Caracterización y modelación del transporte preferencial de plaguicidas organofosforados en suelos productivos bajo riego. Aplicación al Distrito Colonia Centenario, Patagonia Argentina

Tesis doctoral

Indice general

[Agradecimientos V](#_Toc438060951)

[Resumen VII](#_Toc438060952)

[RESUM IX](#_Toc438060953)

[ABSTRACT XI](#_Toc438060954)

[Indice general XIII](#_Toc438060955)

[Indice de figuras XVII](#_Toc438060956)

[Indice de tablas XXI](#_Toc438060957)

[Glosario XXIII](#_Toc438060958)

[1. Introducción 1](#_Toc438060959)

[1.1. Objetivos 3](#_Toc438060960)

[1.2. Estructura de la tesis 3](#_Toc438060961)

[2. Flujo y transporte preferencial en medios porosos no saturados 5](#_Toc438060962)

[2.1. El flujo preferencial 5](#_Toc438060963)

[2.2. Mecanismos y tipos de flujo preferencial 7](#_Toc438060964)

[2.3. Modelos conceptuales 8](#_Toc438060965)

[2.3.1. Flujo en medio poroso no saturado 10](#_Toc438060966)

[2.3.2. Transporte de solutos 12](#_Toc438060967)

[2.3.3. Transferencia de masa entre macroporos y microporos 12](#_Toc438060968)

[2.4. Complejidad y aplicabilidad de los modelos 13](#_Toc438060969)

[2.5. Parametrización de los modelos 16](#_Toc438060970)

[2.6. Ensayos de campo 17](#_Toc438060971)

[3. El sector agrícola en el Valle Inferior del Río Neuquén 23](#_Toc438060972)

[3.1. Características regionales 23](#_Toc438060973)

[3.2. La llanura aluvial del Río Neuquén 25](#_Toc438060974)

[3.3. Actividades agrícolas en el Distrito de Riego Colonia Centenario 27](#_Toc438060975)

[3.3.1. Sistema productivo 27](#_Toc438060976)

[3.3.2. Control de plagas 28](#_Toc438060977)

[4. Modelado del flujo y transporte preferencial 31](#_Toc438060978)

[4.1 Modelo MACRO de porosidad dual 31](#_Toc438060979)

[4.1.1 Bases conceptuales del modelo 31](#_Toc438060980)

[4.1.2 Variables conductoras 33](#_Toc438060981)

[4.1.3 Flujo del agua en el suelo 34](#_Toc438060982)

[4.1.4 Transporte de solutos 42](#_Toc438060983)

[4.1.5 Temperatura del suelo 45](#_Toc438060984)

[4.1.6 Impacto de las prácticas agrícolas sobre las propiedades de los suelos 46](#_Toc438060985)

[4.2 Parámetros del modelo 49](#_Toc438060986)

[4.3 Parámetros relevantes en los resultados del modelo 51](#_Toc438060987)

[4.3.1 Parámetros de la curva de retención 52](#_Toc438060988)

[4.3.2. Propiedades hidráulicas 54](#_Toc438060989)

[4.3.3. Longitud de difusión efectiva 55](#_Toc438060990)

[4.3.4. Factor de tortuosidad en macroporos 58](#_Toc438060991)

[4.3.5. Propiedades de los plaguicidas 58](#_Toc438060992)

[4.3.6. Fracción para sitios de sorción 58](#_Toc438060993)

[4.3.7. Dispersividad 59](#_Toc438060994)

[4.3.8. Impacto de las condiciones iniciales sobre los resultados 60](#_Toc438060995)

[4.4. Calibración 60](#_Toc438060996)

[4.5. Validación 62](#_Toc438060997)

[4.6. Análisis de sensibilidad 63](#_Toc438060998)

[5. Aplicación del modelo 67](#_Toc438060999)

[5.1. Caracterización del área de estudio 67](#_Toc438061000)

[5.1.1. Selección de sitios 67](#_Toc438061001)

[5.1.2. Clima 68](#_Toc438061002)

[5.1.3. Suelos 69](#_Toc438061003)

[5.1.4. Riego 79](#_Toc438061004)

[5.1.5. Aplicación de plaguicidas 79](#_Toc438061005)

[5.2. Clasificación de sitios mediante análisis multivariado de parámetros hidráulicos 80](#_Toc438061006)

[5.2.1. Características principales de los tipos de suelos 82](#_Toc438061007)

[5.3. Diseño del modelo 83](#_Toc438061008)

[5.3.1. Discretización del perfil 83](#_Toc438061009)

[5.3.2. Condiciones de borde e iniciales 83](#_Toc438061010)

[5.3.3. Parametrización del modelo 84](#_Toc438061011)

[5.4. Resultados de la calibración del modelo 96](#_Toc438061012)

[5.4.1. Balance hidrológico 96](#_Toc438061013)

[5.4.2. Niveles freáticos 97](#_Toc438061014)

[5.4.3. Metil azinfos en el suelo 99](#_Toc438061015)

[5.5. Validación 103](#_Toc438061016)

[5.5.1. Clorpirifós en suelo 103](#_Toc438061017)

[5.5.2. Propiedades químicas de clorpirifós 104](#_Toc438061018)

[5.5.3. Resultados de la validación 106](#_Toc438061019)

[5.6. Análisis de sensibilidad 109](#_Toc438061020)

[6. Resultados de la simulación 115](#_Toc438061021)

[6.1. Balance de masas 115](#_Toc438061022)

[6.1.1. Balance hidrológico 115](#_Toc438061023)

[6.1.2. Balance de solutos 119](#_Toc438061024)

[6.2. Dinámica del agua en el perfil 124](#_Toc438061025)

[6.2.1. Absorción de agua en raíces 124](#_Toc438061026)

[6.2.2. Humedad en el suelo 125](#_Toc438061027)

[6.2.3. Tensión del agua en el suelo 130](#_Toc438061028)

[6.2.4. Movimiento del agua 133](#_Toc438061029)

[6.3. Dinámica de los plaguicidas en el perfil del suelo 138](#_Toc438061030)

[6.3.1. Concentración de plaguicidas 138](#_Toc438061031)

[6.3.2. Movimiento de plaguicidas 146](#_Toc438061032)

[6.4. Alternativas para disminuir la lixiviación al acuífero 151](#_Toc438061033)

[6.4.1. Planteo de alternativas 151](#_Toc438061034)

[6.4.2. Escenario de lixiviación más desfavorable 154](#_Toc438061035)

[6.4.3. Impacