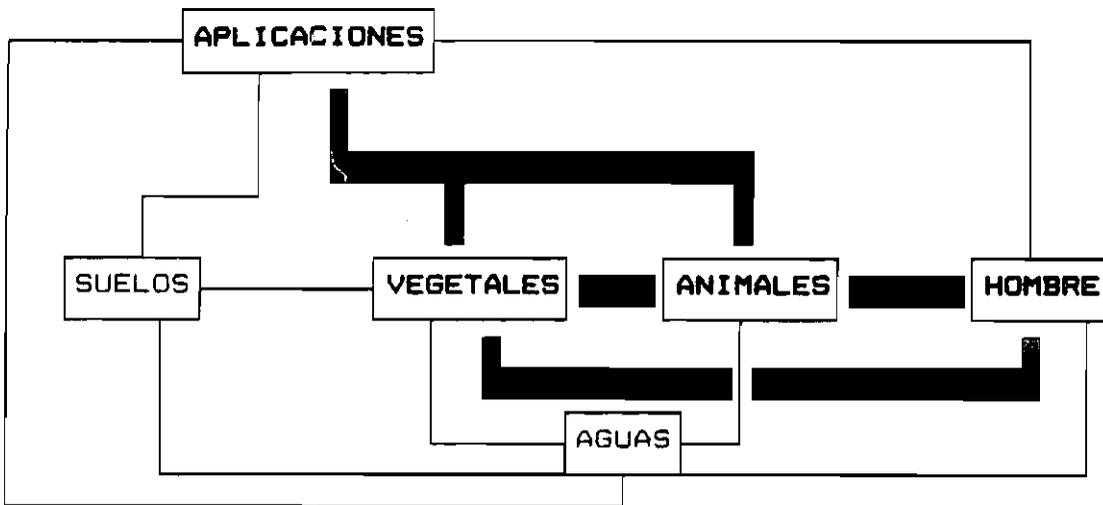
En cuanto a los residuos organoclorados, se trata de una contaminación con sustancias extrañas, definidas como xenobióticos (contrarias a la vida), con alta toxicidad biológica y alta persistencia ambiental. El esquema de reciclaje ambiental se resume en la **Figura 5.46**.



**FIGURA 9.44. BALANCE NATURAL DE METALES PESADOS EN EL AMBIENTE, MOSTRANDO LOS DIFERENTES EQUILIBRIOS ENTRE RECURSOS NATURALES ANTES DE LLEGAR AL HOMBRE**



**FIGURA 5.45.** CIRCUITOS DE DISPERSION AMBIENTAL DE METALES PESADOS, LIBERADOS COMO AGENTES DE CONTAMINACION. Se señala que el inicio y el término corresponden al ser humano



**FIGURA 5.46. CIRCUITOS DE DISPERSION AMBIENTAL DE RESIDUOS DE PESTICIDAS SEÑALANDO LAS VIAS POR LAS QUE ALCANZAN AL SER HUMANO**

## 6. RESULTADOS DEL SUBPROYECTO CONTAMINACION CON RESIDUOS DE PESTICIDAS

### 6.1. Estandarización Metodológica

Los métodos químicos están relacionados con la selección, adecuación y desarrollo de marchas separativas, purificación e instrumentación para la cuantificación de residuos de plaguicidas en diversas matrices. Por sus diferentes naturalezas, se genera enfoques operacionales distintos en cuanto si las matrices son de naturaleza polar (como los vegetales y matrices con alto contenido de agua) o no polar (como las grasas, carnes, leches y aceites).

En concordancia con las disponibilidades de laboratorio, se ha puesto a punto métodos reconocidos internacionalmente, principalmente para la cuantificación de residuos de pesticidas organoclorados (RPOC), organofosforados (RPOF) y otros, en alimentos y recursos naturales.

A continuación, se hace una breve reseña de los métodos de cuantificación de residuos de pesticidas en diferentes matrices, montados y puestos a punto. La descripción de los métodos se incluye en el Anexo IV.

#### 6.1.1. RPOC en grasas y aceites comestibles

Se estableció la técnica de codestilación, con arrastre de nitrógeno (Stijve y Brand, 1977), modificada por Ciudad et al (1985) y partición, según Steinwandter (1980).

La evaluación de RPOC en matrices no polares conlleva serias dificultades analíticas, debido a la fuerte afinidad entre los compuestos organoclorados y la matriz. La codestilación con arrastre de nitrógeno resultó ser una técnica de baja sensibilidad, con un límite mínimo de detección de 1 mg/kg, por lo que sólo es recomendable para estudios de prospección.

Al combinar la extracción de grasa por fusión térmica de la codestilación con la purificación en columna de gel de sílice, según Steinwandter (1980), el porcentaje de recuperación fué mejorado por sobre el 90%.

#### 6.1.2. RPOC on carnes de vacunos

La técnica adoptada fué la de partición (Steinwandter y Schluter, 1977), modificada por Ciudad (1988).

El método, de alta precisión y bajo costo, consiste en deshidratar el músculo con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro y homogenizarlo con ayuda de arena; este homogenizado es extraído con reflujo de solvente en un aparato Soxhlet. El extracto es purificado en una columna de gel de sílice. El eluato de bencina de petróleo-diclorometano es concentrado en rotovapor, posteriormente diluido con hexano y cuantificado por cromatografía de gases.

#### 6.1.3. RPOC on harinas de trigo y concentrados alimenticios

El método calibrado fué el de partición, de Specht (1984). La purificación se llevó a cabo en una columna de gel de sílice al 10%, diluyendo con una mezcla éter de petróleo-diclorometano 80/20 v/v.

Para aplicar la técnica, las matrices con bajo contenido de agua deben ser hidratadas; la mezcla se deja reposar para ser tratada, con acetona y Celite. El extracto es pasado por un embudo Büchner y el filtrado es agitado con NaCl.

La fracción cetónica es extraída con diclorometano y deshidratada con Sulfato de sodio anhidro; posteriormente, se evapora el diclorometano, disolviendo el residuo en hexano y se cuantifica por cromatografía de gases, con detector de captura de electrones (ECD).

Se probó la técnica de arrastre de vapor con reciclaje sobre iso-octano, conocida como MAVRI (Ciudad y Moyano, 1984) pero no se tuvo éxito, debido a que la formación de espuma no pudo ser evitada.

#### 6.1.4. RPOC on leches, frescas y en polvo, y huevos

Se montó el micrométodo de partición (Steinwandter y Schlütter, 1977), modificado por Marcus (1987).

Este método fue recomendado en 1983 por la International Dairy Federation (IDF) para estas matrices y tiene ventajas por un menor volumen de solventes y tiempo de trabajo. La extracción y purificación de pesticidas es simultánea en una columna de gel de sílice.

Las recuperaciones alcanzadas para los compuestos organoclorados incluidos en leches y huevos, se presentan en el **Cuadro 6.1.**, bajo dos eluyentes como fueron bencina de petróleo y bencina de petróleo-diclorometano (80/20 v/v). Una simple observación de los resultados permite asegurar que cualquiera de los eluyentes probados es aceptable.

#### 6.1.5 RPOC en frutas

Para estos análisis, se contó con la técnica MAVRI, generada, montada y puesta a punto para el Proyecto "Contaminación en el valle Aconcagua" (CHILE-INIA, 1986; Ciudad y Moyano, 1984); de menor sensibilidad que las técnicas convencionales pero de gran utilidad para estudios de prospección primaria, por su menor costo y tiempo de trabajo. Para un nivel de comprobación alternativa, también, se contó con la técnica convencional de multirresiduos (AOAC, 1984).

#### 6.1.6. RPOF en frutas

El método correspondió a una optimización de los métodos extractivos de Sawyer (1985) y Specht y Tilkes (1985), que apuntan a la cuantificación de RPOF como multirresiduos en frutas y hortalizas.

Se minimizó el número de pasos de limpieza (clean-up), como lo propuso Luke et al (1975), lo que es posible con organofosforados dado que no presentan tantas interferencias como los organoclorados. El método usado resultó ventajoso, por ser más rápido y económico que otros que se usan para el mismo fin.

Se montó un segundo método para cuantificación de RPOF, en la idea de contar con un método de mayor exquisitez analítica, para verificación de la prospección preliminar; para ello, se siguió las recomendaciones de la AOAC (1984).

#### 6.1.7. Acido dimetil-diamino-succínico (ALAR) en manzanas

El método empleado fué el de Edgerton et al (1967). Fundamentalmente, el método consiste en hidrolizar el ácido, dimetil-amino-hidrazina asimétrica en medio alcalino de NaOH al 50%, para liberar en ebullición, que reacciona con pentacianoamino ferrato trisódico a pH 5.

**CUADRO 6.1. PORCENTAJE DE RECUPERACION DE RPOC POR EL MICROMETODO IDF, UTILIZANDO DOS ELUYENTES**

**A. en leches fortificadas:**

RPOC	Fortificación mg/l	% recuperación de eluyentes	
		bp <sup>1</sup>	bp/dcm <sup>2</sup>
Lindano	0.02	71	86
Heptacloro	0.02	70	82
Heptacloro epóxido	0.02	97	93
Alfa-Clordano	0.02	82	85
Beta-Clordano	0.02	80	81
Aldrin	0.02	76	76
Dieldrin	0.02	68	77
Endrin	0.02	78	86
pp-DDE	0.02	83	70
op-DDD	0.02	60	59
pp-DDD	0.02	81	56
pp-DDT	0.02	84	72

**B. en huevos:**

RPOC	Fortificación		% recuperación de eluyentes	
	mg/l	M	bp	bp/dcm
Lindano	0.02	4	89.4	6.25
Heptacloro	0.02	4	89.9	6.07
Heptacloro epóxido	0.02	4	90.6	4.21
Alfa-Clordano	0.02	4	87.4	3.92
Beta-Clordano	0.02	4	84.9	3.61
Aldrin	0.02	4	88.1	6.63
Dieldrin	0.02	4	85.8	4.56
Endrin	0.02	4	85.8	7.46
pp-DDE	0.02	4	85.2	3.04
op-DDD	0.02	4	79.7	5.40
pp-DDD	0.02	4	86.7	7.13
pp-DDT	0.02	4	89.2	4.01

<sup>1</sup>bencina de petróleo

<sup>2</sup>bencina de petróleo/dicloro metano, 80/20 v/v

Se genera un compuesto coloreado, que se mide por espectrofotometría a 490 y 600nm. Para el éxito del método, es necesario usar un equipo de destilación especial, dotado de un refrigerante que favorezca el arrastre de la hidrazina.

Los resultados obtenidos de las pruebas de recuperación de ALAR en manzanas, por fortificación experimental, se presentan en el **Cuadro 6.2**. Según estos resultados, existen condiciones aceptables de recuperación y rangos de variación.

## 6.2. Prospección de RPOC en alimentos de consumo humano

### 6.2.1. Aceite comestible

A pesar de la gran sensibilidad analítica (0,002ppm), el análisis de las muestras de aceite comestible no arrojó resultados positivos, en cuanto a la detección de los pesticidas incluidos en el análisis y cuyo detalle se presenta en el Anexo II (Cuadro 15).

### 6.2.2. Carne de vacuno

La situación fué completamente distinta con las muestras de carne bovina. El **Cuadro 6.3** muestra los porcentajes de ocurrencia y rangos de concentración de los compuestos organoclorados detectados en las muestras analizadas. Se llegó a la conclusión que, con excepción del Lindano cuyo origen sería ambiental, los restantes valores corresponderían a contenidos extraños de residuos.

Se consideró como referencias de límites máximos, los propuestos por la Comisión del Codex Alimentarius (FAO/OMS, 1987), que son más restrictivos que los propuestos en años anteriores (1974 y 1976) y que fueron tomados como base por el Ministerio de Salud para la dictación de la Resolución 1450 (1982) que fijó las tolerancias máximas de pesticidas en alimentos de consumo interno.

La **Figura 6.1** indica que todas las muestras contenían residuos de, a lo menos, dos pesticidas, en tanto que el 30% contuvo tres, el 23% contuvo cuatro, habiendo un 13% con cinco o seis residuos distintos.

De acuerdo a la información totalizada en los **Cuadros 6.4** y **6.5**, fué posible llegar al siguiente análisis por pesticida:

**CUADRO 6.2. DENSIDAD OPTICA (D.O.490nm - D.O.600nm), % DE RECUPERACION Y % DE VARIACION PARA MANZANAS FROTIFICADAS CON ALAR, A 3 NIVELES: 2; 5 Y 8 mg/kg**

ALAR mg/kg	DENSIDAD OPTICA 490 - 600 nm	P O R C E N T A J E S recuperación variación	
2	0,100	77,7	8,5
5	0,190	79,2	6,8
8	0,305	92,6	13,5

**CUADRO 6.3. CONTENIDO DE RPOC (mg/kg grasa en la canal) EN 30 MUESTRAS DE CARNE PROVENIENTES DE LA REGION METROPOLITANA. Promedio, rango, n<sup>1</sup>, % ocurrencia y LMR<sup>2</sup>**

Compuesto	Prom. mg/kg	Rango mg/kg	n	% Ocurrencia	LMR <sup>3</sup> % mg/kg
Lindano (BHC)	0,136	0,016-0,949	30	100	2,0
Heptacloro	0,090	0,004-0,500	14	46,7	0,2 <sup>4</sup>
Heptacloro epóxido	0,148	0,017-0,640	23	76,7	0,2(E)
Heptacloro + epóxido	0,179	0,017-0,800	26	86,7	0,2(E)
Dieldrin	0,263	0,021-2,023	14	46,7	0,2(E)
Aldrin	0,107	-	1	3,3	0,2(E)
A-clordano	0,149	0,024-0,800	8	26,7	0,05(E)
pp-DDE	0,117	0,011-0,244	6	20,0	5,0(E)
pp-DDD	0,137	-	1	3,3	5,0(E)
10 DDT + metabolitos	0,169	0,011-0,357	6	23,3	5,0(E)

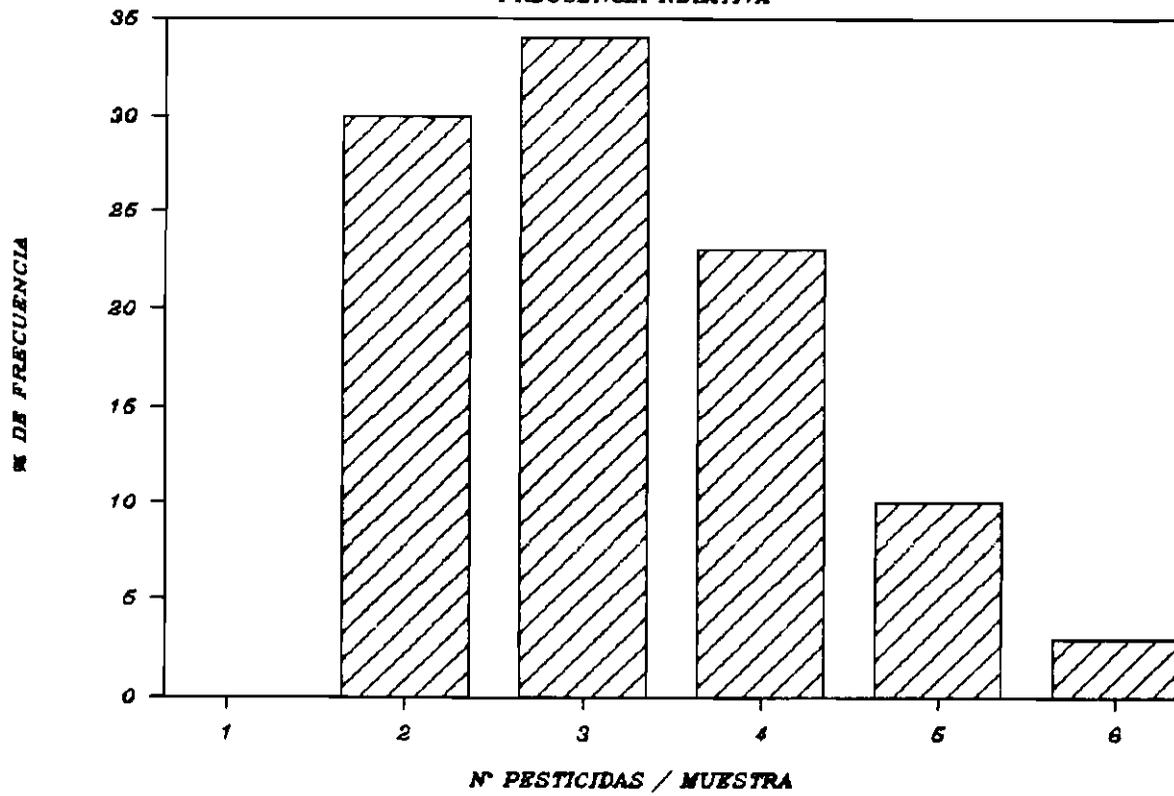
<sup>1</sup>Número de observaciones

<sup>2</sup>Según FAO/OMS (1987)

<sup>3</sup>Expresado en mg/gr de grasa en la canal

<sup>4</sup>Correponde a limite extraño de residuos

**FIGURA 6.1. N° DE PESTICIDAS POR MUESTRA**  
**FRECUENCIA RELATIVA**



**CUADRO 6.4. PORCENTAJE DE MUESTRAS DE CARNE QUE EXCEDEN LOS CORRESPONDIENTES LIMITES MAXIMOS DE RESIDUOS DE PESTICIDAS (LMR), SEGUN LA RESOLUCION 1450 (CHILE-Ministerio de Salud, 1983)**

Pesticida	Nº > LMR	% de muestras > LMR
Lindano	0	sin excesos
Heptacloro + metabolito	6	20,0 (hasta 3*LMR)
Aldrin	0	sin excesos
Dieldrin	2	6,6 (hasta 10*LMR)
Heptacloro	1	3,3 (hasta 2,5*LMR)
Heptacloro epóxido	4	13,3 (hasta 3*LMR)
DDT + metabolitos	0	sin excesos
A-Clordano	5	16,7 (hasta 16*LMR)

**CUADRO 6.5. COMPARACION ENTRE VALOR PROMEDIO Y LOS LIMITES MAXIMOS DE RESIDUOS PARA CHILE<sup>3</sup>, SUGERIDOS POR EL CODEX ALIMENTARIUS<sup>4</sup> Y FDA<sup>5</sup>. Expresión en mg/kg**

RPOC	Promedio	Chile	Codex	FDA
Lindano	0,136	2,0	2,0	
Heptacloro y epóxido	0,179	0,2	0,2	0,3
Aldrin + Dieldrin	0,263	0,2	0,2	0,3
A-Clordano	0,149	0,05 <sup>6</sup>	0,05 <sup>7</sup>	
DDT + metabolitos	0,169	7,00	5,0	5,0

<sup>3</sup>según Resolución 1450, del Ministerio de Salud, 1982

<sup>4</sup>Comisión Conjunta FAO/DMS. Vol. XIII, 1987

<sup>5</sup>Según el Food and Drug Administration (USA), 1987

<sup>6</sup>válido para carnes de ave

<sup>7</sup>válido sólo para carnes de ave

- Lindano, xenobiótico presente en el 100% de las muestras con un promedio de 0,136 mg/kg grasa, en ningún caso sobrepasó su límite máximo de residuos (LMR) (2mg/kg grasa),
- Heptacloro, se presentó en el 47% de las muestras, con un promedio de 0,09 mg/kg grasa, excediendo en un caso en 2,5 veces su límite extraño de residuos (LER),
- Heptacloro epóxido, con una ocurrencia del 77% y promedio de 0,148 mg/kg; 13.3% de las muestras excedieron su LER, llegando a hacerlo hasta en 3 veces,
- A-clordano, con una ocurrencia del 27% y promedio de 0,149 mg/kg; su límite de tolerancia es inferior al resto (0,05mg/kg grasa) y el exceso del LMR alcanzó el 17%, llegando a hacerlo hasta en 17 veces,
- Aldrin, con un sólo caso positivo y sin exceder su LMR,
- Dieldrin, con un 47% de ocurrencia y un promedio de 0,263 mg/kg, excedió en 2 casos su LMR hasta 7 veces, y
- DDT y metabolitos, con una ocurrencia del 23% pero sin exceder su LMR.

Los antecedentes presentados permiten asegurar que, según las recomendaciones del Codex Alimentarius, el 23% de las muestras no serían aptas para consumo; se da el caso de una muestra con dos pesticidas en exceso, simultáneamente.

#### 6.2.3. Harina de trigo

Se comprobó la presencia de 5 residuos distintos, Lindano, Aldrin, Dieldrin, pp'-DDE y A-clordano, tal como se aprecia en el Cuadro 6.6. Prácticamente, el 75% de las muestras analizadas contuvo los tres pesticidas primeramente nombrados.

No obstante esto, ningún pesticida presentó contenidos que excedieran sus LMR. Las muestras cumplieron con la exigencia sanitaria de límites de tolerancia de residuos de pesticidas y los niveles encontrados son sólo el reflejo de la alta sensibilidad analítica.

#### 6.2.4. Lecho de vacas

**CUADRO 6.6. CONTENIDOS PROMEDIOS Y RANGO (mg/kg), n<sup>1</sup> Y % DE OCURRENCIA DE RPOC EN 17 MUESTRAS DE HARINA DE TRIGO, PROVENIENTES DE 5 MOLINOS EN LA REGION METROPOLITANA. Incluye valores de LMR<sup>2</sup>**

PESTICIDA	PROMEDIO	RANGO	n	% Ocurrencia	LMR
Lindano	0,0013	0,0007-0,0050	11	65	0,50
Aldrin	0,0014	0,0006-0,0048	12	71	0,20
Dieldrin	0,0012	0,0008-0,0070	14	82	0,02
pp-DDE	0,0009	0,0006-0,0012	4	24	0,10
A-Clordano	0,0006		1	6	0,05

<sup>1</sup>Cantidad de observaciones positivas

<sup>2</sup>Según FAO/OMS (1987)

Los resultados de los análisis en 21 muestras, provenientes de las principales plantas procesadoras de leche larga vida, deshidratada y pasteurizada, que se expenden en los diferentes supermercados de la Región Metropolitana, se presentan en el **Cuadro 6.7.**

Al igual que en carnes expandidas en la Región Metropolitana, el Lindano fué detectado en el total de las muestras, en un rango de 0,001 a 0,0049 mg/lt, no sobrepasando en ninguna instancia el LMR de 0,010 mg/lt (FAO/OMS, 1987), demostrando que este organoclorado es, prácticamente, ubicuo en carnes y leche y su detección es dependiente de la sensibilidad de los métodos que se emplean.

También, fueron detectados pp-DDE y Dieldrín en casi el 90% de las muestras pero, siempre, en niveles bajos, equivalentes a 2 ug/kg, concentraciones que están lejos de alcanzar los respectivos LMR.

#### 6.2.5. Huevos

El estudio prospectivo preliminar de ocho planteles de la Región Metropolitana permitió seleccionar los tres planteles con mayores contenidos residuales, a los que se les hizo un seguimiento más exhaustivo, dando los resultados que se presentan en el **Cuadro 6.8.**

Pudo comprobarse que todas las muestras presentaron Dieldrín y Lindano, con un rango de concentraciones de 0,0024 a 0,0077 mg/kg y de 0,0011 y 0,0082 mg/kg, respectivamente; en todo caso, no se detectó exceso sobre los límites de tolerancia, establecidos en la Resolución 1450, del Ministerio de Salud.

#### 6.2.6. Uva de mesa

Los resultados de residuos organoclorados y organofosforados en uva de mesa se presentan en los **Cuadros 6.9. y 6.10.**

Puede verse que, en solamente 9 de las muestras, se detectó la presencia de algún organoclorado, con una ocurrencia del 12,3%. Prácticamente, la totalidad de las veces se trató de Dieldrín, existiendo un sólo caso de Aldrín y Lindano.

Es evidente que ninguna de las muestras representaría riesgos para la salud del consumidor o de rechazo en el comercio exterior, ya que se trata de residuos en niveles trazas, esto es, contenidos cercanos a 0,002 mg/kg.

**CUADRO 6.7. PROMEDIO Y RANGO (mg/lt), n<sup>1</sup> y % DE OCURRENCIA DE RPOC EN MUESTRAS DE LECHE QUE SE EXPENDEN EN LA REGION METROPOLITANA**

Pesticida	Promedio	Rango	n <sup>e</sup>	% Ocurrencia	LMR <sup>3</sup>
Lindano	0,00243	0,001-0,0049	21	100	0.010
pp'-DDE	0,00208	0,001-0,0045	18	86	0,050 <sup>4</sup>
Dieldrin	0,00219	0,001-0,0016	19	90	0,006 <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Cantidad de casos positivos

<sup>e</sup>n= N° de casos positivos

<sup>3</sup>Según los sigeridos por la Comisión Conjunta del Codex Alimentarius. Vol. XIII (FAO/OMS, 1987)

<sup>4</sup>Corresponde a limite extraño de residuos (LER)

<sup>3</sup>Corresponde a limite extraño de residuos (LER)

**CUADRO 6.8. CONCENTRACIONES DE RESIDUOS DE LINDANO Y DIELDRIN EN HUEVOS DE TRES PLANTELES DE LA REGION METROPOLITANA (mg/kg huevo total)**

Plantel 1		Plantel 2		Plantel 3	
Lindano	Dieldrin	Lindano	Dieldrin	Lindano	Dieldrin
0,0011	0,0030	0,0062	0,0054	0,0057	0,0077
0,0016	0,0070	0,0029	0,0070	0,0050	0,0047
0,0027	0,0057	0,0041	0,0028	0,0052	0,0041
0,0031	0,0077	0,0056	0,0041	0,0029	0,0024
0,0036	0,0039	0,0060	0,0031	0,0082	0,0024
0,0041	0,0041	0,0051	0,0047	0,0023	0,0044
0,0050	0,0090	0,0047	0,0041	0,0075	0,0024
0,0030	0,0036	0,0052	0,0036	0,0061	0,0034
0,0060	0,0057	0,0028	0,0038	0,0054	0,0030
0,00355 <sup>1</sup>	0,00552	0,00473	0,00429	0,00553	0,00383
0,00154 <sup>2</sup>	0,00205	0,00124	0,00128	0,00179	0,00170

LMR para Lindano y Dieldrin, según

- Resolución 1450 (CHILE-Min. Salud)= 0,10 mg/kg
- FAO/OMS= 0,10 mg/kg

<sup>1</sup>valor promedio

<sup>2</sup>desviación estándar

**CUADRO 6.9. CONSOLIDADO DE LA DETERMINACION DE RPOC EN MUESTRAS DE UVA DE MESA EXPORTABLE**

Región	Tamaño Muestral	Casos positivos y producto mg/kg	Nivel	% Ocurrencia <sup>1</sup>
III y IV	11	-	ND <sup>2</sup>	0,0
V	28	4 Dieldrin	Trazas <sup>3</sup>	14,3
R.M.	30	4 Dieldrin 1 Lindano/Aldrin	Trazas	16,6
VI	4	-	ND	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>73</b>	<b>9</b>	<b>Trazas</b>	<b>12,3</b>

**CUADRO 6.10. CONSOLIDADO DE LA DETERMINACION DE RPOF EN MUESTRAS DE UVA DE MESA EXPORTABLE**

Región	Tamaño Muestral	Casos positivos y producto mg/kg	Nivel	% Ocurrencia
III y IV	11	3 Dimethoate	Trazas	27,3
V	28	6 Ethyl-Parathion Phosmet	Trazas EP 0,086-0,127Ph	21,4
R.M.	30	8 Ethyl-Parathion Phosmet	Tr-0,77 EP Tr-0,32 Ph	26,6
VI	4	2 Dimethoate, Phosmet	Trazas DI 0,76 Ph	50,0
<b>TOTAL</b>	<b>73</b>	<b>19</b>		<b>26,0</b>

<sup>1</sup>Relación porcentual entre casos positivos y total de muestras

<sup>2</sup>No detectado; contenidos <0,005 mg/kg

<sup>3</sup>No cuantificable; contenido entre 0,005 y 0,02 mg/kg para OC, 0,20 Dimethoate, 0,01 Ethyl Parathion y 0,07 Phosmet

En cuanto a variaciones regionales, los casos detectados procedieron de las Regiones V (4 casos) y Metropolitana (5 casos), no habiéndose detectado presencia de RPOC en las Regiones III, IV y VI.

El camino más probable de ingreso de RPOC en uvas sería el de reciclaje ambiental de residuos de aplicaciones preteritas teniendo la acumulación y persistencia en suelos, una gran importancia. No se descarta, en todo caso, el aporte de aerosoles por arrastre eólico, desde áreas vecinas donde hubiera ocurrido alguna aplicación.

La ocurrencia de organofosforados en uva es mayor que la de OC (26% contra 12,3%), lo que constituye quizás una evidencia de un uso actual más masivo de estos compuestos. Además, la identidad de residuos OF es también más amplia ya que se detectó la presencia de 3 productos distintos: Phosmet, Ethyl-Parathion y Dimethoate.

Los contenidos detectados se mantuvieron por debajo de los respectivos LMR, como se ve en el Anexo II (Cuadro 20). Considerando que las concentraciones detectadas se acercan más a sus LMR que los OC y que hay casos positivos en todas las Regiones estudiadas, se estimó que sus presencias se deben a un uso actual directo antes que a otra causa.

#### 6.2.7. Nectarinos

Una consolidación de los resultados generados se presenta en los Cuadro 6.11. y 6.12., para RPOC y RPOF, respectivamente.

En cuanto a los OC, se pudo constatar una muy baja ocurrencia de éstos representados por el Dieldrín en muestras de la V Región. Lo mismo que en uvas, esta detección sólo refleja la exquisitez analítica ya que se trata de concentraciones no mayores a 0,003mg/kg, nivel muy por debajo del LMR respectivo (0,10mg/kg).

Tomando en cuenta que una prospección preliminar efectuada por INIA, entre 1981 y 1985, comprobó la omnipresencia de residuos OC en suelos del valle Aconcagua, se insiste en asignar los casos positivos a reciclaje ambiental, probablemente por absorción radicular de residuos acumulados en los suelos.

Distinta es la situación de los RPOF, mostrando una ocurrencia del 36,4%, circunscrita a un sólo producto (Phosmet) y a una sólo Región (la Metropolitana). En ésta Región, la ocurrencia alcanzó el 72,3%, reflejando el uso actual extendido de este producto en esta fruta.

**CUADRO 6.11. CONSOLIDADO DE LA DETERMINACION DE RPOC EN MUESTRAS DE NECTARINOS**

Región	Tamaño Muestral	Casos positivos y producto	Nivel mg/kg	% Ocurrencia <sup>1</sup>
V	11	3 Dieldrin	Trazas <sup>2</sup> - 0,003	27,3
R.M.	11	0	ND <sup>3</sup>	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>Tr-0,003</b>	<b>13,6</b>

**CUADRO 6.12. CONSOLIDADO DE LA DETERMINACION DE RPOF EN MUESTRAS DE NECTARINOS**

Región	Tamaño Muestral	Casos positivos y producto	Nivel mg/kg	% Ocurrencia
V	11		ND	0,0
R.M.	11	8 Phosmet	Trazas- 0,142	72,3
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>8</b>		<b>36,4</b>

<sup>1</sup>Relación porcentual entre casos positivos y total de muestras

<sup>2</sup>No cuantificable; contenido entre 0,005 y 0,02 mg/kg para OC, 0,20 Dimethoate, 0,01 Ethyl Parathion y 0,07 Phosmet

<sup>3</sup>No detectado; contenidos <0,005 mg/kg

El rango de concentraciones obtenido, entre 0,070 y 0,142 mg/kg, no excede el LMR de 35 mg/kg, fijado por la Environmental Protection Agency (EPA) para este producto en esta fruta.

#### 6.2.8. Manzanas

En primer lugar, lo más resaltante es que no detectó ningún caso positivo de RPOC en este fruto, en tanto que, según el Cuadro 6.13., 5 de las 12 muestras analizadas presentaron residuos de Diazinon y Phosmet, en niveles cercanos a sus lmd analíticos de 0,001 y 0,07 mg/kg, respectivamente, que son muy inferiores a sus LMR.

Considerando al tolerancia de 20 mg/kg en manzanas, establecida por la EPA<sup>1</sup>, se comprobó que las 4 muestras positivas a ALAR que muestra el Cuadro 6.14., de manzanas rojas, estuvieron casi 10 veces por debajo de ese nivel y muy cercano al lmd del método (2 mg ALAR/kg).

#### 6.3. Reciclaje de RPOC en sistemas de producción avícola

Los resultados obtenidos se incluyen en los Cuadros 6.15. (RPOC en huevos), 6.16. (RPOC en grasa abdominal de aves), 6.17. (RPOC en concentrados alimenticios) y 6.18. (RPOC en ingredientes de concentrados), además del Cuadro 6.8., que presentó los niveles de RPOC en huevos.

Comparando los resultados de RPOC en huevos y grasa abdominal de aves, procedentes de tres planteles de la Región Metropolitana, se evidenció una estrecha asociación entre la identidad de los compuestos detectados, Lindano y los ciclodienos Aldrin/Dieldrin; en cuanto a porcentaje de ocurrencia, la asociación sólo fué válida para el plantel en Malloco.

En este mismo plantel, se detectó adicionalmente un metabolito del DDT (pp-DDE), con un 73% de ocurrencia, compuesto no encontrado en huevos. Ello indicaría una presencia residual de DDT preservado en la grasa, descartándose una ingesta contemporánea.

---

<sup>1</sup>Environmental Protection Agency (USA). Pesticide Manual Guide, Dec./87

**CUADRO 6.13. CONSOLIDADO DE LA DETERMINACION DE RPOF EN MUESTRAS DE MANZANAS**

Región	Tamaño Muestral	Casos positivos y producto	Nivel mg/kg	% Ocurrencia <sup>1</sup>
R.M.	3	-	ND <sup>2</sup>	0,0
VI	9	5 Diazinon, Phosmet	Trazas <sup>3</sup>	55,0
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>5</b>		<b>4 1 , 0</b>

**CUADRO 6.14. CONTENIDO DE ALAR EN 12 MUESTRAS DE MANZANAS EXPORTABLES**

Nº ident.	Región	Variedad	Contenido ALAR mg/kg
2589	R.M	Granny Smith	ND <sup>4</sup>
2590	R.M	Granny Smith	ND
2610	VI	Granny Smith	ND
2621	R.M.	Granny Smith	ND
2666	VI	Red Delicious	ND
2667	VI	Red Delicious	ND
2668	VI	Red Delicious	2,37
2669	VI	Red Delicious	ND
2609	VI	Starking Delicious	ND
2703	VI	Starking Delicious	1,28
2670	VI	Richard Delicious	2,21
2671	VI	Richard Delicious	1,79

<sup>1</sup>Relación porcentual entre casos positivos y total de muestras

<sup>2</sup>No detectado; contenidos <0,005 mg/kg

<sup>3</sup>No cuantificable; contenido entre 0,005 y 0,02 mg/kg para OC, 0,20 Dimethoate, 0,01 Ethyl Parathion y 0,07 Phosmet

<sup>4</sup>No detectado; contenidos <1,0 mg ALAR/kg

Localidad	L I N D A M O				ALDRIN/DIELDRIN			
	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°
Halleco	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	0.006	0.004	0.003	0.004	0.007	0.005	0.004	0.004
	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004
La Pintana	0.006	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	0.002	0.006	0.005	0.005	0.007	0.002	0.004	0.004
	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Peñafiel	0.006	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004

LMPF. *según Remo Lucán 1450. Laboratorio de Salud Pública-1982.*  
 Lindano 0,1 mg/kg  
 Aldrin/Dieldrin 0,1 ng/kg

CUADRO 4-16. RPOC (ng/kg) EN GRASA ABDOMINAL DE AVES WHITE LESHORN, REGION METROPOLITANA

Zona	L I N D A M O				ALDRIN/DIELDRIN			
	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°
Molleco	0.009	0.013	0.044	0.044	0.070	0.076	0.107	0.027
	0.030	0.013	MC1	MC1	0.137	0.037	MC	0.023
	0.027	0.017	0.010	0.043	0.079	0.077	0.070	0.027
	0.136	0.143	0.016	MC	0.076	0.146	0.073	0.027
La Pintana	0.044	ND	MC	MC	0.034	ND	ND	0.030
	ND	ND	MC	MC	0.131	ND	ND	ND
	0.013	0.029	MC	MC	0.062	ND	ND	ND
	0.030	ND	MC	MC	0.121	0.033	ND	ND
Peñafiel	0.014	ND	ND	ND	0.060	0.070	ND	0.070
	ND	ND	ND	ND	0.060	ND	ND	ND
	ND	ND	MC	MC	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

1 Ocurrancia per DC 60 61.1 64.4

LRR (EMILE-Rin. Solud Pública, 1982): Lindano 0,7 Aldrin/Dieldrin 0,1 pp-ppp 1,23 ng/kg

1 No cuantificable, entre 0,003 y 0,02 ng/kg

2 No detectable, <0,003 ng/kg

CUADRO 6-17. RPOC (mg/kg) EN CONCENTRADOS ALIMENTICIOS PARA BOLLINAS WHITE LEBHORN, REGION METROPOLITANA

Lugar	tipo concentrado	L I N D A N O %			A L D M I N + D I E L D R I N %		
		1°	2°	3° Prom. Ocurr.	1°	2°	3° Prom. Ocurr.
Molloco	Ballina Stereos	0.003	0.008	0.002	0.001	0.003	0.006
	Pollito	0.003	0.001	NC <sup>1</sup>	0.001	0.005	NC
	Recría	0.007	0.003	NC	0.001	NC	NC
	Ponedora 15	0.002	0.008	NC	0.002	0.003	0.005
	Ponedora 17	0.007	0.008	0.005	0.005	100.0	0.002 0.004 0.003 100.0
La	Ponedora F1	NC	NC	0.004	NC	NC	NC
Pintana	Ponedora F2	ND <sup>2</sup>	NC	0.008	NC	NC	NC
	Ponedora FA	ND	ND	0.002	NC	ND	ND
	Recría	ND	NC	0.002	0.003	100.0	NC 100.0
Peñaflor	Ponedora 1	0.006	NC	0.003	NC	NC	NC
	Ponedora 2	ND	NC	NC	NC	NC	ND
	Recría	ND	NC	ND	0.005	100.0	NC 100.0

<sup>1</sup> Detección positiva del DC pero no cuantificable (0,005-0,02 mg/kg)

<sup>2</sup> DC no detectado (<0,005 mg/kg)

CUADRO 6.1 B. RPDC (ag/kg) EN INGREDIENTES ALIMENTICIOS DE BALLINAS WHITE LEHORN, REGION METROPOLITANA

Ingrediente Planta	L I M D A N O	ALDRIN/DIELDRIN	C L O R D A N O	P P D D E	E N D R I N	% Ocurr. o Ingrid.
Raíz	Molloco	ND	ND	ND	ND	ND
	La Pintana	0.003	0.001	0.001	ND	ND
	Peñaflor	0.003	0.004	ND	ND	88.9
% Ocurr. o pesticida	66.7	55.4	0.0	11.1	0.0	
Afrochi- lle de Trigo	Molloco	0.015	0.011	0.001	0.005	ND
	La Pintana	NC	0.031	ND	NC	ND
	Peñaflor	0.005	0.003	NC	NC	ND
% Ocurr. / pesticida	88.9	88.9	0.0	0.0	0.0	100.0
Marina de Pescado	Molloco	0.008	ND	0.004	ND	ND
	La Pintana	ND	ND	0.001	ND	ND
	Peñaflor	0.001	ND	0.003	ND	0.003
% Ocurr. / pesticida	22.2	66.7	11.1	0.0	22.2	77.8
Afrecho de Maravilla	Molloco	0.002	ND	ND	0.001	ND
	La Pintana	0.017	ND	ND	ND	ND
	Peñaflor	0.001	ND	ND	ND	ND
% Ocurr. / pesticida	33.3	0.0	11.1	0.0	0.0	33.3
% Ocurrencias - por pesticida - por plantas	Molloco 58.8 La Pintana 66.7	Peñaflor 52.8 La Pintana 78.0	0.0	2.8	5.6	75.0

<sup>1</sup>LMM en azúcar, según Resolución 1480 (Ministerio de Salud, 1983);  
-Lindano, 0,150 ag/kg - Aldrin+Dieldrin, 0,02 ag/kg - DDT+metabolitos, 0,10 ag/kg

<sup>2</sup>No detectado, contenido <0,001 ag/kg

<sup>3</sup>No cuantificable, contenido entre 0,005 y 0,001ag/kg

En relación a la magnitud de la presencia de RPOC, se detectó un grado de magnitud mayor en la grasa abdominal que en los huevos, lo que refleja la condición de tejido acumulador de compuestos lipofílicos de las grasas. No obstante, no hubo detección de casos de contenidos residuales en grasas o huevos que excedieran la normativa vigente (CHILE-Ministerio de Salud, 1983; FAO/OMS, 1987).

Viendo el Cuadro 6.17., se constató una estrecha asociación de identidad de OC con los detectados en los concentrados alimeticios con los de huevos y grasas abdominales, manteniendo una relación prácticamente total de ocurrencia con los huevos. La totalidad de las muestras de concentrados presentó Lindano y Aldrin/Dieldrin.

Llamó la atención que los concentrados utilizados en el plantel en Malloco presentaran contenidos mayores de estos xenobióticos que los usados en los planteles en La Pintana y Peñaflores; casi todas las muestras de estos dos últimos planteles estuvieron en el rango no cuantificable. No existe normas que defina LMR en concentrados.

Como se observa en el Cuadro 6.18., existe una mayor variabilidad de identidad, magnitud y ocurrencia de RPOC en los ingredientes empleados en la preparación de los concentrados. Si bien los compuestos más ubicuos corresponden a los encontrados en huevos, grasas y concentrados, los ingredientes presentaron, además contaminaciones menores de A-clordano, pp-DDE y Endrin.

La presencia de RPOC en los concentrados provendría del afrechillo de trigo (100%), maíz (89%) y harina de pescado (78%); la participación del afrecho de maravilla sería menor (33%).

No se detectó presencia de pp-DDE en concentrados ni en ingredientes, lo que refuerza más la idea que la presencia de este metabolito del DDT en muestras de grasa abdominal de aves del plantel en Malloco sea producto de una ingesta pretérita y su preservación en este tejido, aunque no se descarta que sea residuo extraño.

Se cuenta sólo con niveles referenciales de residuos en maíz (CHILE-Ministerio de Salud, 1983), los que indican que el 100% de las muestras analizadas presentan contenidos bajo el LMR. De estos resultados, se podría deducir la no existencia de casos con niveles excedidos para las restantes matrices.

#### 6.4. Reciclaje de RPOC en áreas de producción bovina

##### 6.4.1. Prospección de RPOC en grasa perirrenal

Los resultados del análisis de 110 muestras de grasa perirrenal de bovinos muestreadas a nivel de mataderos entre las Regiones Metropolitana y XI (Cuadro 6.19.), indican diferencias importantes en los porcentajes regionales de ocurrencia de RPOC, en un rango que va desde el 56%, en la VIII Región, al 100%, en la VII Región.

Se constató que las Regiones con mayor presencia de RPOC fueron la VII, X (89%) y IX (88%), en tanto que la menor presencia fue encontrada en las Regiones XI (64%) y VIII.

El pesticida más detectado a nivel nacional, fue el Lindano, con un 56% de ocurrencia, seguido por los ciclodienes Aldrín/Dieldrín, con un 46%. No obstante que no existe una relación perfecta, se pudo comprobar una tendencia global a la disminución de la ocurrencia hacia el sur del país.

Además, hubo detección positiva de heptacloro y su epóxido, con un 32% nacional, y de DDT y sus metabolitos, con un 37% nacional. Con respecto a este último, es importante indicar que sólo el 10% de las muestras positivas a DDT y metabolitos, contenían DDT, siendo el 90% metabolitos, lo que indicaría que se trata de residuos de aplicaciones pre-prohibición de uso<sup>1</sup>. El organoclorado con menor ocurrencia fué el Endrín, con un 3% nacional, equivalente a tres muestras de las Regiones VIII y X.

La mayor parte de los casos positivos de presencia de RPOC correspondió a muestras conteniendo hasta dos compuestos distintos; los porcentajes de ocurrencia disminuyen drásticamente al tomar en cuenta sólo aquellas muestras conteniendo entre tres y cuatro compuestos, con una tendencia no lineal a un decrecimiento hacia las Regiones del sur. Así como no hubo casos de más de dos compuestos en la Región XI, no hubo casos a nivel nacional con más de cuatro compuestos.

La detección de más de dos organoclorados por muestra ocurrió, principalmente, en las Regiones Metropolitana (Comuna San José de Maipo), VII (Comunas Curepto y Río Claro), VIII (Comuna Chillán), IX (Comuna Freire) y X (Comuna Río Negro).

---

<sup>1</sup>Decreto Exento N° 4, del 18/01/83. SAG, Ministerio de Agricultura.

CUADRO 6-19 - CONTENIDOS (mg/kg grasa) y % DE OCURRENCIA DE RPOC EN GRASA FERIRRENAL DE BOVINOS, POR REGIONES

PESTICIDA	Rango y Promedio	RM	Porcentaje de Ocurrencia Regional				XI	% Ocurrencia LMM por pesticida		
			VI	VII	VIII	IX				
LINDANO	NC - 0.081 0.015	80.0	50.0	50.0	27.8	64.7	72.2	42.9	55.5	2.0
HEPTACLORO + EPOXIDO	0.001 - 0.074 0.013	53.3	42.6	28.6	22.2	29.4	27.8	21.4	31.8	0.2
ALDRIN + DIELDRIN	0.002 - 0.129 0.021	53.3	57.1	78.6	50.0	47.1	33.3	0.0	45.5	0.2
EMDRIN	0.003 - 0.018 0.012	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	11.1	0.0	2.7	0.1
(SUMA)	0.001 - 0.320									
DDT	0.022	0.0	0.0	7.1	0.0	11.6	5.6	0.0	3.6	3.0
METABOLITOS	0.006 - 0.016	40.0	28.6	71.4	44.4	35.3	11.1	7.1	34.5	
N° muestras por Región		15	14	14	18	17	18	14		
N° casos positivos		12	11	14	10	15	16	9		
% Ocurrencia por Región		80.0	78.6	100.0	55.6	88.2	88.9	64.3	79.1	
% Ocurrencia de casos con > 2 DC/muestra		80.0	28.6	64.3	38.7	29.4	16.7	0.0		

CUADRO 6-20 - PORCENTAJE DE OCURRENCIA DE RPOC EN GRASA PERIRRENAL Y CARNE BOVINA. Consolidadas nacionales

Pesticida	Grasa Perirrenal	Carne	N Muestras Grasa	N Muestras Carne
Lindano	86.8	100.0	0.0	0.0
Heptacloro + epóxido	31.8	87.0	0.0	20.0
Aldrin + Dieldrin	45.3	50.0	0.0	6.6
Endrin	2.7	0.0	0.0	0.0
A-Clordano	0.0	27.0	0.0	16.7
DDT + estobolitos	27.2	20.0	0.0	0.0

<sup>1</sup>Según FAO/OMS (1987); expresión en mg/kg

<sup>2</sup>Según FAO/OMS (1987)

<sup>3</sup>Según Resolución 1450 del Ministerio de Salud (1983)

No hubo casos positivos de contenidos residuales de pesticidas organoclorados en grasas perirrenales de bovinos, que excedieran los LMRP's sugeridos por FAO/OMS (1987) para la presencia de estos xenobióticos en esta matriz. Por otra parte, no se detectó tendencia alguna, en cuanto al tipo, ocurrencia y magnitud de RPOC, al incorporar al análisis la edad, tipo o categoría de animales, lo que concuerda con una investigación anterior (Montes et al, 1990<sup>1</sup>).

Comparando los porcentajes nacionales de ocurrencia de RPOC en grasas perirrenales, con los de las carnes bovinas (**Cuadro 6.20.**), se constató la presencia de, prácticamente, los mismos compuestos en ambas matrices, con la excepción de Endrin (sólo en grasas) y a-clordano (sólo en carnes). Sin embargo, no hubo concordancia en los porcentajes propiamente tales, siendo compatibles sólo el de los ciclodienos Aldrin/Dieldrin.

Otro aspecto que llamó la atención fué el 23% de muestras de carnes con exceso de residuos de pesticidas, a pesar que no hubo grasas con residuos excesivos. Ello estaría indicando el ingreso de residuos de pesticidas al alimento en etapas post-mortem y pre-consumo.

Comparando los resultados obtenidos, en cuanto a tipo, magnitud y % ocurrencia, en el presente Proyecto con los generados por Proyectos anteriores (Pinto et al, 1986, 1987), cubriendo las Regiones IX a XI, se hace evidente que los contenidos residuales de DC tienden a declinar en el tiempo, señalando un buen acatamiento a la normativa vigente. Estos resultados concuerdan con antecedentes proporcionados por Triviño et al (1987) y otros que maneja la División de Protección Agrícola del SAG<sup>2</sup>.

#### 6.4.2. Reciclaje de RPOC en Regiones VIII, IX, X y XI

Los **Cuadros 6.21.** y **6.22.** entregan los resultados de ocurrencia de RPOC en muestras pareadas de suelos y praderas, tomadas como una forma de intentar definir el origen de los residuos acumulados en animales bovinos y medidos en las grasas perirrenales. Además, se incluye los resultados de análisis en leches frescas, tomadas a nivel de puntos de producción, de las Regiones IX y X, importantes por definir el grado de depuración de los animales, en estos compuestos.

---

<sup>1</sup>Revista Agrosur (UACH, Valdivia), en prensa

<sup>2</sup>Antecedentes presentados por el Sr. Carlos León Nally, en un Seminario Interno de SAG-DIPROREN, agosto/90

CUADRO 6-B1. RPOC EN ECOSISTEMAS DE PRODUCCION BOVINA, REGIONES VIII A XI

A) N de muestras analizadas y % de ocurrencias

	VIII R			IX R			X R			XI R			
	suelos	praderas	suelos	praderas	leches	suelos	praderas	leches	suelos	praderas	leches	suelos	praderas
N total	10	17	6	6	14	13	21	29	10	10	7	10	10
N Positivas	6	0	6	6	3	13	12	7	3	3	0	3	0
% Ocurrencias - general	60	0.0	75.0	75.0	21.4	61.9	57.1	23.0	30.0	30.0	0.0	30.0	0.0
- > 2 RPOC	10	0.0	12.5	0.0	0.0	14.3	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
% de Ocurrencia por pesticidas													
Lindano	50	0.0	62.7	0.0	0.0	28.6	4.8	0.0	30.0	0.0	0.0	30.0	0.0
Heptacloro y epóxido	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aldrin/Dieldrin	20	0.0	50.0	12.5	0.0	4.8	38.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DDT + metabolitos	10	0.0	25.0	50.0	0.0	57.1	14.3	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Endrin	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A-Clordano	0	0.0	0.0	12.5	21.4	0.0	4.8	4.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0

B) Contenedores (mg/kg)

	VIII R			IX R			X R			XI R			
	Pradera	Suelo	Pradera	Leche	Suelo	Pradera	Suelo	Pradera	Leche	Suelo	Pradera	Leche	Suelo
Lindano	ND	NC-0.003	ND	ND	NC-0.003	0.013	ND	NC-0.002	ND	NC-0.002	ND	NC-0.002	ND
Heptacloro + epóxidos	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	0.053-0.057	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrin + Dieldrins	ND	NC-0.004	NC	ND	0.016	NC-0.018	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DDT + metabolitos	ND	NC-0.002	NC	ND	NC-0.024	NC	0.098-0.208	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrins	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
A-Clordano	ND	ND	NC	0.04E-0.16E	ND	NC	0.065	NC	0.065	NC	0.065	NC	ND

**CUADRO 6.22. RESUMEN GENERAL DE PORCENTAJES DE OCURRENCIA DE RPOC EN DIFERENTES MATRICES. Totalización de muestras entre las Regiones VIII y XI**

	SUELOS	PRADERAS	LECHES
n total	49	56	39
n positivas	28	18	10
% Ocurrencia	57.1	32.1	25.6
<b>% de Ocurrencia por pesticida:</b>			
- Lindano	38.8	1.8	0.0
- Heptacloro + epóxido	4.2	1.8	5.1
- Aldrin/Dieldrin	14.3	16.0	0.0
- DDT + metabolitos	30.6	12.5	10.3
- Endrin	0.0	0.0	0.0
- A-Clordano	0.0	3.6	10.3
<b>LMR (mg/kg)<sup>1</sup>:</b>			
- Hept. + epóxido		0.02	0.15
- Aldrin/Dieldrin		0.02	0.20
- DDT + metabolitos		0.50	1.25
- Endrin		0.03	
- A-Clordano		0.02	0.05

<sup>1</sup>Suelos, sin antecedentes; Lindano, sin antecedentes.  
Praderas, según CHILE-Ministerio de Agricultura (1988)  
Leches (mg/kg materia grasa), según FAO/OMS (1987)

Globalizando los resultados para las cuatro Regiones, se detectó una significativa mayor ocurrencia de RPOC en grasas que en praderas, estando los suelos en una posición intermedia (75, 32 y 57%, respectivamente); este balance entre matrices relacionadas dentro de una cadena trófica parece revelar que la presencia de OC en las grasas no se debería, principalmente, a una transferencia actual en la secuencia suelo → pradera → animal, sino a que una preservación prolongada de estos compuestos en las grasas.

Incorporando los análisis de leches frescas, de las Regiones IX y X, la hipótesis expresada en el párrafo precedente parece verse reafirmada. Partiendo de la base que la secreción de leche permite al animal depurarse de toxinas y xenobióticos, la baja ocurrencia de RPOC en ellas indicaría que los animales no estarían ingiriendo cantidades importantes de RPOC. La concordancia de valores bajos entre leches y praderas reafirma, aún más, la hipótesis planteada.

Los tipos y contenidos de RPOC detectados, en general, corresponderían, básicamente, a residuos de compuestos aplicados hace algún tiempo y que han alcanzado un equilibrio en los recursos naturales, además de residuos extraños, esto es, aerosoles aportados por transporte de aplicaciones vecinas. Así, se explica que un 60% de ocurrencia en suelos de la VIII Región y un 30%, en los de la XI Región, no se reflejen en sus respectivas praderas.

En la VIII Región, el pesticida más detectado en suelos fue Lindano, seguido por los ciclodienos Aldrín/Dieldrín y Heptacloro y su epóxido y, finalmente, DDT y metabolitos. En los suelos de la XI Región, sólo se detectó Lindano.

De la misma manera, se comprobó una estrecha concordancia entre los porcentajes de ocurrencia para suelos y praderas de las Regiones IX y X, aunque haya diferencias entre Regiones, en cuanto a la identidad de los compuestos detectados.

En los suelos de la IX Región, predominó el Lindano (63%) y los ciclodienos Aldrín/Dieldrín (50%); además, se detectó DDT y sus metabolitos, sólo en el 25% de las muestras analizadas; en sus praderas, se detectó DDT y metabolitos (50%), los ciclodienos Aldrín/Dieldrín y A-clordano (ambos 13%). En la leche, sólo se detectó A-clordano, con un 21% de ocurrencia.

En los suelos de la X Región, se encontró DDT y sus metabolitos (57%), Lindano (29%) y los ciclodienos Aldrín/Dieldrín (5%), lo que da

una situación substancialmente distinta a la de los suelos de la IX Región. En praderas, la mayor ocurrencia fue de Aldrín/Dieldrin (38%), con presencia menor de DDT y metabolitos (14%) y Lindano, Heptacloro y su epóxido y A-clordano (5% cada uno). En leches de esta Región, se detectó DDT y metabolitos (16%), Heptacloro y su epóxido (8%) y A-clordano (4%).

Tres de 29 muestras de leche fresca presentaron contenidos residuales por sobre el LMRP sugerido por FAO/OMS (1987); el pesticida detectado en exceso fué A-clordano, en niveles superiores a 0,05 mg/kg materia grasa.

#### 6.5. RPOC en suelos y aguas superficiales

Los Cuadros 6.23., 6.24., 6.25., 6.26. y 6.27. presentan la información generada sobre contenidos residuales de pesticidas organoclorados en aguas superficiales y suelos, entre las Regiones VI y XI.

Se constató que las aguas de los ríos Cachapoal y Tinguiririca (VI Región) presentaron porcentajes de ocurrencia de OC, de 60 y 55%, respectivamente, referidos exclusivamente a Dieldrin. Los contenidos detectados fueron bajos, con una modalidad de contaminación esporádica.

Esta situación se repitió con las aguas superficiales de las Regiones VII y VIII, donde también se detectó esporádicamente el mismo xenobiótico, con porcentajes de ocurrencia significativamente menores (20% para el Mataquito; 33% para el Maule; 40% para el Laja y 28% para el Bio-Bio).

Estos resultados indican que las aguas no son una vía natural de dispersión de RPOC en los ambientes; por su lipoafinidad e hidrofobia, tenderán a preservarse en otros recursos que contengan fases lípidas.

De hecho, la información procedente de suelos indica que este recurso es un mejor hábitat para los residuos, preservándose por un largo tiempo. El Cuadro 6.26. grafica, justamente, este punto, ya que se encontró porcentajes de ocurrencia de RPOC superiores en los suelos de las Regiones VI, VII y VIII, que sus correspondientes en aguas y un mayor rango de residuos, con presencia de Aldrín, DDT y metabolitos, Lindano, Heptacloro epóxido, además de Dieldrin.

**CUADRO 6.23. CONTENIDOS DE RESIDUOS (mg/l) DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA VI REGION**

Identificación Nº sitio	E p o c a s   d e   m u e s t r e o		
	2º	5º	7º
Cuenca del río Cachapoal:			
7 Río Cachapoal-4	0.026DIE <sup>1</sup>		
8 Río Cachapoal-5	ND <sup>2</sup>	ND	0.004DIE
9 Río Cachapoal-6	0.026DIE		0.009DIE
10 Río Cachapoal-7	0.010DIE		
11 Río Cachapoal-8	0.013DIE		ND
12 Río Cachapoal-9			ND
Cuenca del río Tinguiririca:			
20 Est. Chimbarongo-1		0.019DIE	
21 Est. Chimbarongo-2	0.011DIE	ND	
27 Río Tinguiririca-6	ND		0.004DIE
28 Río Tinguiririca-7	ND	ND	0.005DIE
29 Río Tinguiririca-8	TR <sup>3</sup> DIE	ND	
30 Río Tinguiririca-9			0.003DIE

Fechas de muestreos:

2º= 30/01-05/02/87    5º= 19/03-27/03/87    7º= 14/01-08/02/88

<sup>1</sup>DIE= Dieldrin

<sup>2</sup>No detectado, contenidos <0,001 mg/l

<sup>3</sup>Trazas, no cuantificable; contenidos entre 0,001 y 0,20 mg/l

**CUADRO 6.24. CONTENIDOS DE RESIDUOS (mg/l) DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA VII REGION**

Identificación Nº sitio	E p o c a s   d e   m u e s t r e o		
	1º	2º	3º
Cuenca del río Mataquito:			
1 Teno-1			ND <sup>1</sup>
3 Lontué-1		ND	ND
5 Mataquito		TR <sup>2</sup> DIE <sup>3</sup>	ND
Cuenca del río Maule:			
7 Maule-2	ND	0.008DIE	
8 Maule-3	ND	TR DIE	ND
9 Maule-4		TR DIE	ND
11 Claro-2	ND		ND
12 Claro-3	ND	0.010DIE	
Fechas de muestreo:	18/12/87	22/02/88	10/06/88

**CUADRO 6.25. CONTENIDOS DE RESIDUOS (mg/l) DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA VIII REGION**

Identificación Nº sitio	E p o c a s   d e   m u e s t r e o		
	2º	3º	4º
Cuenca del río Laja:			
2 Laja-2	ND	0.036DIE	
3 Laja-3	ND		
4 Laja-4	ND	0.025DIE	
Cuenca del río Bio-Bio:			
7 Bio-Bio-2	ND		ND
8 Bio-Bio-3	ND	TR DIE	
9 Bio-Bio-4	ND	0.020DIE	ND
Fechas de muestreo:	22/02/88	18/03/89	12/12/89

<sup>1</sup>No detectado, contenidos <0,001 mg/l

<sup>2</sup>Trazas, no cuantificables; contenidos entre 0,001 y 0,02 mg/l

<sup>3</sup>Dieldrin

**CUADRO 6.26. CONSOLIDADO DE LA PRESENCIA DE RPOC<sup>1</sup> EN MUESTRAS DE HORIZONTE Ap DE SUELOS. Porcentaje de ocurrencia y contenidos máximos (mg/kg ss)**

Región	n	TOTAL	Lnd	DDE	DDT	Ald	Die	HCE	Cld
VI	12 % Ocurr. máximo	83.3	7.7 NC	53.8 0,006	0.0	15.4 NC	30.8 0,005	0.0	0.0
VII	7 % Ocurr. máximo	71.4	25.0 NC	37.5 0,002	0.0	0.0	62.5 0,011	0.012.5	NC
VIII	13 % Ocurr. máximo	69.2	61.5 0,006	7.7 NC	0.0	7.7 NC	23.1 0,004	15.4 0,003	0.0
IX	22 % Ocurr. máximo	45.5	40.9 0,005	9.1 0,002	0.0	0.0	18.2 0,004	0.0	0.0
X	30 % Ocurr. máximo	53.3	30.0 0,003	40.4 0,024	3.3 0,004	0.0	3.3 0,016	0.0	0.0
XI	11 % Ocurr. máximo	27.3	27.3 0,002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**CUADRO 6.27. CANTIDAD DE RESIDUOS DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS EN MUESTRAS DEL HORIZONTE Ap DE SUELOS. Frecuencia relativa por clase**

REGION	n°	0 RPOC	1 RPOC	2 RPOC	3 RPOC
VI	12	16,7	58,3	16,7	8,3
VII	7	28,6	0,0	57,1	14,3
VIII	13	30,8	30,8	30,8	7,7
IX	22	54,5	27,3	13,6	4,5
X	30	46,7	33,3	16,7	3,3
XI	11	72,7	27,3	0,0	0,0

<sup>1</sup>Aldrin, A-Clordano, Dieldrin, Heptacloro y epóxido, pp-DDE, pp-DDT, Lindano

Llamó la atención el menor porcentaje de ocurrencia y menor rango de identidad de residuos en suelos de las Regiones IX y X, zonas donde ha habido una aplicación masiva de éstos y donde se esperaba índices máximos. En todo caso, es sintomático que el pesticida con mayor presencia sea el Lindano, lo que está demostrando su uso actual como control de ectoparásitos vacunos.

Finalmente, los suelos de la Región XI están señalando que, efectivamente, se trata de una zona donde este tipo de compuestos, prácticamente, no han sido empleados, abriendo interesantes perspectivas para el fomento de la producción ganadera con miras a una exportación. La única y escasa presencia de lindano indica que sólo este producto se está usando en higiene animal.

#### 6.6. Absorción radicular de RPOC, no interferida

Esta absorción también puede ser llamada **potencial de absorción radicular de Dieldrin (PARD)**, y fue estudiada en 3 especies (ballica, trébol y trigo).

Para verificar la capacidad máxima o potencial de las plantas para absorber Dieldrin (PARD), a través de sus sistemas radiculares, sin mediar otras interferencias, se analizó muestras foliares de ballica, trébol y trigo, cultivadas en soporte inerte (arena) y alimentadas con soluciones nutritivas fortificadas con Dieldrin en niveles de 0; 0,05; 1 y 5 mg/l. Estas dos últimas serían saturadas, de acuerdo a la constante de solubilidad del Dieldrin en agua.

##### 6.6.1 Ballica

En el **Cuadro 6.28**, puede observarse que el Dieldrin fue absorbido significativamente por la ballica y en forma proporcional a la solubilidad del Dieldrin en agua. A medida que aumentó la dosis de Dieldrin en la solución nutritiva, subió el nivel foliar, de acuerdo a una regresión lineal

$$CS^1 = 0,022 \cdot CF^2 + 0,034, \text{ con un } r^2 = 0,81.$$

---

<sup>1</sup>CS= concentración de Dieldrin en suelo

<sup>2</sup>CF= concentración de Dieldrin en hojas

**CUADRO 6.28. POTENCIAL DE ABSORCIÓN RADICULAR DE DIELDRIN (PARD)  
POR PLANTAS DE BALLICA INGLESA (*Lolium perenne*)**

Trat.	Dieldrin en sol.nutritiva (CS <sup>2</sup> )	Dieldrin en biomasa vegetal (CF <sup>3</sup> )	SE <sup>1</sup>
1	0.00	0.012	A
2	0.05	0.029	B
3	1.00 <sup>4</sup>	0.089	C
4	5.00	0.135	D

**CUADRO 6.29. POTENCIAL DE ABSORCIÓN RADICULAR DE DIELDRIN (PARD)  
POR PLANTAS DE TEBOL (*Trifolium vulgare*)**

Trat.	Dieldrin en sol.nutritiva (CS)	Dieldrin en biomasa vegetal (CF)	SE
1	0.00	0.0075	A
2	0.05	0.0115	A
3	1.00	0.0252	B
4	5.00	0.0245	B

<sup>1</sup>letras diferentes indican significancia estadística al 1%

<sup>2</sup>CS= concentración en la solución nutritiva, mg/l

<sup>3</sup>CF= concentración en tejido foliar, mg/kg ms

<sup>4</sup>A partir de esta concentración, se alcanza la saturación de Dieldrin en solución acuosa

En este caso, la capacidad máxima o PARD está determinada por la máxima solubilidad del Dieldrin en agua.

#### 6.6.2. Trébol

Los resultados del Cuadro 6.29. demuestran, nuevamente, que el ciclodieno pasó a las hojas del trébol, vía radicular, alcanzando su PARD a una concentración de 1 mg/lt de Dieldrin en la solución nutritiva.

A diferencia de lo que ocurre con la ballica, el PARD del trébol es 0,0252 mg/kg, 5 veces inferior a la de la especie anterior. A medida que aumentó la dosis de Dieldrin en la solución nutritiva subió el nivel foliar, hasta que a una dosis de 1 mg/l, se llegó a un "plateau", de acuerdo a la ecuación

$CS = 0,016 \cdot CF + 0,009$ , la que se cumple en rango hasta 0,0245 mg/kg.

#### 6.6.3. Trigo

Es evidente, por los resultado del Cuadro 6.30., la presencia de Dieldrin en la biomasa aérea de la planta. Esta absorción se hace de acuerdo a la fórmula de regresión

$CS = 0,168 \cdot CF + 0,635$ , donde  $r_{\text{e}} = 0,98$

Para estas concentraciones de Dieldrin en la solución, el PARD del trigo fue el más alto de los ensayados llegando a 3,3025 mg/kg. En iguales condiciones, las plantas de trigo absorberán mayores cantidades de xenobióticos que las de ballica y trébol.

De acuerdo a los resultados del Cuadro 6.31., la espiga del trigo no es alcanzada por el xenobiótico estudiado, el que no fue claramente detectado en estos órganos. Se deja constancia de una ligera señal cromatográfica, de igual magnitud para todos los tratamientos, en el tiempo de retención del Dieldrin, pero que no pudo ser segregada de la señal de fondo.

#### 6.7. Efecto del Dieldrin sobre la producción de biomasa

**CUADRO 6.30. POTENCIAL DE ABSORCIÓN RADICULAR DE DIELDRIN (PARD) POR PLANTAS DE TRIGO (*Triticum aestivum*)**

Trat.	Dieldrin en sol.nutritiva (CS <sup>e</sup> )	Dieldrin en biomasa vegetal (CF <sup>3</sup> )	SE <sup>1</sup>
1	0.00	0.0202	A
2	0.05	0.1863	A
3	1.00	1.0030	B
4	5.00	3.3025	C

**CUADRO 6.31. FRACCIÓN DEL POTENCIAL DE ABSORCIÓN RADICULAR DE DIELDRIN (PARD) QUE ALCANZA LAS ESPIGAS DE TRIGO**

Trat.	Dieldrin en sol.nutritiva (CS)	Dieldrin en biomasa vegetal (CF)
1	0.00	ND <sup>4</sup>
2	0.05	ND
3	1.00	ND
4	5.00	ND

<sup>1</sup>letras diferentes indican significancia estadística al 1%

<sup>2</sup>CS= concentración en la solución nutritiva, mg/lt

<sup>3</sup>CF= concentración en tejido foliar, mg/kg ms

<sup>4</sup>No detectado; contenidos <0,005 mg/kg ms

#### 6.7.1. Ballica

En ballica, no hubo efecto de la absorción de Dieldrín sobre la producción de biomasa, como indica el Cuadro 6.32. Ello indica que, a estas concentraciones, el xenobiótico no tiene un efecto fisiológico negativo.

#### 6.7.2. Trébol

Como se muestra en el Cuadro 6.33., la situación es similar a la detectada con plantas de ballica. Al igual que para la ballica, no hay efectos fisiológicos negativos, en el rango de concentraciones que se usó.

#### 6.7.3. Trigo

En la Figura 6.2., aparecen los resultados de la acción del Dieldrín sobre la producción de biomasa. Se observa una clara y significativa diferencia, especialmente, entre el nivel 0 y 5 mg/l, que se manifiesta en una baja de la producción de biomasa; este efecto, quizás, se deba a que el alto PARD del trigo (3,3025 mg/kg) permite una afección fisiológica de la planta, traducida en un déficit de desarrollo.

Los resultados son refrendados por lo que ocurre con el Dieldrín en la planta total. Si bien las espigas no absorben Dieldrín, sí se ven afectadas en su biomasa, como resultado de la alteración en la fisiología de la planta. Se puede observar una tendencia a la baja de las espigas, cuando aumenta la concentración del xenobiótico en las soluciones nutritivas.

#### 6.8. Efecto suelo sobre el PARD

La absorción radicular de organoclorados, como fenómeno aislado, es un hecho evidente en las plantas que se han sometido a estudio en soluciones hidropónicas y/o en soporte inertes (Arena). Este hecho, en todo caso, necesita ser observado bajo condiciones más cercanas al campo, como someterla a la posible interacción que puedan ejercer algunos tipos de suelos, previendo el posible efecto inhibitor que ejercieran los componentes del suelo sobre el PARD.

**CUADRO 6.32. EFECTO DE LA FORTIFICACION DE DIELDRIN EN SOLUCION NUTRITIVA SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA POR PLANTAS DE BALLICA INGLESA**

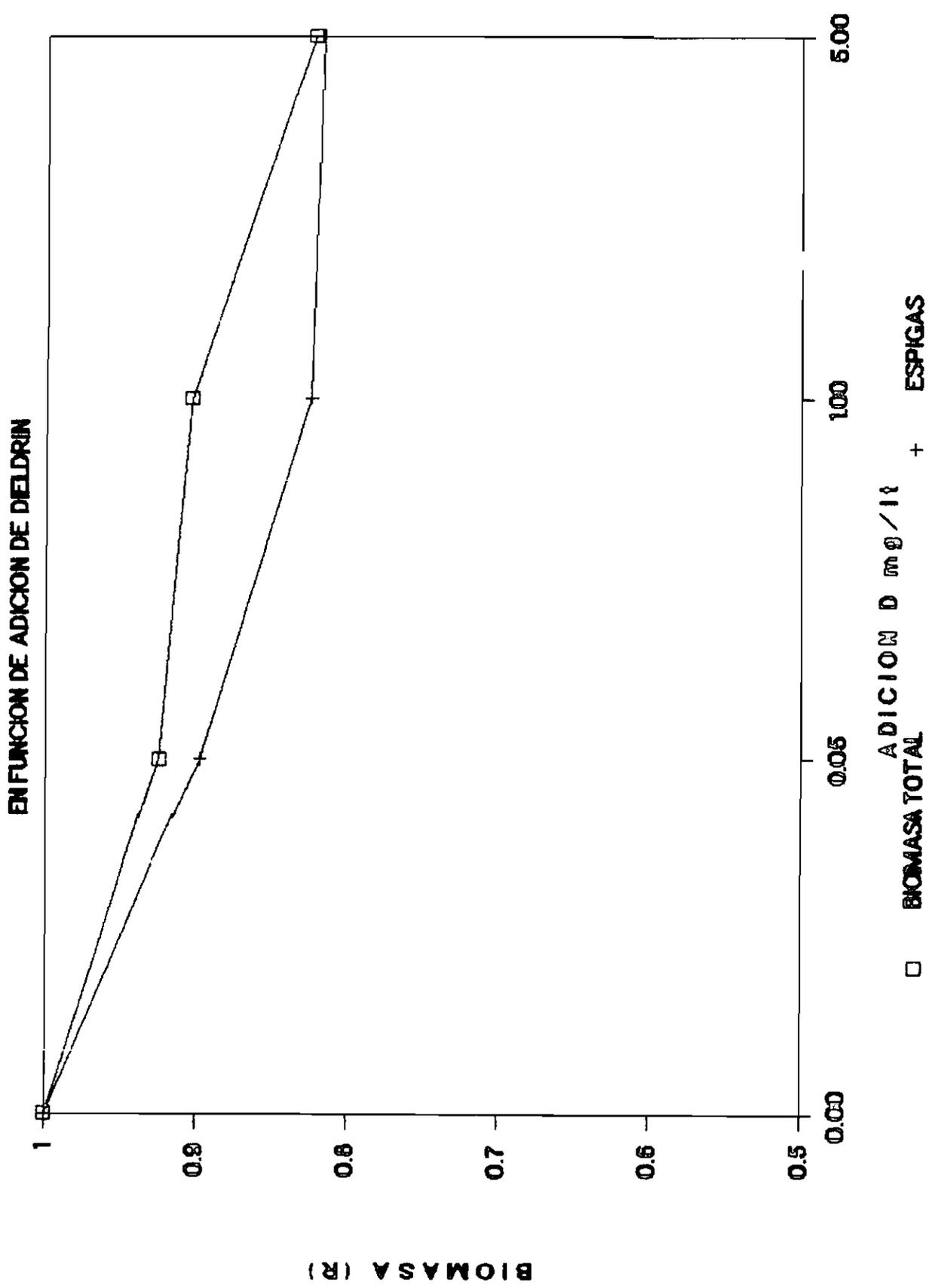
Tratamiento	Soluc.nutritiva Dieldrin (mg/l)	Producción biomasa (g ms)	SE <sup>1</sup>
1	0.00	18.093	A
2	0.05	18.118	A
3	1.00	18.615	A
4	5.00	17.075	A

**CUADRO 6.33. EFECTO DE LA FORTIFICACION DE DIELDRIN EN SOLUCION NUTRITIVA SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA POR PLANTAS DE TREBOL**

Tratamiento	Soluc.nutritiva Dieldrin (mg/l)	Producción biomasa (g ms)	SE
1	0.00	17.801	A
2	0.05	19.007	A
3	1.00	18.354	A
4	5.00	17.675	A

<sup>1</sup>Letras diferentes indican significancia estadística al 1%

FIGURA 0.2. BIOMASA DE IRIGO (R)



### 6.8.1. Ballica

En general, en todos los suelos se observó cierta proporcionalidad entre el contenido de Dieldrín agregado al suelo con el contenido de Dieldrín foliar, lo que estaría de acuerdo con las mediciones que se han hecho anteriormente.

Como se observa en la **Figura 6.3.**, el suelo Pihuchén sería el que menos retuvo al xenobiótico permitiendo una mayor absorción de Dieldrín por las raíces; por el contrario, los suelos Santa Bárbara, Collipulli y Chicureo impidieron en gran medida la entrada de Dieldrín al vegetal. El suelo Buin permitió una absorción algo mayor que los anteriores pero más inferior a la del Pihuchén.

### 6.8.2. Lentejas

En las lentejas, se mantiene la proporcionalidad del efecto de concentración en todos los suelos sometidos a estudio, pero cambian sustancialmente el orden de magnitud. Las lentejas absorben 100 veces más que la ballica, en similares condiciones.

En este caso se produce una diferencia muy marcada, por un lado, los suelos (**Figura 6.4.**), Collipulli, Cauquenes y Arenales permiten una gran absorción de Dieldrín por las plantas, llegando a 500 mg/kg en el suelo Arenales. Por otro lado, los suelos Chicureo, Buin y Santa Bárbara limitan la entrada de Dieldrín a un rango de 6 a 8 mg/kg.

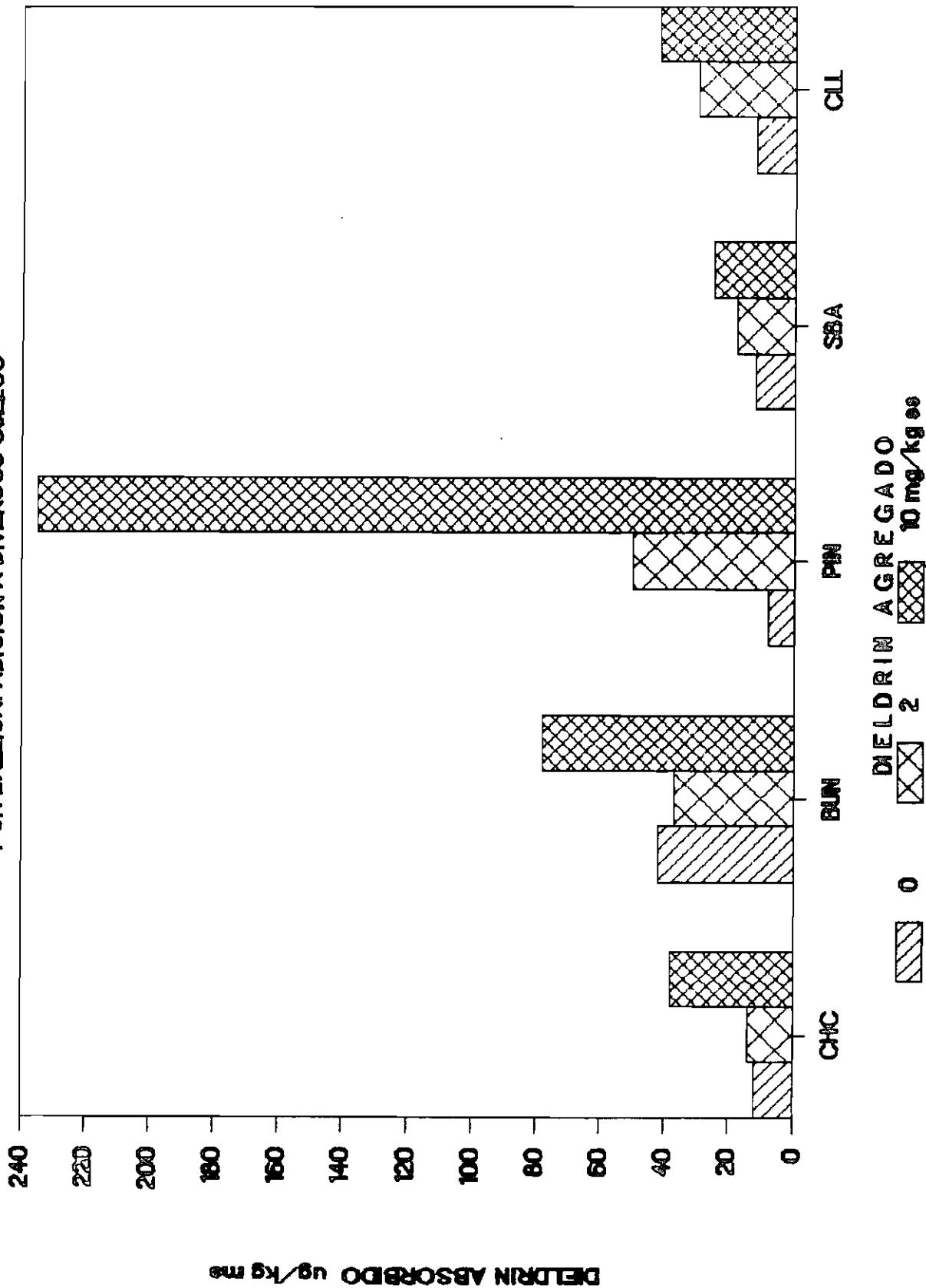
Estos resultados indican que la capacidad de absorción radicular de moléculas orgánicas no polares va a depender, en gran medida, del hecho físico-químico que permita la unión de Dieldrín con las fases estacionarias de la matriz suelo; la fuerza de esta adsorción será determinante en la disponibilidad del Dieldrín para ser extraído desde la solución nutritiva.

Tal como se observa en la **Figura 6.5.**, la mayor proporción del Dieldrín agregado a los suelos fue detectada formando complejos de adsorción OC-materia orgánica, quedando en posición secundaria la fracción adsorbida a minerales de arcilla, sean éstas filisilicatos u óxidos amorfos.

De allí, se podría concluir que la fracción orgánica del suelo es, si no la única, la fase estacionaria de mayor relevancia en el

# FIGURA 6.3. ABSORCIÓN DE DIELDRIN

POR BALLICA. ADICIÓN A DIVERSOS SUELOS



### FIGURA 6.4. ABSORCION DE DIELDRIN

POR LENTEJAS. ADICION A DIVERSOS SUELOS

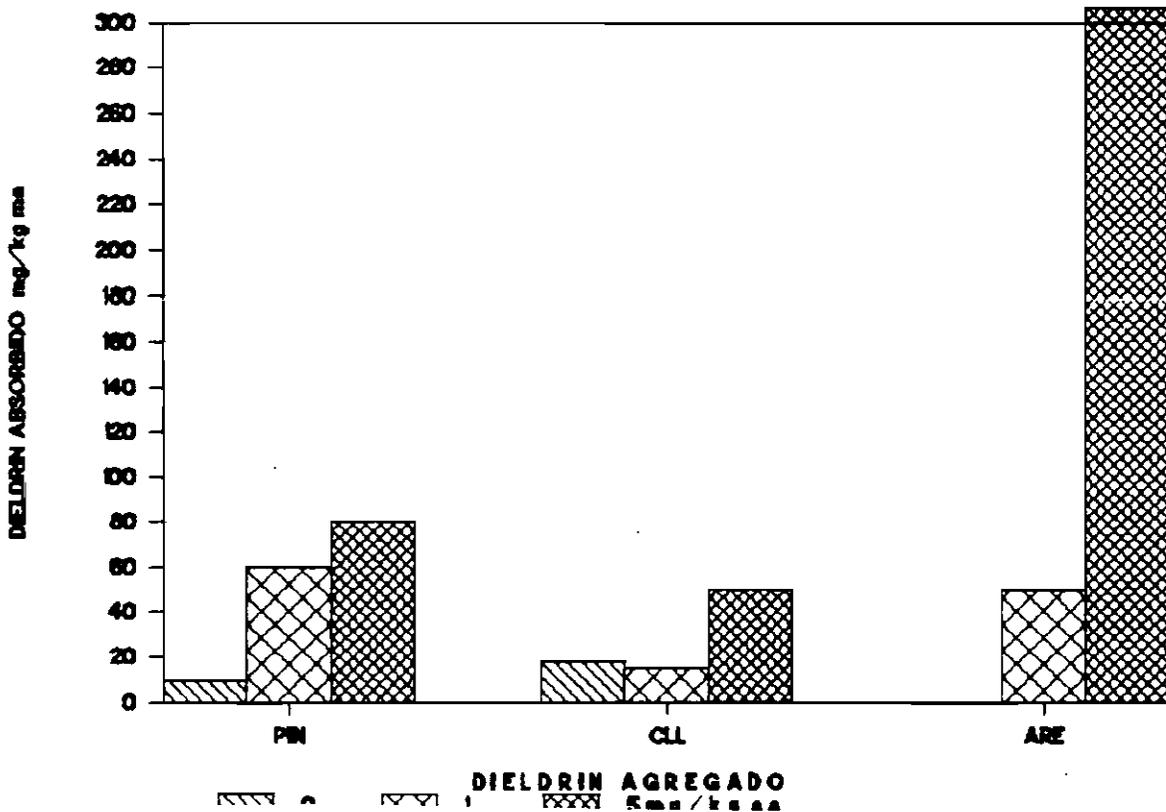
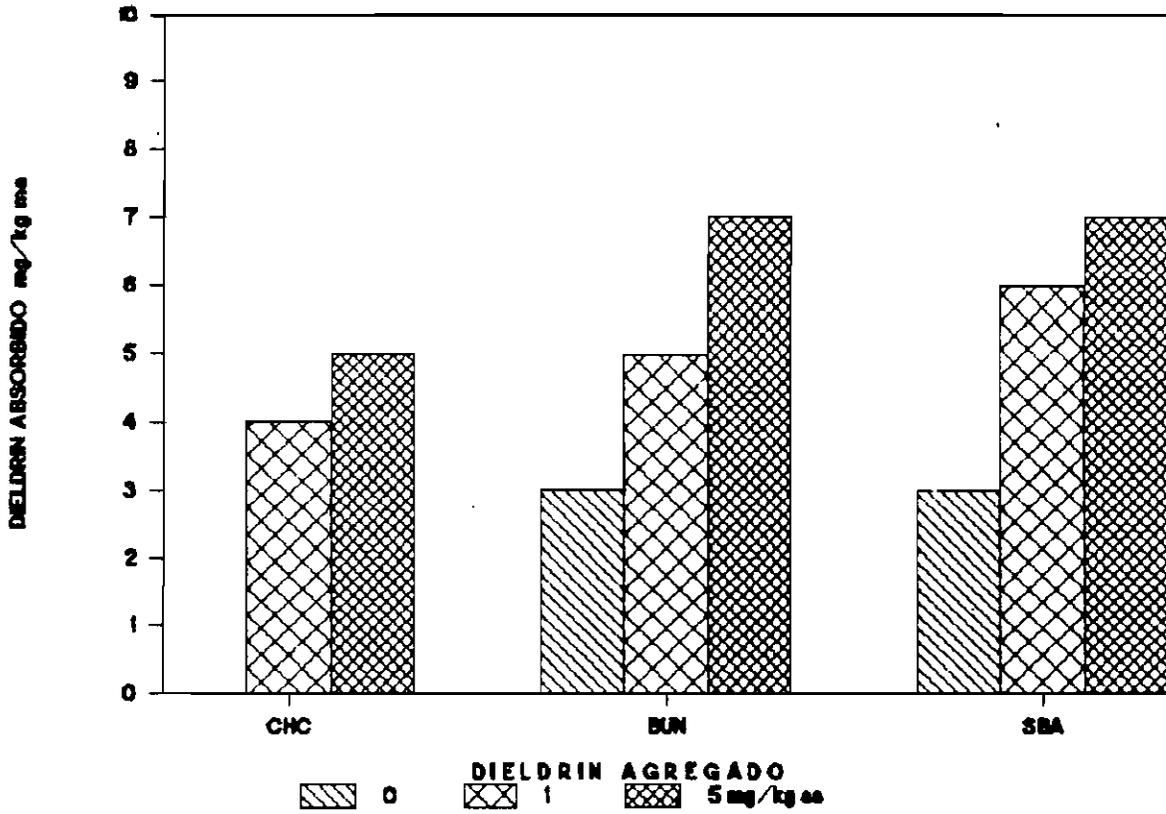
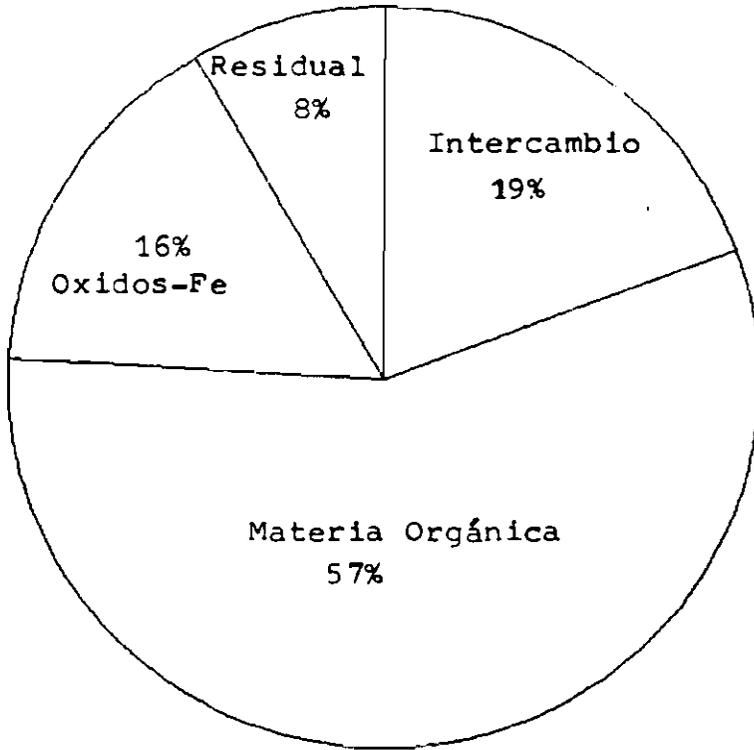
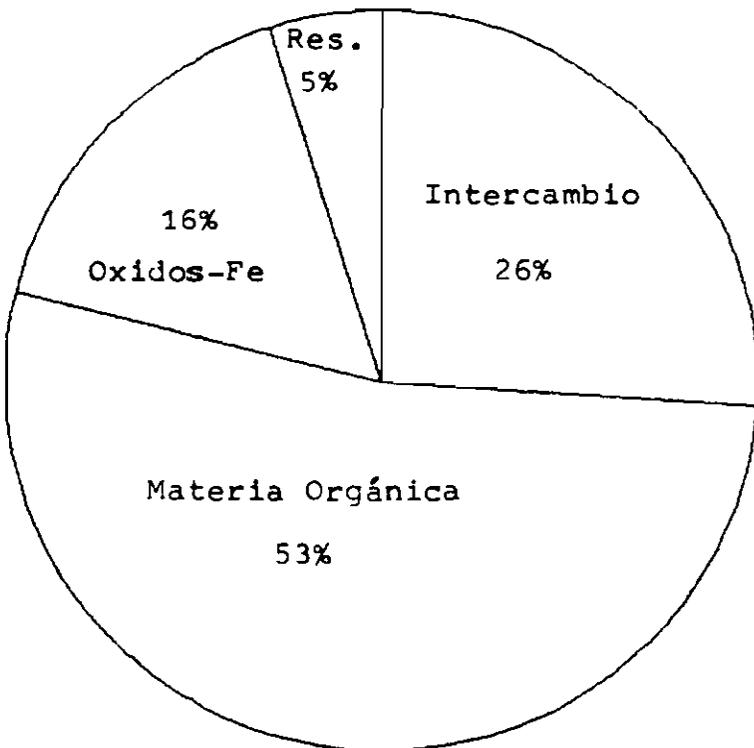


FIGURA 6.5. **FRACCIONAMIENTO DE DIELDRIN AGREGADO**

**SUELO SANTA BARBARA**



**SUELO COLIPULLI**



equilibrio físico-químico que alcanzan las moléculas de Dieldrin en un suelo.

La alta complejidad de la materia orgánica de los suelos y la alta variabilidad de éstos (Stevenson, 1982), hace en la práctica imposible ubicar una causa única de complejamiento, por interacción electrostática, de residuos de proteínas del tipo carboxílicos (R-COOH) y aminos (R-NH<sub>2</sub>); ésto último hace al sistema altamente dependiente del pH del suelo.

En general, no sólo interactúan estas moléculas, sino que también sustancias húmicas derivadas de lignocelulosa y otros carbohidratos; incluso, sustancias de naturaleza lipídica.

Dos factores adicionales que también debe ser considerados como determinantes de la magnitud de absorción radicular de xenobióticos son:

- **especie vegetal**, ya que sabiendo que la solubilidad de esta sustancia OC es inferior a 1 mg/l, la cantidad de ella que lleve a la biomasa va a depender del volumen de agua que la planta movilice; por tanto, pasa a ser crítica la transpiración (condiciones ambientales), y
- **tiempo**, o periodo de exposición a los efectos del xenobiótico; obviamente, a mayor tiempo, mayor concentración de OC en la biomasa.

## 7. RESULTADOS SUBPROYECTO PRESENCIA DE OTROS CONTAMINANTES

### 7.1. Estandarización Metodológica

#### 7.1.1. Residuos de detergentes

El método determina las sustancias activas al azul de metileno (MBAS); el detalle metodológico se presenta en el Anexo IV. La materia activa (LAS) de los detergentes, que está disuelta en aguas, es cuantificada con azul de metileno (AM), por formación de un complejo soluble en cloroformo. La parte no asociada tiene una baja solubilidad en este solvente y no interfiere en la determinación al ser extraída previamente.

El complejo aniónico formado (anión-AM) se extrae de una solución alcalina de AM, eliminándose así la interferencia negativa de sustancias proteicas. La fase clorofórmica se extrae, luego, con una solución ácida de AM, para separar aniones inorgánicos interferentes formando complejos con el AM y baja solubilidad en cloroformo. Se mide la absorbancia de la fase clorofórmica a 650nm en un espectrofotómetro.

Como las muestras tienen distintas procedencias y, por tanto, variada conformación de la matriz, las sustancias detectadas por el método se denominan genéricamente como sustancias activas al AM (MBAS).

#### 7.1.2. Cianuro en pulpa de uva

Para la determinación de cianuro en pulpas de frutas, específicamente en zumo de uva, se montó una técnica de cuantificación, basada en la técnica Merck para aguas dulces, con algunas modificaciones, y que corresponde a una destilación del CN total y determinación espectrofotométrica a 570nm, previo desarrollo de color con ácido barbitúrico y piridina. El detalle se incluye en el Anexo IV.

### 7.2. Prospección de residuos de detergentes en ríos

Según los resultados expuestos en el Cuadro 7.1., las aguas del río Aconcagua se caracterizan por un contenido bajo de residuos de detergentes, si se le compara con valores publicados por Hellman (1976), que indica 7 mg MBAS/l para desagües de la ciudad de Berlín.

**CUADRO 7.1. CONTENIDO DE SUBSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (MBAS, mg/l) EN AGUAS DE RIOS, REGIONES V, VI Y METROPOLITANA. Resultados en mg MBAS/l**

Rio	Sitio	1°	2°	3°
Aconcagua	Puente Vizcachas	0,011	0,030	
	Puente Los Andes	0,001	0,020	
	Puente del Rey	0,021	0,050	
	Puente Chagres	0,052	0,030	
	promedio	0,021	0,033	
Mapocho	Puente Ñilhue	0,001	0,001	0,020
	Pedro de Valdivia	1,880	0,510	0,140
	Puente Pudahuel	2,930	0,840	0,740
	Rinconada	1,780	2,180	0,500
	Ruta 78	1,780	2,280	0,860
	promedio	1,674	1,162	0,452
Maipo	Ruta 5 Sur	0,043		0,070
	Pte. Ing. Marambio	0,520		0,570
	Pte. Lo Gallardo	0,650		0,050
	promedio	0,404		0,230
Cachapoal	Ruta 5 Sur	0,011		0,030
	Pte. Coinco	0,120		0,070
	promedio	0,065		0,050

Fechas de muestreo:

agosto '89

septiembre '89

noviembre '89

Se estima que concentraciones sobre 50 mg MBAS/l serían adversas para la vida de los vegetales (Henau y Mathijs, 1986). A pesar que en el río Mapocho, las concentraciones promedio fueron máximas, hasta 80 veces las del Aconcagua, éstas no tendrían efectos adversos para los vegetales.

Obviamente, estos mayores niveles en el Mapocho, comparado con el Aconcagua y Maipo, están directamente relacionados con las descargas de aguas servidas no tratadas, que incluyen volúmenes importantes de aguas residuales domiciliarias, de Santiago como lo refleja el que los contenidos máximos ocurrieran en el Zanjón de La Aguada, curso que colecta el 80% de las aguas servidas de la capital.

El río Maipo tuvo contenidos significativamente menores que los del Mapocho, acorde con la menor densidad de la población establecida en sus riberas, pero entre 10 a 20 veces los del río Aconcagua.

El río Cachapoal muestra cargas reducida de MBAS, pero superiores a los del Aconcagua, producto del mayor impacto relativo de las descargas de aguas servidas desde Rancagua, principal centro urbano de sus riberas.

Es indudable que los ríos de la Región Metropolitana presentaron, en cada época, de muestreo los mayores índices de residuos de detergentes, superando claramente a los de las otras Regiones, demostrando la correlación existente entre la dispersión ambiental de estos compuestos por aguas dulces y la densidad poblacional.

### 7.3. Desperdicios urbanos

Durante la primavera de 1989, se efectuó un seguimiento sobre la dispersión de desperdicios urbanos por canales de riego, en la Región Metropolitana, y su ingreso a áreas dedicadas a la agricultura en los sitios identificados en el Anexo II (Cuadro 23). Los resultados se presentan en el Cuadro 7.2.

Se comprobó en primer lugar, que existe un bajo ingreso de desperdicios groseros a los potreros, acompañando a las aguas servidas, las que se usan en riego prácticamente en forma directa sin ser diluidas con aguas propias del río Mapocho y Maipo. Además, una parte importante correspondió a basura endógena, esto es, producida por los propios habitantes del sector y trabajadores agrícolas.

**CUADRO 7.2. ESTIMACION DE DESPERDICIOS URBANOS A NIVEL DE POTRERO.  
VALORES EN g/m<sup>2</sup>. Promedios de cuatro observaciones por sitio**

SITIO	D E S P E R D I C I O S					metales total	INTERFEREN- CIA PARA LA AGRICULTURA
	plást. mat. const.	biod. proc.	biod. frescos	biod. latas	metales		
La Platina	TR	ND	ND	ND	10	10	mínima
Los Tilos	5	ND	TR	ND	ND	5	ninguna
La Farfana-1	25	TR	ND	ND	ND	25	mínima
La Farfana-2	50	10	TR	TR	10	70	ligera
La Farfana-3	30	ND	10	ND	ND	40	mínima
Rinconada-1	10	ND	10	TR	ND	20	mínima
Rinconada-2	25	10	10	ND	ND	45	ligera
Rinconada-3	30	ND	ND	ND	ND	30	mínima
Ruta 78-1	100	50	100	50	100	400	moderada
Ruta 78-2	50	10	10	TR	TR	70	ligera
Ruta 78-3	100	ND	10	ND	ND	110	ligera

Ello no significa que las aguas vengan libres de residuos sólidos; muy por el contrario, se pudo comprobar que el Zanjón de la Aguada, por ejemplo, arrastra grandes volúmenes de basura sólida, compuesta por ramas, plásticos, restos de comida, cadáveres de animales, etc., que es recibida desde las poblaciones ribereñas.

Que no alcancen, en su mayoría, los potreros se debe únicamente a que estas basuras van quedando retenidas en las paredes de los cauces de aguas servidas, canales de riego y obras de arte pertinentes, lo que deteriora fuertemente sus eficiencias, aparte del aspecto estético desagradable que esta situación provoca.

De acuerdo a estos resultados, la basura que alcanza los potreros es una ínfima proporción de la carga real de las alcantarillas a tajo abierto, no provocando interferencias importantes al uso agrícola de las tierras ni degradándolas al grado que se ha llegando en otros países, como en las vecindades de Ciudad de México.

En general, los problemas se refieren a algunas jornadas anuales de remoción de basuras, además del hecho poco placentero de trabajar en un ambiente sucio, mal oliente y con alta carga patógena microbiana

#### 4. Prospección de cianuro en uva

Tal como muestra la **Figura 7.1.**, el  $CN^-$  se degradó al enfrentar diferentes matrices, a pH 3,7 y 4°C, siguiendo una cinética propia para cada matriz, a saber:

- agua acidulada, con una regresión lineal, de fórmula

$$C = 948,28 T + 0,665$$

donde C es la concentración de  $CN^-$  y T, el tiempo

- glucosa 22%, con una ecuación exponencial

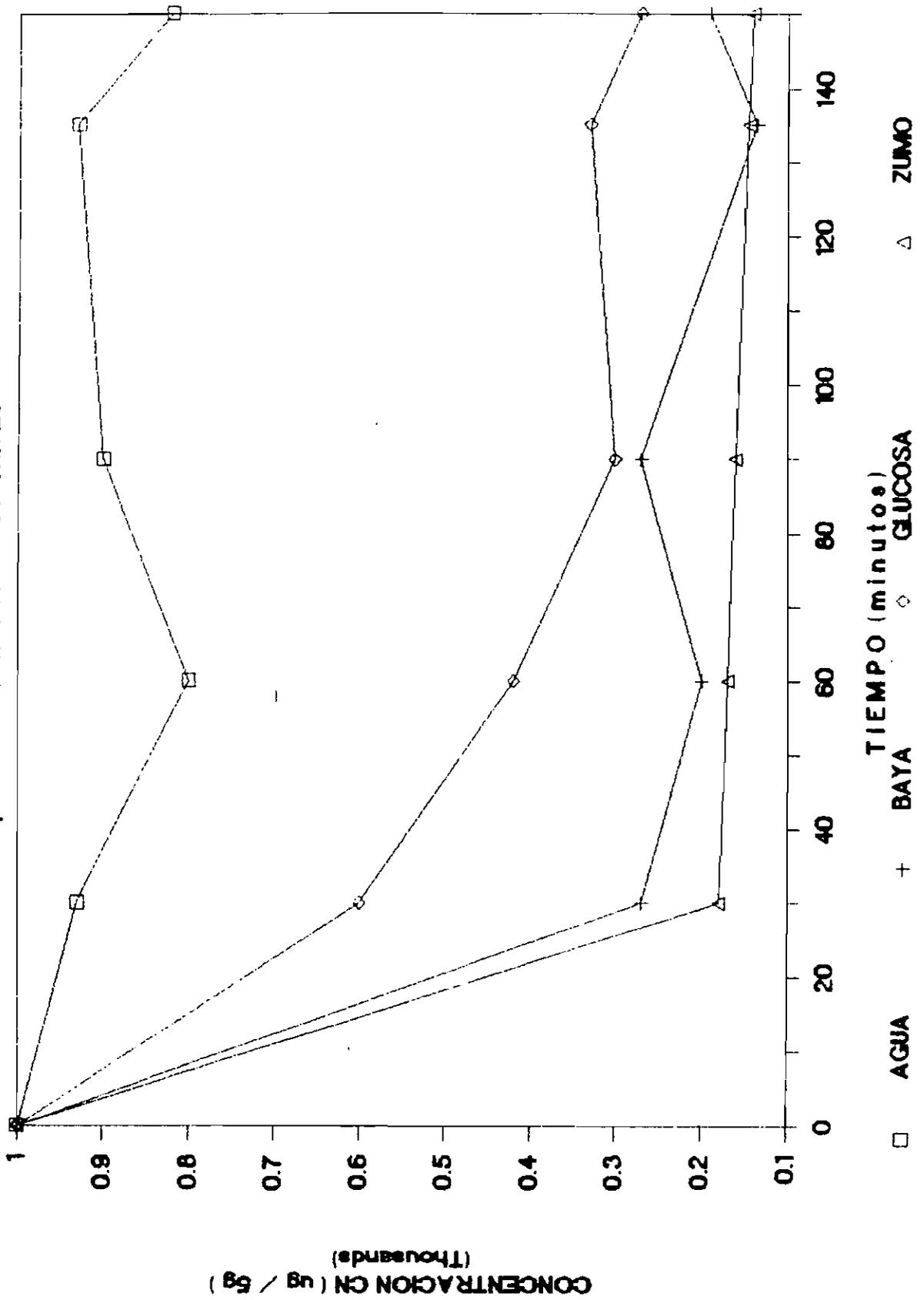
$$C_t = C_0 \cdot e^{-k \cdot t}$$

donde  $C_t$  es la concentración de  $CN^-$  al tiempo t;  
 $C_0$ , la concentración inicial y T, tiempo;  $k=0,009$   
 (constante de decaimiento)

- sumo o bayas, con una ecuación exponencial

# FIGURA 7.1. DEGRADACION DE CIANURO

pH 3.7 Y 4°C. EN DIVERSAS MATRICES



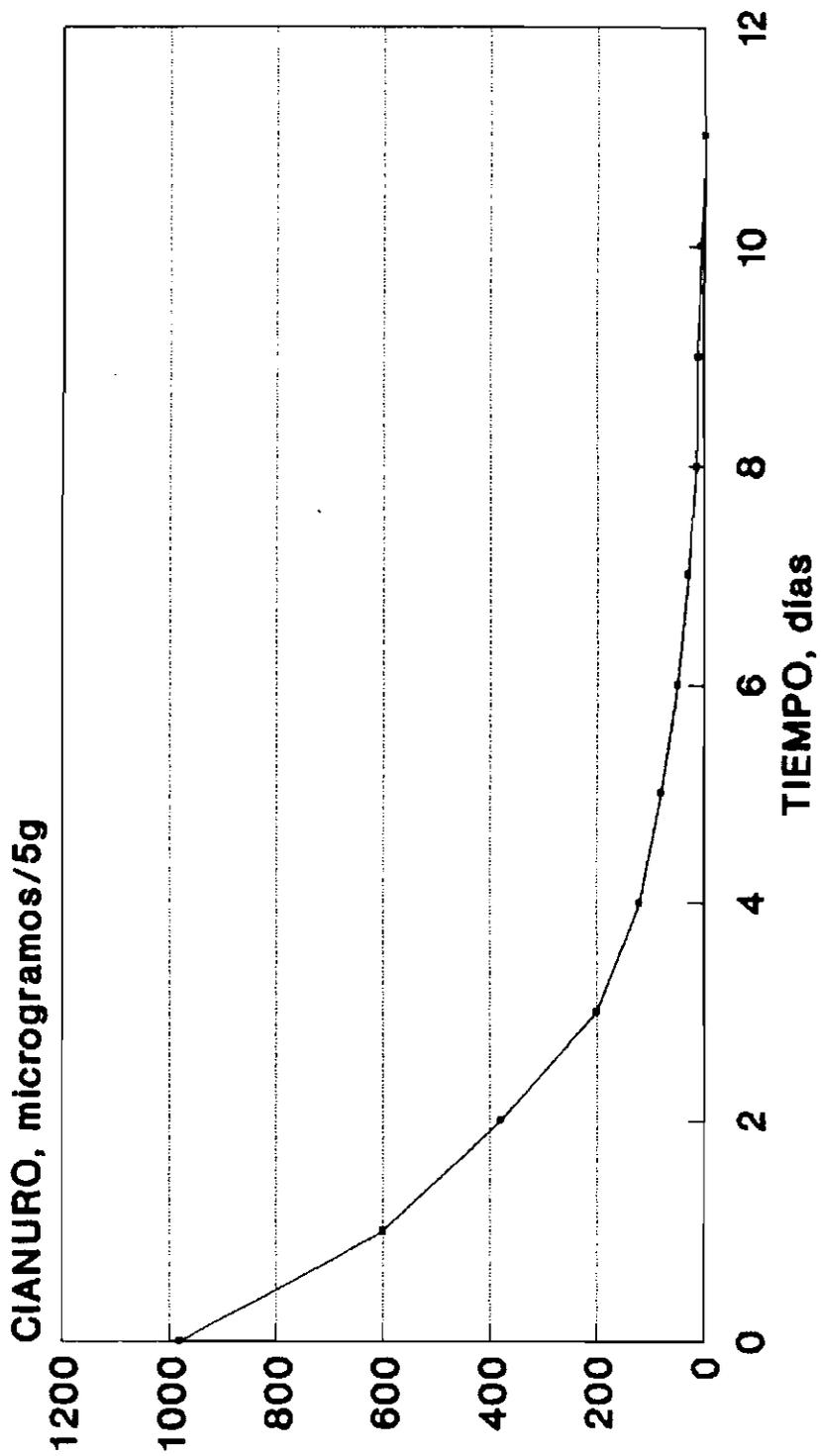
$C_t = C_0 \cdot e^{-kt}$ , con distintos valores de  $k$ , en función de la temperatura.

Las tres curvas exponenciales tienen como factor común, poseer grupos carbonílicos electrofílicos activos y se diferencian en sus respectivas constantes de decaimiento, siendo más diferente la que corresponde a la matriz de glucosa acidulada.

La **Figura 7.2.** presenta la curva de decaimiento del  $CN^-$ , inyectado en bayas a una concentración inicial de 960  $\mu g$  y almacenadas 14 días a  $0^\circ C$ ; se detectó un remanente de  $1 \mu g$   $CN^-/5g$ , dando una constante  $k = 0,0034$ , que es aproximadamente 40 veces inferior a la constante a  $4^\circ C$ . Ello significa que la degradación del cianuro tiene una velocidad dependiente de la temperatura del medio.

En el interior de las bayas, la concentración de  $CN^-$  se redujo a la mitad en los primeros 50 minutos. Es evidente que predomina fuertemente la formación de cianohidrina sobre la de ácido cianhídrico, siendo ambas aditivas. Es imposible, por limitaciones metodológicas, cuantificarlas por separado, ya que el método mide al  $CN^-$  total.

**FIGURA 7.2. CURVA DE DECAIMIENTO DE  
CIANURO EN UVA, A 0 C**



## 8. CONCLUSIONES

Se presenta las principales conclusiones alcanzadas, a nivel de Subproyecto.

### 8.1. Subproyecto "Contaminación con Metales Pesados"

Las conclusiones que se detallarán abarcan los aspectos de prospección, determinación de niveles críticos, investigación y evaluación.

#### 8.1.1. Prospección

En relación a la III Región, se concluyó que:

- el valle del río Huasco está siendo afectado por el ingreso constante de partículas metálicas, eminentemente ferricas,
- la área afectada se extiende desde la línea de la costa, por el oeste, hasta la ciudad de Freirina, por el este, con una incidencia máxima en los alrededores de la localidad de Huasco Bajo,
- dada la composición de las partículas y sus modalidades de dispersión ambiental, el origen de esta contaminación está en la industria pelletizadora de minerales férricos que CAP posee en Bahía Chapaco, 2Km al S de Huasco, y
- no es posible, por las características del proceso contaminante detectado, inferir sus probables efectos sobre la producción agrícola de la área afectada.

En cuanto a la IV Región, se concluyó que:

- los recursos naturales de uso agrícola, aguas superficiales y suelos, mantienen, en gran medida, sus características cualitativas naturales, no evidenciando alteraciones irreversibles por proceso de descargas de residuos humanos,
- las características químicas del río Turbio, fuertemente limitantes de su uso para riego, se neutralizan naturalmente hacia tramos

interiores, mejorando sustancialmente el aptitud para riego de estas aguas,

- las restantes aguas superficiales de la Región fueron marcadamente hiposalinas y oligometálicas, siendo alteradas en alguna medida por descargas de aguas servidas, principalmente desde Ovalle,
- los suelos están abundantemente dotados de elementos trazas, algunos de ellos metales pesados y/o micronutrientes, aunque sus concentraciones se mantienen dentro de rangos considerados como equilibrados con la realidad geoquímica de los acuíferos existentes, y
- el mayor problema ambiental detectado en la VI Región es la acelerada remoción de la superficie de la tierra, por erosión hídrica predominantemente, y la subsiguiente sedimentación en áreas bajas, zonas del litoral y/o embancamiento de ríos y represas.

En relación a la V Región se concluyó que:

- el río Aconcagua mantuvo una dinámica normal, durante el período de vigencia del Proyecto que se informa, estando ausente las descargas de relaves desde centros de extracción minera, como Saladillo,
- sus aguas mantuvieron índices químicos de normalidad, incluso en los períodos de caudal mínimo, ya sea por razones estacionales como por caída pluviométrica deficitaria, y
- al igual que la IV Región, el mayor problema ambiental de la V Región es la sedimentación, producto del proceso erosivo de las tierras altas, especialmente debido a la escasa cobertura vegetal del suelo.

En relación a la Región Metropolitana, se puede concluir que:

- las aguas superficiales son cualitativamente diferentes, dependiendo de la cuenca que las origina,
- la cuenca del río Maipo proporciona aguas con altos contenidos salinos, especialmente sulfatos, con escasos contenidos metálicos, manteniendo una gran constancia de composición en todo su curso, lo que refleja un bajo impacto de las descargas de aguas servidas,
- sólo aguas abajo de recibir al río Mapocho, sus aguas se alteran moderadamente, en especial en sus parámetros de conductividad específica y balance catiónico,

- la cuenca del río Mapocho proporciona aguas con bajos contenidos salinos y netamente oligometálicas a través del río Molina, pero fuertemente sulfatadas y con contenidos cúpricos extraordinariamente elevados, a través del río San Francisco,
- el que el cobre del río San Francisco se presente disuelto casi en su totalidad,, asociado a una gran abundancia de sulfatos, hace presumir que sus presencias se deban a descargas desde un centro minero de la Cía. Minera Disputada de las Condes, existente aguas arriba de los sitios de muestreo,
- a pesar que el nacimiento del río Mapocho diluye las aguas del río San Francisco, la riqueza de cobre se mantiene en niveles que exceden la NCH-1333 en prácticamente todo el curso de este río,
- las descargas de aguas servidas no tratadas, además del problema de la dispersión de microorganismos patógenos para el ser humano, producen aumentos significativos de la conductividad específica de las aguas de riego, aunque no parece afectar los niveles de metales pesados,
- el mayor problema de contaminación de las aguas del Maipo se crea con las descargas de residuos desde la Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones S.A. (CMPC), en Puente Alto, afectando una extensa área agrícola, en los alrededores de Buin, con esta masa de residuos aglomerados asociados a una cierta carga de mercurio,
- en forma similar a las Regiones IV y V, el proceso de erosión hídrica de las tierras altas, especialmente, mantienen un alto impacto ambiental, con abundante aporte de sedimentos que embancan los cursos de ríos y extensas zonas marinas litorales,
- los suelos de los valles Maipo y Mapocho reflejan, a través de sus composiciones metálicas, una clara relación con el basamento rocoso existente en la parte superior de sus respectivas cuencas originarias,
- mientras los suelos del valle del Maipo presentan contenidos metálicos moderados, con rangos en equilibrio con la baja riqueza geoquímica del acuífero, existen zonas dentro del valle Mapocho donde existen suelos fuertemente cúpricos,
- es altamente probable que la riqueza cúprica de aquellos suelos pertenecientes a la zona de Pudahuel-Lo Prado-Noviciado, sea nativa, producto de un proceso geológico de filtración desde los nacimientos cordilleranos, de aguas cargadas en formas disueltas de este elemento,

- no ocurre lo mismo con aquellos suelos aledaños a una zona industrial, en Nos, que han visto enriquecidos sus contenidos metálicos por aportes continuados durante varios años, de elementos particulados industriales,
- dada la gran diversidad de industrias existentes en la localidad, los suelos muestran índices anormalmente elevados de cobre, plomo y molibdeno, entre otros elementos,
- esta zona, también, se ve afectada permanentemente con emisiones gaseosas desde las industrias, lo que, en oportunidades, afecta drásticamente la respirabilidad de la atmósfera y el crecimiento vegetal,
- el Embalse Rungue está siendo afectado por derrames y filtraciones residuales procedentes de Refimet S.A., las que están alterando drásticamente la composición química de las aguas, especialmente en cuanto al contenido de sulfatos u de elementos menores, como hierro, cobre, plomo y manganeso, entre otros,
- debido a que gran parte de esta carga química adicional ingresa floculada y se deposita sobre el fondo del Embalse, la contaminación de los suelos se acrecienta hacia fines del verano, cuando el nivel de sus aguas llega a niveles mínimos, y
- la Sociedad Minera Pudahuel S.A. está afectando, en forma intermitente, una área aledaña a la Laguna Carén, por medio de descargas de sus relaves, los que mantienen una abundante carga de sulfatos y cobre

En cuanto a la VI Región, se concluyó que:

- desde el punto de vista geoquímico, las aguas superficiales de esta Región mantienen una estrecha correlación con las de la Región Metropolitana,
- por una parte, el río Tinguiririca y algunos ríos afluentes del Cachapoal, presentan características hiposalinas y oligometálicas, condiciones que tienden a mantenerse en todos sus trayectos,
- por otra parte, el río Cachapoal presenta mayores contenidos de sulfatos y cobre disueltos, producto de los aportes del río Coya, tal como lo es el Mapocho por el San Francisco,

- manteniendo la similitud de situaciones, así como el San Francisco se ve afectado por la Mina Los Bronces, en cuanto a la presencia de sulfatos y cobre, el río Coya está similarmente influido por la Mina El Teniente, de CODELCO-CHILE,
- al parecer esta carga química de origen antrópico sufre un efectivo proceso de dilución, lo que le permite al río Cachapoal entregar aguas relativamente buenas a la agricultura,
- el proceso de sedimentación, por erosión de las tierras altas continúa siendo uno de los de mayor impacto ambiental en la VI Región; en esta Región, la casi totalidad de los sedimentos quedan retenidas en el Lago Rapel, reduciendo drásticamente su vida útil,
- los suelos de la VI Región, lo mismo que en la Región Metropolitana, reflejan una identidad química con el basamento rocoso de las partes altas de las cuencas correspondientes, lógico para suelos de origen sedimentario de materiales transportados por aguas,
- así, los suelos del valle del Tinguiririca presentan contenidos relativamente bajos de metales pesados y/o microelementos, en equilibrio con la pobreza geoquímica de su acuífero,
- de la misma forma, los suelos del Cachapoal muestran una extraordinaria riqueza en cobre, lo que en parte ya era conocido; sin embargo, se detectó que ella no estaba restringida a la ribera sur del Cachapoal, sino que, por el contrario, se trata de un fenómeno generalizado en todo este valle,
- considerando, además, que la riqueza cúprica no se circunscribe a los horizontes o estratas superficiales, se estima que esta riqueza tiene un componente natural principal, sin descartar totalmente posibles aportes por riego con aguas cúpricas,
- las evidencias, de alteraciones de producción vegetal, así como algunas otras prerteritas de afección de animales, en ausencia de otras causas, deberán ser asignadas a esta riqueza cúprica extraordinaria,
- las respuestas de los vegetales a niveles excesivos de algún elemento, en este caso cobre, no debe esperarse a nivel individual sino que deben analizarse a nivel población; ello, por existir una sensibilidad individual específica, además de la de especie, frente al exceso de cobre,

- esta sensibilidad individual específica se traduce en que, bajo condiciones de gran riqueza cúprica, un grupo de plantas se logrará desarrollar normalmente en tanto que otras no lograrán prosperar, dando una población irregular con una densidad menor que la normal; ello ha sido reportado en la remolacha azucarera, el tabaco y, ahora último, en la maravilla,
- la entrada en funciones del tranque de relaves Carén, de CODELCO-CHILE, eliminó el problema de las descargas de relaves al río Cachapoal, pero dió inicios a un proceso de evacuación de aguas desde el tranque, fuertemente cargadas con sulfatos y algunos metales pesados manganeso y molibdeno que, mayormente, están llegando al Lago Rapel, y
- estas descargas serían responsables de algunas anomalías detectadas últimamente, como una mortandad de peces en 1989; si bien, esta contaminación escapa al ámbito agrícola, no puede dejarse fuera de mención por su impacto ambiental y por que los procesos ambientales están todos interrelacionados.

En relación a la VII Región, se verificó que:

- sus aguas superficiales son hiposalinas y oligometálicas, no estando su composición afectada significativamente por descargas antrópicas, ya sea de actividades mineras o de industrias,
- la sedimentación por la erosión de tierras altas, principalmente, y de tierras agrícolas, en segundo lugar, continúa siendo un proceso con fuerte impacto ambiental negativo; en el caso del Mataquito, los sedimentos alcanzan a ser transportados al mar, afectando extensas áreas marinas litorales, en tanto que en el Maule, quedan retenidos por los Embalses Colbún y Machicura, lo que redundará negativamente sobre sus vidas útiles, y
- los suelos denotan, en su composición de elementos trazas, las características derivadas de la menor basicidad de los materiales parentales y la mayor lixiviación de elementos por las aguas lluvias; en todo caso, no se detectó aportes exógenos de metales, que comprometieran sus contenidos naturales.

En cuanto a la VIII Región, se concluyó que:

- se intensifica el carácter hiposalino y oligometálico de las aguas superficiales, el que se mantiene en todo el trayecto de los ríos estudiados,
- las únicas descargas de origen antrópico que están afectando las aguas superficiales son los RIL de las industrias manufactureras de papeles que se ubican en las riberas del río Bio-Bio,
- es innegable el efecto degradantes de estas descargas, constituidas por grandes volúmenes de residuos fibrosos y químicos, sobre la sanidad del río mencionado, desde su confluencia con el río Laja hasta su desembocadura,
- en este punto, se suman a los residuos de las industrias petroquímicas y de otra índole, lo que genera en la Bahía de San Vicente y Talcahuano y otras zonas de la franja costera, una situación de contaminación de aguas de extrema gravedad,
- justamente, esta contaminación ha sido responsabilidad de la mortandad masiva de peces ocurrida en esas zonas, entre los meses de febrero a marzo de 1990; no debe olvidarse la condición espasmódica e intermitente de las contaminaciones hídricas, lo que explica porqué estas manifestaciones negativas esporádicas,
- los suelos de esta Región mantienen una calidad natural no alterada, con bajos contenidos de elementos trazas, señalando la probabilidad de deficiencias de micronutrientes, y
- es indudable, aunque se encuentra fuera del alcance del Proyecto, que esta Región se encuentra fuertemente afectada por un proceso de erosión de suelos agrícolas, lo que desencadena un profundo proceso degradante por extracción/transporte/sedimentación.

En relación a las Regiones IX, X y XI, se dedujo que:

- los suelos no evidencian contaminaciones metálicas, lo que es lógico puesto que no existen actividades mineras extractivas, con excepción de algunos sectores de la XI Región, donde hay minas de plomo y cinc,
- justamente, en esos sectores, que corresponden a los alrededores de los lagos Pdte. Pedro Aguirre Cerda y General Carrera, se detectan evidencias menores de descargas de relaves y otros residuos a aguas, pero que son diluidos eficientemente, y

- los suelos, en estas Regiones, tienen bajas concentraciones de microelementos, lo que podría indicar problemas de deficiencias de microelementos, mayores mientras más intensiva sea la agricultura.

### 8.1.2. Niveles de Normalidad

Las principales conclusiones fueron que:

- los hígados bovinos son un adecuado indicador de la magnitud de la ingesta metálica vía alimentos,
- los bovinos se encuentran sometidos a distintos niveles de ingesta metálica, lo que es dependiente de la Región en la que sean criados,
- las diferencias de ingesta metálica son derivadas, con toda seguridad, de un distinto contenido metálico de los alimentos consumidos, los que, a su vez, reflejan las riquezas geoquímicas de sus áreas de origen,
- por tanto, los niveles de normalidad de contenidos metálicos, medidos en tejidos hepáticos de bovinos, varían de acuerdo a la zona geográfica de crianza; por tanto, cada sistema agrícola proporcionará niveles de normalidad específicos,
- se demuestra, por consiguiente, que el uso de niveles extranjeros de referencia tiene una validez limitada y, en ningún caso, reemplazarán a los niveles obtenidos por análisis de muestras propias,
- se construyó tablas con niveles de normalidad de contenidos metálicos en tejidos vegetales, que podrían ser considerados como base para métodos de determinación del nivel nutricional, sobre la base de una revisión de la información nacional acumulada sobre este tema, y
- se aconseja la construcción de tablas de referencia, en cuanto a la concentración de microelementos en tejidos orgánicos, por áreas agroecológicas, las que servirían como bases para estudios evaluativos de contaminación y para calibración de estados nutricionales.

### 8.1.3 Límites Máximos de Exceso, en condiciones de no interferencia

En relación a las cantidades máximas que los animales pueden ingerir, sin generar efectos negativos sobre el desarrollo, se concluyó que:

- los animales son sensibles a excesos de metales en la dieta alimenticia, llegando a producirse la muerte si esta ingesta llega a ser extremadamente elevada,
- no todas los animales muestran una misma similar frente al consumo excesivo de metales ni todos los elementos metálicos son igualmente tóxicos,
- así, se definió la siguiente escala relativa de sensibilidad decreciente, frente a una ingesta metálica excesiva:

ovinos > bovinos > equinos > cerdos = aves,

- de la misma manera, se determinó la siguiente escala de toxicidad metálica decreciente:

cadmio > molibdeno > cobre > cinc > plomo > manganeso, y

- los efectos principales están relacionados con impedimentos de los sistemas hormonales y con la acumulación metálica en algunos órganos como hígado, riñones y testículos, lo que conduce a una paralización de éstos.

En cuanto a los contenidos de metales en la matriz de desarrollo radicular, esto es, la concentración de metales a disposición de las raíces que sean equivalentes a los respectivos umbrales tóxicos o sea, a los contenidos por sobre los que se desencadenan efectos negativos para desarrollo vegetal, se concluyó que:

- los vegetales, a nivel de especie, son diferencialmente sensibles a los excesos de elementos metálicos en la zona de crecimiento radicular,
- lo mismo que los animales, no es posible determinar un sólo contenido metálico en el suelo que represente el Límite Máximo de Exceso de Metales para todos los vegetales,
- se determinó la siguiente escala relativa de sensibilidad vegetal, frente a excesos metálicos:

frejól > remolacha > alfalfa > trigo,

- esta escala general, obtenida considerando el promedio de los ensayos desarrollados, sufre drásticas modificaciones frente a elemento particular, pues una especie vegetal, como el trigo, puede ser fuertemente resistente al exceso de un metal como cobre y, a la vez, fuertemente sensible al exceso de otro metal como plomo,
- de la misma forma, la alfalfa se mostró relativamente resistente al exceso de cobre, completamente tolerante a los excesos de cinc y plomo, y muy sensible al cadmio y molibdeno,
- asimismo, los elementos metálicos demostraron una toxicidad diferente, no sólo si se toma en cuenta los efectos de un mismo elemento frente a diferentes especies vegetales, sino que también cuando se comparan los Límites Máximos de Exceso de diversos metales en función de una misma especie,
- la escala de toxicidad decreciente calculada fué:  

cadmio > molibdeno > cobre > manganeso > plomo > cinc,

la cual sufre drásticas modificaciones, en función de especie en particular,
- así, el plomo no fué tóxico para la alfalfa pero sí para el trigo; lo mismo se comprobó para otros elementos, como el molibdeno,
- los Límites Máximos de Excesos metálicos están asociados a una absorción adicional del respectivo elemento en cuestión, pudiendo en la realidad ser un efecto de ésta,
- al alcanzarse el respectivo LME, los tejidos de alfalfa y trigo mostraron un nivel adicional del elemento considerado; esta mayor absorción no se mantiene en una relación constante sino que es función del elemento y de la especie,
- también, es propio de cada elemento la forma en que esta absorción adicional se distribuye en los distintos órganos vegetales, no quedando los órganos reproductivos, como semillas, liberadas de recibir dosis adicional de metales, y
- los efectos negativos de exceso metálico sobre organismos biológicos deben analizarse no sólo en cuánto al metal involucrado sino que también en cuánto al individuo receptor, ya que más que la toxicidad

inherente del metal o la sensibilidad propia del receptor, lo que interesa es la unidad contaminante-receptor.

#### 8.1.4 Efecto suelo sobre los Límites Máximos de Exceso

Los estudios experimentales desarrollados para determinar el efecto de diferentes suelos sobre la respuesta particular de la unidad contaminante-receptora, individualizada en el punto 8.1.3., han permitido alcanzar las siguientes conclusiones:

- el impacto negativo del ingreso de metales a sistemas agrícolas y de su acumulación en los suelos está condicionado, no sólo por el binomio metal-receptor, sino que muy especialmente, por el tipo de suelo en el que ocurre la contaminación,
- se construye un triángulo indivisible, constituido por la toxicidad del metal, sensibilidad del receptor y capacidad retenedora (léase, inactivadora) del suelo, que determina el tipo y magnitud de la respuesta vegetal a una determinada contaminación metálica,
- así, los Límites Máximos de Exceso de diversos metales, determinados para diferentes especies en un medio no inactivador de la actividad química del metal, son modificados significativamente cuando el medio de nutrición radicular es el suelo,
- los LMEs se ven fuertemente aumentados, reflejando una mayor retención e inactividad metálica, en los suelos, en función de los siguientes factores básicos:
  - mayor pH,
  - mayor contenido de materia orgánica, y/o
  - mayor contenido de arcillas, siempre que sean del tipo 2:1 y, preferentemente, expandibles,
- por el contrario, la toxicidad intrínseca de un metal tiende a no modificarse, cuando se trata de suelos con alguna de las siguientes características:
  - pH ácido
  - bajo contenido de arcillas, y/o
  - minerales de arcilla del tipo 1:1 o sesquióxidos,
- lo anterior significa que cada ecosistema agrícola podría soportar una cantidad distinta de un mismo contaminante, sin que ello se traduzca

en una pérdida de producción vegetal o animal o alteración de calidad; por ello, la definición de LME únicos para todo un país no conduce a una eficiente administración ambiental a nivel nacional,

- la cantidad máxima que un ecosistema acepte, sin degradarse, será función del triángulo ya mencionado, esto es de sus suelos, sus especies en producción y los contaminantes involucrados, y
- para determinar esta cantidad y la tasa de inmisión, se aconseja considerar la especie vegetal o animal más sensible del espectro posible de establecer en dicha área y la tasa de extracción por los vegetales.

#### 8.1.5. Evaluación de suelos cúpricos de las Regiones Metropolitana y VI

Los ensayos evaluativos de la toxicidad del cobre en suelos de las Regiones Metropolitana y VI permitieron concluir que:

- los ecosistemas agrícolas, que contienen suelos similares a los evaluados en los ensayos, tienen una alta capacidad receptora del elemento en cuestión, sin degradarse en sus potenciales de producción vegetal,
- ello significa que la mayor parte del cobre existente en estos suelos está inactiva o retenida tan fuertemente por las fases edáficas que los vegetales sólo logran extraer una pequeña proporción,
- esta gran afinidad Cu-suelos se explica por la calidad de los suelos, que cumplen con las condiciones de afinidad definidas en el punto 8.1.4., a saber:
  - suelos con alto contenido de arcillas,
  - arcillas predominantemente montmoriloníticas e illíticas,
  - pH en rango neutro a moderadamente básico,
  - alto contenido de calcio, y
  - contenidos orgánicos relativamente importantes,
- todo lo anterior se traduce en que una contaminación por cobre tendrá, en estas zonas, un menor impacto ambiental, aunque no inexistente, que en otras áreas agrícolas (como Catemu o Puchuncaví), debido fundamentalmente a la calidad de sus suelos, y

- no debe olvidarse que las también las condiciones climáticas condicionan la conducta ambiental de un elemento, lo que también debe ser evaluado a futuro.

#### 8.1.6. Recuperación de suelos contaminados

Los ensayos realizados para evaluar la influencia de la materia orgánica en la actividad del cobre y cadmio edáficos, dieron las siguientes conclusiones:

- la adición de una fuente orgánica, aunque sea de rápida oxidación, como el producto de la lombricultura, a un sustrato inerte, como la arena, produjo una fuerte inactivación del metal agregado,
- esta inactivación del cobre y del cadmio se traduce en un significativo menor nivel de toxicidad de éstos para la alfalfa, sembrada paralelamente a la adición metálica y de materia orgánica,
- la adición de una fuente orgánica permitiría a las semillas, germinar y desarrollar las plantúlas hasta alcanzar su estado adulto como si no hubiera un exceso metálico,
- al alcanzar el estado adulto, las plantas de alfalfa ya no se verían afectadas por los excesos metálicos, aunque toda la carga orgánica se mineralizara y dejara de cumplir el rol de tampón de metales,
- de ser afectivo lo anterior, querría decir que una alternativa para los agricultores que tengan que trabajar suelos contaminados sería el proporcionar al suelo carga orgánica suficiente que permita al vegetal tener una defensa contra la toxicidad metálica mientras llega a superar el o los estados sensibles, y
- sería motivo de nuevas investigaciones el comprobar la hipótesis planteada, además de desarrollar experiencias similares con otros elementos, otras especies vegetales y usando suelos, como matriz de soporte.

#### 8.1.7. Baseos para la evaluación de impactos ambientales de procesos contaminantes

Dado que los procesos contaminantes, así como cualquier proceso de degradación ambiental generado por la intervención humana, presenta las

características de ser de efectos negativos múltiples concatenados y de que la reversibilidad de éstos es casi nula, se concluye que:

- es de esencial importancia para el país establecer algún sistema de análisis racional que permita predecir y evaluar los efectos que sobre los recursos y sistemas naturales podrían emerger como consecuencia de una determinada acción antrópica,
- con ello, se podría prevenir la destrucción del ambiente más allá de lo aceptable, incorporando a los proyectos de desarrollo las medidas correctivas pertinentes, de manera que la intervención humana sea no sólo económica sino que también, ecológicamente exitosa,
- como contaminación ambiental debe ser considerado todo proceso de liberación incontrolada de residuos de actividades humanas, que modifiquen significativamente los equilibrios naturales, desencadenando efectos degradantes en los seres vivos y las cadenas tróficas, sean éstas naturales o establecidas, como la agricultura,
- los efectos negativos esperados no deben ser concebidos en el campo de la toxicología, exclusivamente, aunque que éstos serían de máximo impacto ambiental negativo, sino que debe incluirse todos aquellos efectos derivados de acciones físicas, como sería el bloqueo de órganos captadores de oxígeno o los efectos por excesos de radiaciones,
- aquellos procesos que involucran la descarga de productos persistentes deberán ser considerados como de máximo impacto ambiental negativo, por cuánto tendrán la máxima probabilidad de copar los circuitos de dispersión ambiental, por una parte, y de exceder los umbrales críticos de exceso en recursos naturales de acopio, como los suelos, lagos y mares,
- la persistencia de un contaminante puede ser intrínseca, por su naturaleza (plásticos y metales pesados) y adquirida, tanto por la magnitud de las descargas liberadoras (microorganismos patógenos) como por determinadas interacciones con recursos del ambiente (persistencia diferencial de residuos de agroquímicos en función de suelo y clima),
- se debe considerar siempre que una contaminación, cualquiera que ella sea, no queda circunscrita al cuerpo receptor primario (mayoritariamente, atmósfera o ríos), sino que difundirá o dispersará a mayor distancia de la fuente emisora en función de la persistencia ambiental de los residuos, usando los canales naturales de interconexión de recursos,

- la naturaleza ha determinado que el equilibrio dinámico y retroalimentado entre recursos naturales, lo que en Ecología se llama homeostasis natural, se produzca entre recursos acumuladores de información (léase, materia y energía), gracias a vías de transmisión representadas por algunos otros recursos,
- desde la perspectiva de la contaminación, los impactos ambientales más trascendentes deben esperarse en aquellos recursos acumuladores, representados por los suelos, lagos y mares,
- de la misma manera, los efectos mayormente reversibles y efímeros serán aquellos indicados en recursos de interconexión, como la atmósfera y ríos, los que podrían volver al estado de sanidad ambiental pre-contaminación, poco tiempo después de terminada la fuente originaria,
- a través de su acumulación en los suelos, los contaminantes tienen una alta probabilidad de ingresar a las cadenas tróficas agrícolas, llegando a afectar ya sea la cantidad de alimento cosechado y/o la calidad de éste,
- una adecuada evaluación de los impactos ambientales probables de emerger de una acción antrópica, implica la consideración del largo plazo, ya que permite una mejor defensa del ambiente contra consideraciones económicas, generalmente del corto plazo,
- asimismo, una adecuada evaluación de los impactos ambientales también implicará una evaluación del comportamiento del o de los contaminantes integrados a los recursos naturales específicos de cada área receptora, ya que el nivel de toxicidad, la persistencia, el grado de acumulación y/o de dispersión del contaminante son función, en gran medida, del tipo de recursos naturales involucrados, y
- uno de los recursos más determinantes en la conducta ambiental del contaminante es el suelo, por lo cuál, se recomienda intensificar la investigación sobre las interacciones suelos-contaminantes.

## 3.2. Subproyecto "Contaminación con Residuos de Pesticidas"

### 3.2.1. Aliciontos de Consumo Humano

Las principales conclusiones obtenidas, en relación a la presencia de residuos organoclorados en alimentos de consumo humano son:

- el examen de residuos de plaguicidas organoclorados en 8 muestras de aceite comestible de distinta naturaleza, de las principales fábricas y refinerías del país, dejó en evidencia la no contaminación de este tipo de alimento.
- los resultados obtenidos en las muestras de carne analizadas establecen que, contienen 2 o más residuos de pesticidas organoclorados, a pesar que gran parte de ellos están prohibidos, siendo los más importantes por su frecuencia en orden decreciente: Lindano 100%; Heptacloro y Heptacloro- epóxido: 87%, Dieldrin 48%, & Clordano 26,7%, DDT y Metabolitos 23%,
- los niveles promedios de estos xenobióticos en carnes están bajo los límites máximos de tolerancias que recomienda el Codex Alimentarius (1987), excepto el Dieldrin y el Clordano cuyos promedios excedieron los LMR respectivos,
- de acuerdo a las recomendaciones del Codex Alimentarius, se concluye que el 23% de las muestras de carne serían rechazadas por tener uno o dos concentraciones fuera de los rangos de tolerancia.
- ni Lindano ni DDT y metabolitos aportan niveles de residuos en concentraciones peligrosas, de acuerdo a los estándares internacionales; Por el contrario, Heptacloro y su metabolito, Dieldrin y a-clordano sobrepasan los límites máximos de residuos (LMR) en porcentajes respectivos: 20,0; 6,6 y 16,0.
- las muestras de harinas de trigo analizadas tenían niveles bajísimos prácticamente trazas de RPOC: Lindano, Aldrin, Dieldrin, pp'DDE y & Clordano; aquellas concentraciones máximas están muy por debajo de los LMR establecidos por el Codex Alimentarius (1987),
- el método utilizado para la detección de RPOC en huevos es de alta sensibilidad y permite cuantificar los contaminantes estudiados a concentraciones entre 10 y 100 veces inferiores a los límites máximos de residuos permitidos (LMR),
- los principales plaguicidas que contaminan los huevos de la Región Metropolitana son Lindano y Dieldrin; los valores están muy por debajo

de los LMR en Chile (Ministerio de Salud, 1982) y los establecidos por FAO/OMS (1987), por lo que no constituye riesgo para el consumidor, y

- no se encontró diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los promedios entregados por los tres planteles productores de huevos estudiados.

### 8.2.2. Frutas Exportables

Las conclusiones obtenidas son:

- el Laboratorio Central de Contaminantes y Alimentos (LACECONAL), de INIA, dispone de una metodología analítica integral y confiable, para efectuar prospecciones masivas de residuos de pesticidas organoclorados (RPOC) y organofosforados (RPOF).
- se montó exitosamente una técnica analítica espectrofotométrica de cuantificación de ácido dimetil amino succínico (ALAR), una hormona de amplio uso en manzanas,
- todos los métodos montados poseen sensibilidad y variabilidad acordes con las exigencias planteadas por la definición de límites máximos de residuos permisibles o tolerables,
- los residuos de pesticidas organoclorados no se demostraron como un problema, ya que mostraron bajos % de ocurrencia y niveles entre 50 y 500 veces bajo el respectivo LMRP,
- en relación a la identidad de los RPOC detectados, ésta es poco variada ya que se trata esencialmente de Dieldrín con un solo caso de Aldrín y Lindano; no hubo detección de estos residuos en manzanas,
- todos los casos positivos de presencia de RPOC en uva de mesa y nectarinos estuvieron circunscritos a muestras procedentes de las Regiones V y Metropolitana,
- la presencia de residuos de pesticidas organofosforados en uva de mesa, nectarinos y manzanas fue, más extendida que la de organoclorados, lo que se reflejó en un mayor % de ocurrencia, una mayor gama de productos y mayores concentraciones residuales,
- en cuanto a su identificación, se encontró residuos de Dimethoate, Ethyl-Parathion, Phosmet y Diazinon, todos los cuales se

presentaron por debajo de los respectivos LMRP, mayormente a niveles trazas,

- se encontró una mayor cobertura geográfica con RPOF, ya que hubo casos positivos, no solo en muestras provenientes de las Regiones V y Metropolitana, sino que también en de la IV y VI, y
- los contenidos residuales de ALAR en manzanas son más bien bajos, no más allá del 10% del LMRP, establecidos por EPA.

### 8.2.3. Reciclaje de RPOC en áreas de producción bovina

Las principales conclusiones, en este campo, fueron:

- en prospección de RPOC en grasa perirrenal bovina recolectada a nivel de mataderos, entre la Región Metropolitana y XI, se puede concluir que no existen áreas libres de RPOC,
- se detectó un porcentajes de ocurrencia de RPOC en las regiones analizadas, en un rango que va de 56 a 100%, con un promedio nacional de 79%,
- las regiones que están sobre este promedio son la Metropolitana, VII, IX y X,
- el Lindano es el pesticida con mayor porcentaje de ocurrencia (56 %), seguido de los ciclodienos Aldrin/Dieldrin (46%), lo que refleja su uso generalizado en producción agropecuaria y sus largos periodos de retención,
- en menor porcentaje, se encuentran el DDT y sus metabolitos (37%); el Heptacloro y sus epóxidos (32%) y el Endrin (3%),
- en la mayoría de las Regiones, se detectó metabolitos de DDT, con excepción de la VII, IX y X, en las cuales, además, se detectó DDT en bajos porcentajes, lo que nos estaría demostrando que no existen aplicaciones recientes de este pesticida,
- más de dos RPOC se encuentran en todas las Regiones, con excepción de la XI Región; se aprecia, además una declinación de estos porcentajes hacia la zona Sur del país,
- todas las muestras analizadas no excedieron los LMR sugeridos por FAO/OMS,

- no se detectó tendencia alguna, en cuanto al tipo, ocurrencia y magnitud de RPOC entre animales de distintas edades, tipo o categorías, y
- en grasa perirrenal y carnes existen los mismos pesticidas, sin concordancia en sus porcentajes; en carnes, el 23% de las muestras excedió algún LMR.

Con respecto a la dinámica de traspaso de estos xenobióticos entre distintos sistemas productivos (suelo, pradera, grasa, leche), las conclusiones obtenidas fueron:

- no es posible confeccionar un modelo, con los antecedentes obtenidos hasta la fecha,
- el mayor porcentaje de ocurrencia de RPOC se presenta en grasa perirrenal (75%) y el menor corresponde a praderas (32%), en suelos se obtuvo un porcentaje intermedio (57%),
- en la IX y X Región se encuentran los mayores porcentajes de ocurrencia de RPOC para suelos, praderas y grasa, mientras que los menores corresponden a la XI región,
- en las Regiones VIII y XI, no se detectó RPOC en praderas pero sí en suelos y grasa perirrenal; en suelos, el único pesticida detectado fue Lindano,
- los porcentajes de RPOC en leches frescas de las IX y X Regiones son inferiores a los de carnes y grasas perirrenales, con una menor gama de productos,
- en la IX Región, en leche sólo se detectó clordano (21%); en la X, existió una mayor variación respecto de la presencia de RPOC, encontrándose pp-DDE (16%), Heptacloro y sus epóxidos (8%) y Clordano (4%),
- tres muestras de leche fresca, de un total de 39, presentaron contenidos residuales que excedieron al LMR sugerido por FAO/OMS, siendo A-clordano el pesticida detectado en exceso, y
- estos resultados indican la necesidad de un programa permanente que controle todas las fuentes de contaminación de carnes y leches con RPOC.

#### 8.2.4. Reciclaje de RPOC en sistemas de producción avícola

Las principales conclusiones respecto al reciclaje de RPOC en sistemas de producción avícola de la Región Metropolitana son:

- la presencia de RPOC en aves puede ser resultado de la aplicación directa de pesticidas OC a granos u otros ingredientes alimenticios, los que, posteriormente se pueden encontrar en los concentrados alimenticios de estos animales,
- estos pesticidas, pueden llegar a las aves por vías indirectas o directas,
- el mayor porcentaje de ocurrencia para RPOC correspondió a Lindano y Aldrin/Dieldrin, resultados que se relacionan con los obtenidos en carnes y grasa perirrenal de bovinos,
- de las 36 muestras de ingredientes alimenticios, el porcentaje de ocurrencia fue de 53% para ambos RPOC; para las 29 muestras de concentrados alimenticios y 27 huevos, el porcentaje de ocurrencia fue de 100%; en las muestras de grasa abdominal de aves, el porcentaje para Lindano y Aldrin/Dieldrin fue de 60 y 51%, respectivamente,
- la alta incidencia de Lindano y Aldrin/Dieldrin en ingredientes y concentrados, permite suponer que ésta podría ser la vía más común de ingreso a las aves y contaminación de grasas y huevos,
- para huevos y grasa abdominal de aves, no hubo valores individuales que sobrepasen los LMR fijados por las normas chilenas, por lo que se concluye que los RPOC detectados no constituyen un riesgo para la salud del consumidor,
- estas normas no fijan valores para concentrados alimenticios por lo cual no se puede llegar a conclusiones respecto de estos productos,
- para ingredientes alimenticios, sólo se fijan valores para maíz, que en un 100% están bajo los LMR,
- en ingredientes alimenticios, aparte de los RPOC antes mencionados, se detectó la presencia de A-clordano, Endrin y pp-DDE en bajos porcentajes,

- estos compuestos no se encuentran en las otras muestras analizadas, con excepción del pp-DDE, detectado en 11 muestras de grasa abdominal (73%) de aves procedentes de un plantel de Malloco,
- el afrechillo de trigo y el maíz (100 y 89%, respectivamente), son los ingredientes que presentan el mayor porcentaje de ocurrencia, seguido de harina de pescado (78%) y afrecho de maravilla (33%),
- en ingredientes y concentrados, llamó la atención la ausencia de pp-DDE, principalmente en muestras de Malloco, donde se detectó su presencia en grasa abdominal; se puede deducir de este resultado que la contaminación con pp-DDE debió producirse por vía distinta a los alimentos, y
- el mayor nivel de contaminación por RPOC se presentó en muestras de grasas abdominales de aves procedentes de Malloco; el menor, en muestras procedentes de Peñaflores.

#### 3.2.5. Absorción Radicular de RPOC

A partir de esta investigación, se define un nuevo concepto que dice relación con la capacidad potencial de absorción radicular de Dieldrin no interferida (PARD) para tres especies (ballica, trébol y trigo).

En éstas, se comprobó una proporcionalidad entre los niveles de Dieldrin en las soluciones nutritivas y los foliares, de acuerdo a funciones lineales perfectamente definidas para cada especie. Con ello, se demuestra una vez más la existencia del fenómeno de la absorción radicular, el que es característico a cada una de ellas.

Se comprobó que las plantas de trigo desarrollaron una capacidad de absorción de Dieldrin más allá de su solubilidad en agua, llegando a un PARD relativamente alto (3,3 mg Dieldrin/kg hoja base ms). Las otras especies dieron un PARD menor (0,0252 mg y 0,126mg Dieldrin/kg hoja base ms para trébol y ballica, respectivamente).

Las espigas de trigo fueron impermeables a la entrada del Dieldrin. Este fenómeno tendría explicación en la baja capacidad de transpiración de los frutos, que significa que el flujo de agua no es transpirada a través de éstos y por tanto, los compuestos disueltos no tienden a translocarse a ellos.

La producción de biomasa en ballica y trébol no fue afectada por la presencia del xenobiótico, a diferencia de lo que ocurrió en trigo, donde el tratamiento con la más alta concentración de Dieldrin afectó significativamente la producción de biomasa. Posiblemente, la abundante concentración de Dieldrin que había en las hojas pudo afectar el normal desarrollo fisiológico, incluso de la producción de biomasa en las espigas.

En diferentes suelos, como en arena, se cumple la función de que a mayor concentración en el suelo, mayor concentración foliar en ballica y lenteja.

Al probar diferentes tipos de suelos sobre la absorbilidad (interacción) del Dieldrin en lentejas y ballica, se detectó que las primeras absorben 100 veces más que la gramínea. En general, independientemente de la especie, los suelos bajos en materia orgánica y pH ácido permiten una mayor absorción de Dieldrin; a la inversa, los suelos con contenidos altos en materia orgánica y pH básico dificultan la absorción del Dieldrin, por lo tanto, el Dieldrin foliar es bajo.

Finalmente, la absorción radicular del Dieldrin dependerá, principalmente, de la materia orgánica del suelo, especie vegetal y tiempo de exposición.

### 8.3. Subproyecto "Presencia de otros contaminantes"

#### 8.3.1. Detergentes en aguas

Las principales conclusiones son:

- se dispone de una técnica analítica confiable para estimar la presencia de residuos de detergentes en aguas, que permite contrastar los valores nacionales con los que sustenta la literatura extranjera; los resultados se expresan como mg MBAS/litro, y guardan una relativa equivalencia con LAS/litro,
- la literatura extranjera informa sobre la toxicidad de los alquil benceno sulfonatos (LAS) a partir de niveles sobre 50 mg/l, que alterarían la vida de las plantas y animales; todos los valores encontrados durante este trabajo están sustancialmente por debajo del nivel mencionado,

- sólo las muestras tomadas en el cauce del Zanjón de la Aguada presentan valores en el mismo orden de magnitud, pero en todo caso inferiores a estos niveles tóxicos,
- existe una estrecha relación entre los niveles de sustancias activas al azul de metileno (MBAS/l) y densidad de población, tanto es así, que la carga de detergentes en los ríos y cauces de la Región Metropolitana son siempre significativamente mayores a los de la V y VI Regiones, y
- el método ensayado detectó los cambios en los contenidos de MBAS, al producirse cambios en los caudales de los ríos, por efecto de mayor deshielo en temporadas de primavera y verano.

### 8.3.2 Cianuro en uva

Las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- es posible contaminar intencionalmente bayas de uva en altas concentraciones de cianuro, dando como resultado una pulpa con concentraciones no superiores al 1 mg  $\text{CN}^-$ /5 g fruta, utilizando KCN como fuente contaminante,
- las sales de cianuro, en contacto con pulpa o zumo de uva, pueden reaccionar siguiendo dos vías degradativas, que se manifiestan cinéticamente a través de dos posibles mecanismos de reacción, uno lineal y otro exponencial,
- experimentalmente, predomina la forma exponencial del tipo

$$CT = C_0 * e^{-kt},$$

- la cinética exponencial significa que el  $\text{CN}^-$ , en un ataque nucleofílico sobre los azúcares de la uva, genera cianhidrinas, reacción autocatalítica fuertemente influenciada por la temperatura, y
- estos estudios cinéticos, sólo bajo rígidas condiciones ambientales, permiten predecir la resistencia de las sales de cianuro en el interior de las bayas de uva.

### 8.3.3. Desperdicios urbanos

Los cauces de evacuación de aguas servidas de Santiago, que corren a tajo abierto, están sirviendo como receptores "naturales" de las basuras producidas en las poblaciones ribereñas; desde la perspectiva de la agricultura establecida aguas abajo de las descargas de aguas servidas de Santiago, las conclusiones alcanzadas fueron las siguientes:

- el Zanjón de la Aguada, principal receptor de aguas servidas de Santiago, y otros cauces similares arrastran grandes volúmenes de basuras sólidas, caracterizadas por plásticos, restos de ramas, hojas, restos orgánicos de animales, además de restos de materiales de construcción,
- una parte mayoritaria de esta carga de desperdicios de origen urbanos va quedando depositada en las paredes de estos cauces, incluyendo canales de distribución de aguas para riego,
- se encontró una gran acumulación de desperdicios urbanos en las obras de arte de captación, distribución y aplicación de aguas de riego, lo que indudablemente disminuye drásticamente sus eficiencias, además del aspecto estético degradado,
- una fracción minoritaria ingresa a los potreros, quedando restringida, básicamente, a las cabeceras, no interfiriendo significativamente con el uso agrícola de las tierras,
- los daños a la agricultura, asociados al ingreso de desperdicios a potreros, se traducen en algunas jornadas anuales para remoción de las basuras y al hecho de vivir o trabajar en un ambiente sucio, mal oliente y severamente contaminado con microorganismos patógenos.

## 9. RECOMENDACIONES

### 9.1. Aspectos generales

La recomendación más trascendente está en la imperiosa necesidad que el Estado chileno diseñe una Política Nacional, estable y de largo plazo, que defina objetivos y metas de protección ambiental, con un marco legal que haga operante las disposiciones pertinentes, fiscalice su cumplimiento y sea aplicada a través de una institucionalidad ad-hoc, que cuente con los recursos presupuestarios debidos.

Esta política debe operar bajo el gran objetivo de compatibilizar los legítimos intereses de progreso material de la sociedad con la mantención de una determinada calidad ambiental que permita un desarrollo sustentable en el tiempo.

Si bien este Informe se refiere a la contaminación asociada a la agricultura, entendida como área receptora de contaminantes exógenos y como actividad liberadora de residuos, no debe olvidarse que existen otros procesos de degradación ambiental, los que también deberán estar considerados.

Por tanto, la política deberá ser integral, incluyendo además, la erosión, desertificación, salinización, empantanamiento, pérdida de diversidad genética, extinción de especies y crecimiento urbano desmedido, y armónica, en cuanto al balance de sus disposiciones.

La pérdida de diversidad genética y extinción de especies, como procesos degradantes, no tiene sólo connotaciones intelectuales o espirituales; por el contrario, se sabe que el desarrollo futuro de la Humanidad está directamente ligado al acceso y manipulación de códigos genéticos.

Para una política ambiental, armónica, integral y que tenga reconocimiento constitucional, existe la necesidad de superar algunos vacíos en la Constitución chilena, a saber:

- que considera a la contaminación ambiental como único proceso de deterioro ambiental que afecta el derecho de los habitantes del país a vivir en un país ambientalmente sano, y
- que no incorpora la responsabilidad individual, sean entes naturales y jurídicos, de carácter privado, en materias de preservación de los ambientes y recursos naturales.

Puesto que en materias ambientales, los daños son normalmente irreversibles, la prevención es siempre más rentable que la curación. Por ello, es imprescindible que la política ambiental se oriente a proteger la calidad ambiental, previniendo la ocurrencia de situaciones de deterioro ambiental, que induzcan pérdidas de potenciales de uso.

Si bien la consecución de los objetivos y metas trazados por la política ambiental dependerá, substancialmente, de la participación de todos los habitantes del país, la responsabilidad mayor es del Estado, por su obligación de definir la calidad ambiental a mantener, orientar a la ciudadanía, conducir y ejecutar programas específicos y fiscalizar el acatamiento a la nueva legalidad.

El progreso de las sociedades humanas debe proceder dentro de ámbitos de respeto a derechos individuales; en consecuencia, aquellos aspectos en que la política entre en conflicto con ciertos derechos individuales, como los de propiedad y usufructo de recursos naturales, deberán ser claramente definidos por ley. Su efectividad deberá basarse en la obtención de cambios positivos en la conducta social, sin olvidar en todo caso los aspectos; para ello, es esencial incorporar la dimensión ambiental en la política educacional, incluyendo todos sus niveles, para conseguir los cambios de aquellos modelos conductuales ambientalmente dañinos.

El éxito de cualquier política no se asegura por el mero hecho de haber sido dictada, sino que por el grado de acatamiento de la sociedad. Por ello, es esencial que se defina una política de estímulos e incentivos, con apoyo de todas las herramientas a disposición del Estado, para favorecer un adecuado acatamiento a las disposiciones.

Al respecto, se recuerda el éxito de algunos programas específicos de fomento a determinadas actividades vía subsidios específicos, como el de plantaciones forestales y de obras menores de riego.

Puesto que la dictación de una política, que intente compatibilizar intereses a veces tan diametralmente opuestos, supone en alguna medida la imposición de criterios, prohibición de actos u otras medidas restrictivas del usufructo de recursos y ambientes nacionales, en aras de un beneficio social del largo plazo, es indudable que las limitaciones acordadas deberían basarse en las realidades de los ambientes existentes en el país y no ser simples copias de disposiciones foráneas. Ello involucra necesariamente el conocimiento profundo de los modelos conductuales de cada una de las unidades ambientales nacionales, para lo cual debe incentivarse la investigación técnico-científica.

Independiente del estilo de política dictada, cada sector en que el Estado chileno está dividido tendrá que asumir obligaciones nuevas, en la búsqueda de evitar la ocurrencia de nuevos casos de deterioro; éstas incluyen los niveles de normas y estudios, vigilancia ambiental y sanciones, contándose con una coordinación central eficiente y dotada de capacidad de toma de decisiones.

En el ámbito del sector agrícola, debería robustecerse la acción de salvaguarda de la calidad y cuantía de los recursos naturales requeridos por la agricultura. Específicamente, ello significa que sea el propio Ministerio de Agricultura el que tenga una actitud de liderazgo en cuanto a normar, caracterizar y controlar las aguas dulces continentales y los suelos, a diferencia de la situación actual en que las aguas han sido administradas, históricamente, por otro Ministerio.

## 9.2. Normas y estudios

En el nivel de normas y estudios, será preciso contar con:

- un conocimiento acabado de los ambientes y recursos naturales con que cuenta el país, con detalle a nivel de unidades agroecológicas, con una evaluación actualizada del estado de deterioro que presenten,
- definición de patrones de calidad ambiental, aplicables a todo el territorio nacional y a todos los individuos, sin discriminación,
- determinación de la calidad ambiental óptima para diversos usos humanos, estableciendo los rangos de variaciones en que puedan desenvolverse sin perjuicios significativos,
- patrones de calidad referidos a atmósfera y suelos de uso silvoagropecuario, incluyendo especialmente la capacidad para recibir contaminantes sin que se induzcan efectos degradantes en vegetales y animales<sup>1</sup>,
- normas que reconozcan la existencia de los diferentes ambientes y definan la calidad ambiental por zona agroecológica, lo que obligatoriamente, se traducirá en la determinación de límites máximos

---

<sup>1</sup>En lo agrícola, sólo se cuenta con la norma para aguas de riego, la que no obstante ser una simple copia de la estadounidense, ha sido de gran utilidad al facilitar las labores de vigilancia, control y sanción, en relación a fuentes de aguas para riego

de contaminantes por zona agroecológica, aunque se reconoce que la dictación de normas únicas y constantes para todo el territorio nacional, obedece a razones prácticas y de costo,

- un decidido y fuerte apoyo del Estado a la investigación científica y tecnológica orientada, entre otros, a definir los siguientes aspectos genéricos:

- circuitos de dispersión ambiental de contaminantes, incluyendo no sólo los recepcionados en áreas agrícolas sino que, también, aquellos propios de la agricultura,
- conducta en los ambientes de polutantes, definiendo modelos de relación con los diferentes recursos naturales, como retención por suelos, absorción por vegetales y animales, persistencia ambiental,
- umbrales críticos de exceso de contaminantes en recursos del ambiente, especialmente suelos y atmósfera, válidos para especies vegetales y animales de alto interés,
- egreso de residuos de agroquímicos desde ambientes agrícolas, definiendo persistencia, retención por suelos, percolación profunda, constantes de toxicidad, etc.,
- alternativas tecnológicas, incluyendo manejo de recursos naturales y tolerancias biológicas, que permitan a los agricultores enfrentar situaciones de recepción de contaminantes o uso de recursos contaminados, y
- capacidad de las zonas agroecológicas para absorber contaminantes, sin desencadenar efectos negativos para la producción, la que debe medirse como cantidad y calidad del producto cosechado,

de forma de llegar a conocer en profundidad la interacción bioquímica de organismos y medio ambiente; la investigación actual evidencia el poco conocimiento que se posee sobre los mecanismos naturales de los fenómenos básicos comprometidos y la incorporación de polutantes en los sistemas biológicos.

Puesto que se trata de prevenir el deterioro ambiental, el Ministerio del ramo no puede soslayar su responsabilidad para que la agricultura sea ambientalmente responsable y, por tanto, debe guiar a los agricultores en cuánto a:

- propiciar el desarrollo silvoagropecuario, sin que medie una destrucción de los recursos naturales ni una contaminación de los ambientes,
- consecuentemente, generar un marco de acción adecuado para contar con una agricultura y silvicultura que no erosione, no salinice, no empantane los suelos ni contamine las aguas, los suelos y la atmósfera,
- contar con atribuciones que le permitan llegar hasta la prohibición, total o parcial, del uso de agroquímicos cuando, por razones de alto riesgo ambiental, ello fuere recomendable,

Para el pleno logro de sus objetivos, en este terreno, el Estado deberá apoyar investigaciones nacionales en el marco de:

- minimizar los insumos energéticos y materiales de las actividades silvoagropecuarias, sin renunciar a altos niveles de producción,
- incentivar estudios sobre reciclaje de desperdicios orgánicos, para reducir la contaminación ambiental y el uso de fertilizantes inorgánicos, sobre control de plagas y pestes por vías distintas a la aplicación de pesticidas, como control biológico, mejoramiento genético o ingeniería genética, y sobre labores no destructivas de preparación de cama de semillas y prácticas culturales,
- minimizar las pérdidas de suelos, inducidas por inadecuadas prácticas de riego,
- determinar los ciclos ambientales de residuos de compuestos agroquímicos, incluyendo potenciales de absorción radicular, transferencia entre recursos, persistencia ambiental y constantes toxicológicas, e
- internalizar los efectos ambientales de las prácticas agrícolas y silvícolas.

En un tratamiento integral de los problemas ambientales, el Estado deberá funcionar bajo la óptica de una eficiente coordinación intersectorial; al respecto, ni la silvicultura ni la agricultura pueden ser concebidas como actividades independientes sino que integradas a las restantes con las que coexisten en un región determinada. Por ello, se enfatiza lo esencial que el desarrollo de las zonas agroecológicas nacionales sea integral; por tanto, la actividad de cosecha debe insertarse y participar de programas de manejo integral de cuencas.

Debe plantarse la imperiosa necesidad de que el Ministerio del ramo, coordinadamente con los restantes Ministerios, defina los criterios básicos que permitan insertar válidamente las evaluaciones de impacto ambiental, como requisito ineludible para todo proyecto de inversión que supere una cierta envergadura mínima.

### 9.3. Vigilancia ambiental

En relación al nivel de vigilancia ambiental de fuentes exógenas, los agricultores entran a depender de la protección que pueda brindar el Estado; se hace necesario lo siguiente:

- contar con un catastro de las fuentes exógenas de contaminación de áreas dedicadas a la agricultura, a nivel regional e identificación de los contaminantes descargados por cada una, dinámica de las descargas (tasas de emisión, efecto dilución, áreas afectadas, efectos potenciales, entre otros),
- mantener e intensificar los programas existentes sobre control de calidad de alimentos, incluyendo residuos de pesticidas y otros contaminantes, tanto en productos exportables como en aquellos de consumo interno,
- que el Estado asuma la certificación de requisitos de calidad ante instancias extranjeras; a modo de ejemplo, se menciona lo referente a niveles residuales de plaguicidas en productos agropecuarios de exportación, procedencia de alimentos producidos por agricultura orgánica, etc.,
- implementar un sistema automático de vigilancia ambiental que incluya un monitoreo continuo y registrado de descargas, para aquellas fuentes contaminantes de mayor impacto ambiental negativo,
- en términos generales, implementar adecuadamente, en aspectos de dotación de personal capacitado, equipos técnicos de terreno y presupuesto, a las instancias de vigilancia ambiental,
- establecer una red nacional de laboratorios, para análisis de residuos de agroquímicos y contaminantes ambientales, encabezada por uno de referencia, encargado de integrar redes internacionales interlaboratorios y de arbitrar, en caso de conflicto entre entes fiscalizadores y fiscalizados,

- en lo posible, extender la labor de vigilancia más allá del horario de cumplimiento funcionario; para ello, se sugiere implementar los presupuestos de las instancias de esta labor y/o delegar responsablemente atribuciones a entes representativos, como Jueces de Ríos, Juntas de Vigilancia, etc., para que, de acuerdo a un protocolo dado, puedan vigilar permanentemente sus recursos naturales, y
- si bien se entiende que las actividades rutinarias de vigilancia son financiadas por el Estado, es evidente que en una política de internalización de los efectos de deterioro ambiental, los costos adicionales involucrados en sistemas de monitoreo u otros, deberían ser absorbidos por los entes fiscalizados.

En relación a fuentes de contaminación endógena, el Estado debe velar por que los agricultores cumplan las disposiciones vigentes sobre prohibición o restricción al uso de agroquímicos. En el mismo sentido, se debe incentivar el acatamiento a normas de buen criterio en el uso de agroquímicos, sean fertilizantes, pesticidas o hormonas.

#### 9.4. Sanciones y estímulos

En el nivel de sanciones y estímulos, debe existir un cuerpo de disposiciones legales, que brinde un equilibrio entre la obligación irrenunciable de sancionar y la de estimular a quienes que, pudiendo haber sido infractores, demuestren una actitud positiva de modificar hábitos, conductas o esquemas tecnológicos de producción, haciéndolos compatibles con la política ambiental.

Para ello, es necesario:

- que el Estado no renuncie a la obligación de velar por la preservación de la calidad ambiental definida y de sancionar, ajustado a derecho, a quienes infringan la legalidad vigente,
- contar con un sistema dúctil, que permita levantar castigos e incluso, premiar a quienes se avengan a asumir como propios los costos de recuperación de efectos de deterioro por ellos desencadenados, y
- que se fomente conductas sociales y individuales, ambientalmente amistosas, con apoyo de herramientas crediticias, impositivas, de subsidios, financieras, etc.

## 10. PROYECCION FUTURA

Luego de la ejecución de dos Proyectos de Investigación sobre procesos contaminantes existentes en la agricultura chilena, que se ha hecho referencia en los capítulos anteriores, se tiene el absoluto convencimiento que ésta es una línea de investigación que no sólo debe ser mantenida en el futuro, sino que debe ser incrementada con fuerte retroalimentación con los propios agricultores y las instancias de fiscalización, control y normalización.

Se estima que estas investigaciones deben tener como primer usuario al propio Estado, para permitir una acción más exitosa de las instancias de gestión ambiental.

En relación a las áreas de investigación, se considera que la de residuos de pesticidas organoclorados se encuentra suficientemente desarrollada en el aspecto de prospección, siendo necesario insistir en el campo de la degradación ambiental y aspectos de fisiología vegetal (absorción radicular, translocación). La vigilancia sobre la prohibición al uso de estos pesticidas debe ser, en todo caso, una labor permanente e irrenunciable del Estado.

En cuanto a los metales pesados, las labores de prospección generalizada, como las del actual Proyecto, podrían considerarse suficientes. Sin perjuicio de lo anterior, la investigación debería remitirse a cada caso particular, haciéndose una prospección detallada, con definición de la modalidad de inserción del o de los contaminantes (absorción, translocación vegetal, retención por suelos, constantes toxicológicas) en el sistema afectado y estudiando alternativas de solución o control.

Cabe hacer presente, que no es posible definir una conducta que sea general para todos los metales pesados, ya que hay diferencias de toxicidad entre ellos, diferencias de tolerancia entre especies y diferencias de naturaleza entre suelos. Por ello, se propone continuar estudios a nivel de cada caso de contaminación. Un aporte de real importancia es la definición de límites máximos permitidos por cada ecosistema agrícola.

En cuanto a los residuos de detergentes, es conveniente determinar sus efectos en suelos y, a través de ellos, en la producción vegetal; también, es necesario determinar las leyes que regulen su persistencia y dispersión ambiental.

Un campo de gran importancia que debe empezar a ser cubierto es la contaminación que la propia agricultura esta produciendo; la agricultura, como toda actividad económica, debe ser responsable con la sanidad ambiental. En este aspecto, existe una gran preocupación por la gran cantidad y volúmenes de agroquímicos que están siendo usado y sobre los cuales no se ha determinado su reciclaje ambiental, en las condiciones nacionales.

La introducción de cero labranza está condicionada inevitablemente al uso de grandes volúmenes de herbicidas, muchos de ellos con altos índices de toxicidad. Se hace necesario conocer sus conductas ambientales, en el sentido de determinar sus curvas de degradación, forma de retención por suelos y efectos sobre entes biológicos.

De la misma manera, la producción agrícola moderna se sustenta sobre la base de aplicaciones masivas de una gran cantidad de plaguicidas del tipo organofosforados, carbamatos y piretroides sintéticos; se hace preciso determinar fehacientemente sus conductas ambientales, bajo las distintas condiciones agroecológicas del país, de forma de llegar a asegurar un alimento bueno y sano y un ambiente no contaminado.

Si se desea alcanzar pisos altos de producción, no puede evitarse el uso de grandes volúmenes de fertilizantes, especialmente nitrogenados y fosforados. Desde esta perspectiva, la agricultura puede ser responsable de la dispersión en los ambientes de grandes cantidades de N y P con consecuentes alteraciones de otros recursos naturales, como eutroficación de napas subterráneas y lagos.

Finalmente, se estima que se debe continuar estudiando la dinámica ambiental de agentes contaminantes diversos en la agricultura hasta lograr enunciar un método de evaluación de impacto ambiental, aplicable a la situación nacional.

11. BIBLIOGRAFIA11.1. Subproyecto "Contaminación con Metales Pesados"

BAEZ, M. y GONZALEZ, C. 1984. Prospección del contenido de cadmio, cobalto, molibdeno y vanadio en algunos cultivos y especies forestales en Chile. En Cuarto Simp. Nacional de la Ciencia del Suelo (Valdivia, 24-26/09/84). Soc. Chil. Ciencia Suelo-UACH, Valdivia. Trabajo C2 S6.

BAHAMONDES, E. 1974. Estudio nutricional del damasco en Chile. Tesis para optar a grado de Ing. Agrónomo. P. Univ. Católica de Chile, Santiago. 66pp.

BARTICEVIC, E.; GONZALEZ M., S.P. and AOMINE, S. 1976. Cation-exchange capacity of sand fraction of some Chilean soils. *Soil Science and Plant Nutrition (Japan)* 32(3):247-255.

BLOOMFIELD, C. and SANDERS, J.R. 1977. The complexation of copper by humified organic matter from laboratory preparations, soil and peat. *J. Soil Sci.* 28:435-444.

BLOOMFIELD, C.; KELSO, W.I. and PRUDEN, G. 1976. Reactions between metals and humified organic matter. *J. Soil Sci.* 27(1):16-31.

CAVALLARO, N. and McBRIDE. 1978. Copper and cadmium adsorption characteristics of selected acid and calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:550-556.

CHANG, F-H. and BROADBENT, F.E. 1980. Effect of nitrification on movement of trace metals in soil columns. *J. Environ. Qual.* 9(4):587-592.

CHANG, F-H. and BROADBENT, F.E. 1982. Influence of trace metals on some nitrogen transformations. *J. Environ. Qual.* 11(1):1-4.

CHILE-COMISION NACIONAL DE RIEGO. 1979. Estudio agrológico del valle del río Elqui. MOP-CNR, Santiago.

CHILE-COMISION NACIONAL DE RIEGO. 1987. Estudio agrológico de los valles de la Región Metropolitana. MOP-CNR, Santiago.

CHILE-INIA. 1986. Proyecto FIA 72-80 "Contaminación en el valle Aconcagua, V Región". Informe Final. INIA, Santiago. 125 pp.

CHILE-MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1983. Informe restricciones al uso de plaguicidas DDT, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Clordano y Heptacloro. Resolución. N° 4 exenta 18/01/83. Diario Oficial de la República de Chile N° 31469.

CHILE-MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1987. Prohíbe la importación, fabricación, venta, distribución y uso de los plaguicidas Dieldrin, Endrin, Heptacloro y Clordano. Resolución. N° 2142 exenta 19-10-87. Diario Oficial de la República de Chile. N° 32902.

CHILE-MINISTERIO DE SALUD PUBLICA. 1982. Fija tolerancias máximas de residuos de pesticidas en los alimentos de consumo interno. Resolución. N° 1450 exenta 13/12/82. Diario Oficial de la República de Chile N° 31456 (13-10-83).

DAVIS, R.D.; BECKETT, P.H.T. and WOLLAN, E. 1978. Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley. Plant and Soil 49:395-408.

DOELMAN, P. and HAANSTRA, L. 1984. Short-term and long-term effects of cadmium, chromium, copper, nickel, lead and zinc on soil microbial respiration in relation to abiotic soil factors. Plant and Soil 79:317-327.

DOYLE, J. J. and SPAULDING, J. E. 1978. Toxic and essential trace elements in meat: A review. J. Anim. Sci. 47(2):398-419.

EMBLETON, T. 1984. Nutrición y fertilización en paltos. Revista ACONEX 8:47-48.

EMMERICH, W.E.; LUND, L.J.; PAGE, A.G. and CHANG, A.C. 1982a. Movement of heavy metals in sewage sludge-treated soils. J. Environ. Qual. 11(2):174-177.

EMMERICH, W.E.; LUND, L.J.; PAGE, A.G. and CHANG, A.C. 1982b. Solid phase forms of heavy metals in sewage sludge-treated soils. J. Environ. Qual. 11(2):178-181.

ERRANZ, P. y LASTRA, O. 1977. Niveles de nutrientes en manzanas de la variedad Granny Smith, sanas y afectadas por Bitter pit. Tesis para optar a grado de Quím. Farmacéutico. Univ. de Chile, Santiago. 27pp.

ERRAZURIZ, H.L. y GUISEE, M.R. 1972. Prospección del estado nutricional de cuatro variedades de peras en la Provincia de O'Higgins. Tesis para

optar a grado de Ing. Agrónomo. P. Univ. Católica de Chile, Stgo. 54pp.

ETCHEVERS, J.; MERINO, R.; VIDAL, I.; RIQUELME, E. y LLANOS, F. 1983. Prospección nutricional en viñedos de la zona de la costa de la VIII Región. *Agric. Técnica (Chile)* 43(1):13-20.

FAO/DMS. 1987. Límites máximos del Codex para residuos plaguicidas. Comisión del Codex Alimentarius Vol. XIII.

FARRAH, H. and PICKERING, W.F. 1976. The sorption of copper species by clays. I: kaolinite. *Aust. J. Chem.* 29:1167-1176.

FARRAH, H. and PICKERING, W.F. 1976. The sorption of copper species by clays. II: illite and montmorillonite. *Aust. J. Chem.* 29:1177-1184.

FARRAH, H. and PICKERING, W.F. 1977. Influence of clay-solute interactions on aqueous heavy metal ion levels. *Water, Air and Soil Pollution* 8:189-197.

GALAZ, R. 1982. Composición mineral de las hojas de manzano (Malus doméstica, Borck) cv. "Granny Smith", según su origen en el árbol. Tesis para optar a grado de Ing. Agrónomo. P. Univ. Católica de Chile, Santiago.

GARCIA-MIRAGAYA, J. and PAGE, A.L. 1978. Sorption of trace quantities of cadmium by soils with different chemical and mineralogical composition. *Water, Air and Soil Pollution* 9(3):289-299.

GEORGIEVSKII, V.; ANNENKOV, B. and SAMOKHIN, V. 1982. Mineral nutrition of animals. Ed. Butherworths, London. 475 p.

GIL, G.; RODRIGUEZ, J.; GONZALEZ M., S.P.; SUAREZ, D. y URZUA, H. 1973. Evolución estacional de nutrientes minerales en hojas de vid (*Vitis vinifera* L.). *Agric. Técnica (Chile)* 33(2):45-53.

GONZALEZ M., S.P. 1969. Variación estacional de la composición química de la vid (*Vitis vinifera* L). Tesis para optar a grado de Ing. Agrónomo. P. Univ. Católica de Chile, Santiago. 69p.

GONZALEZ M., S.P. 1988. Contaminación y producción animal. XIII Reunión Anual de Producción Animal. SOCHIPA-E.E. Remehue (INIA), Osorno. Resúmenes:117-125.

- GONZALEZ M., S.P. 1990. Determining the "permission" of agroecosystems to accept copper as environmental pollutant. Presentado a la "International Conference on Metals in Soils, Waters, Plants and Animals", organizada por la Universidad de Georgia en Grenelefe (Florida), 29/04-03/05.
- GONZALEZ M., S.P. y BERGQVIST A., E. 1989. Desechos mineros en la agricultura. I.P.A.-La Platina 54:50-56.
- GONZALEZ, C.; VALDES, A.; ASTUDILLO, W. y MADRID, M. 1973. Estudio del estado nutritivo en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) variedades Moapa y Ligüén. *Agric. Técnica (Chile)*33(4):165-173.
- HIDALGO, C. 1984 . Evolución estacional de nutrientes en guindo dulce (*Prunus avium* L.). Tesis para optar a grado de Ing. Agrónomo. Univ. de Concepción, Chillán. 40 p.
- JOHN, M. 1972. Cadmium adsorption maxima of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Can. J. Soil Sci.* 52:343-350.
- KING, L.D. 1988a. Retention of metals by several soils of the Southeastern United States. *J. Environ. Qual.* 17(2):239-246.
- KING, L.D. 1988b. Retention of cadmium by several soils of the Southeastern United States. *J. Environ. Qual.* 17(2):246-250.
- KOPPELMAN, M.H. and DILLARD, J.G. 1977. A study of the adsorption of Ni(II) and Cu(II) by clay minerals. *Clays and Clay Minerals* 25:457-462.
- KORTE, N.E., SKOPP, J.; FULLER, W.H.; NIEBLA, E.E. and ALESII, B.A. 1976. Trace element movement in soils: influence of soil physical and chemical properties. *Soil Science* 122(6):350-359.
- LAVIN, A. 1984. Evolución estacional de macronutrientes en órganos de vid (*Vitis vinifera* L.) cv. País, creciendo bajo condiciones de secano. *Agric. Técnica (Chile)* 44(4):311-317.
- LESPERANCE, A. L.; BOHMAN, V.R. and OLDFIELD, J.E., 1985. Interaction of molybdenum, sulfate and alfalfa in the bovine. *J. Anim. Sci.* 60: 791-802.
- LIANG, C.N. and TABATABAI, M.A. 1977. Effects of trace elements on nitrogen mineralisation in soils. *Environ. Pollut.* 12:141-147.

- LIANG, C.N. and TABATABAI, M.A. 1978. Effects of trace elements on nitrification in soils. *J. Environ. Qual.* 7(2):291-293.
- MARIN, M. 1985. Prospección nutricional en huertos de guindos dulces y manzanos de la Octava Región. Tesis para optar a grado de Ing. Agrónomo. Univ. de Concepción, Chillán.
- McBRIDE, M.B. 1976. Exchange and hydration properties of  $\text{Cu}^{2+}$  on mixed-ion  $\text{Na}^+$ - $\text{Cu}^{2+}$  smectites. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:452-456.
- McBRIDE, M.B. 1978. Copper(II) interactions with kaolinite: factors controlling adsorption. *Clays and Clay Minerals* 26(2):101-106.
- McLAREN, R.G. and CRAWFORD, D.V. 1973a. Studies on soil copper. I: the fractionation of copper in soils. *J. Soil Sci.* 24(4):172-181.
- McLAREN, R.G. and CRAWFORD, D.V. 1973b. Studies on soil copper. II: the specific adsorption of copper by soils. *J. Soil Sci.* 24(4):443-452.
- MEDEL, F.; TORRES, J.P.; MANQUIAN, N. y MANSILLA, R. 1984. Efectos de la fertilización en la nutrición mineral de frambuesos y groselleros en Valdivia. Cuarto Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo (Valdivia, 24-26/09/84). Soc. Chil. Ciencia Suelo-UACH, Valdivia.
- MILLER, W.P. and MC FEE, W.W. 1983. Distribution of cadmium, zinc, copper, and lead in soils of industrial Northwestern Indiana. *J. Environ. Qual.* 12(1):29-33.
- MORANDE, P. 1973. Prospección nutricional de viñedos de secano del Departamento de Cauquenes (Maule). Tesis para optar a grado de Ing. Agrónomo. Univ. de Chile, Santiago. 42pp.
- PETRUZZELLI, G.; GUIDI, G. and LUBRANO, L. 1978. Organic matter as an influencing factor on copper and cadmium adsorption by soils. *Water, Air and Soil Pollution* 9(3):163-169.
- RAZMILIC, B.; ZUMAETA, O. y FIGUEROA, L. 1979. Prospección nutricional en olivo, *Olea europea*. Valle de Azapa (1a. contribución). *Idesia* 5:117-146.
- RODRIGUEZ, J.; GARCIA-HUIDOBRO, J.; GIL, g.; SUAREZ, D.; URZUA, H. y CRESPO, M. 1973. Levantamiento nutricional en 50 huertos de durazneros en el valle de Aconcagua. *Agric. Técnica (Chile)* 33(3):147-155.

RODRIGUEZ, J.; GIL, G.; PRADO, O.; SUAREZ, D.; SOLAR, C. del; URZUA, H. y RIBA, J. 1972. Levantamiento nutricional en 112 viñedos de la zona central de Chile. *Agric. Técnica (Chile)* 32(4):166-175.

RODRIGUEZ, J.; LIZANA, A.; BENITO, D.; RUIZ, R.; ZUÑIGA, G.; URZUA, H. y SUAREZ, D. 1974. Levantamiento nutricional en 50 huertos de manzanos de la Provincia de Curicó. *Agric. Técnica (Chile)* 34(4):212-221.

ROTHER, J.A., MILLBANK, J.W. and THORNTON, I. 1982. Seasonal fluctuations in nitrogen fixation (acetylene reduction) by free-living bacteria in soils contaminated with cadmium, lead and zinc. *J. Soil Sci.* 33:101-113.

SILVA, H.; GIL, G. y RODRIGUEZ, J. 1984. Estado nutricional de la uva de mesa. *Revista ACONEX* 6:34-37.

SHARMA, P. and STREET, J., 1980. Public health aspects of toxic heavy metals in animals feeds. *J.A.V.M.A.* 177(2): 149-153.

SHUMAN, L.M. 1979. Zinc, manganese, and copper in soil fractions. *Soil Science* 127(1):10-17.

SUAREZ, D. y RODRIGUEZ, J. 1987. Diagnóstico de la toxicidad de cobre en plantaciones de tabaco. En V Simp. Nacional de la Ciencia del Suelo (Valpo., 26-28/10). Soc. Nacional de la Ciencia del Suelo-Fac. Agronomía (UCV), Valparaíso. pp 164-169.

SUDZUKI, F. 1964. Relaves de cobre y aguas de riego del río Cachapoal. *Agric. Técnica (Chile)* 23-24:15-62.

TABAITABAI, M.A. 1977. Effects of trace elements on urease activity in soils. *Soil Biol. Biochem.* 9:9-13.

TILLER, K.G.; NAYYAR, V.K. and CLAYTON. 1979. Specific and non-specific sorption of cadmium by soil clays as influenced by zinc and calcium. *Aust. J. Soil Res.* 17:17-28.

TYLER, G. 1974. Heavy metal pollution and soil enzymatic activity. *Plant and Soil* 41:303-311.

TYLER, G. 1976. Heavy metal pollution, phosphatase activity, and mineralization of organic phosphorus in forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 8:327-332.

VARGAS, H. 1979. Variación estacional de nutrientes y periodo de muestreo para análisis foliar en manzanos. Tesis para optar a grado de Ing. Agrónomo. UACH, Valdivia. 74pp.

VENEGAS, A.; VIDAL, I. y MARIN, M. 1986. Prospección nutricional en huertos de guindo dulce: Provincias de Ñuble y Concepción, VIII Región, Chile. Agrociencia 2(2):113-121.

VIDAL, I.; VENEGAS, A. y MARIN, M. 1987. Prospección nutricional en huertos de manzanos de la VIII Región de Chile. Agrociencia 3(2):91-103.

WYLIE, A.; SOLE, J.; PIÑA, R. y COLLANTES, M. 1971a. Levantamiento nutricional de 4 variedades de uva de mesa, en las Provincias de Aconcagua y Santiago. Informe de Convenio CORFO-P. Univ. Católica de Chile. P. Univ. Católica de Chile, Fac. de Agronomía, Depto. de Frutales y Viñas, Santiago. 47pp.

WYLIE, A.; SOLE, J.; ECCLEFIELD, R.; COLLANTES, M.; GEISSE, R. y ERRAZURIZ, H. 1971b. Levantamiento nutricional de 4 variedades de perales, en las Provincias de Santiago, O'Higgins y Curicó. Informe de Convenio CORFO-P. Univ. Católica de Chile. P. Univ. Católica de Chile, Fac. de Agronomía, Depto. de Frutales y Viñas, Santiago. 57pp.

#### 11.2. Subproyecto "Contaminación con Residuos de Pesticidas"

ALBERT, L. 1981. Residuos de plaguicidas organoclorados en leche materna y riesgo para la salud. Bol. Ofic. Sanit. Panamericana 91(1):15-29.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1984. Official methods of analysis. Chapter 29: General Method of Organochlorine and Organophosphorus Pesticide Residues. AOAC, Arlington (Virginia). 14 th ed.

CIUDAD B.C. 1984. Manual de técnicas oficiales para RPOC y RPOF en alimentos, tejidos y muestras ambientales. INIA, Est. Exp. La Platina, Santiago.

CIUDAD B., C. y MOYANO A., E. 1984. Determinación de DC no iónico en alimentos no grasos mediante un método por arrastre de vapor con reciclaje sobre isooctano (MAVRI). Agric. Técn. (Chile) 44(3):287-298.

CIUDAD B., C.; GAIBISSO. M. y BUSTAMANTE A., E. 1985. Determinación de RPOC en materias naturales no polar, por codestilación con arrastre de nitrógeno (CODEAN). XXXVI Congreso Agronómico (SACH-USACH, Valdivia). Resúmenes, trabajo 003.

CIUDAD, B., C.; GONZALEZ, S., M. y BUSTAMANTE, A., E. 1987. Absorción radicular de sustancias organocloradas en cultivos hidropónicos de ballica Inglesa. V Simposio sobre Contaminación Ambiental (orientado a los alimentos). INIA-SEREMI-Agricultura-Intendencia Región Metropolitana, Santiago. Tomo I:41-44.

CIUDAD, B., C. 1989. Prosepección preliminar de RPOC en carne bovina a nivel de locales de venta de la R. Metropolitana. En CHILE-INIA. Informe Técnico de Proyecto Fuente de Contaminación.

CORNELIS, A. K. and JONKER-DEN, J.C. 1978. Accumulation and depletion of some organochloride pesticide in high-producing hens. J. Agric. Food Chem. 26(4):935-940.

CUMMINGS, J. G.; ZEC, K. T.; TURNER, V. and QUINN, F. 1986. Residues in eggs from low level feeding of five Chlorinated hydrocarbon insecticides to hens. J. Assoc. Offic. Anal. Chem. 49:354-364.

CHILE-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 1986. Proyecto "Contaminación en el Valle Aconcagua". Informe Final (Registro FIA N° 72/81). INIA-FIA, Santiago.

CHILE-Ministerio de Agricultura. 1983. Resolución Exenta N°4: Impone restricciones al uso de plaguicidas DDT, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Clordano y Heptacloro. Diario Oficial 31469.

CHILE-Ministerio de Agricultura. 1984. Resolución N° 639: Prohíbe la importación, fabricación y uso del plaguicida DDT. MINAGRI, Santiago, 07/05/84.

CHILE-Ministerio de Agricultura. 1987. Resolución Exenta N° 2142: Prohíbe la importación, venta, distribución y uso de los plaguicidas Dieldrin, Endrin Heptacloro y Clordano. Diario Oficial 32902 (19/10/87).

CHILE-Ministerio de Salud. 1982. Decreto Supremo N°60: Reglamento sanitario de los alimentos. Ministerio de Salud, Santiago. Diario Oficial del 05/06/82 (modificado por Decreto Supremo N°180, Diario Oficial del 04/09/82).

CHILE-Ministerio de Salud. 1983. Resolución Exenta 1450: fija tolerancias máximas de residuos de pesticidas en alimentos de consumo interno. Diario Oficial 31456.

CHILE-Ministerio de Salud. 1988. Depto. Programas sobre el Ambiente. Informe de análisis de muestreo en alimentos seleccionados para detectar presencia de residuos de plaguicidas clorados. Bol. N°526, 19pp.

DEJONCKHEERE, W. ; STEURBANT, W. and KIPS, R.H. 1974. Hexachlorobencene and organochloride insecticide residues in pollard pellets, cattle feed and animal fat. Revue de L' Agriculture 27(2):325-340. Ghent, Belgium, in Food Science and Technology Abstracts, FSTA Vol. 8(5) 5N 190.

DURHAM, W. F. 1971. Significance of pesticide residues to human health. J. Dairy Sci. 54(5):701-706.

DUNCAN D. B. (1955) Multiple range and multiple Flect. Biometrics 11:1-42.

DUGGAN, R.E. and LIMPS COMB, G:Q: 1971. Regulatory control of pesticide residues in foods. J. Dairy Sci. 54(5):695-701.

EDGERTON L., J.; ROCKEY M., L.; ARNOLD H. and LISK, D. J. 1976. Colorimetric determination of ALAR residues in apples. J. Agric. Food Chem. 15(5): 812-813.

FAO/OMS. 1987. Límites máximos del Codex para residuos de plaguicidas. Codex Alimentarius. Vol. XIII. 2° ed. FAO/OMS, Roma.

FAO/OMS. 1987. Residuos de plaguicidas en alimentos. Informe de la reunión conjunta de 1978 del Cuadro de Expertos de la FAO en Residuos de plaguicidas y el Medio Ambiente y del grupo de la OMS en Residuos de Plaguicidas. Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal N° 11.

FAO/OMS. 1986. Manual de Procedimientos. Comisión del Codex Alimentarius, 6° ed. FAO/OMS, Roma.

HAYES, W. (1982) Pesticide studies in man. Williams and Wilkins, Baltimore, London.

HAYES, W. J., DALE E. D.; PIRKLE C.I. (1971) Evidence of safety of longterm high oral doses of DDT for man. Arch. Environ. Health 22:119.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF). 1983. Milk and milk products. Recommended methods for determination of organochloride pesticide residues. Provisional International IDF Standard. IDF, Bruselas.

KAYUNYO, J. M.; MAITAI, C. K. and FROSLIE, A. 1986. Organochlorine pesticide residues in Chicken fat: a survey. Poultry Sci. 65:1084-1089.

LOPEZ, V., H. 1987. Residuos clorados en alimentos naturales. V Simposio sobre Contaminación Ambiental (orientado a los alimentos). INIA-SEREMI-Agricultura-Intendencia Región Metropolitana, Santiago. Tomo I:73-76.

LUKE M., A.; FROBERG J., E.; DOOZE G., M. and MASUMOTO H., T. 1981. JOAC 64:1187-1195. (Tomado de Pesticide Analytical Manual, Vol. I, Food and Drug Administration, 1986).

LUKE M., A.; FROBERG J., E. and MASUMOTO H., T. 1975. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 58:1020-1026.

MARCUS, D.; BUSTAMANTE, E.; BERGQVIST, E. y CIUDAD C. 1987. Prospección preliminar de residuos de pesticidas organoclorados en huevos de gallinas Leghorn. V Simposio de Contaminación Ambiental (orientado a los alimentos). INIA-Intendencia R.M.- SEREMI Agricultura. Tomo I:93-96.

Mc EVEN, F. L. and STEPHENSON, G. R. 1979. The use and significance of pesticides in the Environment. Wiley and Sons, New York.

MONTES, L.; TAMAYO, R.; PINTO, M. y CRISTI, R. 1986a. Residuos de pesticidas en carnes de la Décima Región AMB y DES. 2 (2): 91-96.

MONTES, L.; TAMAYO, R., PINTO, M y CRISTI, R. 1986b. Residuos de pesticidas en carnes de X Región. Anales 2º Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente CIMPA. Tomo I: 215-219.

MONTES, L.; MORA y E. CRISTI, R. 1989. Estudio de plaguicidas organoclorados en huevos de consumo. Alimentos 14(1):25-28.

PINTO, C., M.; MONTES S.C., L. TAMAYO, C., R. y CRISTI V., R. 1986. Determinación de residuos organoclorados en carne bovina, cromatografía gas-líquido. Agro-Sur 14 (1):30-41.

PINTO C., M; MONTES S.C., L. TAMAYO C., R y CRISTI, V., R 1987. Determinación de residuos de pesticidas organoclorados en grasa perirrenal de bovinos. Agro-Sur 15 (2): 62-67.

- SAWYER, L.D. 1985. The luke et al. Methods for determining multipesticide residues in fruits and vegetables: Colaborative study. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 68:64-71.
- SMITH, S. I.; WEBER, C. W. and RIED, B. L. 1970. Dietary pesticides and contamination of yolks and abdominal fat laying hens. Poultry Sci. 49:233-237.
- SPECHT, W. und TILLKES, M. 1985. Gas-chromatographische bestimmung von ruskstanden an pflanzen bechandlugsmitteln nach clen-up uber gel-chromatographie un mini-kielsen-saulen chromatographie. Fresenius Z. Anal. Chem. 322:443-445.
- STADELMAN, W. J.; LISKA, B. J.; LANGLOIS, B.E.; MOSTERT, G.C. and STEMP, A. R. 1965. Persistence of chlorinated hidrocarbon insecticide residues in chicken tissue and eggs. Poultry Sci. 44:435-437.
- STEINWANDTER, H. and SCHLÜTER, H. 1977. Beitrage zur verwendung von kieselgel in der Pestizidanalytik. Z. Anal. Chem. 286:90-94.
- STEVENSON, F.J. 1982. Humus chemistry. Wiley and Sons, New York. 443p.
- STICKEL, L. F. (1973) Pesticides residues in birds and mammals. In **Edwards, C.A.(ed)** . Environmental Pollution by Pesticides. Plenum Press, New York. pp. 254-312.
- STIJVE, T. and CARDINALE, E. 1974. Rapid determination of Chlorinated pesticides, polychlorinated biphenyls and number of phosphated incsecticides in fatty food. Mitt gabiete Lebensm. Hygiene 65:131-150.
- TRIVIÑO A., 1983. Determinación de residuos de plaguicidas en alimentos grasos por un método simple y de bajo costo. Boletín del Inst. de Salud Pública de Chile 24(1-2):170-172.
- TRIVIÑO A., I.; VALDES P., J. y RIVERA R., J. 1987. Plaguicidas residuales en alimentos (1982-85) V. Simposio sobre Contaminación Ambiental (orientado a los alimentos). INIA-Seremi Agricultura-Intendencia Región Metropolitana, Santiago. Tomo I: 139-142.
- THE PESTICIDE CHEMICAL NEWS GUIDE. 1985. Food Chemical News, Incl., Washington D.C.

USA-FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. 1986. Pesticide Analytical Manual. Volumen I. Methods which detect multiple residues. FDA, Washington DC.

WIRTH, W. and GLOXHUBER, CH. 1981. Toxibologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

### 11.3. Glosario de términos

ARGENTINA-CAJA NACIONAL DE AHORRO Y SEGURO. 1980. Serie de colaboraciones para el maestro, N°13. CNAD, Buenos Aires. 80p.

CILF. 1976. Vocabulaire de l'environnement. Hachette, Paris.

DUVIGNEAUD, P. 1981. La síntesis ecológica. Ed. Alhambra, Madrid. 306p.

EURODICAUTOM. 1977. Banco terminológico de la Comisión de Comunidades Europeas. CEE, Bruselas.

ESPASA. 1978. Diccionario enciclopédico. Espasa Calpe, Madrid. 8a. ed.

ESTEVAN-VOLEA, M.T. 1977. Las evaluaciones de impacto ambiental. Cuadernos CIFCA, Madrid. 100p.

FAO/DMS. 1988. Proyecto de ley básica de alimentos FAO/DMS para los países de América Latina y el Caribe. RLAL/88/12-NUT-29.

FERRER-VELIZ, E. 1978. Diccionario del ambiente. FUDECO, Barquisimeto (Venezuela). 135p.

GALLARDO, I. 1979. Cuadernos Médicos Sociales. Colegio Médico de Chile A.G., Santiago. XX(1):20-27.

GASTO, J. 1981. Ecología: el hombre y la transformación de la Naturaleza. Ed. Universitaria (U. de Chile), Santiago. 580p.

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE. 1987. Consideraciones conceptuales para un proyecto de ley sobre uso, protección y desarrollo del medio ambiente. Inst. Ing. de Chile, Santiago. 20p.

MARGALEF, R. 1981. Ecología. Ed. Planeta, Barcelona. 252p.

- ODUM, E. 1972. Ecología. Ed. Interamericana, México D.F. 639p.
- PNUMA. 1977. Cociencia ambiental del sistema de Naciones Unidas. Terminología y programa del PNUMA. Supervivencia (México) año 2(8):15-17.
- PNUMA. 1981. Higiene ambiental: el peligro de los metales pesados. El Estado del medio ambiente.
- PNUMA. 1984. El uso o explotación racional de recursos y bienes naturales. PNUMA/ORPLAC, México D.F. 171p.
- SAGREDO, J. 1975 Ecología: entorno técnico y biológico del hombre moderno. Ed. Rioduero, Madrid. 213p.
- SANCHEZ, V. 1982. Glosario de términos sobre el medio ambiente. UNESCO, Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. UNESCO/DREALC, 1a. ed.
- SANCHEZ, V. 1984. El proceso de toma de decisiones y organización de la evaluación. En Schorr, T.S. (ed.). Las represas y sus efectos sobre la salud. ECO/OPS/OMS, México D.F.
- SOPENA S.A. 1985. Diccionario enciclopédico ilustrado, 5 tomos. Ed. Sopena S.A., Madrid.
- SUNKEL, O. y GLIGO, N. (comp.). 1980. Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina. Fondo de Cultura Económica, México D.F.
- TERNISIEN, J. 1971. L'Environnement. En CILF. La banque des most, N°2. Paris.
- UNION INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA. 1980. Estrategia mundial para la Conservación: la conservacion de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido. PNUMA/WWF, con la colaboración de FAO/UNESCO.
- VENEZUELA-PNDUD. 1980. Plan Nacional del Ambiente, Proyecto VEN/78/001. Informe Final Etapas 1 y 2. Caracas. 204p.
- ZUMER-LINDER, M. 1979. Environmental World List. Swedish University of Agricultura Science/International Rural Development Centre, Uppsala. 94p. (Ecological Studies N°13).

## INDICE DE ANEXOS:

<u>MATERIA</u>	<u>página</u>
<b>I: UNIDADES EXPERIMENTALES</b>	<b>245</b>
Cuadro I.1. Subproyecto "Contaminación con Metales Pesados"	246
Cuadro I.2. Subproyecto "Contaminación con Residuos de Pesticidas"	248
Cuadro I.3. Subproyecto "Presencia de otros contaminantes"	250
<b>II: ANTECEDENTES METODOLOGICOS VARIOS</b>	<b>251</b>
Figura II.1. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos y hojas de olivo. Valle del río Huasco, III Región	252
Cuadro II.1. Descripción de los sitios de captación de muestras de aguas superficiales: IV Región	253
Figura II.2. Ubicación de sitios de captación de muestra de aguas en la IV Región: A= Elqui; B= Limarí	254
Figura II.3. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos en la IV Región: A= Elqui; B= Limarí	255
Cuadro II.2. Descripción de los sitios de captación de muestras de aguas superficiales: V Región	256
Figura II.4. Ubicación de sitios de captación de muestras de aguas en la V Región	257
Cuadro II.3. Descripción de sitios de captación de muestras de aguas superficiales: Región Metropolitana	258

Figura II.5.	Ubicación de sitios de captación de muestras de aguas en la Región Metropolitana	259
Figura II.6.	Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos en la Región Metropolitana	260
Cuadro II.4.	Descripción de sitios de captación de muestras de aguas superficiales: VI Región	261
Figura II.7.	Ubicación de sitios de captación de muestras de aguas en la VI Región	262
Figura II.8.	Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos en la VI Región	263
Cuadro II.5.	Descripción de sitios de captación de muestras de aguas superficiales: VII Región	264
Figura II.9.	Ubicación de sitios de captación de muestras de aguas en la VII Región	265
Figura II.10.	Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos en la VII Región	266
Cuadro II.6.	Descripción de sitios de captación de muestras de aguas superficiales: VIII Región	267
Figura II.11.	Ubicación de sitios de captación de muestras de aguas en la VIII Región	268
Figura II.12.	Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos en la VIII Región	269
Figura II.13.	Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos y praderas en la IX Región	270
Figura II.14.	Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos y praderas en la X Región	271
Figura II.15.	Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos y praderas en la XI Región	272
Cuadro II.7.	Sitios y épocas de recolección de muestras de hígados y grasa perirrenal de bovinos	272a
Cuadro II.8.	Solución nutritiva básica (SNB)	273
Cuadro II.9.	Antecedentes metodológico de ensayos en arena	274
Cuadro II.10.	Sitios de recolección de muestras de suelos usados en ensayos	275
Cuadro II.11.	Método de fraccionamiento de metales pesados en suelos	276
Cuadro II.12.	Antecedentes metodológicos de ensayos en suelos	277
Cuadro II.13.	Antecedentes metodológicos de ensayos de riego con aguas contaminadas con cobre o cadmio	278
Cuadro II.14.	Antecedentes metodológicos de ensayos en arenas, para medir el efecto de la materia orgánica sobre la toxicidad metálica	279
Cuadro II.15.	Capacidad de detección para los diferentes organoclorados incluidos en los análisis de alimentos humanos. Sensibilidad y % de recuperación	280
Cuadro II.16.	Procedencia fechas de recolección de muestras de harinas de trigo (A) y aceites comestibles (B), desde supermercados de la Región Metropolitana	281

Cuadro II.17.	Producto, procedencia y fechas de muestreo de leches (A) y carnes bovinas (B), en la Región Metropolitana	282
Cuadro II.18.	Sitios y épocas de obtención de muestras de huevos, grasa abdominal de aves, concentrados alimenticios e ingredientes	283
Cuadro II.19.	Muestras de frutas exportables. Cantidad y sitios de recolección de muestras, por Región	284
Cuadro II.20.	Algunos pesticidas, cuantificables por detector NP, más utilizados en uva de mesa, nectarinos y manzanas, y sus Límites Máximos de Residuos (LMR)	285
Cuadro II.21.	RPOC considerados en los análisis de frutas	286
Cuadro II.22.	Plaguicidas no OC considerados para los análisis de fruta exportable (uva de mesa, nectarinos, manzanas) y sus Límites Máximos de Residuos	287
Cuadro II.23.	Lugares y fechas de muestreo de aguas superficiales, tomadas para análisis de residuos de detergentes	288
Cuadro II.24.	Identificación de sitios de cuantificación de desperdicios urbanos en áreas dedicadas a la agricultura	289
Cuadro II.25.	Requisitos de calidad para aguas, según la Norma Chilena 1333, en cuanto a requisitos para aguas de riego	290
<b>III:</b>	<b>RESULTADOS NO ELABORADOS SUBPROYECTO CONTAMINACION POR METALES PESADOS</b>	<b>291</b>
Cuadro III.1.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, por corte, cultivada en arena fortificada con metales. Promedios de tres repeticiones	292
Cuadro III.2.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, acumulado a partir del segundo corte, cultivada en arena fortificada con metales. Promedios de tres repeticiones	293
Cuadro III.3.	Contenido de metales pesados (mg/kg ms) en tejidos aéreos de alfalfa, cultivada en arena fortificada con metales. Promedio de dos cortes	294
Cuadro III.4.	Producción (relativa) de trigo, cultivado en arena fortificada con metales. Promedio de tres repeticiones	295
Cuadro III.5.	Concentración de cobre (mg/kg ms) en tejidos y órganos de trigo, cultivado en arena fortificada con metales	296
Cuadro III.6.	Concentración de cinc (mg/kg ms) en órganos de trigo, cultivado en arena fortificada con metales	297
Cuadro III.7.	Concentración de manganeso (mg/kg ms) en órganos de trigo, cultivado en arena fortificada con metales	298
Cuadro III.8.	Concentración de molibdeno (mg/kg ms) en órganos de	

	trigo, cultivado en arena fortificada con metales	299
Cuadro III.8a.	Concentración de cadmio (mg/kg ms) en órganos de trigo, cultivado en arena fortificada con metales	300
Cuadro III.9.	Concentración de plomo (mg/kg ms) en órganos de trigo, cultivado en arena fortificada con metales	301
Cuadro III.10.	Rendimiento (relativo) de frejól, cultivado en arena fortificada con metales	302
Cuadro III.11.	Rendimiento (relativo) de remolacha azucarera, cultivada en arena fortificada con metales	303
Cuadro III.12.	Límites máximos de excesos (LME), a dos niveles, de Cd, Cu, Mn, Pb y Zn, estimados en arena. Curvas y coeficientes de regresión ajustados	304
Cuadro III.13.	Cuadro comparativo del potencial productivo de suelos, según rendimiento de alfalfa. A, por corte; B, acumulado desde 2° corte	306
Cuadro III.14.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, por corte, en suelos fortificados con cobre. Promedios de tres repeticiones	307
Cuadro III.15.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, acumulado desde el segundo corte, en suelos fortificados con cobre. Promedios de tres repeticiones	309
Cuadro III.16.	Límites máximos de exceso de cobre (mg/kg) para alfalfa en suelos chilenos: ecuaciones y coeficientes de regresión	311
Cuadro III.17.	Distribución fraccionada (mg/kg ss) del cobre originalmente existente en los suelos usados en ensayos	312
Cuadro III.18.	Distribución fraccionada porcentual del cobre agregado a los suelos usados en ensayos (fraccionamiento en dosis 500)	313
Cuadro III.19.	Contenidos de Cd, Cu, Zn, Mn, Mo y Pb en alfalfa (mg/kg), cultivada en suelos fortificados con cobre	314
Cuadro III.20.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, por corte y promedio por corte entre 2° y 9°, en suelos fortificados con cadmio	315
Cuadro III.21.	Rendimiento (relativo) de trigo, en suelos fortificados con cadmio	316
Cuadro III.22.	Rendimiento (relativo) de frejól, en suelos fortificados con cadmio	317
Cuadro III.23.	Rendimiento (relativo) de remolacha azucarera, en suelos fortificados con cadmio	318
Cuadro III.24.	LME de cadmio en suelos, según rendimiento de alfalfa, trigo, frejól y remolacha azucarera: ecuaciones y coeficientes de regresión	319
Cuadro III.25.	Distribución fraccionada del cadmio agregado a suelos usados en ensayos	320
Cuadro III.26.	Fraccionamiento de cobre (mg/kg ss) en suelos cúpricos de las Región Metropolitana (A) y VI Región (B)	321
Cuadro III.27.	Caracterización metálica de suelos cúpricos de las	

	Regiones Metropolitana (Valle del Mapocho) y VI (Valle del Cachapoal)	322
Cuadro III.28.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, trigo, frejól y remolacha azucarera, en suelos cúpricos de la Región Metropolitana	323
Cuadro III.29.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, trigo, frejól y remolacha azucarera, en suelos cúpricos de la VI Región	324
Cuadro III.30.	Contenidos de Cu, Zn, Mn y Pb (mg/kg ms) en P.A.T. de alfalfa cultivada en suelos cúpricos de las Regiones Metropolitana (A) VI (B)	325
Cuadro III.31.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, cultivada en arena fortificada con cobre. Efecto de la adición de humus	326
Cuadro III.32.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, cultivada en arena fortificada con cadmio. Efecto de la adición de humus	327
Cuadro III.33.	LME de Cu y Cd en arenas, con y sin aporte de materia orgánica, según rendimiento de alfalfa: curvas ajustadas y coeficientes de ajuste	328
Cuadro III.34.	Contenidos de cobre y cadmio (mg/kg ms) en tejidos aéreos de alfalfa, cultivada en arenas fortificadas con estos elementos. Efecto de la adición de humus	329
Cuadro III.35.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, regada con aguas contaminadas con cobre y cadmio. Ensayo iniciado al estado de planta adulta (después de dos cortes)	330
Cuadro III.36.	Rendimiento (relativo) de alfalfa, regada con aguas contaminadas con cobre y cadmio. Ensayo iniciado desde siembra	331
Cuadro III.37.	Contenidos de metales (mg/kg ms) en tejidos aéreos de alfalfa, cultivada en arenas regadas con soluciones enriquecidas con cobre o cadmio	332
Cuadro III.38.	Metales (mg/kg ms) en P.A.T. de alfalfa, cultivada en suelos fortificados con cadmio	333
<b>IV:</b>	<b>MÉTODOS DE ANALISIS</b>	<b>334</b>
IV.1.	Residuos de pesticidas organoclorados en grasas y aceites	335
IV.2.	Residuos de pesticidas organoclorados en carnes rojas	335
IV.3.	Residuos de pesticidas organoclorados para harinas y concentrados alimenticios	337
IV.4.	Residuos de pesticidas organoclorados en huevos y leches bovinas	338
IV.5.	Residuos organoclorados por método simplificado, utilizando arrastre de vapor en reciclaje sobre iso-octano (Método MAVRI)	340
IV.6.	Residuos organoclorados por el método general de multiresiduos para alimentos no grasos	341

IV.7.	Multiresiduos organofosforados en vegetales, por un método combinado	342
IV.8.	Determinación espectrofotométrica de residuos de ALAR en manzanas (proporcionado por UNIRCYAL)	343
IV.9.	Cianuro en pulpa de uva	345
IV.10.	Residuos de detergentes	346
<b>V:</b>	<b>RESULTADOS NO ELABORADOS SUBPROYECTO CONTAMINACION CON RESIDUOS DE PESTICIDAS</b>	<b>348</b>
Cuadro V.1.	Contenido de RPOC (mg/kg) en harinas de trigo, provenientes de 5 molinos	349
Cuadro V.2.	Contenido de RPOC en 30 muestras de carnes bovinas (mg/kg grasa en la canal) adquiridas en carnicerías de la Región Metropolitana	350
Cuadro V.3.	Contenido de RPOC (mg/lt) en leches de vaca, producto comercial adquirido en supermercados de la Región Metropolitana, en enero/1988	351
Cuadro V.4.	Contenidos de RPOC y RPOF (mg/kg fruta fresca) en uva de mesa	352
Cuadro V.5.	Contenidos de RPOC y RPOF (mg/kg fruta fresca) en nectarinos	354
Cuadro V.6.	Detalle de análisis de RPOC, RPOF y ALAR en manzanas. Concentraciones en mg/kg fruta fresca	355
Cuadro V.7.	RPOC (mg/kg) en grasa perirrenal de bovinos, colectada en la Región Metropolitana	356
Cuadro V.8.	RPOC (mg/kg) en grasa perirrenal de bovinos, colectada en la VI Región	356
Cuadro V.9.	RPOC (mg/kg) en grasa perirrenal de bovinos, colectada en la VII Región	357
Cuadro V.10.	RPOC (mg/kg) en grasa perirrenal de bovinos, colectada en la VIII Región	357
Cuadro V.11.	RPOC (mg/kg) en grasa perirrenal de bovinos, colectada en la IX Región	358
Cuadro V.12.	RPOC (mg/kg) en grasa perirrenal de bovinos, colectada en la X Región	358
Cuadro V.13.	RPOC (mg/kg) en grasa perirrenal de bovinos, colectada en la XI Región	359
Cuadro V.14.	Contenidos residuales (mg/kg ss) de pesticidas organoclorados en el horizonte Ap de suelos. Regiones VI, VII y VIII	360
Cuadro V.15.	Contenidos residuales (mg/kg ss) de pesticidas organoclorados en el horizonte A <sub>0</sub> de suelos. Regiones IX, X y XI	361

ANEXO I: UNIDADES EXPERIMENTALES

CUADRO I.1. SUBPROYECTO "CONTAMINACION CON METALES PESADOS"

ETAPA	TITULO	Código INIA	RESPONSABLE	INVESTIGADORES COLABORADORES	AYUDANTES DE INVESTIGACION
D : A G N	Contenido de MMPP (y RPOC) en recursos agrícolas de la Región Metropolitana: - aguas de los ríos Maipo y Mapocho - suelos de los valles Maipo y Mapocho	10-094-23	S. GONZALEZ	E. Bergqvist	R. Ite; X. Gálvez; S. Massara (hasta 03/87)
D S T I C O	Contenido de MMPP (y RPOC) en recursos agrícolas de la VI Región: - aguas de los ríos Cachapoal y Tinguiririca - suelos de los valles Cachapoal y Tinguiririca	10-094-24	S. GONZALEZ	E. Bergqvist	R. Ite; X. Gálvez;
	Contenido de MMPP (y RPOC) en recursos agrícolas de la IV Región: - aguas de los ríos Elqui y Limari - suelos de los valles Elqui y Limari	10-094-25	S. GONZALEZ	L. Martínez	R. Ite; X. Gálvez; (S.E.E. Vicuña)
	Contenido de MMPP (y RPOC) en recursos agrícolas de la VII Región: - aguas de los ríos Teno, Lontué y Maule - suelos de los valles Teno, Lontué y Maule	10-094-26	S. GONZALEZ	E. Bergqvist	X. Gálvez
	Contenido de MMPP (y RPOC) en recursos agrícolas de la VIII Región: - aguas de los ríos Laja y Bio-Bio - suelos de los valles Laja y Bio-Bio	10-094-27	S. GONZALEZ	R. Faggi (SAB)	X. Gálvez; R. Ite
	Prospección preliminar del contenido de MMPP en suelos agrícolas de las Regiones IX, X y XI	10-094-28	S. GONZALEZ	C. Sierra D. Greve (SAB) J. Castro (SAB)	X. Gálvez; R. Ite
	Evidencias de contaminación metálica en el valle del río Huasco (III Región)	10-094-29	S. GONZALEZ		X. Gálvez; R. Ite
	Vigilancia sobre la calidad de las aguas del río Aconcagua (V Región)	10-094-30	S. GONZALEZ		R. Ite; X. Gálvez;
	Tablas referenciales de contenidos de MMPP en frutales y animales	10-094-31	E. BERGQVIST	S. Gonzalez	N. Zapata

I N V	Influencia de los MHPP sobre la germinación de semillas	10-094-32	S. GONZALEZ	M. Silva (en practica)	
E S T I S	Niveles criticos de exceso de MHPP en medios radiculares no interferentes; determinación de modalidades de absorcion radicular y translocación interna	10-094-33	S. GONZALEZ		N. Zapata; R. Ite
A C I O N	Niveles criticos de exceso de MHPP, en función del tipo de suelo; cálculo de la permisividad ecosistémica para aceptar contaminantes	10-094-34	S. GONZALEZ		N. Zapata; R. Ite
	Ingesta critica de MHPP por diversas especies de animales domésticos	10-094-35	E. BERGQVIST		
	Conducta de MHPP en suelos: estimación de índices de movilidad/retención a base de fraccionamiento de metales en suelos	10-094-36	S. GONZALEZ		X. Gálvez
	Determinación de LMP de MHPP en aguas de riego, en función del estado fenológico de la alfalfa	10-094-37	S. GONZALEZ		N. Zapata; R. Ite
E V A	Determinación de evidencias de deterioro en áreas contaminadas, mediante ensayos	10-094-38	S. GONZALEZ		N. Zapata; R. Ite X. Gálvez
L U A C	Evaluación de daños en áreas contaminadas. Definición de factores que permitan definir un método para evaluar impactos	10-094-39	E. BERGQVIST	S. González	
I O N	Exploración de alternativas de manejo de recursos contaminados con MHPP, que permitan una recuperación de los potenciales de producción	10-094-43	S. GONZALEZ		N. Zapata; R. Ite

CUADRO 1.2. SUBPROYECTO "CONTAMINACION CON RESIDUOS DE PESTICIDAS"

*****					
ETAPA	TITULO	Código INIA	RESPONSABLE	INVESTIGADORES COLABORADORES	AYUDANTES DE INVESTIGACION
*****					
E S T A D O N D A L R I Z A C I O N	M E T O D O S I M P L I F I C A D O P A R A A N A L I S I S D E R P O C E N L E C H E F R E S C A Y H U E V O S	10-094-01	D. MARCUS	C. Ciudad	E. Bustamante
	Método simplificado para análisis de RPOC en leche fresca y huevos				
	Método simplificado para análisis de RPOC en carne bovina	10-094-02	C. CIUDAD	D. Marcus	E. Bustamante
	Revisión del método CODEAN para análisis de RPOC en grasa perirrenal y aceites comestibles	10-094-03	C. CIUDAD		E. Bustamante
	Validación del método MAVRI para análisis de RPOC en harinas de trigo	10-094-04	C. CIUDAD		E. Bustamante
	RPOC en vacunos, a base de análisis de muestras de grasa perirrenal, Regiones Metropolitana y IV	10-094-40	E. BERGGVIST		R. Ite; R. Salazar; S. Moyano
	RPOC en vacunos, a base de análisis de muestras de grasa perirrenal, VII Región	10-094-05	E. BERGGVIST		R. Ite; R. Salazar; S. Moyano
	RPOC en vacunos, a base de análisis de muestras de grasa perirrenal, VIII Región	10-094-06	E. BERGGVIST	A. del Pozo; J.L. Rouanet	R. Ite; R. Salazar; S. Moyano
	RPOC en vacunos, a base de análisis de muestras de grasa perirrenal, Regiones IX y X	10-094-07	E. BERGGVIST	A. del Pozo; J.L. Rouanet	R. Ite; R. Salazar; S. Moyano
	RPOC en vacunos, a base de análisis de muestras de grasa perirrenal, XI Región	10-094-09	E. BERGGVIST	H. Thiermann	R. Ite; R. Salazar; S. Moyano
	RPOC en el ecosistema de producción de carne bovina de las Regiones IX y X	10-094-08	C. CIUDAD	S. González	S. Moyano
	Prospección de RPOC en carnes vacunas, a nivel de expendio a consumidores	10-094-10	C. CIUDAD		E. Bustamante

	Prospección preliminar de RPOC en huevos y grasa abdominal de aves, en la Región Metropolitana	10-094-11	D. MARCUS	E. Bergqvist	E. Bustaaante
	Prospección preliminar de RPOC en concentrados alimenticios y sus ingredientes	10-094-12	E. BERGQVIST	C. Ciudad	E. Bustaaante
	Prospección preliminar de RPOC en grasa perirrenal de cerdos, en la Región Metropolitana	10-094-13	E. BERGQVIST (unidad opcional)		
	Prospección preliminar de RPOC en leches frescas, producidas en las Regiones IX y X	10-094-14	C. CIUDAD	D. Marcus	S. Moyano; R. Ite; E. Bustaaante
	Prospección preliminar de RPOC en harinas de trigo	10-094-15	C. CIUDAD	D. Marcus	E. Bustaaante
	Prospección preliminar de RPOC en aceites comestibles	10-094-16	S. GONZALEZ	D. Marcus	E. Bustaaante
	Prospección preliminar de RPOC en productos hortícolas	10-094-17	C. CIUDAD		R. Ite; R. Salazar
	RPOC y otros residuos en frutas de exportación	10-094-18	C. CIUDAD	S. González	S. Moyano
I N V E S T I G A C I O N	Efecto del tipo y concentración de RPOC en la germinación de semillas	10-094-19	C. CIUDAD		E. Bustaaante; S. Moyano
	Absorción radicular de RPOC por diversas especies vegetales, desde soluciones nutritivas	10-094-20	C. CIUDAD		E. Bustaaante; S. Moyano
E V A L U A C I O N	Absorción radicular de RPOC por diversas especies vegetales, desde diversos tipos de suelos	10-094-21	C. CIUDAD	S. González	S. Moyano
	Conducta de RPOC en suelos, coao forma de estimar sus persistencias y disponibilidad para las plantas	10-094-22	S. GONZALEZ	C. Ciudad	S. Moyano

\*\*\*\*\*

CUADRO I.3. SUBPROYECTO "PRESENCIA DE OTROS CONTAMINANTES"

ETAPA	TITULO	Código INIA	RESPONSABLE	INVESTIGADORES COLABORADORES	AYUDANTES DE INVESTIGACION
DIAG- NOS- TI- CO	Contenido de residuos de detergentes en aguas de los ríos Maipo, Mapocho, Cachapoal y Aconcagua	10-094-41	C. CIUDAD	S. González	N. Zapata R. Ite
	Contaminación con desperdicios urbanos en el área agrícola de la Región Metropolitana	10-094-42	S. GONZALEZ		N. Zapata
INVES- TIGACION	Persistencia de cianuro en zumo de uva de mesa	10-094-46	C. CIUDAD	S. González J. Valenzuela	R. Ite X. Gálvez C. Torres

ANEXO II: ANTECEDENTES METODOLÓGICOS VARIOS

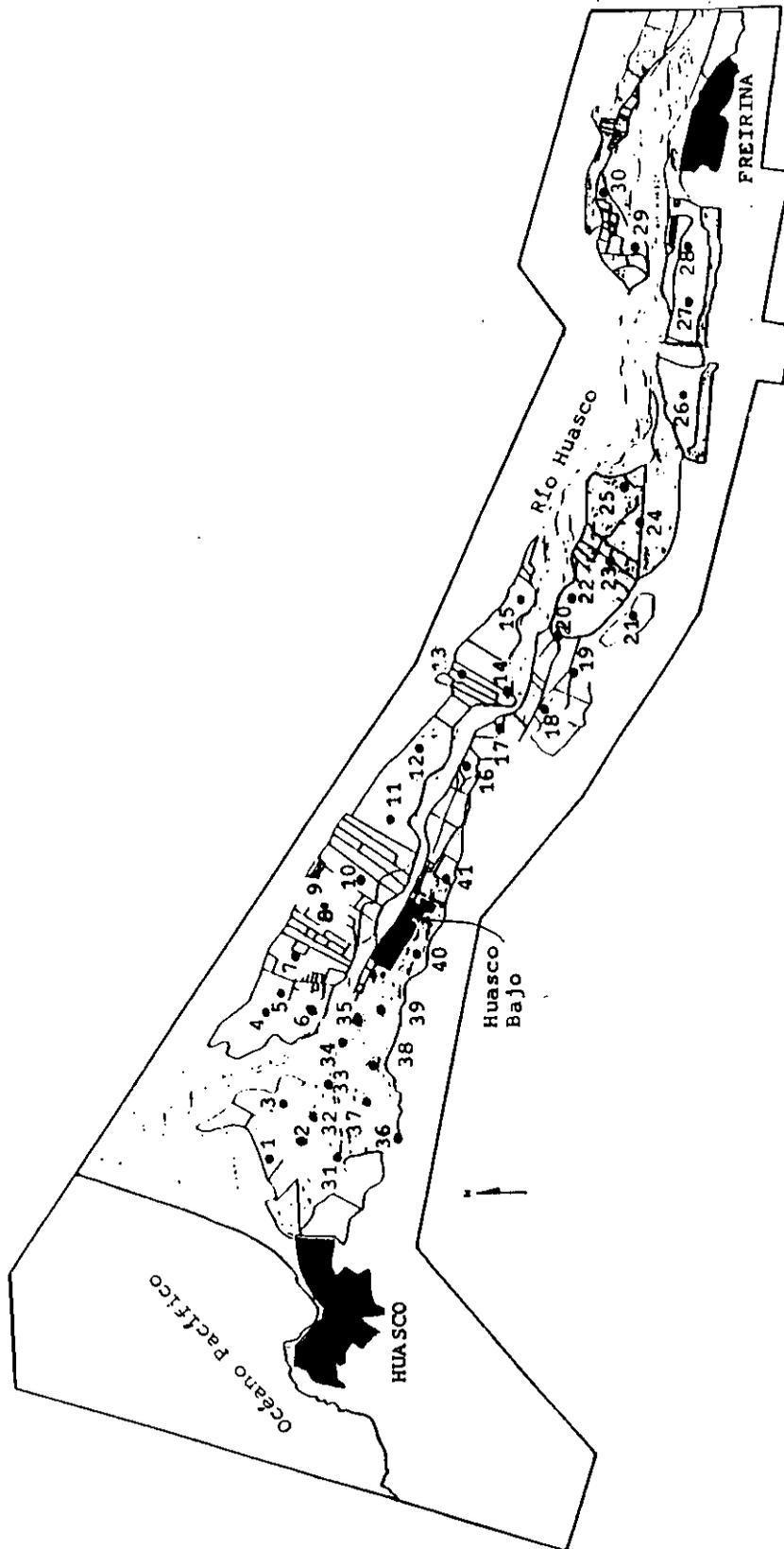


Figura II.1. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos y hojas de olivo. Valle del río Huasco, III Región

CUADRO II.1. DESCRIPCION DE SITIOS DE CAPTACION DE MUESTRAS  
DE AGUAS SUPERFICIALES: IV REGION

Nº	RIO	SITIO
CUENCA DEL RIO ELQUI:		
1	TURBIO-1	12km aguas arriba de Chapilca
1	TURBIO-2	frente a Chapilca
1	TURBIO-3	frente a Rivadavia
2	CLARO-1	frente a Montegrande
2	CLARO-2	frente a Paihuano
3	ELQUI-1	frente a Peralillo
3	ELQUI-2	aguas arriba de Vicuña
4	ELQUI-3	frente a Huancara
5	ELQUI-4	frente a Gualiguaica
5	ELQUI-5	frente a Puclaro
6	ELQUI-6	frente a Marquesa
7	ELQUI-7	frente a Altovaisol
8	ELQUI-8	bajo puente de Ruta S-N
CUENCA DEL RIO LIMARI:		
	LEONCIO	estero por camino Vicuña-Hurtado
1	HURTADO-1	frente a Hurtado
1	HURTADO-2	frente a Samo Alto
2	HURTADO-3	en muro de Embalse Recoleta
3	HURTADO-4	frente a Algarrobo
3	HURTADO-5	frente a Villaseca
4	COGOTI	frente a Guatulamé
5	RAPEL	frente a Montepatria
6	GRANDE-1	en muro de Embalse La Paloma
7	GRANDE-2	frente a Guallilinga
8	LIMARI-1	aguas arriba de Ovalle
9	LIMARI-2	bajo puente de Ruta-45
10	LIMARI-3	frente a Tabalí
10	LIMARI-4	frente a Trapiche
11	LIMARI-5	frente a Barraza
FECHAS DE MUESTREOS:		
	1987=	23.11
	1988=	15.01
	1988=	28.03

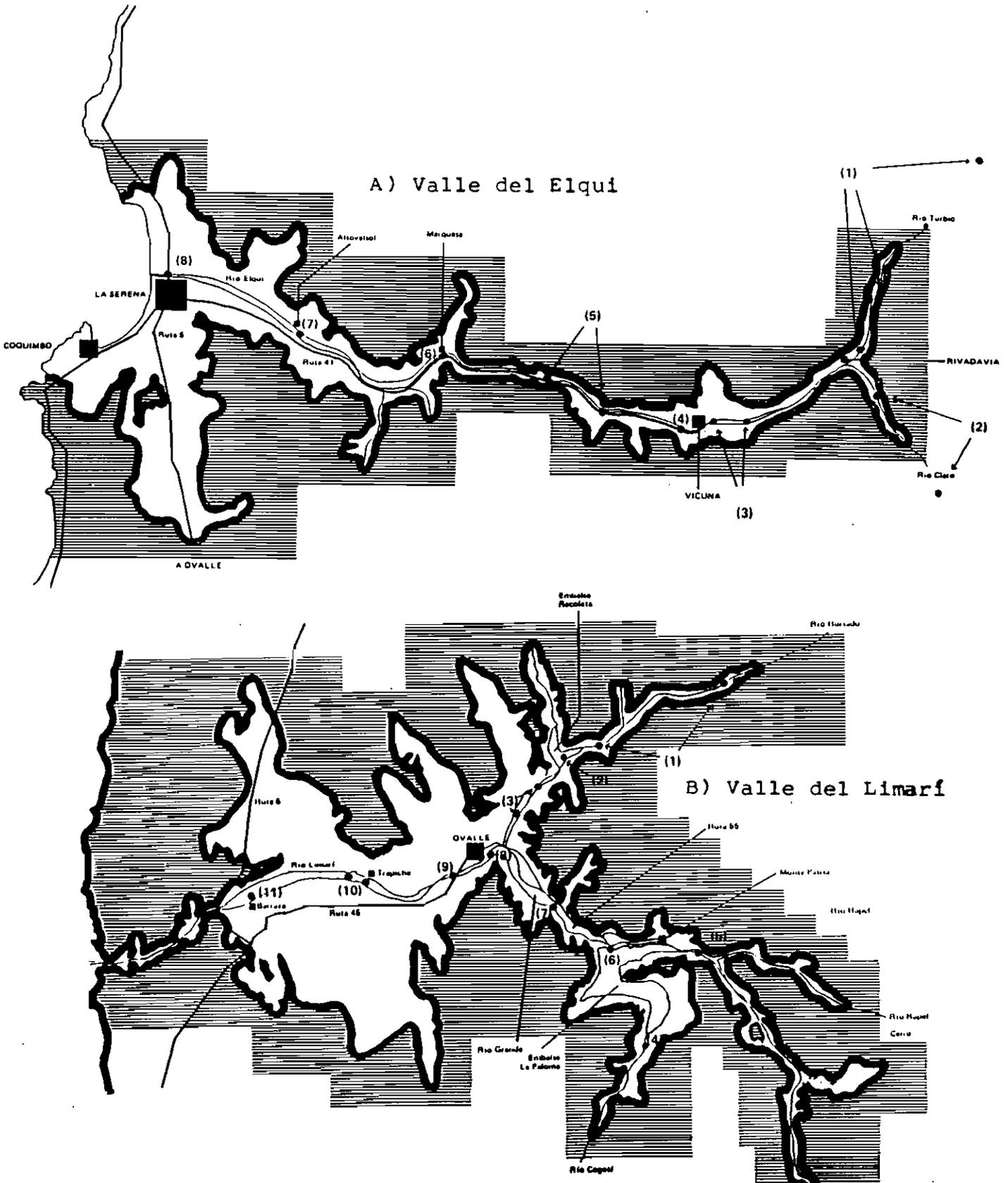


Figura II.2. Ubicación de sitios de captación de muestra de aguas en la IV Región: A= Elqui; B= Limarí

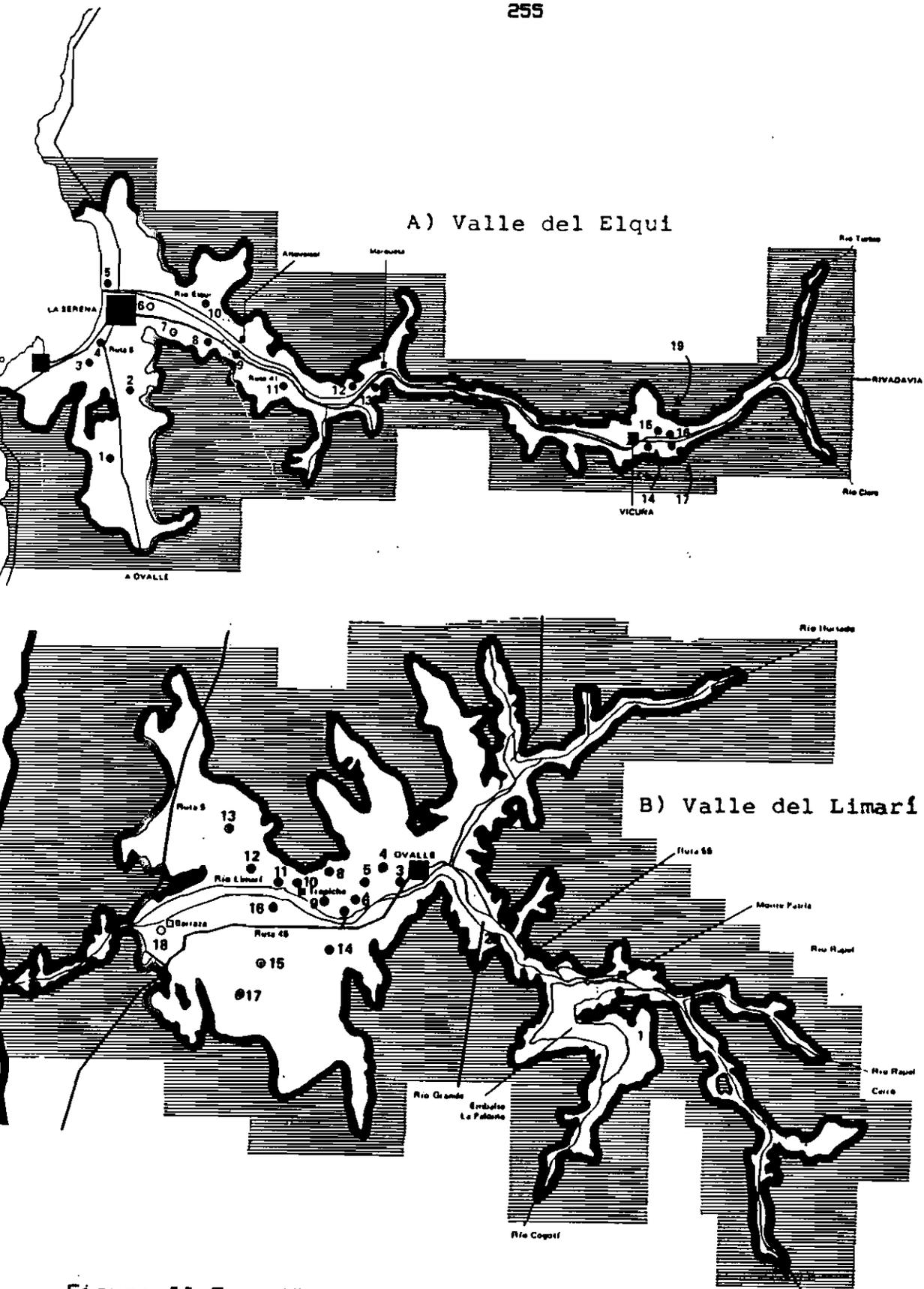


Figura 11.3. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos en la IV Región: A= Elqui; B= Limarí

**CUADRO II.2. DESCRIPCION DE SITIOS DE CAPTACION DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES: V REGION**

RIO	SITIO
1 JUNCAL	aguas arriba de río Blanco
2 BLANCO	aguas arriba de río Juncal
3 ACONCAGUA-1	en Central Hidroeléctrica Los Quijos
4 ACONCAGUA-2	bajo puente Vizcachas
5 ACONCAGUA-3	en bocatoma de canal Rinconada
6 ACONCAGUA-4	en bocatoma de canal Ahumada
7 ACONCAGUA-5	en bocatoma de canal Montenegro

**Fechas de muestreo=**

1988: 06.09 13.09 20.09 27.09

**Muestreos realizados por la Junta de Vigilancia de la Primera Sección del Río Aconcagua**

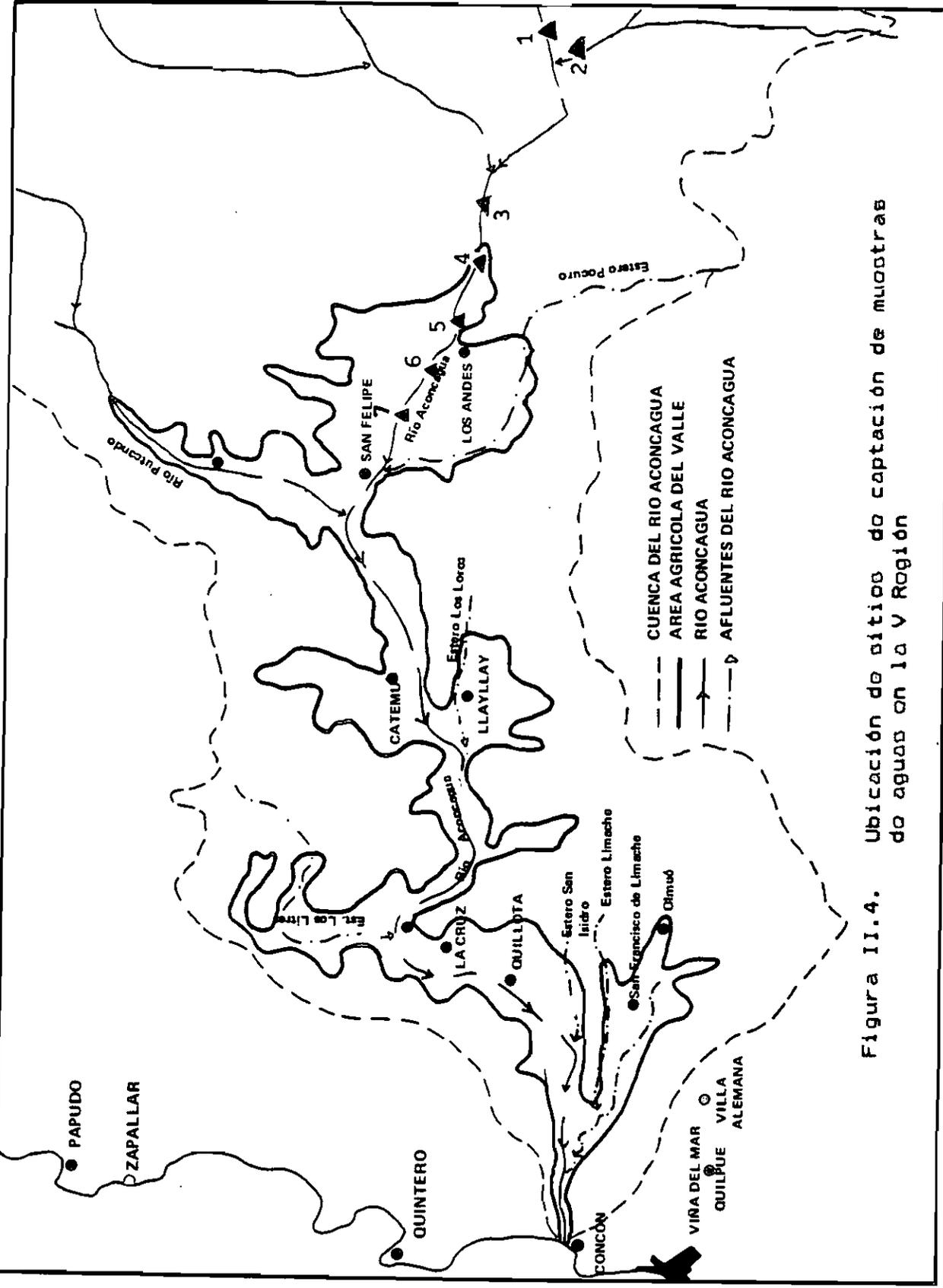


Figura II.4. Ubicación de sitios de captación de muestras de aguas en la Y Región

**CUADRO II.3. DESCRIPCION DE SITIOS DE CAPTACION DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES; REGION METROPOLITANA**

---

Sitio de muestreo (N° y lugar)	Descripción
-----------------------------------	-------------

---

**CUENCA DEL RIO MAPOCHO:**

1	Río El Manzanito	Por camino a Farellones
2	Estero Yerba Loca	Por camino a Los Bronces, en cruce con camino a Farellones
3	Río San Francisco-1	Por camino a Los Bronces, 8 km aguas arriba de camino a Farellones
4	Río San Francisco-2	Por camino a Los Bronces, 2 km aguas arriba de camino a Farellones
5	Río Molina	500m aguas arriba de nacimiento de río Mapocho
6	Río Mapocho-1	500m aguas abajo de nacimiento de río Mapocho
7	Río Mapocho-2	Puente Ñilhue, 6 km E de Comisaría El Arrayán
8	Río Mapocho-3	Puente Pedro de Valdivia, en Santiago
9	Río Mapocho-4	Puente de camino a Aeropuerto Internacional
10	Río Mapocho-5	100m aguas arriba de Zanjón de La Aguada
11	Zanjón de La Aguada	Puente de camino Pajaritos, en Maipú
12	Río Mapocho-6	Puente de camino a Rinconada de Maipú
13	Río Mapocho-7	Frente a Talagante
14	Río Mapocho-8	Puente Manuel Rodríguez, en ruta 78

**CUENCA DEL RIO MAIPO:**

15	Río El Volcán-1	Puente en camino de ingreso a Baños Morales
16	Estero Morales	100m aguas arriba de unión con río El Volcán
17	Río El Volcán-2	1km aguas arriba de unión con río Maipo
18	Río El Yeso	1km aguas arriba de unión con río Maipo
19	Río Maipo-1	1km aguas arriba de unión con río El Yeso
20	Río Maipo-2	Frente a San José de Maipo
21	Río Maipo-3	Puente, por camino a Pirque
22	Río Clarillo	Por camino a la Reserva Nacional
23	Río Maipo-4	Frente a La Pintana
24	Río Maipo-5	Puente de ruta 58
25	Río Naltahua	Frente a Isla de Maipo
26	Río Maipo-6	Puente Ing. Marambio, en Melipilla

---

Fechas:	1986=	24.10	02.12	
	1987=	30.01	12.03	07.08
	1988=	14.01	08.02	

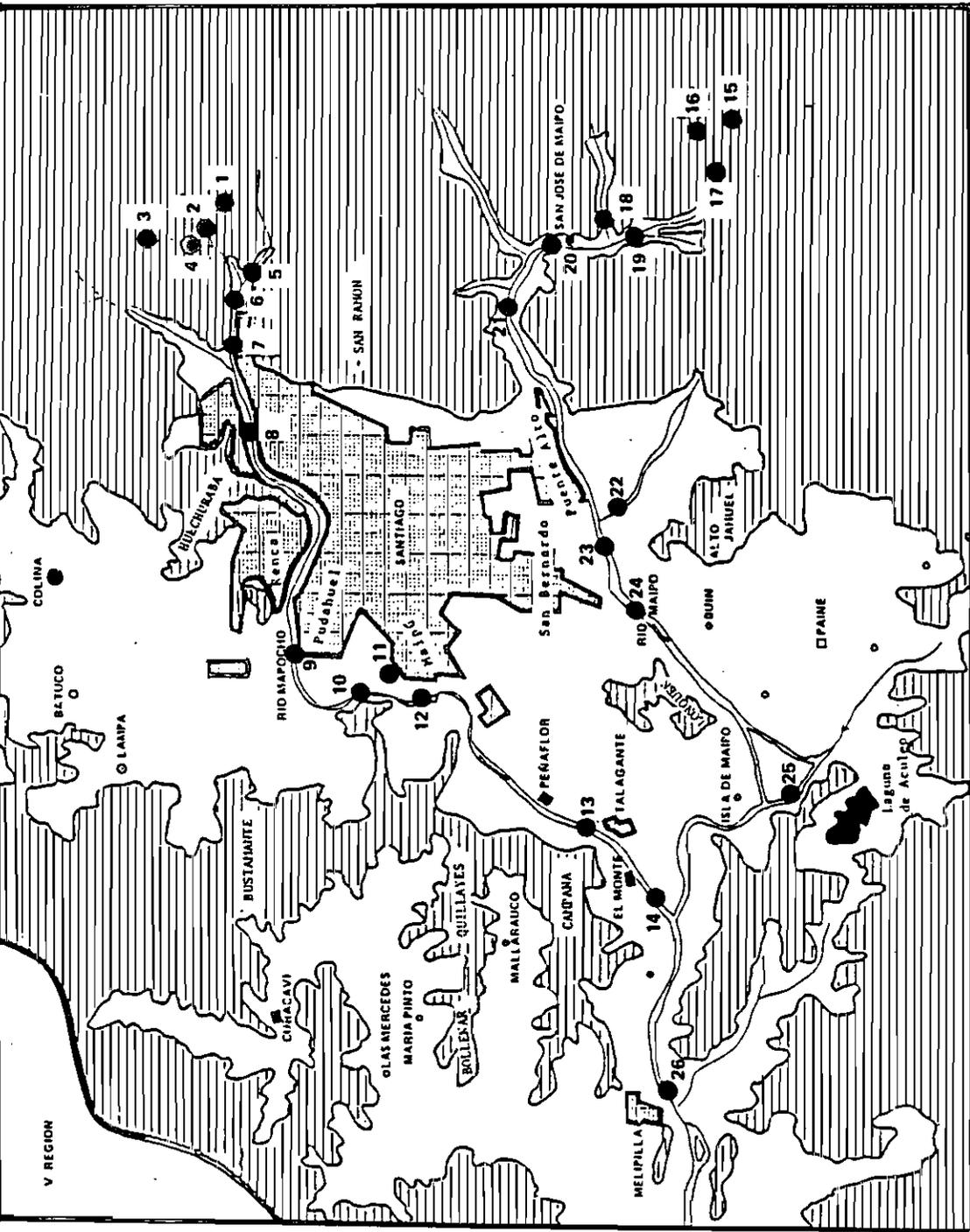


Figura 11.5. Ubicación de sitios de captación de muestras de aguas en la Región Metropolitana

Sitios 54, 59, 60 y 61, al N de valle Mapocho



Figura II.6. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos en la Región Metropolitana

**CUADRO II.4. DESCRIPCION DE SITIOS DE CAPTACION DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES: VI REGION**

-----  
 N° RIO SITIO  
 -----

**CUENCA DEL RIO CACHAPOAL:**

1 PANGAL	aguas arriba río Cachapoal
2 COYA	aguas arriba río Cachapoal
3 CLARO	bajo puente en Ruta-5
4 CACHAPOAL-1	aguas arriba río Pangal, por camino a El Manzanar
5 CACHAPOAL-2	aguas arriba río Coya, frente a Coya
6 CACHAPOAL-3	aguas abajo río Coya, frente a Coya
7 CACHAPOAL-4	frente a Central El Sauzal
8 CACHAPOAL-5	bajo puente en Ruta-5
9 CACHAPOAL-6	frente a Olivar Alto
10 CACHAPOAL-7	entre Coinco y Millahue
11 CACHAPOAL-8	frente a Millahue
12 CACHAPOAL-9	frente a Peumo
13 CACHAPOAL-10	entre Pichidegua y La Rosa
14 ESTERO ALHUE-1	aguas arriba Est. Carén
15 ESTERO ALHUE-2	aguas abajo Est. Carén
16 ESTERO ALHUE-3	en puente cabecera embalse
17 ESTERO CAREN	aguas arriba Est. Alhué
18 EMBALSE RAPEL	sector de Bahía Skorprios

**CUENCA DEL RIO TINGUIRIRICA:**

19 CLARO	frente a Puente Negro; aguas arriba de río Tinguiririca
20 E. CHIMBARONGO-1	bajo puente en Ruta-5
21 E. CHIMBARONGO-2	frente a Santa Cruz; bajo puente Huape
22 TINGUIRIRICA-1	en sector La Alfalfa
23 TINGUIRIRICA-2	en sector La Virgen
24 TINGUIRIRICA-3	frente a Puente Negro; aguas arriba de río Claro
25 TINGUIRIRICA-4	frente a Santa Luisa
26 TINGUIRIRICA-5	bajo puente en Ruta-5
27 TINGUIRIRICA-6	aguas arriba San Fernando
28 TINGUIRIRICA-7	entre Molinos de Yaquil y La Gloria
29 TINGUIRIRICA-8	frente a Santa Cruz
30 TINGUIRIRICA-9	frente a El Huique

-----  
 FECHAS DE MUESTREOS:      - 1986= 30.09  
                                  - 1987= 30.01    05.02    19.03    27.03  
                                  - 1988= 14.01    08.02

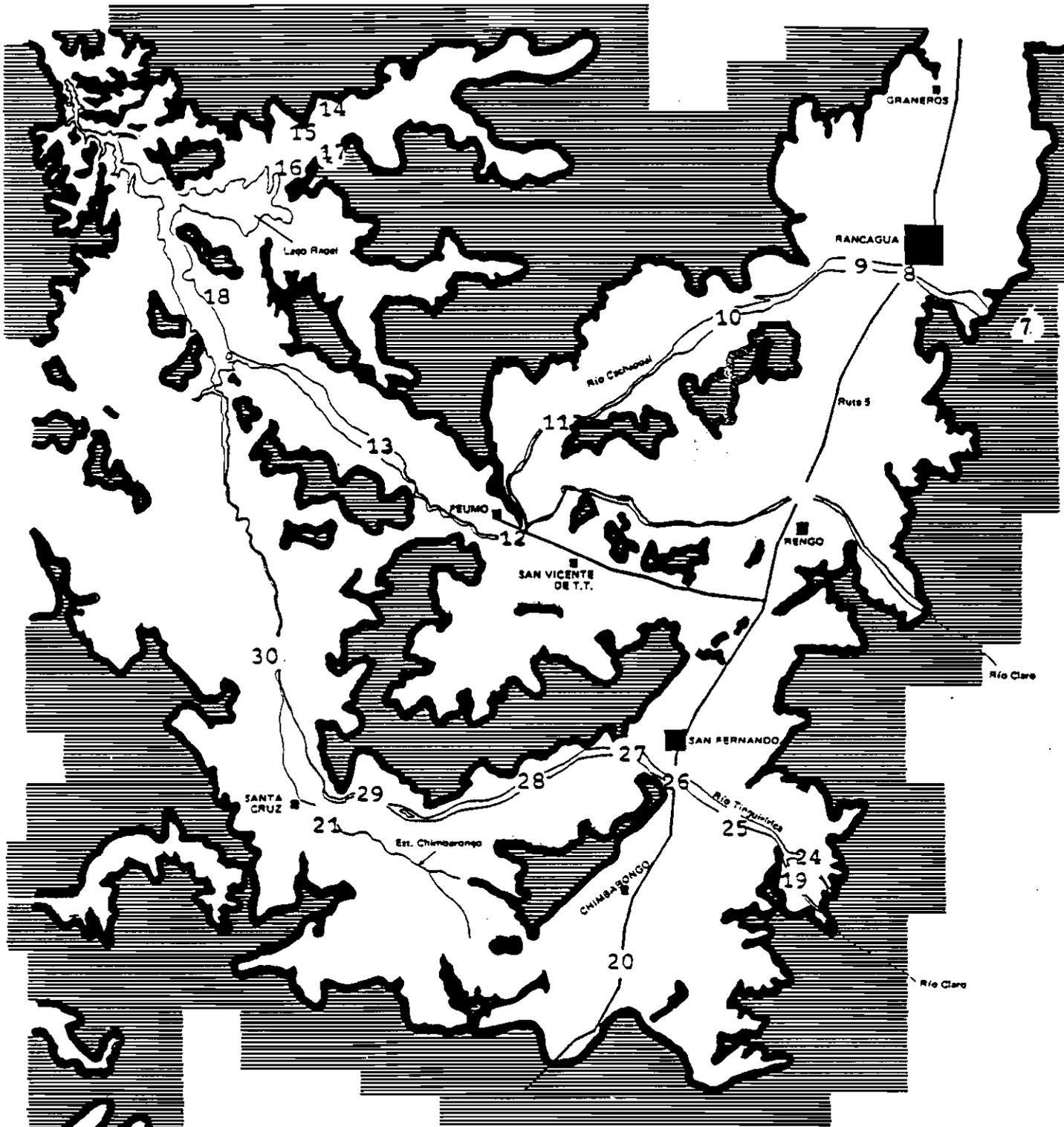


Figura II.7. Ubicación de sitios de captación de muestras de aguas en la VI Región

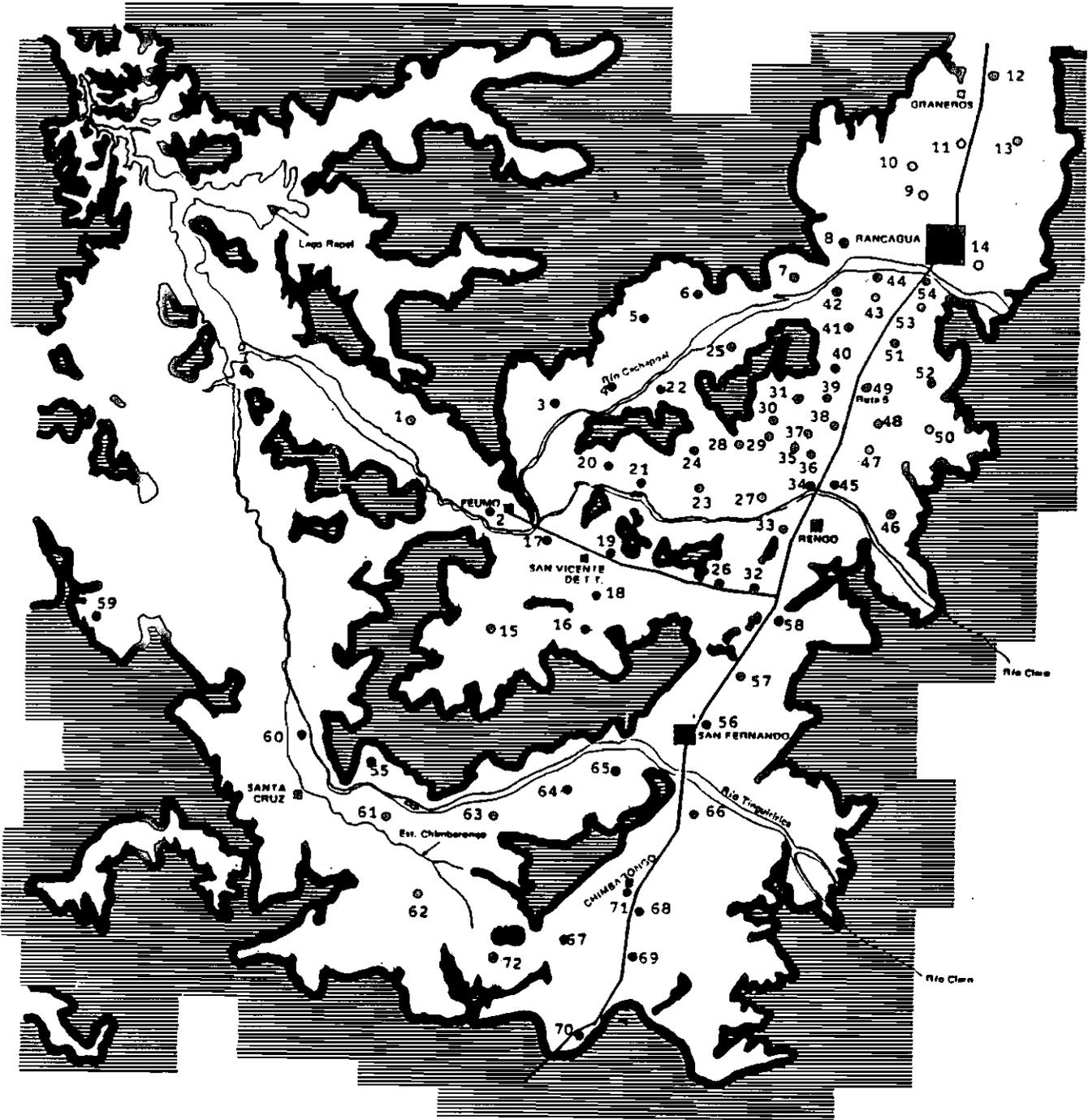


Figura II.8. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos en la VI Región

**CUADRO II.5. DESCRIPCION DE SITIOS DE CAPTACION DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES: VII REGION**

-----  
 N° RIO SITIO  
 -----

**CUENCA DEL RIO MATAQUITO:**

1	TENO-1	bajo puente de ruta 58
2	TENO-2	bajo puente, en camino Curicó-Vichuquén
3	LONTUE-1	bajo puente de ruta 58
4	LONTUE-2	frente a Sagrada Familia
5	MATAQUITO	frente a Villa Prat

**CUENCA DEL RIO MAULE:**

6	MAULE-1	aguas arriba de embalse Colbún, Puente Nevado
7	MAULE-2	en muro de embalse Colbún
8	MAULE-3	bajo puente de ruta 58
9	MAULE-4	frente a Curtiduría
10	CLARO-1	bajo puente de camino San Rafael-V. Prat
11	CLARO-2	frente a Estación Panguilemo
12	CLARO-3	frente a Talca
13	EST. PANGUILEMO	frente a Estación Panguilemo
14	LIRCAY	bajo puente de ruta 58
15	EST. PIDUCO	bajo puente de ruta 58
16	LONCOMILLA	bajo puente camino San Javier-Constitución
17	EST. CACHUPIVIL	bajo puente camino San Javier-Constitución
18	PUTAGAN	bajo puente de ruta 58

-----  
 FECHAS DE MUESTREOS:      - 1987                      18.12  
                                          - 1988                      22.02      10.06  
 -----



Figura 11.9. Ubicación de sitios de captación de muestras de aguas en la VII Región



Figura II.10. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos en la VII Región

CUADRO II.6. DESCRIPCION DE SITIOS DE CAPTACION DE MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES: VIII REGION

\*\*\*\*\*  
 N° RIO Sitio

\*\*\*\*\*

CUENCA DEL RIO LAJA:

1	LAJA-1	frente a Tucapel
2	LAJA-2	en Saltos del Laja, por ruta 58
3	LAJA-3	punto Perales, por camino a Laja
4	LAJA-4	frente a San Rosendo
5	HUALQUI	por ruta 58

CUENCA DEL RIO BIO-BIO:

6	BIO-BIO-1	frente a Santa Barbara
7	BIO-BIO-2	por ruta 58
8	BIO-BIO-3	Puente Coigue, camino a Nacimiento
9	BIO-BIO-4	frente a Laja, AA de Papelera
10	C.M.P.	efluente Papelera
11	BIO-BIO-5	3km aa de Papelera
12	BIO-BIO-6	en Concepción, en Puente Nuevo
13	BUREO	frente a Mulchén
14	VERGARA	frente a Nacimiento

OTROS RIOS DE LA VIII REGION:

15	PERQUILAUQUEN	por ruta 58
16	RUBLE	por ruta 58
17	ITATA	por ruta 58
18	DUQUECO	por ruta 58

\*\*\*\*\*

Fechas de muestreo:	1988:	22.02	
	1989:	18.03	14.12

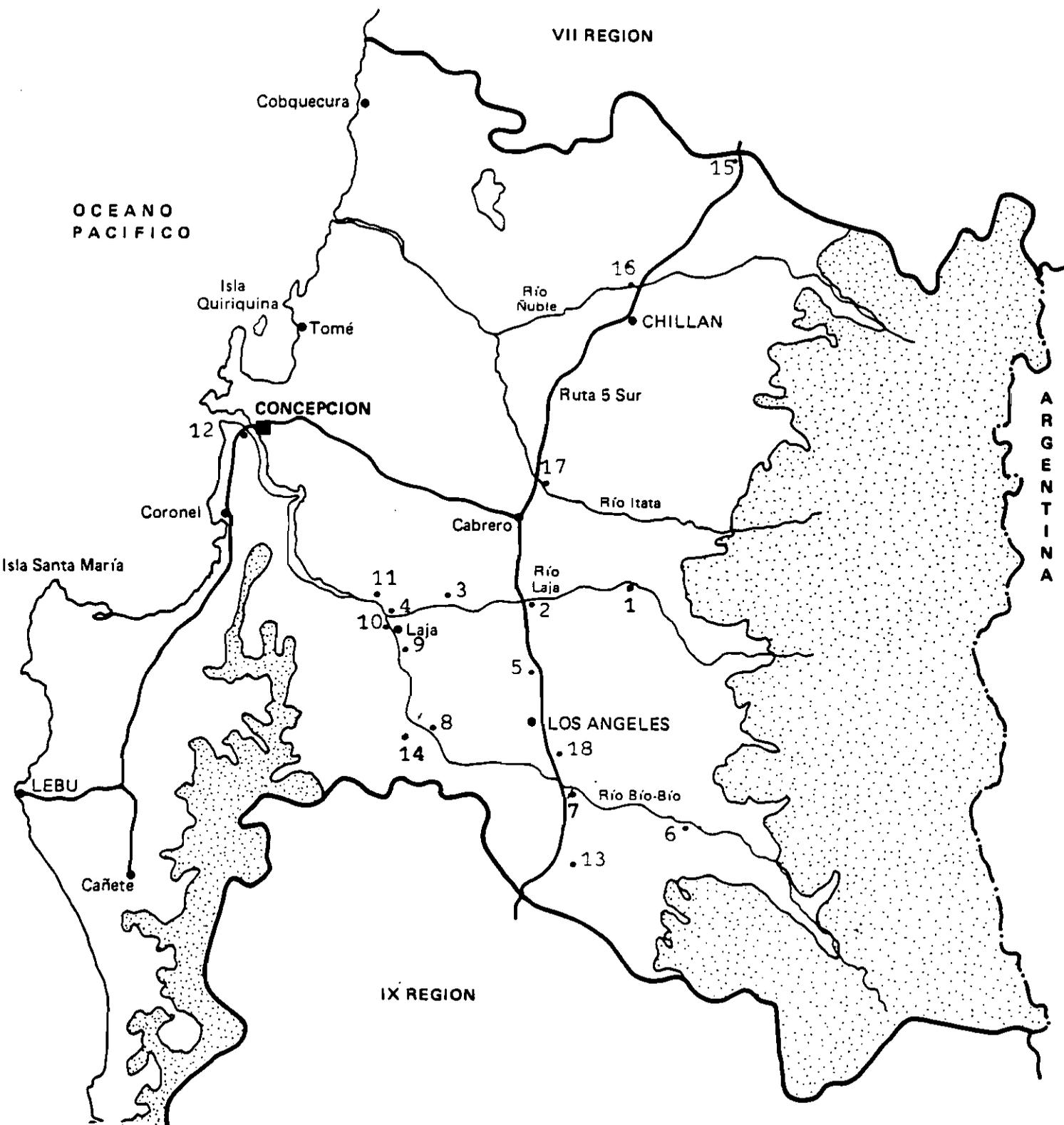


Figura II.11. Ubicación de sitios de captación de muestras de aguas en la VIII Región

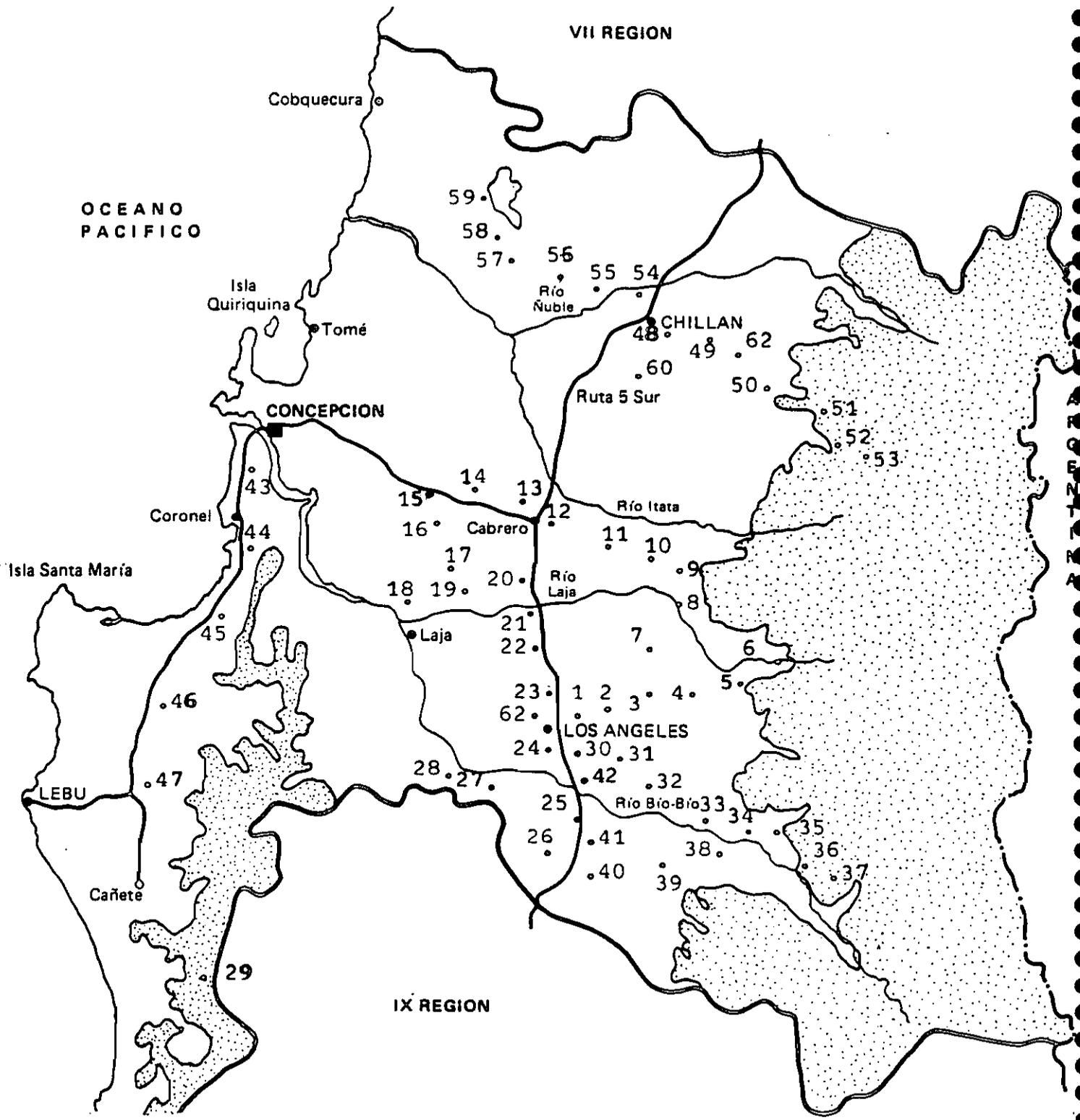


Figura II.12. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos en la VIII Región

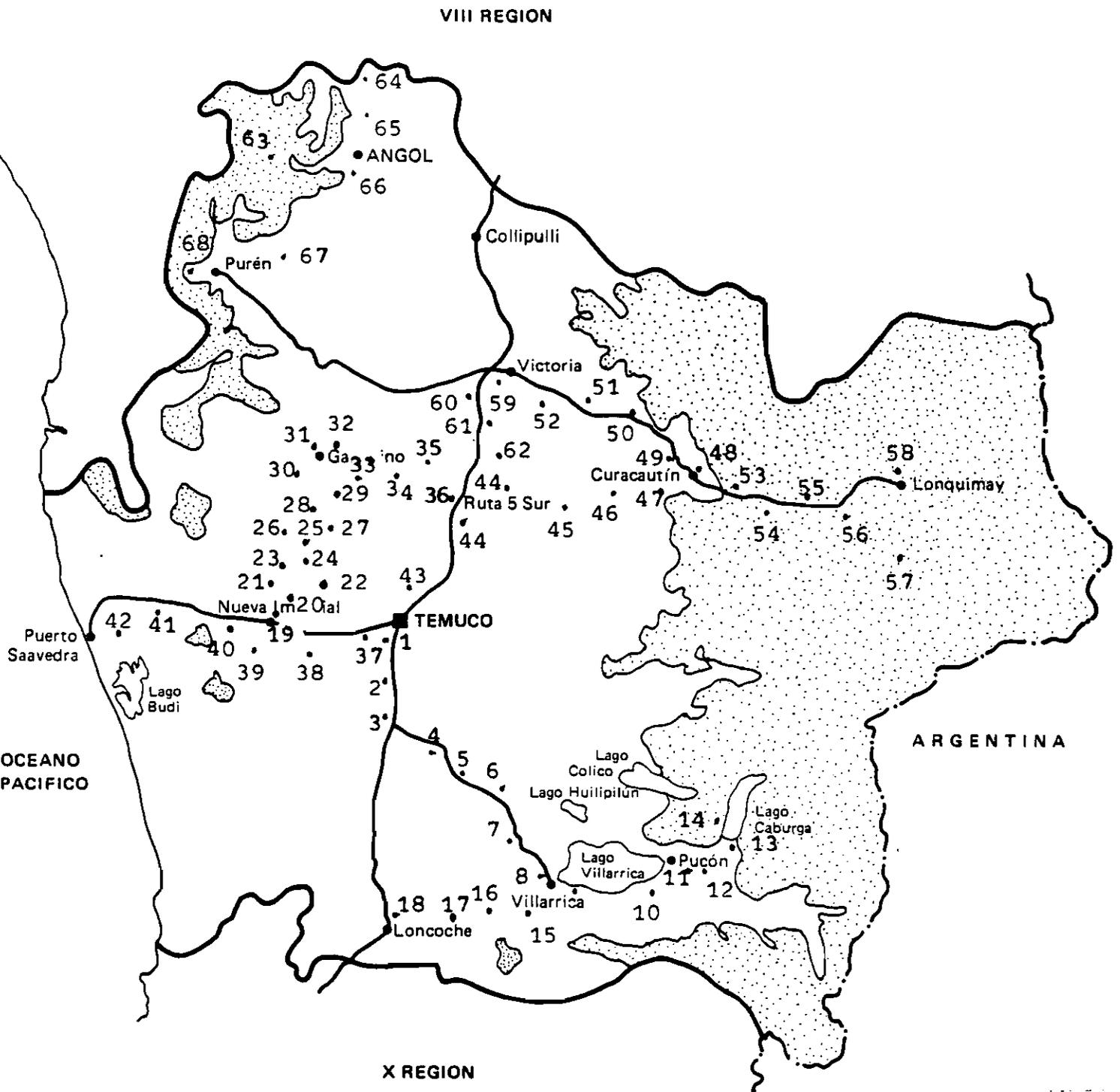


Figura II.13. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos y praderas en la IX Región

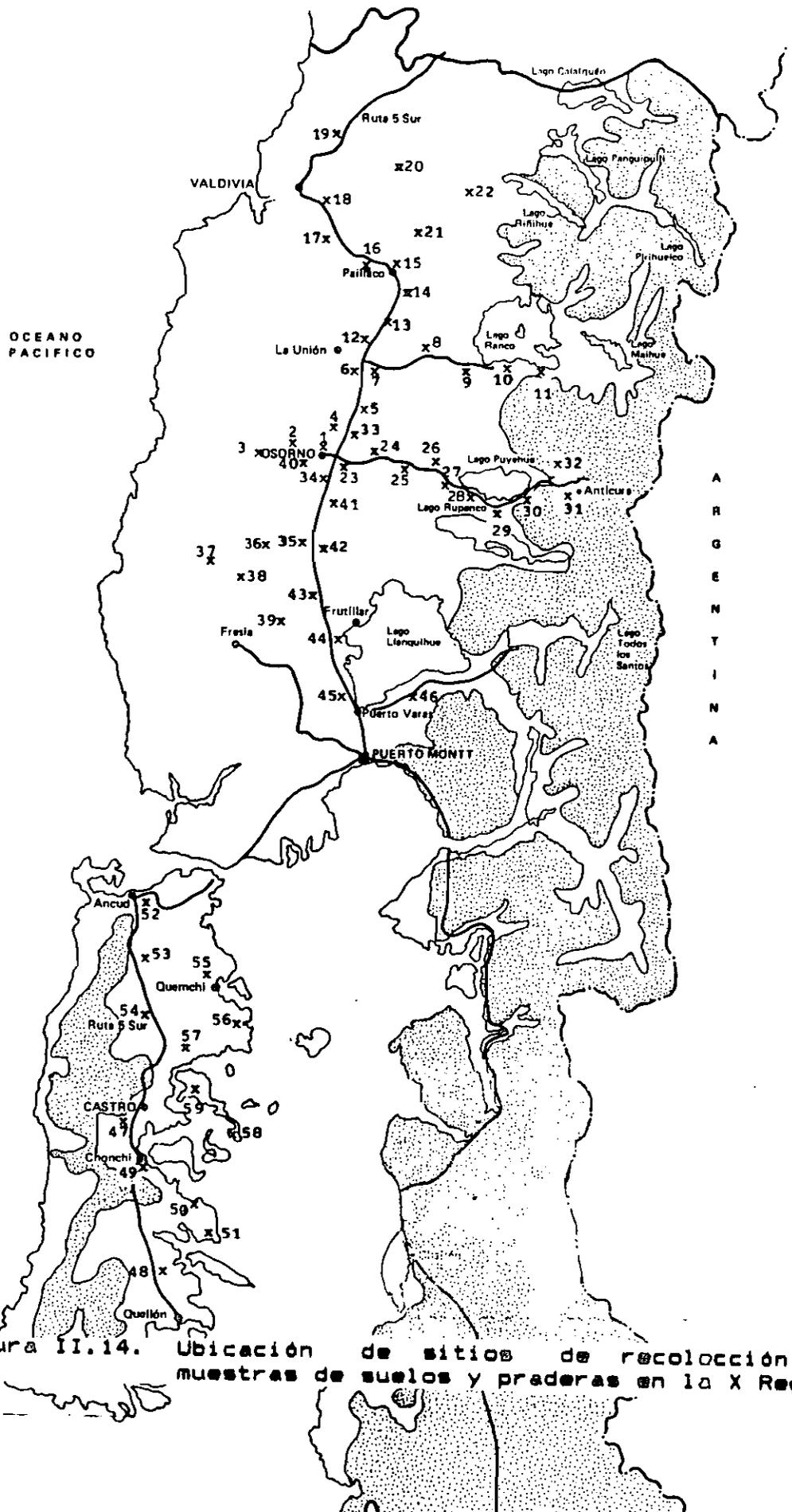


Figura II.14. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos y praderas en la IX Región

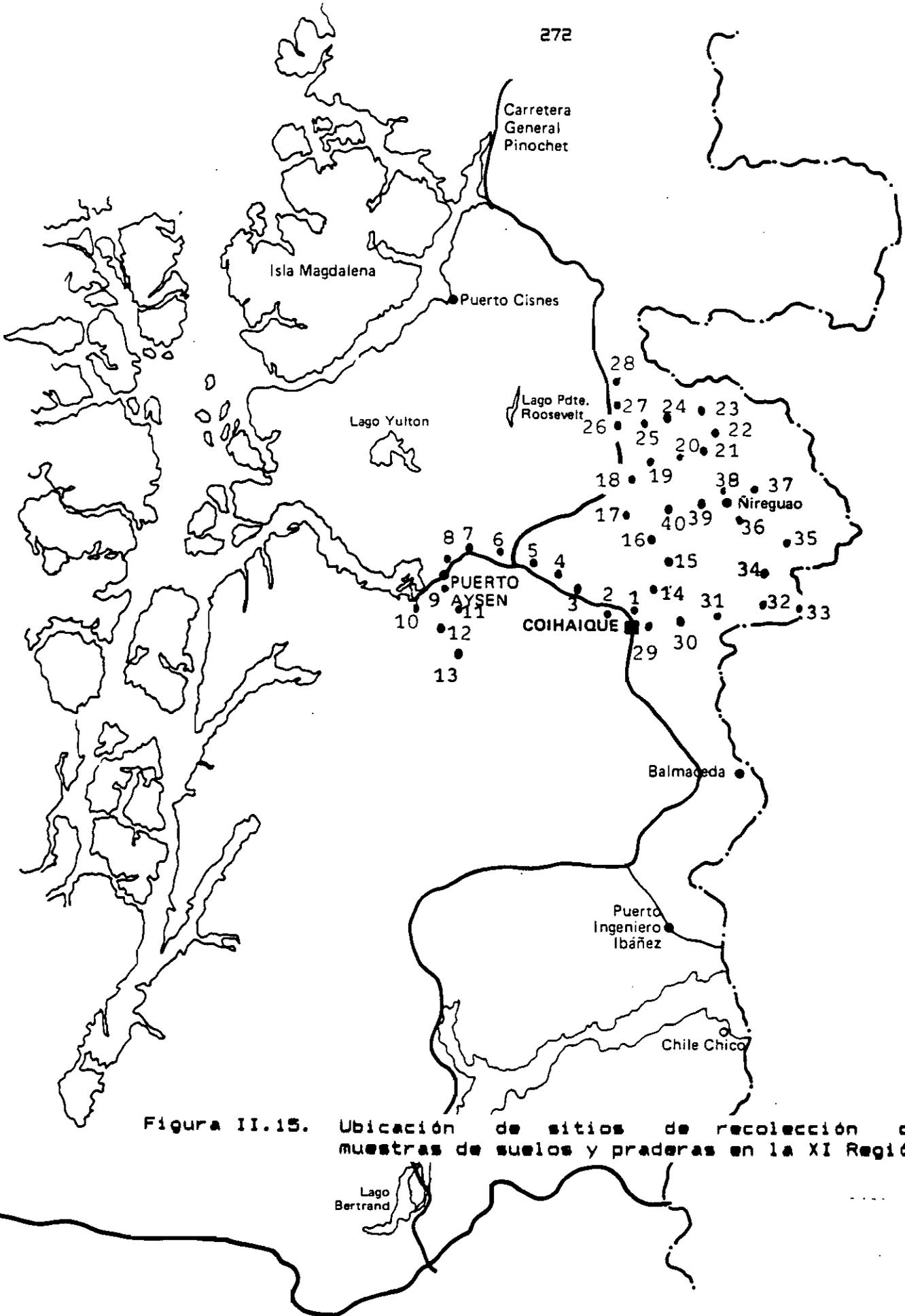


Figura II.15. Ubicación de sitios de recolección de muestras de suelos y praderas en la XI Región

Lago Bertrand

CUADRO II.7. BITIOS Y EPOCAS DE RECOLECCION DE MUESTRAO DE NIBADOS Y GRASA PERIRRENAL DE BOVINOS

REGION	FECHAS	MATADEROS	GRASA PERIRRENAL cant. procedencia	NIBADO cant. procedencia
VI				5 Quintara 2 Nagaloo 3 San Estoban total = 10
R.H.	17.05.88 19.05.88 26.05.88 22.06.88	La Pintana La Pintana La Pintana La Pintana	4 Melipilla 3 Hospital 4 San Jose de Maipo 2 Paine	3 Paine 4 Hospital 6 Melipilla 2 Paine total = 15
VI	16.05.88 16.05.88 16.05.88 23.05.88 30.05.88	Graneros Deihue Comafri Ltda. Comafri Ltda. Graneros	2 Rosario 3 Las Cabras 2 Coinco 6 Requinoa-Donihue 1 Graneros total = 14	2 Cadagua 2 Donihue 3 Quinto de Tilicaca 7 Placilla-Cadagua 2 Graneros total = 16
VII	4.07.88 4.07.88 4.07.88 4.07.88 4.07.88 4.07.88	Maulo San Clemente Talca Curepto Cumpes Palarco	3 San Clemente 2 San Javier 2 Talca 3 Curepto 3 Rio Claro 1 Talca total = 14	3 Rio Claro 3 Curepto 2 Palarco-Talca 3 San Javier 3 San Javier-Curepto 1 Talca total = 15
VIII	26.07.88	Faenadora de Carnes Nuble total =	18 San Carlos-Pinto 18	15 San Carlos-Chillan 15
IX	31.03.88 08.06.88 23.06.88	Soprocar Soprocar Soprocar total =	4 Freire-Pitrufquon 11 Imperial-Traiguen- Los Sauces 2 Imperial-Tauco 17	11 Loo Sauces-Imperial- Traiguon 4 Lautaro-Pitrufquon 15
X	28.01.88 25.02.88 31.03.88	Frigorifico Osorno Frig. Osorno Frig. Osorno total =	6 Entre Lagos-Rio Buena-Puerto Octay 10 Rio Negro 2 Osorno 18	4 San Pablo-Osorno- Rio Buena 9 Puerto Octay 3 Purranguo 16
XI	06.07.80	Inducor total =	14 Coyhaique 14	15 Coyhaique 15
TOTALES			110	117

CUADRO II.8. SOLUCION NUTRITIVA BASICA (SNB)

Elemento	PA	Dosis mg/lit	Reactivo p.a.	cant. mg/lit	PM	Cant. sal mg/lit
Ca	40	160	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	160	236	944
P	31	14	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	41	136	179,87
K	39	156	KN <sub>3</sub>	104	101	269
			KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	52	136	179,87
N	14	170	KN <sub>3</sub>	37	101	
			Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	112	236	
			NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	21	80	60
Mg	24	36	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	36	246	369
S	32	48	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	48	246	
Mn	55,5	0,27	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	0,27	169	0,83
Cu	63,5	0,032	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,032	249,5	0,126
Zn	65,5	0,032	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0,032	287,5	0,14
B	11	0,27	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,27	62	1,522
Mo	96	0,024	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,024	242	0,605
Fe	56	1,4	FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	1,4	270,5	6,763
quelante			Citrato-Na <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O			7,35

## NOTAS:

- en primer lugar, se prepara soluciones concentradas de cada reactivo, por separado
- en segundo lugar, se prepara la SNB a base de alícuotas y se lleva a pH 5,5-6 (originalmente, alrededor de 4), y
- se agrega las dosis de MM.PP. que correspondan.

Extractado de Dacic, Beckett y Wollan (1978)

CUADRO II - 9. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS DE ENSAYOS EN ARENA .

Especie (variedad)	Fecha siembra y cosecha	Densidad/ maceta	Riego	Fuoligaciones	Parámetros medidos
ALFALFA (Española)	Octubre/88 cortes cada 45 días, aprox.	25 semillas Raleo a 3 plantas	agua destilada, según necesidad Solución nutritiva <sup>2</sup> , 2 veces a la semana	Tasarón, según incidencia de pulgones	Producción biomasa de parte aérea. Contenidos orgánicos en tejidos cosechados
TRISO (Trisa)	Agosto/88 Diciembre/88	10 semillas Raleo a 5 plantas	agua destilada, según necesidad Solución nutritiva <sup>2</sup> , 2 veces a la semana	Tasarón, según incidencia de pulgones	Producción biomasa distintos tejidos. Contenidos metálicos en tejidos cosechados
PREJDL arroz (Fleetwood)	Agosto/88 Noviembre/88	10 semillas Raleo a 3 plantas	agua destilada, según necesidad Solución nutritiva <sup>2</sup> , 2 veces a la semana	Tasarón, según incidencia de pulgones Bayletón, según incidencia de oídio	Producción biomasa distintos tejidos. Biotomas visibles de exceso
REMOLACHA AZUCARERA (Biga Poly)	Octubre/88 Junio/89	15 semillas Raleo a 2 plantas	agua destilada, según necesidad Solución nutritiva <sup>2</sup> , 2 veces a la semana	Tasarón, según incidencia de pulgones Bayletón, según incidencia de oídio	Producción biomasa distintos tejidos. Biotomas viables de exceso

1/ Arena de río, prelavada con HCL 0,01M al estabilizante, fertilización con 1 g SFT Y 1,1 g KNO3/kg fortificación con Cd, Cu, Mn, Mo, Pb o Zn, en 5 niveles (0-50-100-250 y 500 mg H/kg)

2/ Solución nutritiva según detalle indicado en Cuadro II.8.

**CUADRO II.10. SITIOS DE RECOLECCION DE MUESTRAS DE SUELOS USADOS EN ENSAYOS**

SUELO	SIMBOLO	FECHA	SITIO	RESPONSABLE
VICUÑA	VIC	03/88	Subest. Exp. Vicuña, INIA. Parronal 7, IV Región	S.González
LA COMPANIA	CIA	03/88	Ruta 43, IV Región. 10 kms S. González S de La Serena, 2kms E	S. González
CHICUREO	CHC	04/88	7 kms E de Ruta 57, por camino a Chicureo, R.M.	S. González
BUIN	BUN	04/88	Subestación Experimental Los Tilos (INIA), R.M.	S.González
GRANEROS	GRA	03/88	Alrededores de Est. Exp. de la SNA en Graneros, VI R.	E.Bergqvist
PIHUCHEN	FIN	05/88	15 kms O desde Peralillo, VI R.	S.González
CAUQUENES	CAU	03/88	Subestación Experimental Cauquenes (INIA), VII R	S.González
COLLIFULLI	CLL	10/88	Camino Chillán-San Ignacio, 10 kms desde Chillán, VIII R	C. Ciudad
SANTA BARBARA	SBA	10/88	Camino Chillán, Termas de Chillán, 15 kms E de Chillán, VIII R	C. Ciudad
ARENALES	ARE	03/88	Camino interior Los Angeles-Laja, frente a Aeródromo, VIII R	S.González
NAHUEL BUTA	NHB	03/88	Parque Nacional Nahuelbuta, IX R	S.González

**CUADRO II.11. MÉTODO DE FRACCIONAMIENTO DE METALES PESADOS EN SUELOS**

Fracción	Extractante	Técnica
solución suelo	agua destilada	agitación por 30'
de intercambio	$\text{KNO}_3$ 1M	agitación por 16h
retención específica	ác. acético 2,5% v/v	agitación por 14h
unida a mat. orgánica	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0,1M	agitación por 16h
retenida por óxidos libres de Fe	EDTA-Na 0,1M	agitación por 16h
retenida por óxidos libres de Mn	$\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 0,1M en $\text{HNO}_3$ 0,01M	agitación por 30'
residuo	$\text{HNO}_3$ concentrado	calentamiento por 12h

<sup>1</sup>Basado en Miller & McFee (1983)

CUADRO I I. 12. ANTECEDENTES METODOLOGICOS DE ENSAYOS EN SUELOS

ESPECIE	VARIEDAD	Densidad/ Maceta	RIEBO	FUMIGACIONES	PARAMETROS DETERMINADOS
ALFALFA	Esperola	25 semillas Raleo a 3 plantas	Agua destilada, según necesidad Solución nutritiva, 2 veces x semana en suelos arenosos	Tamarón para control de pulgones	Biomasa aérea Contenidos metálicos en biomasa cosechada
TRIBO	Trissa	10 semillas Raleo a 3 plantas	Agua destilada, según necesidad Solución nutritiva, 2 veces x semana en suelos arenosos	Tamarón para control de pulgones	Biomasa, en diferentes tejidos Contenidos metálicos en biomasa cosechada
FREJOL tipo arroz	Fleetwood	10 semillas Raleo a 3 plantas	Agua destilada, según necesidad Solución nutritiva, 2 veces x semana en suelos arenosos	Tamarón para control de pulgones Bayletón, para control de oídio	Biomasa, en diferentes tejidos Síntomas visibles de exceso
REMOLACHA AZUCARERA	Biga Poly	15 semillas Raleo a 2 plantas	Agua destilada, según necesidad Solución nutritiva, 2 veces x semana en suelos arenosos	Tamarón para control de pulgones Bayletón, para control de oídio	Biomasa en diferentes tejidos

1/ Suelos previamente tamizados bajo 2 mm, fertilizado con 10 SFT y 1,1g KNO<sub>3</sub>/kg y con dosis metálica correspondiente

**CUADRO II.13. ANTECEDENTES METODOLOGICOS DE ENSAYOS DE RIEGO CON AGUAS CONTAMINADAS CON COBRE O CADMIO.**

---

1. TIPO DE ENSAYO:

Ensayo de alfalfa (var. Española), en macetas de 3 kg con arena de río, previamente lavada con HCL 0,01N y fortificada con SFT y KNO<sub>3</sub>, en dosis de 1 y 1,1 g/kg. Diseño completamente al azar, con tres repeticiones.

2. TRATAMIENTOS:

- Testigo (riego con agua destilada),
- Riego con aguas conteniendo 0,2; 2; 20 y 200mg Cu/lt (equivalente a LMP, 10\*LMP, 100\*LMP y 1000\*LMP)
- Riego con aguas conteniendo 0,01;0,1; 1 y 10 mg Cd/lt (equivalente a LMP, 10\*LMP, 100\*LMP y 1000\*LMP)

3. MANEJO DEL ENSAYO:

- 3.1. Siembra: 25 semillas, raleo a 3 plantas
  - 3.2. Riego: Agua con diversas dosis de cobre o cadmio, 250 cc/día. Solución nutritiva, 2 veces por semana
  - 3.3. Fumigaciones: Tamarón (2cc/lt), para control de pulgas
  - 3.4. Cosechas: cortes de P.A.T. cada 45 días, aproximadamente
4. PARTICULARIDADES DEL ENSAYO: Se estableció un primer ensayo, en el cuál los tratamientos empezaron a ser aplicados una vez alcanzados dos cortes. Se estableció un segundo ensayo, en el cuál los tratamientos de riego empezaron a ser aplicados desde la siembra
-

**CUADRO II.14. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS DE ENSAYOS EN ARENAS, PARA MEDIR EL EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA SOBRE LA TOXICIDAD METALICA.**

---

1. ENSAYO:

Ensayo de alfalfa (var. Española), en macetas de 3 kg con arena de río, previamente lavada con HCL 0,01N y fortificada con SFT y  $KNO_3$ , en dosis de 1 y 1,1 g/kg. Diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Fuente orgánica, humus de lombricultura

2. TRATAMIENTOS:

- Testigo General (arena pura)
- Testigo para M.O. (arena+humus en relación 2:1 viv)
- Cu-50, Cu-100, Cu-250, Cu-500 y Cu-800 mg/kg, en arena y arena+humus, adicionando  $CuSO_4$ ,
- Cd-25, Cd-50, Cd-100, Cd-250 mg/kg, en arena y arena+humus, adicionando  $CdSO_4$ .

3. MANEJO DEL ENSAYO:

3.1. Siembra: 25 semillas, raleo a 3 plantas

3.2. Riego : agua destilada, según necesidad; solución nutritiva base, dos veces por semana

3.3 FUMIGACIONES: Tamarón (2cc/lt), para control de pulgones

3.4. COSECHA: Cortes cada 45 días, aproximadamente

---

**CUADRO II.15.** Capacidad de detección para los diferentes organoclorados incluidos en los análisis de alimentos humanos. Sensibilidad y % de recuperación.

Pesticidas	Sensibilidad * (mg/kg)	% recuperación **
Aldrin	0.002	70
Dieldrin	0.002	70
Lindano	0.002	70
Chlordano	0.002	70
Heptacloro	0.003	50
Heptacloro epóxido	0.003	50
Endrin	0.004	70
DDT	0.004	70
TDE	0.004	70

\* **Sensibilidad:** valores son lo suficientemente reducidos, como para asegurar la detección de excesos de los LMRP

\*\* **% de recuperación:** porcentaje obtenido con el método utilizado y en las frutas sometidas a estudio.

CUADRO II.16. Procedencia y fechas de recolección de muestras de harinas de trigo (A) y aceites comestibles (B), desde supermercados de la Región Metropolitana.

## (A) HARINAS DE TRIGO

Procedencia	Fechas
Molino El Sol	8/87-3/88
Molino Selecta	8/87-3/88
Molino Luchetti	8/87-3/88
Molino Carozzi	8/87-3/88
Molino Selecta	8/87-3/88
Molino Luchetti	8/87-3/88
Molino Mont Blanc	8/87-3/88

## (B) ACEITES

Procedencia	Fecha
Aceite Oliva Canepa	Marzo/88
Aceite Maíz Ind. Nac. Alimentos	Marzo/88
Aceite Maravilla Indus	Marzo/88
Aceite Maravilla Anagra	Marzo/88
Aceite Pepa Uva Indus	Marzo/88
Aceite Mezcla Anagra	Marzo/88
Aceite Mezcla Ind. Nac. Alimentos	Marzo/88
Aceite Maíz Ind. Nac. Alimentos	Marzo/88

Se adquirió los productos en unidades de 1/2kg y 1lt, respectivamente

CUADRO II.17. Producto, procedencia y fechas de muestreo de leches (A)<sup>1</sup> y carnes de bovinos (B)<sup>2</sup>, en la Región Metropolitana

Nº	Producto	Procedencia	Fecha
A) LECHEs:			
1.	Leche fresca	Loncoleche	8/87
2.	Leche larga vida	Loncoleche	8/87
3.	Leche fresca	Loncoleche	8/87
4.	Leche fresca	Soproile	8/87
5.	Leche larga vida	Soproile	8/87
6.	Leche fresca rec.	Soproile	8/87
7.	Leche larga vida	Calo	8/87
8.	Leche fresca	Calo	8/87
9.	Leche fresca	Calo	8/87
10.	Leche fresca	Lechesur	8/87
11.	Leche polvo	Lechesur	8/87
12.	Leche larga vida	Lechesur	8/87
13.	Leche polvo	Calo 0%	8/87
14.	Leche polvo	Calo 12%	8/87
15.	Leche polvo	Calo 26%	8/87
16.	Leche polvo	Purita 26%	8/87
17.	Leche polvo	Molino 0%	8/87
18.	Leche polvo	Nido 26%	8/87
19.	Leche Polvo	Champion 26%	8/87
20.	Leche fresca	Soproile	8/87
21.	Leche fresca	(La Platina)	8/87
B) CARNES:			
1.	Posta y Lomo	La Cisterna	10/88
2.	Posta y Lomo	Providencia	10/88
3.	Posta y Lomo	Santiago (Centro)	10/88
4.	Posta y Lomo	Santiago (Sur)	10/88
5.	Posta y Lomo	San Joaquín	10/88
6.	Posta y Lomo	Ñuñoa	10/88
7.	Posta y Lomo	San Bernardo (1)	10/88
8.	Posta y Lomo	Macul	10/88
9.	Posta y Lomo	La Florida	10/88
10.	Posta y Lomo	La Granja	10/88
11.	Posta y Lomo	La Pintana	10/88
12.	Posta y Lomo	Providencia pon.	10/88
13.	Posta y Lomo	San Bernardo (2)	10/88
14.	Posta y Lomo	Las Condes	10/88
15.	Posta y Lomo	San Bernardo (3)	10/88

<sup>1</sup>Adquiridas en supermercados de Santiago, envases de 1lt

<sup>2</sup>Adquiridas en carnicerías de Santiago, 500g/muestra

**CUADRO I I -B- SITIOS Y FECHAS DE OBTENCION DE MUESTRAS DE HUEVOS, GRASA ABDOMINAL DE AVES, CONCENTRADOS ALIMENTICIOS E INGREDIENTES**

Sitio	Matriz	1.	2.	3.
Fab. Alimentos Champion Criadero Santa Cecilia Champion S.A., Malloco	huevos grasa abdominal concentrados ingredientes	13/08/87 13/08/87 13/08/87 13/08/87	14/09/87 14/09/87 14/09/87 14/09/87	05/10/87 05/10/87 05/10/87 05/10/87
Fab. Alimentos Sochena Criadero Cria Aves Agrícola La Branja, La Pintana	huevos grasa abdominal concentrados ingredientes	01/10/87 01/10/87 01/10/87 01/10/87	16/11/87 16/11/87 16/11/87 16/11/87	05/01/88 05/01/88 05/01/88 05/01/88
Fab. Alimentos Codipra Criadero Codipra Codipra, Petalor	huevos grasa abdominal concentrados ingredientes	05/11/87 05/11/87 05/11/87 05/11/87	23/12/87 23/12/87 23/12/87 23/12/87	17/01/88 17/01/88 17/01/88 17/01/88
Ingredientes muestreados: maíz, afrechillo de trigo, afrecho de saravilla y harina pescado				

CUADRO II.19. MUESTRAS DE FRUTAS EXPORTABLES. Cantidad y sitios de recolección de muestras, por Región

Fruta	Región	Sitio de Recolección	Total		
			sitio	Región	fruta
Uva de mesa	III	Frutícola de Atacama	1	1	
	IV	Unimarc	1		
		David del Curto	2		
		ACONEX	2		
		AGROFRIO	2		
		U.T.C.	4	11	
	V	Carolus Brown L.	11		
		APROEX	1		
		David del Curto	6		
		AGROFRIO	10	28	
	R.M.	TOPALI	2		
		AGROFRIO	4		
		SINDEX	2		
César Ercilla		1			
Orlando Soto		1			
David del Curto		20	30		
VI	David del Curto	3	3	73	
Nectarinos	V	Carolus Brown L.	10		
		David del Curto	2	12	
	R.M.	Los Tilos (INIA)	6		
		AGROFRIO	4	10	22
Manzanas	V	David del Curto	6		
		U.T.C.	6	12	12
			-----		
			Total	107	

**CUADRO II.20.** Algunos pesticidas cuantificables por detector NP, más utilizados en uva de mesa, nectarino y manzanas, y sus Límites Máximos de Residuos Permitidos (LMRP) (1)

Código CFR	Nombre Técnico	LMRP (mg/kg fruta)		
		Uva de mesa	Nectarino	Manzana
-	Procymidone	1	-	-
410	Triadimefon	1	-	1
380	Vinclozolin	-	-	-
121	Parathion	1	1	1
154	Azinfosmetil	5	2	2
261	Phosmet	10	5	10
298	Methidathion	2	-	-
204	Dimethoate	1	-	-
5932	Pyrasophos	-	-	-
153	Diazinon	-	-	0.5
111	Malathion	8	8	8
-	Chlorfenvinfos	-	-	-

(1) The Pesticide Chemical News Guide, Food Chemical News, Inc., 1986.

CUADRO II.21. RPOC considerados en los análisis de frutas

Código Pesticida CFR		LMRP (mg/kg fruta) (1)		
		Uva de mesa	Nectarinos	Manzanas
135	Aldrín	0.10	0.10	0.00
137	Dieldrín	0.10	0.10	0.10
133	Lindano	1.00	1.00	1.00
122	Chlordano	0.30	0.30	0.30
104	Heptacloro	0.00	0.05	0.00
104	Heptacloro epóxido	0.00	0.05	0.00
131	Endrín	0.05	0.05	0.05
147	DDT	7.00	0.50	0.50
187	TDE	7.00	7.00	7.00

(1) The Pesticide Chemical News Guide, Food Chemical News, Inc., 1986.

CUADRO II.22. Plaguicidas no OC considerados para los análisis de fruta exportable (uva de mesa, nectarinos y manzanas) y sus Límites Máximos de Residuos Permitidos (LMRP) (1)

CDG	NOMBRE TECNICO	NOMBRE FANTASIA	TIPO (2)	USO (3)	FRUTA	LMRP
102	Captan	Captan	OC	F	Uva y Nectarino	50
					Manzana	7
294	Benomyl	Benlate	C	F	Uva	10
					Nectarino	15
					Manzana	7
-	Procymidone	Sumisclex		F	Uva	1
399	Iprodione	Rovral		F	Uva	60
200	Dichloran	Botrán	OC	F	Uva	10
410	Triadimefon	Bayleton	OF	F	Uva y Manzana	1
380	Vinclozolin	Ronilan	OF	F	Uva	-
121	Parathion	Parathion	OF	I	Uva, Nectarino y Manzana	1
154	Azinfosmetil	Gusathion	OF	I	Uva	5
					Nectarino y Manzana	2
261	Phosmet	Imidan	OF	I	Uva y Manzana	10
					Nectarino	5
298	Methidathion	Supracide	OF	I	Uva, Nectarino y Manzana	2
204	Dimethoate	Dimethoate	OF	I	Uva	1
					Nectarino	-
114	Ferbam	Ferbam	C	F	Nectarino	7
-	Eupirimato	Nimrod		F	Nectarino y Manzana	-
144	Cyhexatin	Plictram		A	Nectarino	4
					Manzana	2
-	Axocycdatin	Peropal		A	Nectarino	-
259	Propargite	Omite	C	A	Nectarino	4
					Manzana	3
172	Dodine	Carpene	C	F	Manzana	5
-	Thiuram	Pomasol		F	Manzana	-
103	Penconazole	Topas		F	Manzana	7
-	Bitertanol	Baycor		F	Manzana	-
5932	Pyrazophos	Afugan	OF	F	Manzana	-
1000	Captafol	Difolatan	C	F	Manzana	-
246	Acido dimetil-amino-succinámico	ALAR		H	Manzana	20
173	Ethion	Ethion	OF	I	Manzana	2
153	Diazinon	Spectracide	OF	I	Manzana	0,5
4583	Metiram	Poliram	C	F	Manzana	-

(1) The Pesticide Chemical News Guide, Food Chemical News, 1985.

(2) OC= Organoclorados; OF= Organofosforado; C= Carbamato; P= Piretroide

(3) I= insecticida; F= fungicida; A= acaricida; H= hormona

CUADRO II.23. Lugares y fechas de muestreo de aguas superficiales, tomadas para análisis de residuos de detergentes

Rio	Lugar	muestr e o s		
		1°	2°	3°
Aconcagua	Pte. Vizcachas	23/8/89		15/11/89
Aconcagua	Pte. David García	23/8/89		15/11/89
Aconcagua	Pte. del Rey	23/8/89		15/11/89
Aconcagua	Pte. Chagres	23/8/89		15/11/89
Mapocho	Pte. Ñilhue	9/8/89	7/9/89	13/11/89
Mapocho	Pte. Pedro Valdivia	9/8/89	7/9/89	13/11/89
Mapocho	Pte. Pudahuel	9/8/89	7/9/89	13/11/89
Mapocho	Pte. Rinconada	9/8/89	7/9/89	13/11/89
Mapocho	Pte. Manuel Rodríguez	9/8/89	7/9/89	13/11/89
Zanjón de	Vicuña Mackenna	9/8/89	7/9/89	14/11/89
La Aguada	Pte. Pajaritos	9/8/89	7/9/89	14/11/89
Maipo	Pte. San Carlos			13/14/89
Maipo	Pte. Ruta 5-Sur	10/8/89		14/11/89
Maipo	Pte. Ing. Marambio	10/8/89		14/11/89
Maipo	Pte. Lo Gallardo	10/8/89		14/11/89
Cachapoal	Pte. Ruta 5-Sur	22/8/89		13/11/89
Cachapoal	Pte. Coinco	22/8/89		13/11/89

**CUADRO II.24. IDENTIFICACION DE SITIOS DE CUANTIFICACION DE DESPERDICIOS URBANOS EN AREAS DEDICADAS A LA AGRICULTURA**

SITIO	DESCRIPCION LUGAR	CONTAMINACION POR AGUAS SERVIDAS
E.E. LA PLATINA	Potrero 21	nula
S.E.E. LOS TILOS	Cuartel 15	nula
LA FARFANA-1	0,5km de Maipú, por camino a La Farfana	alta
LA FARFANA-2	3km de Maipú, por camino a La Farfana	alta
LA FARFANA-3	4km de Maipú, por camino a La Farfana	alta
RINCONADA-1	3km de Maipú, por camino a Rinconada	alta
RINCONADA-2	4km de Maipú, por camino a Rinconada	alta
RINCONADA-3	Fundo de la Universidad de Chile	alta
RUTA 78-1	por Ruta 78, 2km E de Maipú, por calle Ramón Freire	alta
RUTA 78-2	por Ruta 78, 4km O de Maipú	media
RUTA 78-3	por Ruta 78, 4km O de Maipú	media

- <sup>1</sup>Desperdicios considerados:
- biodegradables procesados, como maderas, papeles, cartones, telas
  - biodegradables no procesados, como restos vegetales y cadáveres de animales
  - no o lentamente biodegradables, como plásticos, metales, latas, etc.

CUADRO II.25. REQUISITOS DE CALIDAD PARA AGUAS, SEGUN LA NORMA CHILENA 1333, EN CUANTO A REQUISITOS PARA AGUA DE RIEGO

(A) Valores maximos de algunos cationes y aniones (LMP<sup>1</sup>)=

As	B	Cd	Cu	Hg	Mn	Mo	Pb	Zn	CN <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup> +Cl <sup>-</sup>	Na% <sup>2</sup>	
m i l l i g r a m o s / l i t r o												
%												
0,1	0,75	0,01	0,2	0,001	0,2	0,05	5,0	2,0	0,2	250	200	35

(B) pH= rango apto entre 5,0 y 9,0

(C) Clasificacion segun salinidad=

Clase de agua	CE <sup>3</sup>	Sol.dis. <sup>4</sup>
Agua con la cual generalmente no se observaran efectos perjudiciales	< 750	< 500
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	750-1500	500-1000
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita metodos de manejo cuidadosos	1500-3000	1000-2000
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con metodos de manejo cuidadosos	3000-7500	2000-5000

<sup>1</sup>Limite Maximo Permisible

<sup>2</sup>Sodio porcentual=  $[(Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^{+}+K^{+})/Na^{+}]*100$ , valores en miliequivalentes/litro

<sup>3</sup>Conductividad especifica, micromhos/cm a 25°C

<sup>4</sup>Solidos disueltos totales, miligramos/litro

ANEXO III: RESULTADOS NO ELABORADOS SUBPROYECTO CONTAMINACION  
CON METALES PESADOS

**CUADRO III.1.** Rendimiento (relativo) de alfalfa, por corte, cultivada en arena fortificada con metales. Promedios de tres repeticiones

TRATAM.	1	2	C	D	R	T	E	S	8	9	10
<b>TESTIGO</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>Cadmio:</b>											
50ppm	0.90	0.69	0.82	0.79	0.96	1.07	1.09	1.13	1.03	0.85	
100ppm	0.37	0.62	0.44	0.34	0.24	0.28	0.32	0.36	0.25	0.35	
250ppm	0.03	0.24	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
500ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Cinc:</b>											
50ppm	1.23	0.94	1.09	1.22	1.09	1.11	1.22	1.44	1.14	0.86	
100ppm	1.38	1.03	1.14	1.17	1.17	1.19	1.17	1.27	0.89	0.78	
250ppm	1.26	1.04	1.04	1.13	1.16	1.21	1.37	1.42	1.14	1.07	
500ppm	1.10	1.11	0.94	1.13	1.16	1.07	1.12	1.47	0.99	1.04	
<b>Cobre:</b>											
50ppm	1.32	1.06	1.10	1.12	1.24	1.00	1.28	1.26	0.87	0.99	
100ppm	1.28	1.06	1.06	1.28	1.01	1.08	0.95	1.08	0.60	0.89	
250ppm	0.98	0.98	0.97	1.13	1.11	1.09	1.22	1.01	0.81	1.00	
500ppm	0.10	0.24	0.35	0.42	0.39	0.65	0.72	0.76	0.47	0.89	
<b>Mangano:</b>											
50ppm	0.96	1.20	1.01	1.04	0.98	1.07	1.20	1.24	1.08	0.93	
100ppm	1.15	1.15	1.06	1.11	1.09	1.03	0.94	1.06	0.98	0.80	
250ppm	0.97	1.17	1.08	1.11	0.91	1.02	1.19	1.21	0.90	0.70	
500ppm	0.45	0.65	0.80	0.87	0.81	0.86	1.12	1.07	1.01	0.92	
<b>Molibdeno:</b>											
50ppm	0.50	0.60	0.90	1.14	1.10	0.81	1.00	1.06	0.87	0.85	
100ppm	0.97	0.83	0.90	1.13	1.03	1.06	1.03	1.05	0.99	0.81	
250ppm	0.59	0.62	0.67	0.62	0.69	0.87	0.89	1.00	0.86	0.89	
500ppm	0.06	0.17	0.34	0.37	0.40	0.69	0.84	0.81	0.95	0.76	
<b>Plomo:</b>											
50ppm	1.40	1.19	1.04	1.04	0.85	0.97	1.01	1.06	0.90	0.95	
100ppm	1.29	1.03	0.98	0.96	0.88	0.97	0.90	0.97	0.72	0.61	
250ppm	1.45	1.06	1.08	1.23	0.88	0.96	0.80	1.08	0.73	0.74	
500ppm	1.06	0.92	1.01	1.21	1.28	1.21	1.22	1.21	1.07	0.83	

**CUADRO III.2.** Rendimiento (relativo) de alfalfa, acumulado a partir del segundo corte, cultivada en arena fortificada con metales. Promedios de tres repeticiones

TRATAM.	1	2	C	O	R	T	E	B	8	9	10
<b>TESTIGO</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>Cadmio:</b>											
50ppm	0.90	0.69	0.76	0.77	0.82	0.87	0.91	0.94	0.95	0.94	0.94
100ppm	0.37	0.62	0.52	0.46	0.40	0.37	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35
250ppm	0.03	0.24	0.12	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
500ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Cinc:</b>											
50ppm	1.23	0.94	1.02	1.09	1.09	1.09	1.11	1.16	1.15	1.12	1.12
100ppm	1.38	1.03	1.09	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.13	1.09	1.09
250ppm	1.26	1.04	1.04	1.07	1.09	1.12	1.16	1.20	1.19	1.18	1.18
500ppm	1.10	1.11	1.02	1.06	1.09	1.08	1.09	1.14	1.12	1.11	1.11
<b>Cobre:</b>											
50ppm	1.32	1.06	1.08	1.09	1.13	1.11	1.14	1.15	1.12	1.11	1.11
100ppm	1.28	1.06	1.06	1.13	1.10	1.10	1.07	1.07	1.01	1.00	1.00
250ppm	0.98	0.98	0.97	1.02	1.05	1.06	1.09	1.08	1.04	1.04	1.04
500ppm	0.10	0.24	0.30	0.34	0.35	0.41	0.47	0.51	0.50	0.54	0.54
<b>Manganeso:</b>											
50ppm	0.96	1.20	1.10	1.08	1.05	1.05	1.08	1.10	1.10	1.08	1.08
100ppm	1.15	1.15	1.10	1.10	1.10	1.09	1.06	1.06	1.05	1.02	1.02
250ppm	0.97	1.17	1.12	1.12	1.06	1.05	1.08	1.09	1.07	1.03	1.03
500ppm	0.45	0.65	0.73	0.78	0.79	0.80	0.86	0.89	0.90	0.90	0.90
<b>Molibdeno:</b>											
50ppm	0.50	0.60	0.77	0.89	0.95	0.92	0.94	0.95	0.94	0.93	0.93
100ppm	0.97	0.83	0.87	0.96	0.98	0.99	1.00	1.01	1.00	0.98	0.98
250ppm	0.59	0.62	0.65	0.64	0.65	0.70	0.73	0.77	0.78	0.79	0.79
500ppm	0.06	0.17	0.26	0.30	0.32	0.40	0.48	0.52	0.57	0.59	0.59
<b>Plomo:</b>											
50ppm	1.40	1.19	1.10	1.08	1.02	1.01	1.01	1.02	1.00	1.00	1.00
100ppm	1.29	1.03	1.00	0.99	0.96	0.96	0.95	0.95	0.92	0.89	0.89
250ppm	1.45	1.06	1.07	1.13	1.06	1.04	0.99	1.00	0.97	0.95	0.95
500ppm	1.06	0.92	0.97	1.05	1.12	1.13	1.15	1.16	1.15	1.11	1.11

CUADRO I X I - 35 - Contenidos de Metales Pesados (mg/kg ms) en tejidos aéreos de ALFALFA, cultivada en  
 arroyo fertilizado con metales pesados. Promedios de dos cortes

TRATAM.	C O B R E		C I H C		M A N B A N E S O		M O L I D D E M O		P L O M O		C A D M I O				
	SC	proo.	SC	proo.	SC	proo.	SC	proo.	SC	proo.	SC	proo.			
TESTIBO	14.2	11.1	12.6	26.0	33.3	29.7	28.3	30.6	28.0	11.6	10.3	11.0	21.2	5.0	13.1
CADMIO:															
50ppm	7.0	9.0	8.0	15.6	24.0	19.8	25.9	27.1	26.5	108.1	156.6	132.4	10.0	6.0	8.0
100ppm	7.4	7.0	7.2	14.0	22.4	19.2	28.5	32.2	30.3	6.4	6.4	6.4	8.5	5.5	7.0
250ppm	7.8	7.0	7.0	17.0	23.5	17.0	39.2	39.2	39.2	30.0	30.0	10.4	10.4	13.3	13.3
500ppm						23.5									
CINCO:															
50ppm	11.0	10.0	10.5	51.9	48.0	49.9	33.9	25.0	29.5	20.0	18.1	19.1	5.0	4.0	4.5
100ppm	10.6	10.0	10.3	57.9	52.5	53.2	34.2	26.0	30.1	18.1	20.1	19.1	8.1	4.0	6.0
250ppm	9.0	10.0	9.5	56.0	57.5	56.7	30.0	28.0	28.0	12.3	14.2	14.2	3.0	5.0	4.0
500ppm	9.0	10.0	9.5	93.8	45.1	79.5	32.0	28.0	30.0	10.3	14.2	12.2	3.0	5.0	4.0
COBRE:															
50ppm	12.5	13.1	12.8	23.5	28.4	25.9	32.4	33.7	33.0	9.1	12.3	19.7	8.9	5.0	7.0
100ppm	17.6	11.0	14.3	20.5	32.5	26.5	31.2	27.0	29.1	19.2	16.2	17.7	5.7	6.0	5.8
250ppm	11.3	13.0	12.2	19.3	30.0	24.7	32.0	29.0	30.5	7.3	16.2	11.8	10.1	5.0	7.5
500ppm	18.9	15.1	17.0	24.2	23.1	23.7	58.6	58.6	58.6	36.4	20.1	28.2	12.2	6.0	9.1
MANGANESO:															
50ppm	9.2		9.2	21.9		21.9	47.8		47.8	21.4		21.4	6.3		6.3
100ppm	8.5		8.5	21.4		21.4	56.6		56.6	21.6		21.6	4.7		4.7
250ppm	8.9	8.0	8.5	21.8	26.0	23.9	58.1		58.1	12.8	8.4	10.6	5.5		5.5
500ppm	9.0		9.0	22.2		22.2							4.7		4.7
MOLIBDENO:															
50ppm	9.2	11.0	10.1	20.0	32.0	26.0		32.0	32.0		66.0	66.8	6.2	6.0	6.1
100ppm		12.0	12.0		32.5	32.5		28.0	28.0		80.3	80.3		17.2	17.0
250ppm		10.6	10.4		25.9	25.9		34.2	34.2		245.6	245.6		6.5	6.5
500ppm		8.5	8.5		25.0	25.0		34.7	34.7		382.2	382.2		5.0	5.0
PLOMO:															
50ppm		10.0	10.0	34.0	34.8	34.2		34.0	34.0		12.3	12.3		4.0	4.0
100ppm		12.0	11.0	32.9	31.5	32.2		31.0	33.5	20.1	10.1	19.1		5.0	5.0
250ppm		10.0	10.0	42.9	37.0	37.6		33.8	31.8	12.3	12.3	12.3		7.1	10.0
500ppm		13.0	12.0	12.5	34.0	34.0		26.0	32.0	10.3	8.4	9.3		14.0	11.0

CUADRO III.4. PRODUCCION (RELATIVA) DE TRIGO, CULTIVADO EN ARENA FORTIFICADA CON METALES. Promedios de tres repeticiones

TRATAM.	PAV	ESP. ESPIGA	PAT	RAIZ RAIZ	PLANTA TOTAL	PESO GRANO	No. CAPOT.	ESP.
TESTIGO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CADMIO:								
50ppm	0.72	0.94	0.83	0.76	0.82	0.96	0.93	0.71
100ppm	0.57	0.84	0.71	0.62	0.70	0.96	0.72	0.67
250ppm	0.20	0.27	0.23	0.24	0.24	0.32	0.22	0.42
500ppm	0.09	0.11	0.10	0.12	0.10	0.14	0.09	0.38
CINC:								
50ppm	0.98	0.94	0.96	0.53	0.90	0.86	1.02	1.04
100ppm	0.97	0.96	0.97	0.64	0.92	0.96	0.96	0.88
250ppm	0.99	0.98	0.98	0.74	0.95	0.96	1.00	1.04
500ppm	0.60	0.85	0.73	0.46	0.69	0.87	0.84	0.63
COBRE:								
50ppm	0.95	1.07	1.01	0.72	0.97	1.04	1.09	0.88
100ppm	1.06	0.85	0.95	0.80	0.93	0.72	0.98	1.13
250ppm	1.09	0.88	0.98	0.77	0.95	0.83	0.94	0.96
500ppm	0.88	0.81	0.84	0.65	0.81	0.69	0.93	0.88
MOLIBDENO:								
50ppm	1.08	0.43	0.74	0.71	0.74		0.85	
100ppm	1.21	0.31	0.75	0.70	0.74		0.62	
250ppm	1.01	0.29	0.64	0.49	0.62		0.57	
500ppm	0.98	0.25	0.60	0.54	0.59		0.49	
PLOMO:								
50ppm	0.85	0.96	0.90	0.67	0.87	1.14	0.78	0.79
100ppm	1.00	0.85	0.92	0.56	0.87	0.91	0.78	0.79
250ppm	0.43	0.88	0.66	0.48	0.64	0.80	0.96	0.58
500ppm	0.19	0.27	0.23	0.29	0.24	0.32	0.22	0.38

**CUADRO III.5. CONCENTRACION DE COBRE (mg/kg ms) EN TEJIDOS Y ORGANOS DE TRIGO, CULTIVADO EN ARENA FORTIFICADA CON METALES**

TRATA- MIENTO	PAV	GRANO	RQ+GL	ESP.	PAT	RAIZ	PLANTA TOTAL
TESTIGO	7.28	7.72	5.95	6.83	7.05	31.99	10.53
<b>CADMIO:</b>							
50ppm	4.27	3.31	4.65	3.97	4.10	35.73	8.19
100ppm	4.80	3.02	5.48	4.09	4.36	31.64	7.78
250ppm	6.82	1.98	3.30	2.53	4.28	34.69	8.65
500ppm	7.16	3.75	4.69	4.12	5.43	34.88	10.29
<b>CINCO:</b>							
50ppm	7.75	7.50	5.96	6.66	7.20	26.67	8.79
100ppm	8.62	8.03	6.41	7.21	7.90	34.72	10.52
250ppm	8.20	7.25	7.13	7.19	7.68	31.40	10.26
500ppm	9.69	6.90	9.62	8.39	9.03	28.86	10.86
<b>COBRE:</b>							
50ppm	10.61	8.93	8.62	8.77	9.61	124.02	21.45
100ppm	11.94	10.89	7.56	8.96	10.57	140.11	26.11
250ppm	11.93	10.93	7.70	9.20	10.67	114.24	22.38
500ppm	19.78	10.22	10.00	10.09	14.99	212.43	36.95
<b>MOLIBDENO:</b>							
50ppm	5.42			3.81	4.94	48.87	10.84
100ppm	6.06			3.80	5.57	55.50	12.12
250ppm	4.85			5.41	4.98	36.57	8.47
500ppm	4.83			3.38	4.52	54.83	10.98
<b>FLUORO:</b>							
50ppm	7.79	8.01	4.56	6.60	7.14	35.48	10.21
100ppm	8.56	8.00	5.76	6.95	7.80	38.34	10.54
250ppm	6.22	7.96	6.32	7.06	6.80	36.81	11.81
500ppm	6.95	7.96	6.49	7.34	7.19	22.57	9.76

**CUADRO III.6.** CONCENTRACION DE CINC (mg/kg ms) EN TEJIDOS Y ORGANOS DE TRIGO, CULTIVADO EN ARENA FORTIFICADA CON METALES

TRATA- MIENTO	PAV	GRANO	RQ+GL	ESP.	PAT	RAIZ	PLANTA TOTAL
TESTIGO	8.14	27.29	9.71	18.42	13.43	29.10	15.62
<b>CADMIO:</b>							
50ppm	6.40	19.40	12.55	16.01	11.99	32.26	14.61
100ppm	6.20	16.73	10.53	14.04	10.99	26.77	12.96
250ppm	5.31	19.55	7.92	14.67	10.86	17.10	11.76
500ppm	9.04	33.22	14.84	25.89	18.65	21.47	19.12
<b>CINC:</b>							
50ppm	110.00	85.30	71.09	77.52	93.64	164.88	99.47
100ppm	74.87	94.50	76.55	85.44	80.30	215.26	93.50
250ppm	169.10	115.50	120.81	118.23	143.08	465.00	178.08
500ppm	475.10	134.70	282.50	215.60	344.37	329.00	342.96
<b>COBRE:</b>							
50ppm	23.96	25.91	28.29	27.14	25.69	39.69	27.13
100ppm	10.46	27.86	12.32	18.83	14.30	42.03	17.62
250ppm	9.07	20.97	11.03	15.64	12.10	41.13	15.38
500ppm	16.93	17.72	11.02	13.84	15.40	49.57	19.20
<b>MOLIBDENO:</b>							
50ppm	18.22			24.72	20.14	31.73	21.70
100ppm	21.82			15.89	20.55	36.10	22.59
250ppm	20.40			20.46	20.41	34.96	22.02
500ppm	20.67			29.82	22.60	32.83	23.91
<b>PLOMO:</b>							
50ppm	11.30	26.60	9.32	19.53	15.78	31.68	17.50
100ppm	12.15	24.07	12.82	18.82	15.30	37.25	17.27
250ppm	7.57	31.45	12.03	20.78	16.63	33.75	19.50
500ppm	8.34	29.10	12.95	22.34	16.72	22.57	17.70

**CUADRO III.7. CONCENTRACION DE MANGANESO (mg/kg ms) EN TEJIDOS Y ORGANOS DE TRIGO, CULTIVADO EN ARENA FORTIFICADA CON METALES**

TRATA- MIENTO	PAV	GRANO	RQ+GL	ESP.	PAT	RAIZ	PLANTA TOTAL
TESTIGO	8.73	12.85	9.91	11.37	10.09	274.90	47.08
<b>CADMIO:</b>							
50ppm	7.54	12.13	13.94	13.03	10.73	229.70	39.05
100ppm	12.14	12.09	14.83	13.28	12.83	206.87	37.10
250ppm	12.68	6.59	13.20	9.36	10.71	240.13	43.70
500ppm	12.52	9.99	18.74	13.48	13.07	214.66	46.34
<b>CINCO:</b>							
50ppm	8.25	11.00	9.93	10.41	9.34	242.48	28.42
100ppm	6.63	10.72	11.89	11.31	9.03	277.75	35.33
250ppm	14.12	15.53	14.27	14.88	14.51	241.54	39.19
500ppm	11.46	12.82	17.11	15.17	13.33	572.00	64.74
<b>COBRE:</b>							
50ppm	11.50	17.87	16.86	17.35	14.67	248.04	38.81
100ppm	12.81	19.81	19.25	19.48	15.87	303.57	50.37
250ppm	19.09	26.85	31.20	29.18	23.74	251.34	49.47
500ppm	60.34	27.26	51.75	41.43	50.99	283.30	76.83
<b>MOLIBDENO:</b>							
50ppm	10.18			13.38	11.13	141.83	28.67
100ppm	14.55			9.30	13.42	148.50	31.13
250ppm	6.36			10.97	7.04	177.53	25.87
500ppm	20.79			11.54	18.72	173.60	38.59
<b>PLOMO:</b>							
50ppm	9.09	37.00	20.73	30.34	20.67	177.38	37.63
100ppm	11.20	13.98	14.60	14.27	12.65	219.10	31.14
250ppm	9.96	18.91	20.04	19.53	16.53	230.10	52.23
500ppm	12.91	20.36	23.99	21.88	18.28	138.00	38.29

**CUADRO III.8.** CONCENTRACION DE MOLIBDENO (mg/kg ms) EN TEJIDOS Y ORGANOS DE TRIGO, CULTIVADO EN ARENA FORTIFICADA CON METALES

TRATA- MIENTO	PAV	GRANO	RQ+GL	ESP.	FAT	RAIZ	PLANTA TOTAL
TESTIGO	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
<b>CADMIO:</b>							
50ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
100ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
250ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
500ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
<b>CINCO:</b>							
50ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
100ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
250ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
500ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
<b>COBRE:</b>							
50ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
100ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
250ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
500ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
<b>MOLIBDENO:</b>							
50ppm	22.80			12.91	<10,0	604.73	<10,00
100ppm	41.00			18.74	<10,0	972.37	<10,00
250ppm	31.13			9.83	<10,0	3585.47	<10,00
500ppm	26.60			99.14	<10,0	5059.40	<10,00
<b>PLOMBO:</b>							
50ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
100ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
250ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
500ppm	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00

**CUADRO III.8a.** CONCENTRACION DE CADMIO (mg/kg ms) EN  
TEJIDOS Y ORGANOS DE TRIGO, CULTIVADO EN ARENA  
FORTIFICADA CON METALES

TRATA- MIENTO	PAV	GRANO	RQ+GL	ESP.	PAT	RAIZ	PLANTA TOTAL
TESTIGO	1.64	0.25	0.89	0.57	1.09	0.25	0.97
<b>CADMIO:</b>							
50ppm	34.70	6.94	9.91	8.41	19.41	0.25	16.93
100ppm	17.06	6.95	14.09	10.05	12.78	58.41	18.49
250ppm	23.41		20.56	8.63	14.64	184.10	39.01
500ppm	48.31		28.42	11.34	27.22	1382.00	250.81
<b>CINCO:</b>							
50ppm	1.60	0.25	0.99	0.66	1.12	6.55	1.57
100ppm	1.42	0.47	1.18	0.83	1.12	4.63	1.46
250ppm	1.68	0.25	1.08	0.68	1.17	2.05	1.26
500ppm	0.25	1.08	2.18	1.68	0.97	4.15	1.26
<b>COBRE:</b>							
50ppm	1.60	0.25	0.84	0.56	1.03	2.23	1.16
100ppm	1.44	0.25	1.83	1.17	1.32	2.22	1.42
250ppm	1.43	0.25	0.24	0.24	0.88	2.63	1.08
500ppm	1.89	0.25	0.28	0.27	1.09	1.95	1.18
<b>MOLIBDENO:</b>							
50ppm	1.52			0.25	1.14	13.00	2.73
100ppm	1.15			0.25	0.96	20.73	3.55
250ppm	0.73			0.25	0.62	13.92	2.09
500ppm	0.25			0.25	0.25	20.87	2.90
<b>PLOMO:</b>							
50ppm	1.30	0.25	0.18	0.22	0.71	115.30	13.11
100ppm	2.07	0.25	0.27	0.26	1.21	116.12	11.51
250ppm	1.09	0.25	0.23	0.24	0.51	260.77	44.02
500ppm	1.19	0.25	0.24	0.25	0.62	288.39	48.73

**CUADRO III.9. CONCENTRACION DE PLOMO (mg/kg ms) EN TEJIDOS Y ORGANOS DE TRIGO, CULTIVADO EN ARENA FORTIFICADA CON METALES**

TRATA- MIENTO	PAV	GRANO	RQ+GL	ESP.	PAT	RAIZ	PLANTA TOTAL
TESTIGO	5.82	16.25	13.87	15.05	10.57	13.99	11.04
<b>CADMIO:</b>							
50ppm	7.54	10.32	23.20	16.69	12.86	22.46	14.10
100ppm	6.88	11.08	40.00	23.62	17.10	14.60	16.78
250ppm	8.11	7.92	60.49	29.97	21.08	18.68	20.73
500ppm	12.52	7.50	31.23	16.96	15.06	16.09	15.23
<b>CINC:</b>							
50ppm	11.36	8.00	24.82	17.21	14.31	13.34	14.23
100ppm	6.63	10.04	21.38	15.76	11.32	11.57	11.34
250ppm	7.06	7.25	17.84	12.70	9.94	12.08	10.17
500ppm	7.93	6.90	15.56	11.64	9.80	7.15	9.56
<b>COBRE:</b>							
50ppm	8.84	11.91	16.86	14.47	11.89	14.88	12.20
100ppm	7.67	11.89	12.83	12.44	9.86	16.34	10.63
250ppm	8.35	10.93	24.96	18.46	13.01	20.56	13.86
500ppm	8.60	11.36	21.70	17.34	12.92	17.70	13.45
<b>MOLIBDENO:</b>							
50ppm	5.44			6.81	5.84	13.00	6.80
100ppm	6.06			15.17	8.02	20.73	9.68
250ppm	7.36			17.35	9.16	13.92	9.69
500ppm	5.48			19.57	7.98	20.87	9.63
<b>PLOMO:</b>							
50ppm	7.79	9.00	14.80	11.37	9.74	115.30	21.17
100ppm	9.48	10.00	15.85	12.73	11.01	116.12	20.43
250ppm	10.95	9.95	15.03	12.74	12.18	260.77	53.74
500ppm	14.89	8.46	16.79	11.95	13.13	288.39	59.15

CUADRO III.10. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE FREJOL, CULTIVADO EN ARENA FORTIFICADA CON METALES

TRATAM.	RAQUIS	HOJAS	P.A.V.	VAINAS	AEREA TOTAL	RAIZ	PLANTA TOTAL
TESTIGO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CADMIO:							
50ppm	0.62	0.65	0.63	0.31	0.55	0.55	0.55
100ppm	0.55	0.82	0.68	0.88	0.73	0.68	0.72
250ppm	0.31	0.73	0.51	0.11	0.41	0.32	0.39
500ppm	0.33	0.36	0.34	0.00	0.26	0.16	0.24
CINC:							
50ppm	1.17	1.22	0.79	0.31	0.67	0.80	0.70
100ppm	0.91	0.98	0.94	0.00	0.71	0.51	0.66
250ppm	0.82	0.65	0.74	0.41	0.66	0.69	0.67
500ppm	0.41	0.71	0.56	0.00	0.42	0.39	0.41
COBRE:							
50ppm	1.08	1.03	1.06	0.47	0.91	1.35	1.02
100ppm	0.96	1.01	0.98	0.18	0.78	0.86	0.80
250ppm	1.02	1.02	1.02	0.21	0.82	0.79	0.81
500ppm	0.71	0.54	0.63	0.38	0.57	0.45	0.54
MOLIBDENO:							
50ppm	0.68	1.06	0.87	0.19	0.70	0.77	0.72
100ppm	0.55	0.71	0.63	0.00	0.47	0.47	0.47
250ppm	0.27	0.62	0.44	0.18	0.38	0.42	0.39
500ppm	0.34	0.43	0.38	0.00	0.29	0.26	0.28
PLOMO:							
50ppm	0.46	0.31	0.38	0.16	0.33	0.36	0.34
100ppm	0.36	0.27	0.31	0.33	0.32	0.28	0.31
250ppm	0.52	0.72	0.62	0.00	0.47	0.49	0.47
500ppm	0.38	0.46	0.42	0.04	0.32	0.35	0.33

**CUADRO III.11. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE REMOLACHA AZUCARERA, CULTIVADA EN ARENA FORTIFICADA CON METALES.**

TRATAM.	HOJAS	BULBOS	RAIZ	PARTE SUBTERR.	PLANTA TOTAL
TESTIGO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cd- 50ppm	1.38	2.92	1.77	2.82	2.03
Cd-100ppm	1.69	2.47	1.16	2.36	1.99
Cd-250ppm	0.40	0.23	0.36	0.25	0.33
Cd-500ppm	0.09	0.00	0.00	0.00	0.05
Cu- 50ppm	1.57	2.33	2.08	2.31	1.90
Cu-100ppm	1.31	2.11	1.76	2.08	1.66
Cu-250ppm	1.15	1.47	1.28	1.45	1.28
Cu-500ppm	1.39	1.99	1.26	1.93	1.63
Mn- 50ppm	1.51	2.29	1.34	2.21	1.82
Mn-100ppm	1.48	2.56	2.22	2.53	1.95
Mn-250ppm	1.52	2.28	1.20	2.18	1.82
Mn-500ppm	1.72	2.62	2.16	2.58	2.10
Mo- 50ppm	1.42	1.84	1.54	1.81	1.60
Mo-100ppm	1.15	1.92	1.02	1.84	1.44
Mo-250ppm	1.45	1.09	0.76	1.07	1.28
Mo-500ppm	1.39	2.35	1.23	2.25	1.78
Pb- 50ppm	1.570	2.39	1.76	2.34	1.91
Pb-100ppm	1.479	2.37	1.89	2.33	1.86
Pb-250ppm	1.387	1.95	1.77	1.93	1.63
Pb-500ppm	1.135	1.80	1.25	1.75	1.41
Zn- 50ppm	1.820	2.32	1.82	2.27	2.02
Zn-100ppm	1.494	2.06	1.49	2.01	1.73
Zn-250ppm	0.959	1.97	1.24	1.91	1.38
Zn-500ppm	1.615	3.16	1.35	3.00	2.24
Cd-Cu	0.114	0.05	0.00	0.04	0.08
Cd-Mn	1.186	1.18	1.94	1.25	1.21
Cd-Mo	1.409	0.96	0.51	0.92	1.19
Cd-Pb	1.678	1.73	2.43	1.80	1.73
Cd-Zn	1.302	1.93	1.40	1.88	1.56
Cu-Mo	1.859	2.05	4.54	2.27	2.04
Mo-Pb	1.525	2.09	3.22	2.19	1.82
Mo-Zn	1.675	1.96	2.38	2.00	1.82
?	2.062	2.00	3.10	2.10	2.08
todos	0.107	0.00	0.00	0.00	0.06

Tratamiento conjunto: todos los metales en dosis de 100ppm

CUADRO III.12. LIMITES MAXIMOS DE EXCESO (LME), A DOS NIVELES, DE Cd, Cu, Mn, Mo, Pb Y Zn, ESTIMADOS EN ARENA. CURVAS Y COEFICIENTES DE REGRESION AJUSTADOS

Elemento	LME		r <sup>2</sup>	FORMULA
	10%	15%		

A. SEGUN MATERIA SECA ACUMULADA EN 8 CORTES DE ALFALFA:

cadmio	29	33	0,97	Y= 1,46e <sup>-0,02X</sup>
cobre	297	331	0,97	Y=0,0993+7,33.10 <sup>-4</sup> X-3,5.10 <sup>-6</sup> X <sup>2</sup>
cinc	>500	>500	0,83	Y= 1,03+0,01LnX
manganeso	498	>500	0,93	Y=1,024+6,466.10 <sup>-4</sup> X-1,8.10 <sup>-6</sup> X <sup>2</sup>
plomo	>500	>500	0,93	Y=1,002-6,61.10 <sup>-4</sup> X+1,92.10 <sup>-6</sup> X <sup>2</sup>
molibdeno	144	204	0,95	Y=1,0081-6,966.10 <sup>-4</sup> X-3,8.10 <sup>-7</sup> X <sup>2</sup>

B. SEGUN RENDIMIENTO DE P.A.T DE TRIGO:

cadmio	32	44	0,99	Y=1,028-4,22.10 <sup>-3</sup> X+4,7.10 <sup>-6</sup> X <sup>2</sup>
cinc	342	399	0,95	Y=0,972+3,6.10 <sup>-4</sup> X-1,67.10 <sup>-6</sup> X <sup>2</sup>
cobre	400	488	0,88	Y=0,993+3,913.10 <sup>-5</sup> X-6,8.10 <sup>-7</sup> X <sup>2</sup>
molibdeno	<5	<5	0,97	Y= 0,91-0,05LnX
plomo	83	123	0,99	Y=0,992-1,03.10 <sup>-3</sup> X-1.10 <sup>-6</sup> X <sup>2</sup>

## C: SEGUN RENDIMIENTO DE RAQUIS DE FREJOL

cadmio	<10	<10	0,87	$Y = 0,82e^{-0,0024X}$
cinc	107	157	0,99	$Y = 1,016 - 1,12 \cdot 10^{-3} X + 4 \cdot 10^{-7} X^2$
cobre	345	381	0,96	$Y = 0,997 + 7,09 \cdot 10^{-4} X - 2,87 \cdot 10^{-6} X^2$
molibdeno	29	45	0,97	$Y = 0,995 - 3,45 \cdot 10^{-3} X + 4,45 \cdot 10^{-6} X^2$
plomo	<10	<10	0,86	$Y = 0,77 - 0,08 \ln X$

## D: SEGUN PLANTA TOTAL DE REMOLACHA AZUCARERA

cadmio	86	95	0,95	$Y = 1,4231 - 6,78 \cdot 10^{-3} X + 7,9 \cdot 10^{-6} X^2$
cinc	84	104	1,00	$Y = 1,166 - 3,8 \cdot 10^{-3} X + 7,39 \cdot 10^{-6} X^2$
cobre	89	111	1,00	$Y = 1,146 - 3,25 \cdot 10^{-3} X + 5,36 \cdot 10^{-6} X^2$
manganeso	>500	>500	0,74	$Y = 1,9524 - 4,49 \cdot 10^{-4} X + 1,27 \cdot 10^{-6} X^2$
molibdeno	106	146	1,00	$Y = 1,1066 - 2,486 \cdot 10^{-3} X + 4,99 \cdot 10^{-6} X^2$
plomo	180	250	1,00	$Y = 1,0518 - 9,644 \cdot 10^{-4} X + 6,8 \cdot 10^{-7} X^2$

**CUADRO III.13. CUADRO COMPARATIVO DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE SUELOS, SEGUN RENDIMIENTO DE ALFALFA. A, POR CORTE; B, ACUMULADO DESDE 2° CORTE**

**A: RENDIMIENTO POR CORTE**

SUELO	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C
VICUNA	0.62	0.85	0.67	0.66	0.62	0.62	0.54	0.75
LA COMPANIA	0.90	1.07	0.79	1.06	0.87	0.64	0.77	0.98
CHICUREO	1.12	1.07	0.91	0.70	0.78	0.80	0.74	1.02
BUIN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
GRANEROS	0.79	0.84	0.96	1.01	0.82	0.68	0.64	0.79
PIHUCHEN	0.85	0.86	0.74	0.97	0.91	0.75	0.53	0.84
CAUQUENES	0.72	0.74	0.75	0.54	0.59	0.61	0.60	0.84
COLIIPULLI	0.54	0.60	0.46	0.62	0.59	0.55	0.48	0.71
STA. BARBARA	0.62	0.58	0.47	0.50	0.43	0.63	0.53	0.85
ARENALES	0.87	0.90	0.82	0.92	0.93	0.91	0.77	1.34
NAHUEL BUTA	0.75	0.67	0.63	0.81	0.61	0.68	0.52	0.85

**B: RENDIMIENTO ACUMULADO DESDE 2° CORTE**

SUELO	2C	2..3	2..4	2..5	2..6	2..7	2..8	2..9
VICUNA	0.62	0.74	0.71	0.70	0.68	0.67	0.65	0.66
LA COMPANIA	0.90	0.99	0.91	0.96	0.94	0.89	0.87	0.88
CHICUREO	1.05	1.06	1.00	0.91	0.88	0.87	0.85	0.87
BUIN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
GRANEROS	0.79	0.82	0.87	0.91	0.89	0.86	0.83	0.82
PIHUCHEN	0.85	0.85	0.81	0.86	0.87	0.85	0.81	0.81
CAUQUENES	0.72	0.73	0.74	0.68	0.66	0.65	0.64	0.66
COLIIPULLI	0.54	0.57	0.53	0.56	0.57	0.56	0.55	0.57
SANTA BARBARA	0.62	0.60	0.55	0.53	0.51	0.53	0.53	0.56
ARENALES	0.87	0.88	0.86	0.88	0.89	0.89	0.88	0.92
NAHUEL BUTA	0.75	0.71	0.68	0.72	0.69	0.69	0.67	0.69

Nota: Suelo Buin, considerado testigo

CUADRO III.14. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE ALFALFA, POR CORTE, EN SUELOS FORTIFICADOS CON COBRE. PROMEDIOS DE TRES REPETICIONES

SUE trat.		C	O	R	T	E	S			
LD	(ppm)	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
VIC	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	1.53	1.34	1.11	1.29	1.38	1.38	1.06	1.23	0.96
	500	1.29	1.25	1.13	1.27	1.26	1.29	1.04	1.15	0.93
	800	0.60	0.91	0.95	1.45	1.43	1.35	0.97	1.19	1.05
	1200	0.02	0.00	0.01	0.06	0.06	0.05	0.04	0.02	0.00
	1600	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
CIA	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	0.69	0.56	0.76	1.21	0.70	0.90	0.83	0.93	0.86
	500	0.03	0.00	0.03	0.10	0.09	0.10	0.14	0.18	0.25
	800	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
	1200	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
	1600	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
CHC	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	1.07	1.01	1.07	1.00	1.03	0.94	1.01	0.98	1.21
	500	1.17	1.08	1.08	0.98	1.05	0.84	0.94	0.83	0.84
	800	0.91	0.85	1.00	1.01	1.08	0.98	1.09	0.96	0.79
	1200	0.66	0.71	0.87	0.86	0.96	0.97	0.93	0.90	1.05
	1600	0.65	0.61	0.75	0.78	0.87	0.87	1.02	0.83	1.22
BUN	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	0.62	0.88	0.78	0.63	0.49	0.47	0.49	0.44	0.79
	500	0.78	0.87	0.94	0.75	0.80	0.65	0.78	0.65	0.86
	800	0.61	0.76	0.77	0.73	0.90	0.75	0.80	0.62	0.67
	1200	0.71	0.77	0.83	0.79	0.86	0.75	0.81	0.68	1.01
	1600	0.61	0.73	0.79	0.93	0.84	0.71	0.81	0.75	0.94
GRA	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	1.10	1.04	1.05	1.18	1.05	1.00	1.08	0.91	1.02
	500	0.82	0.65	0.90	0.91	0.85	0.78	0.86	0.76	0.63
	800	1.01	0.94	1.04	0.81	0.74	0.93	1.18	1.23	1.42
	1200	0.05	0.18	0.29	0.33	0.31	0.35	0.46	0.47	0.63
	1600	0.00	0.00	0.03	0.05	0.07	0.14	0.15	0.18	0.31
PIN	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	0.36	0.55	0.88	1.09	0.83	0.96	1.08	1.53	1.18
	500	0.02	0.03	0.08	0.30	0.26	0.31	0.27	0.47	0.11
	800	0.00	0.01	0.01	0.05	0.05	0.04	0.06	0.18	0.02
	1200	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00
	1600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

cont...

... cont.

CAU	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	0.41	0.33	0.43	0.53	0.52	0.41	0.45	0.47	0.53
	500	0.00	0.01	0.06	0.18	0.26	0.21	0.29	0.29	0.21
	800	0.00	0.00	0.02	0.05	0.14	0.07	0.10	0.10	0.02
	1200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
	1600	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
CLL	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	0.12	0.27	0.48	0.76	0.58	0.73	0.68	0.71	0.70
	500	0.00	0.00	0.06	0.18	0.14	0.13	0.15	0.26	0.12
	800	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	0.01	0.01	0.04	0.03
	1200	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
	1600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SBA	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	1.16	1.09	0.97	1.49	1.28	1.14	1.08	0.97	0.84
	500	1.01	0.93	0.94	1.40	1.53	1.38	1.10	1.09	0.75
	800	0.80	0.75	0.93	1.28	1.42	1.68	1.12	1.19	0.97
	1200	0.05	0.08	0.10	0.14	0.28	0.12	0.21	0.30	0.07
	1600	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.08	0.03	0.04	0.00
ARE	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	0.39	0.37	0.60	1.16	1.16	1.06	1.07	1.08	0.74
	500	0.04	0.03	0.06	0.19	0.22	0.33	0.31	0.27	0.29
	800	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1200	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	1600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NHB	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	1.30	1.18	1.32	1.32	1.31	1.73	1.04	0.96	1.10
	500	0.81	0.78	0.86	0.93	0.82	1.07	0.70	0.79	1.03
	800	0.56	0.53	0.86	0.95	0.89	1.14	0.97	1.04	1.06
	1200	0.19	0.28	0.49	0.85	0.60	0.74	0.67	0.79	0.50
	1600	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02

---

CUADRO III.15. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE ALFALFA, ACUMULADO DESDE EL SEGUNDO CORTE, EN SUELOS FORTIFICADOS CON COBRE. PROMEDIOS DE TRES REPETICIONES

SUE trat.		C	D	R	T	E	S		
LO (ppm)		2°	2..3°	2..4°	2..5°	2..6°	2..7°	2..8°	2..9°
VIC	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	1.34	1.19	1.23	1.28	1.30	1.26	1.26	1.23
	500	1.25	1.17	1.21	1.22	1.24	1.21	1.20	1.17
	800	0.91	0.94	1.13	1.22	1.25	1.21	1.20	1.19
	1200	0.00	0.01	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
	1600	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CIA	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	0.56	0.68	0.85	0.80	0.82	0.82	0.84	0.84
	500	0.00	0.02	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11
	800	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
	1200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
CHC	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	1.01	1.04	1.03	1.03	1.01	1.01	1.01	1.03
	500	1.08	1.08	1.04	1.04	1.00	0.99	0.97	0.96
	800	0.85	0.93	0.96	0.99	0.99	1.00	1.00	0.97
	1200	0.71	0.80	0.82	0.86	0.88	0.89	0.89	0.90
	1600	0.61	0.69	0.72	0.76	0.78	0.82	0.82	0.86
BUN	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	0.88	0.83	0.75	0.68	0.63	0.60	0.58	0.60
	500	0.87	0.90	0.84	0.83	0.79	0.79	0.77	0.78
	800	0.76	0.77	0.75	0.80	0.79	0.79	0.77	0.76
	1200	0.77	0.80	0.80	0.82	0.80	0.80	0.79	0.81
	1600	0.73	0.76	0.83	0.83	0.80	0.80	0.80	0.81
GRA	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	1.04	1.05	1.10	1.09	1.07	1.07	1.05	1.05
	500	0.65	0.78	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81
	800	0.94	0.99	0.92	0.86	0.88	0.92	0.95	1.00
	1200	0.18	0.24	0.28	0.29	0.30	0.32	0.34	0.37
	1600	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.08	0.09	0.11
PIN	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	250	0.55	0.73	0.86	0.85	0.88	0.91	0.96	0.98
	500	0.03	0.05	0.14	0.18	0.21	0.22	0.24	0.23
	800	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
	1200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	1600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

cont...



CUADRO III.16. LIMITES MAXIMOS DE EXCESO DE COBRE (mg/kg) PARA ALFALFA EN SUELOS CHILENOS: ECUACIONES Y COEFICIENTES DE REGRESION

SUELO	LME		r <sup>2</sup>	FORMULA
	10%	15%		
VIC	821	853	0,94	$Y = 0,949 + 1,39 \cdot 10^{-3} X - 1,76 \cdot 10^{-6} X^2$
CIA	41	51	0,98	$Y = 1,13 e^{-0,01X}$
CHC	1253	1470	0,80	$Y = 1,023 + 1,24 \cdot 10^{-4} X - 1,3 \cdot 10^{-7} X^2$
BUN	>1600	>1600	0,76	$Y = 0,978 - 2,45 \cdot 10^{-4} X + 1,4 \cdot 10^{-7} X^2$
GRA	785	864	0,91	$Y = 1,033 + 2,55 \cdot 10^{-4} X - 5,4 \cdot 10^{-7} X^2$
CAU	32	57	0,99	$Y = 0,964 - 2,04 \cdot 10^{-3} X + 1,05 \cdot 10^{-6} X^2$
CLL	58	83	0,98	$Y = 1,023 - 2,19 \cdot 10^{-3} X + 1,13 \cdot 10^{-6} X^2$
SBA	880	917	0,86	$Y = 1,05 + 4,76 \cdot 10^{-4} X - 7,6 \cdot 10^{-7} X^2$
ARE	115	144	0,91	$Y = 1,107 - 1,888 \cdot 10^{-3} X + 7,5 \cdot 10^{-7} X^2$
NHB	816	887	0,92	$Y = 1,052 + 2,87 \cdot 10^{-4} X - 5,8 \cdot 10^{-7} X^2$

CUADRO III.17. DISTRIBUCION FRACCIONADA (MG/KG SS) DEL COBRE ORIGINALMENTE EXISTENTE EN LOS SUELOS USADOS EN ENSAYOS

SUELO	agua	ácido acét.	ácido nítrico	potasio	pirofosfato-Na	EDTA	HA en HCl	ácido nítrico	TOTAL
VICUÑA	<4,2	<4,2	<4,2	10,6	8,5	<4,2	38,2	57,3	
LA COMPAÑIA	<4,2	<4,2	<4,2	<4,2	<4,2	<4,2	4,5	4,5	
CHICURED	<4,2	<4,2	4,3	17,8	17,2	<4,2	27,9	67,2	
BUIN	<4,2	<4,2	<4,2	16,2	4,6	<4,2	18,5	39,3	
GRANEROS	<4,2	<4,2	29,3	72,2	36,1	<4,2	106,0	243,5	
CAUQUENES	<4,2	<4,2	<4,2	4,4	<4,2	<4,2	10,9	15,3	
SANTA BARBARA	<4,2	<4,2	<4,2	8,5	6,4	<4,2	25,5	40,3	
COLLIPULLI	<4,2	<4,2	<4,2	4,4	<4,2	<4,2	<4,2	4,4	
ARENALES	<4,2	<4,2	<4,2	<4,2	<4,2	<4,2	10,8	10,8	
NAHUEL BUTA	<4,2	<4,2	<4,2	4,2	<4,2	<4,2	<4,2	4,2	
PIHUCHEN	<4,2	<4,2				<4,2			

<sup>1</sup>Hidroxilamina/ácido nítrico en ácido clorhídrico

**CUADRO III.18.** DISTRIBUCION FRACCIONADA PORCENTUAL DEL COBRE AGREGADO A LOS SUELOS USADOS EN ENSAYOS (FRACCIONAMIENTO EN DOSIS 500)

SUELO	agua	ácido acét.	nitrate potasio	pirofosfato-Na	EDTA	HA en HCl	ácido nítrico	TOTAL
CHICUREO	1,0	0,0	4,7	71,1	16,8	0,0	6,4	100,0
GRANEROS	0,6	0,0	40,1	45,6	7,0	0,0	6,7	100,0
CAUQUENES	0,0	0,0	60,8	15,3	8,1	2,0	13,8	100,0
SANTA BARBARA	1,1	0,0	13,2	35,3	35,5	0,6	14,3	100,0
ARENALES	0,0	0,0	67,0	15,6	6,2	0,0	11,2	100,0
NAHUEL BUTA	0,0	0,0	6,4	53,5	28,8	1,0	10,3	100,0
Promedio	0,5	0,0	32,0	39,4	17,1	0,6	10,4	100,0

<sup>1</sup>Hidroxilamina/ácido nítrico en ácido clorhídrico

CUADRO III.19. CONTENIDOS DE Cu, Zn, Mn, Mo y Pb EN ALFALFA (mg/kg db), F I C A D O D E D H C

MATERIAL	C O D R E			C I N C			M A N G A N E S O			M O L I B D E N O			P L O M O		
	2C	4C	proa.	2C	4C	proa.	2C	4C	proa.	2C	4C	proa.	2C	4C	proa.
<b>VICURA:</b>															
0	11.00	12.55	30.99	25.70	20.39	94.97	91.65	93.31	<5.00	<5.00	4.00	9.06	6.33		
250	12.00	15.13	13.37	25.30	23.00	25.25	105.00	98.88	101.94	<5.00	<5.00	<5.00	4.00	9.06	6.34
500	14.00	17.12	15.34	25.00	21.24	23.12	108.00	79.34	72.27	<5.00	<5.00	<5.00	5.00	9.06	7.03
800	14.00	19.10	16.39	26.01	20.19	23.10	95.03	81.79	88.41	<5.00	<5.00	<5.00	6.00	0.08	7.04
1200		26.56	26.56		29.77	29.77		138.30	130.30					11.18	11.10
1600		111.51	111.51		36.64	36.64		191.17	191.17					15.93	15.93
<b>LA COMPANIA:</b>															
0	10.98	14.13	12.56	20.06	19.09	19.90	69.07	71.48	70.78	<5.00	<5.00	<5.00	3.99	10.10	7.05
250	17.00	24.22	20.61	16.20	19.68	17.94	90.00	83.74	84.88	<5.00	<5.00	<5.00	13.00	9.08	11.00
500		32.76	32.76		29.94	20.94		182.33	182.33					7.12	7.12
800		54.95	54.95		32.42	32.42		252.77	252.77					5.50	5.50
1200		71.02	71.02		30.82	30.82		143.44	143.44						
1600		77.16	77.16		31.03	31.03		332.05	332.05						
<b>CHICUREO:</b>															
0	11.99	16.13	14.06	19.49	23.09	21.29	74.94	105.04	90.41				0.00	0.07	0.04
250	10.00	15.12	12.36	26.00	24.40	25.20	69.99	97.72	78.84				4.00	9.07	6.34
500	11.99	19.14	15.37	19.69	21.35	20.32	59.94	96.69	78.33	<5.00	<5.00	<5.00	6.00	9.06	7.33
800	13.00	16.14	14.37	26.00	21.74	23.87	69.99	91.78	80.89	<5.00	<5.00	<5.00	5.00	8.37	6.79
1200	13.99	22.17	18.00	29.48	20.96	23.22	59.94	77.61	68.79	<5.00	<5.00	<5.00	7.00	9.07	8.04
1600	14.00	31.30	22.63	31.50	24.64	20.07	79.99	96.94	88.47	<5.00	<5.00	<5.00	7.00	9.09	8.05
<b>LUJAN:</b>															
0	12.00	10.13	15.07	10.10	18.94	10.32	49.99	72.52	61.26				5.00	10.07	7.34
250	11.99	14.10	13.05	32.99	21.48	27.22	54.98	114.80	84.89				4.00	0.04	6.03
500	13.00	16.14	14.37	18.89	19.37	19.13	59.98	59.47	57.73				4.00	8.07	6.04
800	11.99	17.16	14.37	16.08	18.55	17.32	64.62	55.44	40.03				4.99	9.07	7.03
1200	11.99	17.15	14.37	15.79	17.75	16.77	59.97	57.50	50.74				5.00	9.08	7.04
1600	14.00	18.15	16.00	14.70	19.76	17.23	59.99	45.37	52.68				4.00	0.07	6.04
<b>FRANCOB:</b>															
0	12.99	16.14	14.37	10.29	21.99	20.14	54.97	78.67	66.82				5.00	10.09	7.33
250	13.00	18.16	15.50	20.10	20.07	20.09	44.99	57.49	61.26				5.00	8.07	6.34
500	13.00	15.15	14.08	19.49	18.18	18.84	64.98	62.61	63.80				4.00	0.08	6.04
800	13.99	20.10	17.09	20.39	19.27	19.83	54.98	87.78	71.38				5.00	9.08	7.04
1200		22.19	22.19		27.23	27.23		60.51	60.51						
1600		32.59	32.59		29.20	29.20		97.77	97.77					5.21	5.21
<b>IMUCHEN:</b>															
0	11.99	14.62	13.31	32.88	19.31	24.20	159.90	200.12	180.01	<5.00	<5.00	<5.00	4.00	0.37	6.29
250	20.16	21.17	20.67	14.62	18.04	16.33	95.78	122.94	109.37	<5.00	<5.00	<5.00	5.04	7.06	6.05
500	32.79	19.17	25.98	19.68	15.34	16.33	163.96	114.02	109.37	<5.00	<5.00	<5.00	6.56	0.07	6.05
800	47.64	39.00	43.32	30.97	24.82	17.51	190.57	138.26	138.99	<5.00	<5.00	<5.00	23.02	7.09	7.32
1200		103.30	103.30		76.29	27.90		595.99	164.42	<5.00	<5.00	<5.00		23.84	18.46
1600															
<b>AQUENES:</b>															
0	14.09	15.13	14.61	21.43	20.58	21.01	106.14	222.94	204.55				5.03	0.07	6.35
250	21.83	21.20	21.32	29.26	19.18	24.22		137.27	137.27	<5.00	<5.00	<5.00	4.37	0.07	6.22
500	31.27	20.76	36.02	31.27	17.99	34.63	236.35	202.02	229.19	<5.00	<5.00	<5.00		6.92	6.92
800		35.19	35.19		20.07	20.07		321.34	321.34	<5.00	<5.00	<5.00		5.21	5.21
1200		370.64	370.64		259.45	259.45		370.64	370.64					17.91	17.91
1600		223.05	223.05		33.13	33.13		823.76	823.76						
<b>OLLIPULL I:</b>															
0	10.09	15.11	12.60	19.60	19.65	19.67	103.99	183.37	144.68	<5.00	<5.00	<5.00	5.05	0.06	6.36
250	16.01	22.21	19.51	32.79	18.98	25.89		252.38	252.38	<5.00	<5.00	<5.00	5.00	7.07	6.34
500		23.69	23.69		27.77	27.77		271.55	271.55					0.54	0.54
800		14.14	14.14		19.29	19.29		56.54	56.54					0.08	0.08
1200		70.03	70.03		31.90	31.90		202.31	202.31					7.78	7.78
1600															
<b>ANTA BARBARA:</b>															
0	9.07	15.14	12.11	19.95	20.00	20.38	83.45	103.99	93.82	<5.00	<5.00	<5.00	5.04	0.08	6.36
250	12.62	17.30	15.00	32.25	20.99	24.62	110.39	98.22	104.31				5.67	8.69	8.68
500	11.11	19.10	15.15	16.15	19.58	17.87	49.99	155.44	112.72	<5.00	<5.00	<5.00	6.06	9.08	7.37
800	17.11	27.23	22.17	19.32	19.67	19.60	83.53	132.12	107.83	<5.00	<5.00	<5.00	0.05	0.07	8.06
1200	22.86	37.63	30.25	42.90	32.48	37.40	192.32	210.93	201.44				10.74	3.94	7.36
1600		35.00	35.00		26.60	26.60		90.99	90.99					7.00	7.00
<b>RENALES:</b>															
0	8.07	16.13	12.10	13.22	18.45	15.84	41.38	56.45	48.92	<5.00	<5.00	<5.00	6.06	9.07	7.57
250	17.17	23.21	20.19	13.43	19.27	18.35	43.42	47.42	43.42	<5.00	<5.00	<5.00	0.00	9.08	8.58
500	61.10	35.06	40.52	14.68	15.80	15.24	104.00	75.70	89.85	<5.00	<5.00	<5.00	6.12	7.97	7.05
800		164.67	164.67		65.87	45.87		82.34	82.34					27.45	27.45
1200		160.32	160.32		33.84	33.84		71.25	71.25					17.01	17.01
1600															
<b>AHUELUTA:</b>															
0	6.85	11.11	0.50	27.21	19.99	23.60	169.14	140.37	144.76	<5.00	<5.00	<5.00	4.03	0.08	6.06
250	14.63	17.16	15.90	23.23	22.72	22.99	123.57	255.45	189.51	<5.00	<5.00	<5.00	4.34	7.07	5.81
500	15.11	17.16	16.14	21.84	25.11	21.99	145.07	353.32	249.20	<5.00	<5.00	<5.00	6.04	9.09	7.57
800	29.28	24.11	27.70	25.04	20.63	22.84	250.40	250.47	250.54	<5.00	<5.00	<5.00	5.83	11.75	8.40
1200	23.80	21.20	22.50	32.23	21.51	26.88	313.14	238.29	275.72	<5.00	<5.00	<5.00	0.77	0.68	8.43
1600		47.92	47.92		11.06	11.06		162.19	162.19	<5.00	<5.00	<5.00		7.37	7.37



CUADRO III.21. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE TRIGO, EN SUELOS FORTIFICADOS CON CADMIO

SUELO: trat.	TEJIDOS			Y ORGANOS			PLANTA		TOTAL
	hoja	tallo	PAV	grano	rq+gl <sup>1</sup>	esp.	PAT	raiz	
<b>CHICUREO:</b>									
Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cd- 25	0.71	0.70	0.70	1.11	1.00	1.08	0.89	0.70	0.88
Cd- 50	0.82	1.07	0.96	1.40	1.18	1.33	1.15	1.13	1.15
Cd-100	0.83	1.03	0.94	1.62	1.16	1.48	1.21	1.14	1.21
Cd-250	0.53	0.96	0.76	0.93	0.84	0.90	0.83	0.89	0.84
<b>GRANEROS:</b>									
Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cd- 25	1.46	1.07	1.21	1.11	1.05	1.10	1.14	1.03	1.14
Cd- 50	0.68	1.01	0.89	0.95	0.89	0.93	0.91	1.14	0.92
Cd-100	0.90	1.27	1.14	0.98	0.96	0.97	1.04	1.29	1.05
Cd-250	0.63	0.62	0.62	0.69	0.62	0.67	0.65	0.85	0.66
<b>SANTA BARBARA:</b>									
Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cd- 25	0.78	0.84	0.81	0.93	0.85	0.91	0.87	0.81	0.87
Cd- 50	0.28	0.58	0.43	0.53	0.37	0.48	0.46	0.61	0.47
Cd-100	0.14	0.26	0.20	0.27	0.17	0.24	0.23	0.40	0.23
Cd-250	0.16	0.16	0.16	0.20	0.18	0.19	0.18	0.70	0.20
<b>ARENALES:</b>									
Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cd- 25	0.80	0.91	0.86	0.93	1.10	0.97	0.92	1.13	0.94
Cd- 50	0.55	0.53	0.54	0.55	0.66	0.57	0.56	1.03	0.59
Cd-100	0.56	0.66	0.61	0.52	0.91	0.61	0.61	0.99	0.63
Cd-250	0.31	0.36	0.34	0.28	0.63	0.36	0.35	0.82	0.38
<b>CAUQUENES:</b>									
Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cd- 25	1.49	0.97	1.19	1.30	0.72	1.06	1.12	0.95	1.11
Cd- 50	0.77	0.90	0.85	0.81	0.67	0.75	0.80	0.69	0.79
Cd-100	0.53	0.77	0.67	0.10	0.64	0.32	0.48	0.48	0.48
Cd-250	0.33	0.23	0.27	0.00	0.26	0.11	0.18	0.25	0.18
<b>COLLIPULLI:</b>									
Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cd- 25	1.02	1.09	1.06	1.57	0.79	1.28	1.19	0.68	1.15
Cd- 50	0.83	1.01	0.95	1.29	0.67	1.06	1.01	0.79	1.00
Cd-100	0.44	0.37	0.39	0.24	0.26	0.25	0.31	0.59	0.33
Cd-250	0.26	0.33	0.30	0.00	0.29	0.11	0.19	0.31	0.20

<sup>1</sup>rq+gl = raquis y glúmen

CUADRO III.22. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE FREJOL, EN SUELOS FORTIFICADOS CON CADMIO

SUELO	trat.	RA- QUIS	HOJA	PAV	GRAN TILLO	CAPO- TILLO	VAINA	PAT	RAIZ	PLANTA TOTAL
CHC	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	0.12	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.08	0.65	0.06
	Cd- 50	0.13	0.22	0.19	0.00	0.00	0.00	0.12	0.29	0.09
	Cd-100	0.18	0.28	0.25	0.00	0.00	0.00	0.16	0.34	0.11
	Cd-250	0.38	0.40	0.39	0.01	0.01	0.01	0.25	0.03	0.18
GRA	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	1.02	0.87	0.91	0.81	0.87	0.83	0.87	2.16	0.86
	Cd- 50	0.84	0.77	0.79	0.23	0.61	0.38	0.60	1.69	0.53
	Cd-100	0.87	0.74	0.78	0.83	0.90	0.85	0.81	1.68	0.83
	Cd-250	0.43	0.31	0.34	0.00	0.00	0.00	0.18	0.63	0.12
SBA	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	0.74	0.77	0.77	0.72	0.77	0.74	0.75	0.57	0.74
	Cd- 50	0.31	0.24	0.26	0.14	0.22	0.16	0.20	0.58	0.19
	Cd-100	0.15	0.24	0.22	0.01	0.02	0.02	0.11	0.14	0.07
	Cd-250	0.27	0.26	0.26	0.27	0.20	0.25	0.26	0.89	0.26
ARE	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	0.45	0.57	0.53	0.59	0.81	0.67	0.59	0.39	0.62
	Cd- 50	0.46	0.35	0.38	0.29	1.01	0.55	0.46	0.40	0.48
	Cd-100	0.44	0.59	0.55	0.24	0.23	0.24	0.41	0.42	0.35
	Cd-250	0.26	0.19	0.21	0.02	0.02	0.02	0.12	0.13	0.09
CAU	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	0.63	0.47	0.52	1.04	0.75	0.93	0.68	0.49	0.75
	Cd- 50	0.45	0.53	0.50	0.03	0.08	0.05	0.32	0.81	0.24
	Cd-100	0.23	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.12	1.04	0.09
	Cd-250	0.03	0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.49	0.02
CLL	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	1.21	0.88	0.97	2.90	2.90	2.90	1.48	1.17	1.78
	Cd- 50	0.05	0.15	0.12	0.00	0.00	0.00	0.09	0.33	0.07
	Cd-100	0.61	0.57	0.58	0.83	0.47	0.71	0.62	0.06	0.64
	Cd-250	0.29	0.18	0.21	0.00	0.00	0.00	0.15	0.11	0.12

CUADRO III.23. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE REMOLACHA AZUCARERA, EN SUELOS FORTIFICADOS CON CADMIO

SUELO	trat. Cd, ppm	HOJAS	TUBER- CULO	RAIZ	PARTE SUBTERR.	PLANTA TOTAL
CHICUREO	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	1.76	1.22	0.50	1.21	1.43
	Cd- 50	0.95	0.82	0.61	0.82	0.87
	Cd-100	0.82	0.44	0.16	0.44	0.60
	Cd-250	0.94	0.98	0.62	0.98	0.96
GRANEROS	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	0.32	0.38	6.00	0.38	0.35
	Cd- 50	0.94	1.10	13.33	1.11	1.02
	Cd-100	0.46	0.52	15.17	0.53	0.49
	Cd-250	0.04	0.01	0.00	0.01	0.03
SANTA BARBARA	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	1.21	1.54	1.24	1.53	1.37
	Cd- 50	0.85	0.79	3.72	0.84	0.85
	Cd-100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cd-250	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
ARENALES	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	0.82	0.34	0.86	0.40	0.60
	Cd- 50	0.15	0.04	0.15	0.05	0.10
	Cd-100	0.15	0.09	0.10	0.09	0.12
	Cd-250	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
CALQUE- NES	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	0.12	0.13	0.39	0.13	0.13
	Cd- 50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cd-100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cd-250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COLLIPU- LLI	Cd- 0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Cd- 25	4.63	4.59	1.55	4.50	4.56
	Cd- 50	0.06	0.03	0.36	0.04	0.05
	Cd-100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cd-250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CUADRO III.24. LME DE CADMIO EN SUELOS, SEGUN RENDIMIENTO DE ALFALFA, TRIGO, FREJOL Y REMOLACHA AZUCARERA: ECUACIONES Y COEFICIENTES DE REGRESION

Especie	SUELO	LME		r <sup>2</sup>	FORMULA AJUSTADA
		10%	15%		
ALFALFA P.A.T. acumulada en 8 cortes	CHC	82	105	0,99	$Y=1,001-5,17.10^{-4} X-8,81.10^{-6} X^2$
	GRA	47	107	0,97	$Y=1,02-1,48.10^{-3} X-1,22.10^{-6} X^2$
	SBA	29	43	0,96	$Y=1,01-3,83.10^{-3} X+4,01.10^{-6} X^2$
	ARE	5	7	1,00	$Y=1,00-2,18.10^{-2} X+5,6.10^{-5} X^2$
	CAU	5	7	1,00	$Y=1,00-2,06.10^{-2} X+2,4.10^{-5} X^2$
	CLL	<5	<5	1,00	$Y=1,00-4,8.10^{-2} X+5,6.10^{-4} X^2$
TRIGO P.A.T	CHC	236	246	1,00	$Y=1-3,95.10^{-3} X-1,851.10^{-5} X^2$
	GRA	163	184	0,79	$Y=1,024+5,8.10^{-4} X-8,25.10^{-6} X^2$
	SBA	12	17	0,97	$Y=1,035-1,14.10^{-2} X+3,21.10^{-5} X^2$
	ARE	15	24	0,86	$Y=0,985-5,92.10^{-3} X+3,2.10^{-5} X^2$
	CAU	33	41	0,92	$Y=1,12-7,10.10^{-3} X+1,29.10^{-5} X^2$
	CLL	30	37	0,84	$Y=1,129e^{-0,0077X}$
-2 FREJOL P.A.T.	-5 2 CHC	<5	<5	0,88	$Y=0,921-1,73.10^{-2} X+5,86.10^{-5} X^2$
	GRA	47	74	0,98	$Y=0,96+7,89.10^{-4} X-9,24.10^{-6} X^2$
	SBA	6	10	0,92	$Y=0,98-1,41.10^{-2} X+4,38.10^{-5} X^2$
	ARE	<5	<5	0,96	$Y=0,8122e^{-0,0077X}$
	CAU	5	9	0,97	$Y=0,97-1,267.10^{-2} X+3,59.10^{-5} X^2$
	CLL	49	61	0,92	$Y=1,118-4,6.10^{-3} X+2,78.10^{-6} X^2$
REMOLACHA planta total	CHC	35	49	0,98	$Y=0,989-1,81.10^{-3} X-2,04.10^{-5} X^2$
	GRA	32	43	0,91	$Y=1,045-4,48.10^{-3} X+2,31.10^{-6} X^2$
	SBA	52	56	0,98	$Y=1,035+5,66.10^{-3} X-1,6.10^{-4} X^2$
	ARE	7	8	0,91	$Y=1,2433e^{-0,0462X}$
	CAU	<5	<5	1,00	$Y=1,00-5,02.10^{-2} X+6,16.10^{-4} X^2$
	CLL	33	34	1,00	$Y=1,00-2,76.10^{-2} X-9,44.10^{-4} X^2$

CUADRO III.25. DISTRIBUCION FRACCIONADA DEL CADMIO AGREGADO A SUELOS USADOS EN ENSAYOS

A) en mg/kg ss:

SUELO	agua	Ac. Acetico	KNO3	EDTA Na4P2O7	NH2OH* HCl	HNO3	TOTAL	
CHC- 50	<0.1	15.7	2.2	25.2	10.4	0.8	1.5	55.72
GRA- 50	<0.1	37.0	0.8	18.2	8.7	0.2	5.9	70.77
SBA- 50	<0.1	41.4	7.8			2.0	10.8	62.05
CAU- 50	<0.1	15.8	21.1	2.4	2.9	0.2	3.2	45.54
ARE- 50	<0.1	15.2	19.6	<0.1	0.1	<0.1	2.2	37.19

B) expresion porcentual:

SUELO	agua	Ac. Acetico	KNO3	EDTA Na4P2O7	NH2OH*HNO3 HCl	TOTAL		
CHC- 50	<0.1	28.2	3.9	45.2	18.6	1.4	2.7	100.0
GRA- 50	<0.1	52.3	1.1	25.8	12.3	0.3	8.3	100.0
SBA- 50	<0.1	66.7	12.6	sd	sd	3.3	17.4	100.0
CAU- 50	<0.1	34.7	46.3	5.2	6.4	0.5	6.9	100.0
ARE- 50	<0.1	41.0	52.8	<0.1	0.4	<0.1	5.9	100.0

**CUADRO III.26. FRACCIONAMIENTO DE COBRE (mg/kg ss) DE SUELOS CUPRICOS DE LA REGION METROPOLITANA (A) Y VI REGION (B)**

SUELO	agua	Ac. Acét.	KNO <sub>3</sub>	Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	EDTA	NH <sub>2</sub> OH* HCl	HNO <sub>3</sub>	TOTAL *1	Total *2
<b>A) R.M.:</b>									
B-2938	<4.2	<4.2	17.8	233.9	123.3	<4.2	311.5	686.5	670.2
Pudahuel									
B-2939									937.2
Pudahuel									
B-2941	<4.2	<4.2	<4.2	73.7	48.4	4.2	69.5	195.8	225.0
Noviciado									
B-2944	<4.2	<4.2	<4.2	15.1	17.3	4.3	28.1	64.9	48.7
Buín									
B-2947									134.4
Nos									
<b>B) VI Región:</b>									
B-5599	<4.2	<4.2	4.5	24.5	15.6	<4.2	60.1	104.6	67.0
Codegua									
B-3980	<4.2	<4.2	29.3	72.2	36.1	<4.2	106.0	243.6	360.0
Graneros									
B-5604									450.0
Cauquenes									
B-5605									720.0
El Abra									
B-5606	<4.2	<4.2	336.9	257.6	75.3	15.9	237.8	923.5	930.0
Las Cabras									
B-5607	4.3	4.3	34.6	226.7	118.8	<4.2	103.7	492.3	1180.0
Doñihue									
Total 1= por fraccionamiento									
Total 2= por digestión ácida en caliente									

CUADRO III.27. CARACTERIZACION METALICA DE SUELOS CUPRICOS DE LAS REGIONES METROPOLITANA (VALLE DEL MAPOCHO) Y VI (VALLE DEL CACHAPOAL)

A: Región Metropolitana

SUELO	pH	CE	COBRE		PLOMO		CINC	
			total	EDTA	total	EDTA	total	EDTA
BUIN	7.7	0.6	48.7		36.3		123.2	
NOVICIADO	7.3	0.6	225.0		53.6		145.8	
NOS	7.4	0.8	134.4		45.7		112.6	
PUDAHUEL-A	7.1	0.9	670.2		46.2		285.1	
PUDAHUEL-B	7.6	0.7	937.2	170.8	41.5	<10.0	93.5	15.2

B: VI Región

SUELO	pH	CE	COBRE		PLOMO		CINC	
			total	EDTA	total	EDTA	total	EDTA
CODEGUA			67.0	37.0	10.0	<10.0	60.0	2.0
GRANEROS			360.0	129.0	16.0	<10.0	75.0	4.0
CAUQUENES			450.0	339.0	15.0	<10.0	11.0	3.0
EL ABRA			720.0	374.0	21.0	<10.0	95.0	13.0
LAS CABRAS			930.0	335.0	15.0	<10.0	150.0	5.0
DONIHUE			1180.0	296.0	21.0	<10.0	180.0	19.0

CUADRO III.28. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE ALFALFA, TRIGO, FREJOL Y REMOLACHA AZUCARERA, EN SUELOS CUPRICOS DE LA REGION METROPOLITANA

A: alfalfa

SUELO	C	O	R	T	E	S	prom.		
	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	prom. corte
BUIN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NOS	1.02	1.35	0.85	0.85	0.90	1.12	1.77	1.45	1.09
NOVICIADO	1.32	1.43	0.98	0.85	0.92	1.03	0.25	0.48	0.98
PUDAHUEL A	1.06	1.36	1.01	1.07	0.89	1.07	1.92	1.80	1.17
PUDAHUEL B	1.07	1.22	1.02	1.00	0.95	1.12	1.95	1.92	1.17

B: trigo

SUELO	esp.	grano	rq+gl <sup>1</sup>	PAV	PAT	raíz	PLANTA TOTAL
BUIN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NOVICIADO	0.86	0.81	0.93	0.94	0.89	1.36	0.91
NOS	1.12	1.13	1.11	1.04	1.08	0.98	1.06
PUDAHUEL A	0.93	0.94	0.91	0.83	0.89	0.85	0.88
PUDAHUEL B	0.97	0.92	1.05	0.94	0.96	1.95	0.99

C: frejól

suelo	PAV	vainas	PAT	raíz	PLANTA TOTAL	# vainas
BUIN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NOVICIADO	1.14	2.14	1.17	1.26	1.19	1.50
NOS	2.03	2.13	2.03	0.89	1.85	1.64
PUDAHUEL A	0.92	1.18	0.93	0.92	0.93	0.79
PUDAHUEL B	1.19	0.95	1.19	1.89	1.30	0.86

D: remolacha azucarera

suelo	PAT	tubérculo	PLANTA TOTAL
BUIN	1.00	1.00	1.00
NOVICIADO	0.96	1.04	1.01
NOS	1.18	1.39	1.33
PUDAHUEL A	1.34	1.63	1.54
PUDAHUEL B	1.03	0.90	0.94

<sup>1</sup>rq+gl = raquis y glúmen

CUADRO III.29. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE ALFALFA, TRIGO, FREJOL Y REMOLACHA AZUCARERA, EN SUELOS CUPRICOS DE LA VI REGION

A: alfalfa

SUELO	C 2°	D 3°	R 4°	T 5°	E 6°	S 7°	8°	9°	prom. corte
CODEGUA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
GRANEROS	0.96	1.16	0.90	0.84	0.93	0.90	0.90	0.62	0.82
CAUQUENES	0.94	1.09	0.76	0.82	0.99	1.06	0.85	0.46	0.64
EL ABRA	1.29	1.09	1.00	0.99	0.86	1.14	0.93	0.99	1.02
LAS CABRAS	0.53	0.47	0.49	0.49	0.56	0.85	0.54	0.50	0.38
DONIHUE	0.88	0.79	0.68	0.62	0.69	0.94	0.50	0.33	0.48

B: trigo

SUELO	PAV	espg.	PAT	raíz
CODEGUA	1.00	1.00	1.00	1.00
GRANEROS	0.89	0.91	0.90	0.78
CAUQUENES	0.75	0.72	0.73	0.70
EL ABRA	1.38	1.39	1.39	1.40
LAS CABRAS	0.61	0.36	0.46	0.40
DONIHUE	0.95	1.02	0.99	1.02

C: frejol

SUELO	ra- quis	hojas	PAV	granos	capo- tillo	PAT	raíz	PLANTA TOTAL	
CODEGUA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
GRANEROS	0.70	0.84	0.80	0.17	0.25	0.19	0.56	0.21	
CAUQUENES	0.94	2.43	1.99	0.60	0.62	0.60	0.80	0.61	
EL ABRA	1.60	1.32	1.40	1.37	1.35	1.36	1.20	1.35	
LAS CABRAS	0.80	0.83	0.82	0.34	0.58	0.41	1.29	0.46	
DONIHUE	1.73	1.63	1.66	0.55	0.64	0.64	0.57	2.25	0.66

D: remolacha azucarera

SUELO	hojas	tubér- culo	raíz	parte subterr.	PLANTA TOTAL
CODEGUA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
GRANEROS	1.14	0.94	0.47	0.91	0.98
CAUQUENES	1.71	0.59	0.86	0.61	0.93
EL ABRA	1.86	1.04	3.31	1.18	1.38
LAS CABRAS	0.87	0.73	1.00	0.75	0.78
DONIHUE	0.66	0.84	1.70	0.90	0.83

**CUADRO III.30.** CONTENIDOS DE Cu, Zn, Mn Y Pb (mg/kg ms)  
EN P.A.T. DE ALFALFA CULTIVADA EN SUELOS CUPRICOS  
DE LAS REGIONES METROPOLITANA (A) Y VI (B)

**A) REGION METROPOLITANA:**

SUELO	Cu	Zn	Mn	Pb
BUIN	13.96	26.06	48.87	6.49
NOS	14.21	31.92	42.38	7.73
NOVICIADO	12.30	24.95	58.53	9.98
PUDAHUEL A	14.32	32.87	50.83	7.60
PUDAHUEL B	13.34	23.80	44.86	8.72

**B) VI REGION:**

SUELO	Cu	Zn	Mn	Pb
CODEGUA	14.30	26.92	107.05	5.31
GRANEROS	13.62	15.97	42.42	6.49
CAUQUENES	13.31	23.29	48.25	5.66
EL ABRA	13.98	25.62	34.61	5.99
LAS CABRAS	14.97	18.30	42.26	4.99
DORIHUE	11.48	24.28	41.24	6.16

**CUADRO III.31. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE ALFALFA, CULTIVADA EN ARENAS FORTIFICADAS CON COBRE. EFECTO DE LA ADICION DE HUMUS<sup>1</sup>**

A: rendimiento relativo						
tratam.	C1	C2	C3	C4	C5	C6
testigo-1 <sup>2</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A+ 250Cu	0.28	0.34	0.54	0.64	0.59	0.68
A+ 500Cu	0.15	0.15	0.25	0.33	0.34	0.31
A+ 800Cu	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.11
testigo-2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
(A+H)+ 250Cu	1.32	1.13	0.99	0.91	0.94	0.92
(A+H)+ 500Cu	0.95	0.77	0.81	0.66	0.73	0.70
(A+H)+ 800Cu	0.99	0.87	0.70	0.67	0.75	0.76

**B: rendimiento acumulado desde 2° corte**

tratam.	1°	2°	2.3°	2.4°	2.5°	2.6°
testigo-1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A+ 250Cu	0.28	0.34	0.54	0.64	0.59	0.68
A+ 500Cu	0.15	0.15	0.25	0.33	0.34	0.31
A+ 800Cu	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.11
testigo-2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
(A+H)+ 250Cu	1.32	1.13	0.99	0.91	0.94	0.92
(A+H)+ 500Cu	0.95	0.77	0.81	0.66	0.73	0.70
(A+H)+ 800Cu	0.99	0.87	0.70	0.67	0.75	0.76

<sup>1</sup>Relación arena:humus, 2:1 en volumen

<sup>2</sup>testigo-1, tratamiento arena sola, sin adición de cobre  
testigo-2, tratamiento arena + humus, sin adición de cobre

CUADRO III.32. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE ALFALFA, CULTIVADA EN ARENAS FORTIFICADAS CON CADMIO. EFECTO DE LA ADICION DE HUMUS<sup>1</sup>

A: rendimiento relativo						
tratam.	C1	C2	C3	C4	C5	C6
testigo-1 <sup>2</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A+ 50Cd	0.27	0.32	0.56	0.74	0.43	0.45
A+ 125Cd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
testigo-2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
(A+H)+ 50Cd	1.00	0.98	1.18	1.00	0.93	0.99
(A+H)+ 125Cd	0.62	0.60	0.81	0.79	0.78	0.83

B: rendimiento acumulado desde 2º corte						
tratam.	C1	C2	C(2.3)	C(2.4)	C(2.5)	C(2.6)
testigo-1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A+ 50Cd	0.27	0.32	0.56	0.74	0.43	0.45
A+ 125Cd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
testigo-2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
(A+H)+ 50Cd	1.00	0.98	0.46	0.55	0.52	0.51
(A+H)+ 125Cd	0.62	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup>Relación arena:humus, 2:1 en volumen

<sup>2</sup>testigo-1, tratamiento arena sólo, sin adición de cobre  
testigo-2, tratamiento arena + humus, sin adición de cobre

CUADRO III.33. LME DE Cu Y Cd EN ARENAS, SIN Y CON APOORTE DE MATERIA ORGANICA, SEGUN RENDIMIENTO DE ALFALFA: CURVAS AJUSTADAS Y COEFICIENTES DE AJUSTE

Elemento	Sustrato	L M E 10%	al 15%	R <sup>2</sup>	Fórmula
COBRE	arena pura	46	72	1,00	$Y = 0,99 - 2,06 \cdot 10^{-3} + 1,07 \cdot 10^{-6} X^2$
COBRE	arena+humus	372	419	1,00	$Y = 1,00 + 4,30 \cdot 10^{-4} - 1,88 \cdot 10^{-6} X^2$
CADMIO	arena pura	26	36	1,00	$Y = 1,00 - 2,72 \cdot 10^{-3} - 4,16 \cdot 10^{-5} X^2$
CADMIO	arena+humus	95	109	1,00	$Y = 1,00 + 1,17 \cdot 10^{-4} - 2,35 \cdot 10^{-5} X^2$

**CUADRO III.34. CONTENIDOS DE COBRE Y CADMIO (mg/kg ms) EN TEJIDOS AEREOS DE ALFALFA, CULTIVADA EN ARENAS FORTIFICADAS CON ESTOS ELEMENTOS. EFECTO DE LA ADICION DE HUMUS**

**A: COBRE en cosecha desde tratamientos con adición de Cobre**

TRATAMIENTO	C2	C3	C4	promedio
<b>ARENA:</b>				
+ 0ppm	9.99	9.49	10.50	9.99
+ 250ppm	12.99	12.00	10.99	11.99
+ 500ppm	10.98	13.95	13.98	12.97
+ 800ppm	NHC <sup>2</sup>			
<b>ARENA+HUMUS:</b>				
+ 0ppm <sup>3</sup>	9.47	7.00	10.49	8.98
+ 250ppm		11.99	10.99	11.49
+ 500ppm	12.98	11.98	10.99	11.98
+ 800ppm	13.97	12.00	10.97	12.31

**B: CADMIO en cosecha desde tratamientos con adición de Cadmio**

TRATAMIENTO	C2	C3	C4	promedio
<b>ARENA:</b>				
+ 0ppm	<0.10	< 0.10	< 0.10	<0.10
+ 50ppm	11.00	9.40	< 0.10	6.80
+ 125ppm	NHC	NHC	NHC	NHC
<b>ARENA+HUMUS:</b>				
+ 0ppm	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
+ 50ppm	2.50	3.60	2.90	3.00
+ 125ppm	6.28	8.70	4.39	6.46

<sup>1</sup>Equivale a testigo-1

<sup>2</sup>NHC, no hubo cosecha

<sup>3</sup>Equivale a testigo-2

**CUADRO III.35. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE ALFALFA, REGADA CON AGUAS CONTAMINADAS CON COBRE O CADMIO. ENSAYO INICIADO AL ESTADO DE PLANTA ADULTA (después de dos cortes)**

**A) rendimiento por corte**

TRATAMIENTO	2°	C 3°	D 4°	R 5°	T 6°	E 7°	S 8°	9°
TESTIGO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cu LMP	1.17	1.35	1.19	1.01	0.98	0.92	1.18	1.55
Cu 10LMP	1.31	1.55	1.47	1.02	1.09	1.24	1.25	1.81
Cu 100LMP	1.40	1.53	1.03	0.69	0.97	1.09	1.09	1.62
Cu 1000LMP	1.20	1.41	0.92	0.61	0.79	1.03	0.98	1.48
Cd LMP	1.47	1.58	1.54	1.21	1.26	1.22	1.34	1.45
Cd 10LMP	1.36	1.40	1.21	0.98	1.08	1.09	1.15	1.48
Cd 100LMP	1.18	1.29	1.24	1.04	1.02	1.11	1.18	1.61
Cd 1000LMP	1.29	1.47	0.84	0.75	0.89	1.25	1.15	1.55

**B) rendimiento acumulado desde el 2° corte**

TRATAMIENTO	2°	2..3	2..4	2..5	2..6	2..7	2..8	2..9
TESTIGO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cu LMP	1.64	1.17	1.24	1.23	1.18	1.14	1.11	1.12
Cu 10LMP	1.69	1.31	1.39	1.41	1.32	1.27	1.27	1.27
Cu 100LMP	1.55	1.40	1.45	1.35	1.20	1.15	1.14	1.14
Cu 1000LMP	1.71	1.20	1.28	1.19	1.06	1.00	1.01	1.00
Cd LMP	1.56	1.47	1.51	1.52	1.45	1.41	1.38	1.38
Cd 10LMP	1.60	1.36	1.38	1.34	1.26	1.22	1.20	1.20
Cd 100LMP	1.56	1.18	1.22	1.22	1.18	1.15	1.14	1.15
Cd 1000LMP	1.66	1.29	1.35	1.23	1.12	1.07	1.10	1.10

CUADRO III.36. RENDIMIENTO (RELATIVO) DE ALFALFA, CULTIVADA EN ARENA REGADA CON AGUAS ENRIQUECIDAS CON CADMIO O COBRE. ENSAYO INICIADO DESDE SIEMBRA

**A: rendimiento por corte**

TRATAMIENTO	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Cu LMP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cu 100LMP	0.63	0.79	0.77	0.84	0.85	0.87
Cu 1000LMP	0.74	0.87	0.80	0.87	0.83	0.81
Cd LMP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cd 100LLMP	0.94	0.83	0.95	1.01	0.91	0.85
Cd 1000LMP	1.30	0.94	0.97	1.08	1.00	0.92

**B: rendimiento acumulado**

TRATAMIENTO	1°	2°	2.3°	2.4°	2.5°	2.6°
Cu LMP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cu 100LMP	0.63	0.79	0.79	0.78	0.80	0.81
Cu 1000LMP	0.74	0.87	0.87	0.84	0.85	0.84
Cd LMP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cd 100LLMP	0.94	0.83	0.83	0.87	0.90	0.90
Cd 1000LMP	1.30	0.94	0.94	0.95	0.98	0.98

CUADRO III.37. CONTENIDOS DE METALES (mg/kg ms) EN TEJIDOS AEREOS DE ALFALFA, CULTIVADA EN ARENAS REGADAS CON SOLUCIONES ENRIQUECIDAS CON COBRE O CADMIO<sup>1</sup>

**A: inicio desde planta adulta**

TRATAMIENTO	Cd	Cu	Mn	Mo	Pb	Zn
TESTIGO	<0.1	13.5	52.9	5.4	5.0	24.3
Cu LMP	<0.1	10.0	59.9	5.4	4.0	14.4
Cu 10LMP	<0.1	13.0	54.9	0.0	3.5	24.5
Cu 100LMP	<0.1	16.2	92.6	2.7	3.5	26.5
Cu 1000LMP	<0.1	77.9	89.9	4.2	30.5	25.2
Cd LMP	<0.1	11.5	57.8	6.2	4.0	24.7
Cd 10LMP	<0.1	8.0	59.9	8.4	4.0	12.1
Cd 100LMP	0.3	10.2	46.8	6.9	3.5	24.7
Cd 1000LMP	6.2	15.0	67.8	4.2	4.0	26.4

**B: inicio desde siembra**

TRATAMIENTO	Cd	Cu	Mn	Mo	Pb	Zn
Cu LMP	<0.1	10.2	52.4	3.6	6.1	33.8
Cu 100LMP	<0.1	11.6	55.9	4.1	5.3	28.8
Cu 1000LMP	<0.1	33.4	54.8	4.1	5.2	30.2
Cd LMP	0.05	12.0	59.8	2.3	5.7	42.5
Cd 100LMP	0.10	9.6	54.9	5.3	8.6	33.3
Cd 1000LMP	1.22	10.0	54.9	4.1	5.2	32.7

<sup>1</sup>LMP de cobre para aguas de riego, 0,20mg/lt  
LMP de cadmio para aguas de riego, 0,10mg/lt

**CUADRO III.38. METALES (mg/kg ms) EN P.A.T. ALFALFA, CULTIVADA EN SUELOS FORTIFICADOS CON CADMIO**

SUE	Trat.	Cd	Cu	Mn	Mo	Pb	Zn
L O			C d				
CHC	0	<1.0	12.0	75.0	<5.0	8.0	23.1
	25	3.4	11.0	37.5	<5.0	5.0	45.9
	50	5.7	9.0	33.3	<5.0	4.0	47.9
	100	7.3	8.0	31.2	<5.0	3.0	40.0
	250		6.2	231.6	<5.0	4.1	30.9
GRA	0	<1.00	13.0	55.0	<5.0	5.0	22.0
	25	8.7	11.6	32.2	<5.0	4.2	37.9
	50	3.3	13.0	28.1	<5.0	5.0	39.0
	100	<1.00	11.0	40.6	<5.0	4.0	30.9
	250	7.5	12.0	21.7	<5.0	4.0	42.9
SBA	0	<1.00	9.1	83.7	<5.0	5.0	20.8
	25	8.6	12.0	37.4	<5.0	4.0	38.9
	50		9.4	20.8	<5.0	5.2	17.7
	100		9.5	127.8	<5.0	7.2	49.3
	250		5.8	50.3	<5.0	5.0	58.9
ARE	0	<1.00	8.1	56.5	<5.0	6.1	18.5
	25	10.1	6.2	53.8	<5.0	6.2	36.9
	50		4.7	30.5	<5.0	4.7	23.1
	100		25.8	180.5	<5.0	12.9	766.4
	250		10.7	78.5	<5.0	10.7	162.9
CAU	0		14.1		<5.0		
	25						
	50						
	100						
	250						
CLL	0		10.1		<5.0		
	25						
	50						
	100						

ANEXO IV: METODOS DE ANALISIS

## ANEXO IV: MÉTODOS DE ANÁLISIS

## IV.1. RESIDUOS DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS EN GRASAS Y ACEITES (Stijve y Brand, 1977; Steinwandter, 1980)

## IV.1.1. Reactivos:

- Eter de petróleo p.r.
- Gel de sílice p.r.
- Diclorometano p.r.
- Mezcla éter de petróleo y diclorometano (80/20 v/v)
- Patrones Supelco de pesticidas organoclorados  
Lindano, Heptacloro y su epóxido, Dieldrín, Aldrin, Endrin, DDT y metabolitos)

## IV.1.2. Equipos:

- Kuderna Danish
- Evaporador rotatorio Büchi
- Cromatógrafo gas-líquido, con detector de captura de electrones
- Columnas de vidrio, con llave de teflón

## IV.1.3. Procedimiento:

Se diluye 1g de aceite en un matraz de 10ml, con éter de petróleo. Se aplica 1ml de esta mezcla sobre la parte superior de una columna preparada con gel de sílice al 10%. El eluido se concentra, posteriormente, hasta 2ml en un Kuderna Danish, dispuesto en un evaporador rotatorio.

El concentrado se inyecta en un cromatógrafo de gases, con detector de captura de electrones, contrastando los picos cromatográficos obtenidos con mezclas de patrones, en cantidades conocidas.

## IV.2. RESIDUOS DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS EN CARNES ROJAS (Steinwandter y Schlütter, 1977, modificado por Ciudad, 1989)

## IV.2.1. Reactivos:

- Eter de petróleo p.r.
- Diclorometano p.r.
- Hexano p.a.
- Sulfato de Sodio anhidro p.a.

- Arena de mar
- Lana de vidrio
- Gel de sílice

#### IV.2.2. Equipos

- Morteros de 250 ml
- Evaporador rotatorio Büchi
- Columnas separativas con llave de teflón
- Soxhlet 250 ml
- Cromatógrafo de gases con ECD
- Columnas de vidrio 6' 4 mm, 1,5% SP 2250/1,95 SP 2801 sobre supelcoport 100/120 mesh.

#### IV.2.3 Procedimiento

En un mortero, se pesa 10g. de muestra (músculo molido) y se macera con sulfato de sodio hasta eliminar toda la humedad de la muestra. Se añade algunas cucharadas de arena de mar hasta lograr una suave consistencia. Se traspasa a un dedal poroso y se cubre la superficie con lana de vidrio.

Se coloca en el Soxhlet y se extrae con 200ml de bencina petróleo por lo menos 3 horas. Se evapora el extracto hasta sequedad y se transfiere cuantitativamente a una matraz aforado de 100ml lavando con pequeñas cantidades de éter de petróleo varias veces hasta completar el volumen.

Se seca un balón de 100ml a 105 °C durante la noche, se enfría en el desecador y se pesa. Se transfiere una alícuota de 25ml del extracto anterior y se evapora completamente. Se seca por tres horas a una temperatura de 105 °C, se enfría en desecador y se pesa por diferencia. Se calcula el porcentaje de grasa presente en la muestra.

Se toma una alícuota correspondiente a 0.5g de grasa. En caso que la alícuota sea mayor de 10 ml, se debe evaporar hasta 2ml. La alícuota de 0,5g de grasa se transfiere cuantitativamente a la columna. Se eluye con 250ml de mezcla éter de petróleo-diclorometano. El eluido se concentra en evaporador rotatorio, se le agrega hexano y se vuelve a concentrar para eliminar el diclorometano. Se lleva a volumen final de 2ml con hexano en matraz aforado. La muestra está lista para ser inyectada en el cromatógrafo.

#### IV.2.4. Preparación de la columna

Se coloca lana de vidrio en el fondo de la columna y se lava con éter de petróleo, descartándola; luego, se

añade 40ml éter de petróleo. Se pesa 20g de gel de sílice (10% de agua) y se le añade éter de petróleo hasta que esté suficientemente saturada; luego, se añade a la columna cuantitativamente y se golpea suavemente para lograr un buen empaque. Se le adiciona de 2 a 3cm de sulfato de sodio. Durante el proceso de preparación de la columna, el solvente debe cubrir la parte superior del empaque.

#### IV.2.5. Determinación cuantitativa

El extracto final es inyectado a un cromatógrafo gas-líquido, dotado con un detector de captura de electrones (ECD). Los picos cromatográficos son controlados con una mezcla de estándares de pesticidas organoclorados.

### IV.3. RESIDUOS DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS PARA HARINAS Y CONCENTRADOS ALIMENTICIOS

#### IV.3.1 Reactivos

- Eter de petróleo p.a.
- Acetona p.r.
- Diclorometano p.r.
- Hexano p.a.
- Celite p.a.
- Cloruro de sodio p.a.
- Sulfato de sodio p.r.
- Gel de sílice p.a.

#### IV.3.2. Equipos

- Homogenizador Sorvall
- Embudo de decantación, de 500ml
- Evaporador rotatorio de Büchi
- Columnas separativas con llave de teflón
- Cromatógrafo de gases con ECD
- Columnas de vidrio 6', 0 4 mm, rellenos 1,5% SP2250/1,95 SP 240 sobre Supelcoport 100/120 mesh

#### IV.3.3 Procedimiento

Para alimentos con bajo contenido de agua, a una muestra entre 10 y 50g se agrega agua hasta completar 100g de agua, de acuerdo a la fórmula:

$$\text{Agua agregada} = \frac{100 - \text{peso muestra} * \% \text{ agua}}{100}$$

La mezcla se deja reposar 10 a 20' a temperatura ambiente. Luego, se agrega 100ml de acetona, con homogenización de 3', y 10g de Celite, homogenizando por 10".

Este material se pasa por un embudo de Büchner con vacío suave. Del filtrado, se transfiere una alícuota a un embudo de separación con 10g de cloruro de sodio, agitando por 3'.

Se agrega 50ml de diclorometano para residuos y se agita durante 2' y se deja decantar por 10'. La fase inferior acuosa se desecha. La fase orgánica superior se pasa por 25g sulfato de sodio anhidro, recibiendo en una matraz redondo de 250ml. Se lava 2 veces con 10ml de diclorometano. Se evapora el solvente y se lleva a volumen con hexano.

#### IV.3.4. Purificación

Se lleva a cabo por el método de Steinwandter, pasando por una columna de gel de sílice 10%. El adsorbido es eluido con una mezcla de éter de petróleo/diclorometano 80/20 v/v.

El eluido se evapora y se lleva a 5ml con hexano (5ml)

#### IV.3.5. Determinación cuantitativa

El extracto final es inyectado a un cromatógrafo gas-líquido, dotado con un detector de captura de electrones (ECD). Los picos cromatográficos son comparados con los de una mezcla de estándares.

### IV.4. RESIDUOS DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS EN HUEVOS Y LECHES BOVINAS

#### IV.4.1. Reactivos:

1. Eter de petróleo p.r., rango de ebullición 40-60°C
2. Diclorometano p.r.
3. Mezcla de elución: éter de petróleo/diclorometano (80/20 v/v)
4. Gel de sílice 70-230 mesh, activada a 450°C durante 3h, mantenida en frascos herméticos
5. n-Hexano p.r.
6. Patrones de pesticidas : Lindano, Heptacloro, Aldrín, Heptacloro-epóxido, A y B-Clordano, p,p-DDE, Dieldrín, o,p-DDE, Endrín, p,p-DDD, p,p-DDT

**IV.4.2. Equipos:**

1. Columnas de vidrio:  
Macrométodo: columnas de vidrio de 2cm de diámetro interno y 25cm de largo, con reservorio en la parte superior para 250ml  
Micrométodo: columnas de vidrio de 1cm de diámetro interno y 20cm de largo, con reservorio en la parte superior para 70ml
2. Lana de vidrio silanizada, lavada con éter de petróleo
3. Balones de fondo redondo, con tapa esmerilada, de 250 y 500ml
4. Morteros de porcelana
5. Pipetas Pasteur
6. Matraces aforados con tapa esmerilada de 2 y 10ml
7. Pipetas
8. Balanza analítica
9. Evaporador rotatorio o rotavapor
10. Cromatógrafo gas-líquido, con detector de captura de electrones

**IV.4.3. Procedimiento para huevos**

Se pesa la muestra, se le agrega igual peso de agua y se mezcla en juguera, al mínimo de rpm.

Macrométodo: Se coloca 10g del batido en un mortero y se mezclan homogéneamente con 20g de gel de sílice activada. Esta mezcla se traspasa a la columna de vidrio, en cuyo extremo inferior se ha introducido una mota de lana de vidrio. Se eluye con 250ml de la mezcla de elución. El eluido se concentra en rotavapor, se le agrega hexano y se vuelve a concentrar para eliminar el diclorometano. Se lleva a volumen final de 10ml con hexano en matraz aforado.

Micrométodo: El procedimiento es igual al anterior, sólo que se usa 2g de batido de huevo, 4g de gel de sílice activada, 50ml de la mezcla de elución y volumen final de 2ml.

**IV.4.4. Procedimiento para leche**

Se utilizó el micrométodo descrito por Steinwandter (1). Se mezcla 2g de leche con 4g de gel de sílice activada hasta obtener un polvo homogéneo. La mezcla se coloca en una microcolumna, se eluye con 50ml de la mezcla de elución. El eluido se concentra en rotavapor y se lleva a volumen final de 2ml con hexano.

**IV.4.5. Análisis cromatográfico**

El eluido final, llevado a volumen con n-hexano, fue analizado por cromatografía gas-líquida, usando un detector de captura de electrones (ECD).

Según el IDF, el límite detectable para un residuo de pesticida debe ser, al menos 1/10 de su límite máximo permitido. En este trabajo, el límite detectable para DDT y metabolitos fué de 0,005 microgramos/ml y para los demás pesticidas, 0,001 microgramo/ml.

#### IV.4.6. **Determinación cuantitativa**

El extracto final es inyectado a un cromatógrafo gas-líquido, dotado con un detector de captura de electrones (ECD). Los picos cromatográficos son controlados con una mezcla de estándares de pesticidas organoclorados.

#### IV.5. **RESIDUOS DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS POR METODO SIMPLIFICADO, UTILIZANDO ARRASTRE DE VAPOR EN RECICLAJE SOBRE ISO-OCTANO (METODO MAVRI) (Ciudad y Moyano, 1984)**

##### IV.5.1. **Reactivos**

- Iso-octano p.a.
- Patrones de pesticidas organoclorados
- Sulfato de sodio anhidro p.r.

##### IV.5.2. **Equipos**

- Extractor de aceites esenciales, según Stijve y Cardinale (1973),
- Cromatógrafo de gases, con detector de captura de electrones,
- Columnas de vidrio 6'x1/8", rellenas con 4% SE-30/6% SP-2401 sobre Supelcoport 100-120 mesh
- Homogenizador Sorval, 20.000 rpm

##### IV.5.3. **Sensibilidad**

10 g de muestra permite cuantificar 0,002mg/kg de pesticidas organoclorados

##### IV.5.4 **Procedimiento**

Se procesa 1 kg de muestra en un homogenizador a 20.000 rpm, por un minuto. Se pesa 10g del homogenizado, se transfiere con 30 ml de agua bidestilada a un balón de fondo redondo. Se agrega 600

ml de agua bidestilada y se conecta al extractor de aceites esenciales, el cual debe contener 5ml de iso-octano equilibrado con una columna de agua en la columna de extracción de reflujo.

El equipo, así dispuesto, es mantenido en ebullición con una manta eléctrica termorregulada, por 2hr. Las pruebas de recuperación indicaron que este es el tiempo óptimo de recuperación.

Se extrae el iso-octano del equipo de reflujo, donde han quedado los residuos organoclorados. El solvente es deshidratado con sulfato de sodio anhidro para, luego, inyectar 3ul al cromatógrafo.

#### IV.5.5. Análisis cromatográfico

El iso-octano, conteniendo los residuos organoclorados, es analizado por cromatografía gas-líquida, usando un detector de captura de electrones (ECD).

#### IV.6. RESIDUOS ORGANOCORADOS POR EL METODO GENERAL DE MULTIRRESIDUOS PARA ALIMENTO NO GRASOS (Luke et al, 1981)

##### IV.6.1. Reactivos

- Acetonitrilo p.r.
- Celite p.a.
- Eter de petróleo p.r.
- Cloruro de sodio p.r.
- Sulfato de sodio p.r.
- Florisil p.r.
- Patrones de pesticidas
- Papel filtro-lana de vidrio

##### IV.6.2. Equipos

- Columna de vidrio de 2x40 cm, con llave de teflón
- Embudo Büchner, 12 cm
- Kitasato de 500 ml
- Probetas
- Embudos separadores de 1 lt
- Homogenizador
- Evaporador rotatorio
- Kuderna Danish
- Balones de fondo redondo
- Cromatógrafo de gases, con detector de captura de electrones
- Jeringas y columnas cromatográficas

**IV.6.3. Sensibilidad**

0,01mg/kg, tomando 100g de muestra

**IV.6.4. Procedimiento**

Se pesa 100g de muestra, previamente homogenizada, adicionando 200 ml de acetonitrilo y 10 g de celite; se homogeniza por 2 min, se filtra al vacío a través de un Büchner con papel filtro. El filtrado es transferido a un embudo separador, se adiciona 100 ml de éter de petróleo, agitando vigorosamente por 1 o 2 min.

Se agrega 10 ml de solución saturada de cloruro de sodio y 600 ml de agua; se mezcla en posición horizontal por 30 a 45 seg. Se descarta la fase acuosa y se lava 2 veces la fase orgánica con 100 ml de agua.

Luego, se adiciona 15g de sulfato anhidro y se agita vigorosamente. Se transfiere directamente a la columna para clean-up o se concentra a 5-10 ml, antes de transferir la fase orgánica.

**IV.6.5. Clean-up sobre florisil**

En una columna de vidrio con llave de teflón, se coloca 30g de florisil calcinado y 5g de sulfato de sodio anhidro. Se lava con 50 ml de éter de petróleo y se agrega la muestra. Los pesticidas son eluidos del florisil con 200ml de 6, 15 y 50% de éter etílico en éter de petróleo, agregados en secuencia. Cada solución es concentrada a 10ml. De ésta, 3ul son inyectados al cromatógrafo.

**IV.6.6. Análisis cromatográfico**

El iso-octano, conteniendo los residuos organoclorados, es analizado por cromatografía gas-líquida, usando un detector de captura de electrones (ECD).

**IV.7. MULTIRRESIDUOS ORGANOFOSFORADOS EN VEGETALES, POR UN METODO COMBINADO (Sawyer, 1985; Spech y Tilkes, 1985)****IV.7.1. Reactivos**

- Acetona p.r.
- Diclorometano p.r.
- Celite p.a.
- Cloruro de sodio p.a.

- Sulfato de sodio anhidro p.r.
- Papel filtro libre de cenizas
- Patrones de pesticidas

#### IV.7.2. Equipos

- Homogenizador Sorvall
- Evaporador rotatorio
- Embudos Büchner 12cm
- Kitasato de 500ml
- Embudos de decantación 500ml con llave de teflón
- Balón fondo redondo de 250ml con tapa esmerilada
- Cromatógrafo de gases, con detector N-P
- Jeringas de 1 microlitro

#### IV.7.3. Sensibilidad

0,01mg/kg, tomando 50g de muestra

#### IV.7.4. Procedimiento

Se pesa 50g de muestra y, dependiendo de la humedad de la fruta, se ajusta la cantidad de agua a 50g. Se agrega 100ml de acetona, se agita 3 minutos en un homogenizador.

Se filtra a través de un Büchner con papel filtro libre de cenizas. Del filtrado, se toma una alícuota de 100ml en embudo de decantación de 500 ml, al que se agrega 10g de cloruro de sodio y 50ml de diclorometano; se mezcla, agitando por dos minutos. Al decantar, se elimina la fase acuosa permaneciendo la fase en diclorometano, la que es pasada por 10g de sulfato de sodio anhidro, recibiendo en un balón de 250 ml.

El diclorometano es evaporado en el evaporador rotatorio; antes de llegar a sequedad, se agrega acetona y se continúa evaporando. Finalmente, el residuo de acetona se transfiere a una matraz volumétrico de 10ml y se completa el volumen con acetona. Se inyecta 3ul al cromatógrafo de gases con detector N-P.

#### IV.7.5. Análisis cromatográfico

El extracto en acetona, conteniendo los residuos organofosforados, es analizado por cromatografía gas-líquida, usando un detector N-P.

#### IV.8. DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DE RESIDUOS DE ALAR EN MANZANAS (proporcionado por UNIROYAL)

**IV.8.1. Reactivos**

- Hidróxido de sodio p.a.
- Tricloruro de titanio 15% p.a.
- Cinc granular p.a.
- Antiespumante p.a.
- Acido oxálico p.a.
- Pentacianoamino ferrato trisódico p.a.
- Papel filtro Whatman N°1
- Acido N-dimetil amino succínico, patrón

**IV.8.2. Equipos**

- Aparato de destilación, según Edgerton et al (1983)
- Espectrofotómetro 490-600nm
- Celdas de cuarzo con 1cm de paso
- Mantas calefactoras de 500W

**IV.8.3. Sensibilidad**

100g de muestra permite cuantificar hasta 0,5 mg de ALAR por kg de fruta.

**IV.8.4. Procedimiento**

En un matraz de 1 litro, se pone 100g de manzana, previamente homogenizada, y se agrega suficiente hidróxido de sodio como para alcanzar una concentración de 50%. Se agrega 5ml de tricloruro de titanio con 1ml de antiespumante y 1cc de cinc granular.

Se conecta el aparato de Edgerton et al (1983), agitando para disolver los cristales de hidróxido de sodio. Se procede con la destilación hasta recibir 40ml de destilado en 5ml de ácido oxálico al 10 %. El destilado se tapa y se mezcla, asegurándose que el pH sea igual o inferior a 3 (debe ayudarse con ácido oxálico al 10%). El destilado debe guardarse tapado.

Para desarrollar la reacción colorimétrica, se lleva el destilado a pH 5, con adición gota a gota de hidróxido de sodio. Luego, se agrega 5ml de pentacianoamino ferrato trisódico al 0.1% y se diluye a 50ml, mezclando bien.

Al término de 1h, se filtra a través de papel Whatman N°1 y se mide la absorbancia a 490 y 600nm, con paso de 1 cm. Debe tenerse cuidado de desarrollar color en la obscuridad o en matraces oscuros.

## IV.9. Cianuro en pulpa de uva

### IV.9.1. Reactivos

- Hidróxido de sodio p.a.
- Acido sulfúrico p.a.
- Acido barbitúrico p.a.
- Acido clorhídrico, fumante min 37% (1,19) p.a.
- Cloramina T (trihidratado) p.a.
- Piridina p.a.
- Cianuro de potasio p.a.
- Fosfato potásico primario p.a.

### IV.9.2. Equipos

- Homogenizador Sorvall
- Centrífuga Sorvall
- Aparato de destilación por arrastre de vapor
- Potenciómetro Shott-Geräte

### IV.9.3. Procedimiento

La muestra, conteniendo  $\text{CN}^-$ , se estabiliza a pH 12, se homogeniza a 15.000 rpm en presencia de NaOH 0,5 N, se diluye a 100ml con agua desionizada y se centrifuga a 0°C durante 10 minutos a  $27 \times 10^3 \text{g}$  (13.000 rpm).

En un aparato de destilación por arrastre de vapor, recomendado por el método de Merck (1974), se coloca 20ml de NaOH 1N y se hace pasar una corriente de aire con un flujo de 5 a 10 burbujas por segundo. A través del tubo de introducción y aireación, se introduce 50ml del sobrenadante proveniente de la muestra centrifugada y se agrega 2ml de ácido sulfúrico 9M.

Después de calentar 5 a 10 minutos, se hierve durante 30 minutos con corriente de aire y se continúa con el burbujeo solamente durante 15 minutos más. El líquido destilado alcalino se recibe en un matraz aforado de 100ml, se lava con agua desionizada y se enrasa.

La determinación espectrofotométrica con ácido barbitúrico-piridina es adecuada para un rango de concentración de  $\text{CN}^-$  que fluctúa de 0,02 a  $2 \text{mg CN}^-/\text{l}$ . En caso de concentraciones más elevadas, debe diluirse el destilado.

Según el contenido de iones  $\text{CN}^-$ , se pipetea 10 a 25ml de destilado en un matraz aforado de 100ml. Para concentraciones de  $\text{CN}^-$  superiores a  $2 \text{mg de CN}^-/\text{l}$ , se

diluye una alícuota del destilado con NaOH 0,2N. De esta solución diluida, se pipetea 25ml en un matraz aforado de 100ml. Si la alícuota tomada es menor a 25ml, se debe completar el volumen con solución de NaOH 0,2N.

En forma sucesiva, se agrega 15ml de una solución  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  al 15% y 1,5ml de una solución de cloramina-T al 1%. Después de mezclar durante un minuto, se añade 3ml de una solución de ácido barbitúrico-piridina; la solución se enrasa y se mezcla. El pH de la solución debe ser alrededor de 6. Transcurridos 20 minutos, se lee la absorbancia a 570nm y se estima la concentración por comparación con una curva de referencia de KCN.

#### IV.10. Residuos de detergentes

##### IV.10.1. Reactivos

- Agua doblemente desmineralizada
- Hidróxido de sodio p.a.
- Tetraborato de sodio decahidratado p.a.
- Acido sulfúrico p.a.
- Cloroformo p.a.
- Solución de azul de metileno p.a.
- Solución estándar de materia activa (1.000 mg/l)
- Solución de materia activa (10 mg/l)

##### IV.10.2. Equipos

- Embudos de decantación de 250ml con llave de Teflón
- Embudos de decantación de 1 litro con llave de Teflón, y
- Espectrofotómetro Beckman, provisto de celdas de vidrio con tapa de 1cm.

##### IV.10.3. Procedimiento

###### Pre-extracción del reactivo azul de metileno

En un embudo de decantación de 1 litro, se agrega 10ml de solución de azul de metileno (250mg/l), 10ml de solución de borato alcalino y 100ml de agua desmineralizada por cada determinación a efectuar.

Se realiza tres extracciones con 60ml de cloroformo, seguidas cada vez con lavados de 10-20ml de cloroformo. Después de la extracción final, se debe asegurar que la fase acuosa esté exenta de cloroformo.

### Extracción de las muestras

En un primer embudo de decantación, se toma una cantidad de muestra cuyo volumen no exceda 100ml, y con un contenido entre 10 y 100ug de materia activa. El volumen final debe completarse a 100ml con agua desionizada.

A un segundo embudo de separación, se agrega 50ml de agua desionizada y 3ml de ácido sulfúrico 0,5M. Se agrega 60ml de la solución de azul de metileno pre-extraído a ambos embudos.

Se agrega 15ml de cloroformo al primer embudo y se agita suavemente durante 1 minuto, en plano horizontal, y se deja reposar por 2 minutos, pasando luego la capa de cloroformo al segundo embudo.

Se agita suavemente el segundo embudo, en plano horizontal, y se deja reposar 2 minutos. Se traspasa la capa de cloroformo del segundo embudo a un matraz aforado de 50ml, a través de un embudo pequeño provisto con un trocito de algodón humedecido con 1ml de cloroformo. Este proceso de extracción se repite una vez más.

Finalmente, se lava el trocito de algodón del embudo con 1 a 2ml de cloroformo, traspasando el lavado al matraz aforado. Se enrasa a 50ml con cloroformo y se mide la absorbancia de la solución a 650nm, estimándose la concentración por comparación con una curva de referencia.

ANEXO V: RESULTADOS NO ELABORADOS SUBPROYECTO CONTAMINACION  
CON RESIDUOS DE PLAGUICIDAS

CUADRO V.1. Contenido de RFOC (mg/kg) en harinas de trigo, provenientes de 5 molinos.

N°	MOLINO	RESIDUOS PESTICIDAS ORGANOCCLORADOS mg/kg				
		Lindano	Aldrin	Dieldrin	pp-DDE	Clordano
1	El Sol	0,0012	0,0023	0,0014	ND	ND
2	El Sol	0,0008	0,0012	0,0008	ND	ND
3	Selecta	0,0009	0,0013	0,0010	0,0006	ND
4	Selecta	0,0008	0,0015	0,0015	ND	ND
5	Luchetti	0,0007	0,0008	0,0011	ND	ND
6	Luchetti	0,0009	0,0007	0,0011	ND	ND
7	Carozzi	0,0007	ND	ND	ND	ND
8	Carozzi	0,0021	0,0005	0,0010	ND	ND
9	Mont Blanc	0,0007	0,0048	0,0013	ND	ND
10	Carozzi	0,0009	0,0006	ND	ND	ND
11	Carozzi	ND	ND	0,0016	ND	0,0006
12	Selecta	ND	0,0010	0,0010	ND	ND
13	Selecta	0,0005	ND	0,0070	0,0010	ND
14	Luchetti	ND	ND	0,0017	ND	ND
15	Luchetti	ND	0,0007	0,0010	0,0006	ND
16	Mont Blanc	ND	0,0015	ND	ND	ND
17	Mont Blanc	ND	ND	0,0010	0,0012	ND

CUADRO N.º 2. CONTENIDO DE RPOC EN 30 MUESTRAS DE CARNE BOVINA (mg/kg grasa en la canal) ADQUIRIDA EN CARNICERIAS de la Región Metropolitana

Nº	Comuna	Corte	lindano	hepta- cloro	heptacl. equido	dieldrin	aldrin	A y B- clordano	pp-DDE	op-DDE	DDT + metabol.
1	La Cisterna	posta	0,037	0,064	0,100	-	-	-	-	-	-
2	La Cisterna	lomo	0,037	-	0,104	0,095	-	-	-	-	-
3	Providencia	lomo	0,039	-	-	0,056	-	-	-	-	-
4	Providencia	posta	0,043	0,042	-	-	-	-	-	-	-
5	Santiago	posta	0,314	0,148	-	-	-	-	-	-	-
6	Santiago	lomo	0,047	-	-	-	-	-	0,020	-	0,020
7	Santiago	lomo	0,114	-	0,540	0,027	-	-	-	-	-
8	Santiago	posta	0,022	-	-	2,203	-	-	-	-	-
9	San Joaquín	posta	0,943	0,190	0,428	-	-	0,800	-	-	-
10	San Joaquín	lomo	0,016	-	0,017	0,033	-	0,024	0,182	-	0,182
11	Rufoa	posta	0,036	-	0,152	-	-	-	-	-	-
12	Rufoa	lomo	0,078	-	-	-	-	0,084	-	-	-
13	San Bernardo	lomo	0,032	-	-	0,031	-	-	-	-	-
14	San Bernardo	posta	0,082	0,063	0,163	-	-	-	-	-	-
15	Macul	posta	0,020	0,010	0,053	0,026	-	-	0,025	-	0,025
16	Macul	lomo	0,023	-	0,031	0,021	-	-	-	-	-
17	La Florida	posta	0,040	0,500	0,018	-	-	0,101	-	-	-
18	La Florida	lomo	0,031	0,028	0,073	0,043	-	-	-	-	-
19	La Granja	posta	0,033	0,004	0,044	-	-	-	0,011	-	0,011
20	La Granja	lomo	0,334	0,139	0,640	-	-	-	0,244	-	0,244
21	La Pintana	lomo	0,209	-	0,137	-	0,107	-	-	-	-
22	La Pintana	posta	0,949	-	0,090	-	-	-	-	-	-
23	Providencia	lomo	0,031	-	0,061	0,088	-	-	-	-	-
24	Providencia	posta	0,032	-	0,045	0,092	-	0,044	0,220	0,137	0,357
25	San Bernardo	lomo	0,122	0,006	0,028	-	-	0,030	-	-	-
26	San Bernardo	posta	0,035	-	0,043	0,084	-	0,034	-	-	-
27	Las Condes	lomo	0,172	0,010	0,063	0,034	-	0,054	-	-	-
28	Las Condes	posta	0,057	-	0,282	0,140	-	-	-	-	-
29	San Bernardo	posta	0,071	-	0,127	-	-	-	-	-	-
30	San Bernardo	lomo	0,263	0,024	0,090	-	-	-	-	-	-

**CUADRO V.3.** CONTENIDO DE RPOC (mg/lit) EN LECHE DE VACA, PRODUCTO COMERCIAL ADQUIRIDO EN SUPERMERCADOS DE LA REGION METROPOLITANA, EN ENERO/1988

Nº PRODUCTO	R P O C (mg/lit)		
	lindano	pp'-DDE	dieldrin
1 Loncoleche larga vida	0,0015	0,0040	0,0046
2 Loncoleche larga vida	0,0016	0,0020	0,0033
3 Loncoleche larga vida	0,0013	0,0025	0,0033
4 Soprole larga vida	0,0030	0,0023	0,0013
5 Soprole larga vida	0,0026	0,0019	0,0022
6 Soprole larga vida	0,0010	0,0022	0,0022
7 Calo larga vida	0,0037	0,0013	0,0022
8 Calo larga vida	0,0045	0,0014	0,0024
9 Calo larga vida	0,0012	0,0011	0,0027
10 Lechesur larga vida	0,0011	0,0010	0,0014
11 Lechesur larga vida	0,0036	0,0010	0,0012
12 Lechesur larga vida	0,0049	0,0010	0,0013
13 Calo 0% MG	0,0010	<0,0010	0,0010
14 Calo 12% MG	0,0015	0,0010	0,0010
15 Calo 26% MG	0,0010	0,0021	0,0017
16 Purita 26% MG	0,0028	0,0010	0,0020
17 Molico 0% MG	0,0033	<0,0010	<0,0010
18 Nido 26% MG	0,0035	0,0045	0,0027
19 Champion 26% MG	0,0030	0,0044	0,0023
20 Soprole	0,0047	0,0028	0,0035
21 Referencia (E.E. La Platina)	0,0010	<0,0010	<0,0010

CUADRO V.4. Contenidos de RPOC y RPOF (mg/kg fruta fresca) en uva de mesa.

Ident.	Región	RPOC	RPOF
B2639	III	ND	ND
2303	IV	ND	ND
2304	IV	ND	ND
2305	IV	ND	Tr Dimethoate
2306	IV	ND	Tr Dimethoate
2307	IV	ND	ND
2477	IV	ND	ND
2478	IV	ND	Tr Dimethoate
2479	IV	ND	ND
2480	IV	ND	ND
2542	IV	ND	ND
2321	V	ND	ND
2322	V	ND	ND
2323	V	ND	ND
2324	V	ND	ND
2325	V	ND	ND
2326	V	ND	ND
2460	V	Tr Dieldrin	Tr Ethyl Parathion
2471	V	ND	ND
2472	V	ND	ND
2473	V	ND	ND
2474	V	ND	ND
2475	V	ND	ND
2476	V	ND	ND
2534	V	ND	ND
2536	V	ND	ND
2537	V	ND	Tr Ethyl-Parathion
2543	V	ND	ND
2544	V	ND	Tr Phosmet
2545	V	ND	ND
2546	V	ND	0,086 Phosmet
2548	V	Tr Dieldrin	Tr Ethyl-Parathion
2549	V	Tr Dieldrin	ND
2550	V	ND	ND
2551	V	ND	ND
2552	V	ND	ND
2553	V	ND	ND
2554	V	Tr Dieldrin	0,127 Phosmet
2308	R.M.	ND	0,096 Phosmet
2507	R.M.	ND	ND
2508	R.M.	Tr Lindano Aldrin	ND
2556	R.M.	Tr Dieldrin	0,16 Phosmet
2557	R.M.	ND	ND
2558	R.M.	ND	ND
2560	R.M.	ND	0,14 Phosmet
2566	R.M.	Tr Dieldrin	0,32 Phosmet
2567	R.M.	ND	ND

2568	R.M.	ND		Tr Ethyl-Parathion y Phosmet
2579	R.M.	Tr	Dieldrin	ND
2580	R.M.	ND		ND
2581	R.M.	ND		ND
2582	R.M.	ND		ND
2583	R.M.	ND		ND
2585	R.M.	ND		ND
2586	R.M.	ND		ND
2587	R.M.	Tr	Dieldrin	ND
2588	R.M.	ND		ND
2611	R.M.	ND		Tr Ethyl-Parathion 0,09 Phosmet
2612	R.M.	ND		Tr Ethyl-Parathion 0,77 Phosmet
2613	R.M.	ND		ND
2614	R.M.	ND		ND
2615	R.M.	ND		ND
2616	R.M.	ND		ND
2617	R.M.	ND		ND
2618	R.M.	ND		Tr Ethyl-Parathion 0,1 Phosmet
2619	R.M.	ND		ND
2620	R.M.	ND		ND
2559	VI	ND		ND
2506	VI	ND		ND
2607	VI	ND		Tr Dimethoate
2608	VI	ND		0,76 Phosmet

ND= no hay detección; contenidos, si los hay, bajo los respectivos LMD

3/ Tr Dimethoate= aprox. 0,02 ppm (trazas)

4/ Tr Dieldrin = aprox. 0,002 ppm (trazas)

5/ Tr Ethyl-Parathion= aprox. 0,01 ppm (trazas)

6/ Tr Phosmet = Aprox. 0,07 ppm (trazas)

7/ Lindano y Aldrin = aprox. 0,002 ppm de cada residuo (trazas)

CUADRO V.5. Contenidos de RPOC y RPOF (mg/kg fruta fresca) nectarinos

Ident.	Región	RPOC	RPOF
2327	V	ND	ND
2328	V	ND	ND
2329	V	0,003 Dieldrin	ND
2330	V	ND	ND
2465	V	ND	ND
2466	V	ND	ND
2467	V	ND	ND
2468	V	Tr Dieldrin	ND
2469	V	Tr Dieldrin	ND
2470	V	ND	ND
2535	V	ND	ND
2309	R.M.	ND	0,78 Phosmet
2310	R.M.	ND	Tr Phosmet
2311	R.M.	ND	0,080 Phosmet
2312	R.M.	ND	0,142 Phosmet
2313	R.M.	ND	0,074 Phosmet
2314	R.M.	ND	0,089 Phosmet
2461	R.M.	ND	ND
2462	R.M.	ND	ND
2463	R.M.	ND	Tr Phosmet
2464	R.M.	ND	0,114 Phosmet
2555	R.M.	ND	ND

ND = no hay detección; contenidos residuales, si los hay, bajo los respectivos LMD

Tr Dieldrin = aprox. 0,002 mg/kg fruta fresca

CUADRO V.6. Detalle de análisis de RPOC, RPOF y ALAR en manzanas. Concentraciones en mg/kg fruta fresca

Ident.	Región	RPOC	RPOF	ALAR
2588	R.M.	ND	ND	ND
2590	R.M.	ND	ND	ND
2621	R.M.	ND	ND	ND
2609	VI	ND	ND	ND
2610	VI	ND	ND	ND
2666	VI	ND	Tr Diazinon Phosmet	ND
2667	VI	ND	Tr Phosmet	ND
2668	VI	ND	Tr Diazinon	2,37
2669	VI	ND	Tr Diazinon	ND
2670	VI	ND	Tr Diazinon Phosmet	2,21
2671	VI	ND	ND	1,79
2703	VI	ND	ND	1,28

ND = no hay detección; de haber residuos, sus concentraciones están bajo los respectivos LMD

Tr Diazinon = aprox., 0,01

Tr Phosmet = trazas, 0,07 mg/kg fruta fresca

CUADRO V-7 - RPDC (µg/kg) EN BRABA PERIRRENAL DE BOVINOS, COLECTADA EN LA REGION METROPOLITANA

Muestra	Lindano	Hept/Metab	DDT y Metab.	Aldrin/Dieldrin	Endrin	Cosuna	Provincia	Aniaco	Motadora
34050	-	-	-	-	-	Melipilla	Melipilla	Buey	La Pintana
4051	-	-	-	-	-	Melipilla	Melipilla	Buey	La Pintana
4052	0.002	0.001	0.007	0.009	-	Melipilla	Melipilla	Buey	La Pintana
4058	0.006	-	-	-	-	Melipilla	Melipilla	Toro	La Pintana
4067	0.029	0.027	-	0.035	-	Hospital	Maipo	Novillo	La Pintana
4070	-	-	-	-	-	Hospital	Maipo	Novillo	La Pintana
4071	0.013	-	-	-	-	Hospital	Maipo	Novillo	La Pintana
4072	0.004	-	-	-	-	Hospital	Maipo	Novillo	La Pintana
4131	0.002	0.001	-	0.002	-	S. José Maipo	Cordillera	Novillo	La Pintana
4132	0.003	0.001	0.003	0.008	-	S. José Maipo	Cordillera	Novillo	La Pintana
4133	0.004	0.002	0.004	0.016	-	S. José Maipo	Cordillera	Novillo	La Pintana
4134	0.006	0.003	0.008	0.028	-	S. José Maipo	Cordillera	Vaquillo	La Pintana
4219	0.001	0.003	0.006	0.037	-	Paine	Maipo	Novillo	La Pintana
4220	0.001	0.005	0.012	0.017	-	Paine	Maipo	Novillo	La Pintana
Pras.	0.006	0.009	0.007	0.019	-				

356

CUADRO V-8 - RPDC (µg/kg) EN BRABA PERIRRENAL DE BOVINOS, COLECTADA EN LA VI REGION

Muestra	Lindano	Heptaci+Metab.	DDT+Metab.	Aldrin+Dieldrin	Endrin	Cosuna	Provincia	Aniaco	Motadora
D4002	-	-	-	0.021	-	Rosario	Cachapoal	Vaquillo	COMAFRI Ltda.
4003	-	-	-	0.009	-	Rosario	Cachapoal	Novillo	COMAFRI Ltda.
4004	0.007	-	0.004	-	-	Requinoa	Cachapoal	Vaca	COMAFRI Ltda.
4010	-	-	-	0.008	-	Codegua	Cachapoal	Novillo	COMAFRI Ltda.
4013	-	0.021	-	0.007	-	Codegua	Cachapoal	Novillo	COMAFRI Ltda.
4015	0.008	0.004	-	-	-	Dolihue	Cachapoal	Toro	Dolihue
4092	-	-	-	-	-	Colina	Cachapoal	Novillo	Dolihue
4095	-	-	-	-	-	Sta. Ylicoco	Cachapoal	Novillo	Dolihue
4096	0.023	-	-	-	-	Sta. Ylicoco	Cachapoal	Novillo	Graneros
4098	0.002	0.005	0.017	0.012	-	Sta. Ylicoco	Cachapoal	Novillo	Pichidegua
4106	0.002	0.006	0.004	0.023	-	Placillo	Colchagua	Novillo	Pichidegua
4107	0.002	0.003	0.046	0.038	-	Los Cabrao	Cachapoal	Novillo	Los Cabrao
4136	0.001	0.007	0.007	0.129	-	Los Cabrao	Cachapoal	Novillo	Los Cabrao
Pras.	0.007	0.008	0.018	0.031	-	Graneros	Cachapoal	Vaquillo	Graneros

CUADRO V. 9. RPDC (mg/kg) EN GRASA PERIRRENAL DE BOVINOS VII REGION, COLECTADA EN LA VII REGION

Muestra	Lindano	Heptacl.+Metab	DDI+Metab.	Aldrin+Dieldrin	Endrin	Comuna	Provincia	Animal	Matadero
B-4297	-	-	-	0.014	-	San Javier	Talca	Toro	Maule
4298	-	0.002	-	-	-	San Javier	Talca	Vaquilla	Maule
4299	-	0.013	0.006/0.003	0.031	-	San Javier	Talca	Vaquilla	Maule
4311	0.028	-	-	-	-	San Clemente	Talca	Vaquilla	Pelarco
4313	-	-	-	0.057	-	San Clemente	Talca	Vaquilla	Pelarco
4317	-	-	-	-	-	Talca	Talca	Vaca	Maule
4318	-	0.012	0.001	-	-	Talca	Talca	Vaca	Maule
4319	NC	-	0.014	0.014	-	Curepto	Talca	Vaquilla	Pelarco
4320	NC	-	0.002	0.004	-	Curepto	Talca	Vaquilla	Pelarco
4321	NC	-	0.003	0.009	-	Curepto	Talca	Vaquilla	Pelarco
4322	0.011	-	0.002	0.009	-	Rio Claro	Talca	Novillo	Maule
4323	0.012	-	0.018	0.011	-	Rio Claro	Talca	Novillo	Maule
4325	0.021	-	0.042	0.041	-	Rio Claro	Talca	Duey	Maule
4326	-	0.005	0.013	0.015	-	Pelarco	Talca	Novillo	Pelarco
Medio	0.018	0.008	0.011	0.020	-				

CUADRO V. 10. RPDC (mg/kg) EN GRASA PERIRRENAL DE BOVINOS, COLECTADA EN LA VIII REGION

Muestra	Lindano	Heptacl.+Metab	DDI+Metab.	Aldrin+Dieldrin	Endrin	Comuna	Provincia	Animal	Matadero
B4516	-	-	-	-	-	Chilian	Rubie	Vaca	Chilian
4517	-	-	-	-	-	San Carlos	Rubie	Vaca	Chilian
4518	-	-	-	-	-	San Carlos	Rubie	Vaca	Chilian
4519	-	-	-	0.004	0.005	San Carlos	Rubie	Vaca	Chilian
4520	-	-	-	-	-	San Carlos	Rubie	Novillo	Chilian
4521	-	-	-	-	-	San Carlos	Rubie	Novillo	Chilian
4522	-	-	-	-	-	San Carlos	Rubie	Novillo	Chilian
4523	-	-	-	-	-	San Carlos	Rubie	Novillo	Chilian
4524	-	-	-	-	-	San Carlos	Rubie	Novillo	Chilian
4526	0.007	-	0.011	0.048	-	San Carlos	Rubie	Vaca	Chilian
4527	-	0.004	0.003	0.018	-	Pinto	Rubie	Novillo	Chilian
4528	-	-	0.011	0.012	-	Chilian	Rubie	Vaca	Chilian
4529	-	0.003	0.002	0.011	-	San Carlos	Rubie	Vaca	Chilian
4531	-	0.074	0.019	0.005	-	Chilian	Rubie	Novillo	Chilian
4532	0.010	0.039	0.008	0.008	-	Chilian	Rubie	Novillo	Chilian
4533	0.019	-	-	-	-	Pinto	Rubie	Novillo	Chilian
4535	0.015	-	0.038	0.009	-	San Carlos	Rubie	Novillo	Chilian
4536	0.013	-	0.015	0.015	-	San Carlos	Rubie	Novillo	Chilian
Prom.	0.013	-	0.014	0.014	0.005				

L.M.R.  
 FAD/OMB 1988  
 Lindano 2 mg/kg  
 Hepta/Metab 0,2 mg/kg  
 Aldrin/Dieldrin 0,2 mg/kg  
 Endrin 0,1 mg/kg  
 - No detectado

CUADRO V-11 - NPDC (ag/kg) EN GRASA PERIRRENAL DE BOVINOS, COLECTADA EN LA IX REGION

Muestra	Lindano	Heptacl.	Metab	DDI+Metab.	Aldrin+Dieldrin	Endrin	Comuna	Provincia	Aniwal	Matadero
3900	-	-	-	-	0.052	-	Imperial	Cautin	Buoy	SOPROCAR
3901	-	-	-	-	-	-	Touco	Cautin	Novillo	SOPROCAR
3902	-	-	-	-	-	-	Imperial	Cautin	Vaca	SOPROCAR
3903	-	-	-	-	0.003	-	Touco	Cautin	Vaca	SOPROCAR
4140	-	0.010	0.004	-	0.004	-	Freira	Cautin	Vaca	SOPROCAR
4149	-	0.015	0.004	-	0.034	-	Pitrufquen	Cautin	Vaca	SOPROCAR
4150	0.081	-	-	-	-	-	Imperial	Cautin	Vaquilla	SOPROCAR
4151	0.074	-	-	-	-	-	Imperial	Cautin	Vaca	SOPROCAR
4154	0.078	-	-	-	-	-	Traiguen	Malleco	Vaca	SOPROCAR
4156	0.014	-	-	-	-	-	Traiguen	Malleco	Novillo	SOPROCAR
4157	0.013	-	-	-	-	-	Traiguen	Malleco	Vaca	SOPROCAR
4160	0.003	0.002	0.016/0.007	-	0.008	-	Los Baucos	Cautin	Novillo	SOPROCAR
4164	0.004	0.038	0.006/0.015	-	0.008	-	Pitrufquen	Cautin	Vaca	SOPROCAR
4165	0.006	-	-	-	-	-	Pitrufquen	Cautin	Vaca	SOPROCAR
4243	0.013	-	-	-	-	-	Lautaro	Cautin	Buoy	SOPROCAR
4246	0.002	-	0.007	-	0.013	-	Cunco	Cautin	Novillo	SOPROCAR
Promedio	0.027	0.014	0.048	-	0.020	-				

CUADRO V-12 - NPDC (ag/kg) EN GRASA PERIRRENAL DE BOVINOS, COLECTADA EN LA X REGION

Muestra	Lindano	Heptacl.	Metab	DDI+Metab.	Aldrin+Dieldrin	Endrin	Comuna	Provincia	Aniwal	Matadero
31487	0.034	-	-	0.014	-	-	Purranque	Osorno	Novillo	Fr.de Osorno
3488	0.002	-	-	-	-	-	Purranque	Osorno	Novillo	Fr.de Osorno
3489	0.034	-	-	-	-	-	Rio Bueno	Valdivia	Novillo	Fr.de Osorno
3490	-	-	-	-	0.036	0.018	Rio Bueno	Valdivia	Novillo	Fr.de Osorno
3494	0.009	0.002	-	-	0.010	0.013	Pto. Octay	Osorno	Novillo	Fr.de Osorno
3496	0.021	0.018	-	-	-	-	Entre Lagos	Osorno	Novillo	Fr.de Osorno
3591	0.019	-	-	-	-	-	Rio Bueno	Valdivia	Novillo	Fr.de Osorno
3592	0.003	-	-	-	-	-	Rio Bueno	Valdivia	Novillo	Fr.de Osorno
3593	0.007	0.007	-	-	0.010	-	Rio Negro	Osorno	Novillo	Fr.de Osorno
3594	0.009	0.012	-	-	-	-	Pto. Octay	Osorno	Novillo	Fr.de Osorno
3595	0.010	-	-	-	-	-	Pto. Octay	Osorno	Vaca	Fr.de Osorno
3596	-	-	-	-	0.011	-	Osorno	Osorno	Vaca	Fr.de Osorno
3597	-	-	-	-	-	-	Osorno	Osorno	Novillo	Fr.de Osorno
3598	0.001	-	-	0.008	0.004	-	Ljanquihue	Ljanquihue	Novillo	Fr.de Osorno
3599	-	-	-	-	-	-	Ljanquihue	Ljanquihue	Novillo	Fr.de Osorno
3600	-	-	-	0.158	0.020	-	Rio Bueno	Valdivia	Novillo	Fr.de Osorno
3897	0.002	-	-	-	-	-	Entre Lagos	Osorno	Novillo	Fr.de Osorno
3898	0.015	0.012	-	-	-	-	San Pablo	Osorno	Novillo	Fr.de Osorno
Promedio	0.013	0.014	0.040	-	0.017	0.014				

CUADRO V. 13. APOC (mg/lt) EN BRASAS PERIRRENALES, COLECTADAS EN LA XI REGION

N° lab.	lindano	heptacl. + spóx.	DDT + metaból.	aldrin/ dieldrin	Comuna	Provincia	Anímel	Materia
4374	-	0,014	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Novillo	INDUCAR
4375	0,018	0,060	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Novillo	INDUCAR
4376	-	-	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR
4377	-	-	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR
4378	-	-	0,018	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR
4379	-	-	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR
4380	0,009	-	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Novillo	INDUCAR
4381	-	0,008	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR
4382	-	-	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR
4383	0,043	-	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR
4384	0,061	-	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR
4385	0,064	-	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR
4386	-	-	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR
4387	0,014	-	-	-	Puerto Aysén	Coyhaique	Vaquilla	INDUCAR

**CUADRO V.14. CONTENIDOS RESIDUALES (mg/kg) DE PESTICIDAS ORGANOCLORADADOS EN EL HORIZONTE Ap DE SUELOS**

Región Huasteca		Resultados <sup>1</sup>		% Ocurrencia
<b>VI</b>	<b>Valle del Cachapoal:</b>			
	1	pp-DDE, 0.006		
	2	pp-DDE, 0.002		
	4	ND		
	7	pp-DDE, NC		
	18	aldrin, NC; dieldrin, NC		
	24	aldrin, NC		
	30	pp-DDE, NC		
	35	ND		
	47	dieldrin, 0.004		
	51	pp-DDE, 0.002; dieldrin, 0.005		
<b>VI</b>	<b>Cuenca del Tinguiririca:</b>			
	67	pp-DDE, 0.0035		
	69	lindano, NC; pp-DDE, 0.005; dieldrin, 0.005		83.3
<b>VII</b>	<b>Valle del Mataquito:</b>			
	5	lindano, NC; dieldrin, 0.0111		
	8	dieldrin 0.0068; pp-DDE, 0.0024		
<b>VII</b>	<b>Valle del Maule:</b>			
	25	dieldrin, NC; pp-DDE, NC		
	31	ND		
	38	ND		
	41	dieldrin, NC; pp-DDE, NC		
	49	lindano, NC; clordano, NC; dieldrin, 0.0050		71.4
<b>VIII</b>				
	3	ND		
	7	lindano NC; Dieldrin NC		
	11	ND		
	14	lindano NC		
	17	lindano, NC; heptacloro epóx., 0.0032		
	21	aldrin, NC; dieldrin, 0.0044		
	28	lindano NC		
	37	ND		
	42	lindano, 0.0025; heptacloro epox., NC; dieldrin, 0.002		
	51	lindano 0.0063		
	58	lindano NC		
	62	lindano, NC; pp-DDE, NC61	ND	
	61	ND		69.2

<sup>1</sup>ND= no detectado, <0.001mg/kg

NC= no cuantificable, contenidos entre 0.001 y 0.002mg/kg

**CUADRO V.15. CONTENIDOS RESIDUALES (mg/kg ss) DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS EN EL HORIZONTE A<sub>p</sub> DE SUELOS**

Ident.	Region Muestra	Resultados	% Ocurr. regional
IX	4	ND <sup>1</sup>	
	6	dieldr!n NC	
	8	lindano NC, dieldr!n 0.004	
	11	lindano NC	
	12	ND	
	14	lindano 0.005	
	15	lindano 0.003, dieldr!n 0.002	
	16	lindano 0.002, pp-DDE 0.002	
	18	lindano NC, pp-DDE NC, dieldr!n 0.003	
	23	ND	
	32	lindano 0,006	
	46	ND	
	50	lindano NC	
	51	ND	
	61	ND	
	76	ND	
	78	ND	
	83	lindano NC	
	85	ND	
	87	ND	
88	ND		
99	ND	45,5	
X	4	ND	
	6	lindano NC	
	7	lindano NC, pp-DDE 0.015	
	10	ND	
	12	pp-DDE 0.005	
	18	lindano 0,003	
	15	pp-DDE 0.012, dieldr!n 0.016, pp-DDT 0.004	
	17	lindano 0.003, pp-DDE NC	
	20	pp-DDE NC	
	23	pp-DDE 0,006	
	25	pp-DDE NC	
	27	pp-DDE 0.004	
	29	ND	
	30	ND	
	32	ND	
34	lindano NC		
36	ND		
37	pp-DDE, 0.0025		

<sup>1</sup> ND= no detectado, <0.001mg/kg  
 NC= no cuantificable, contenido entre 0.001 y 0.002mg/kg

	40	ND	
	42	lindano NC	
	44	ND	
	45	ND	
	46	ND	
	48	lindano NC; pp-DDE NC	
	50	ND	
	53	lindano, NC; pp-DDE 0.024	
	55	lindano 0.0032; pp-DDE NC	53,3
<b>XI</b>	2	ND	
	6	ND	
	8	ND	
	10	ND	
	12	ND	
	15	lindano 0.002	
	19	ND	
	21	ND	
	23	ND	
	25	lindano NC	
	28	lindano NC	27,3

---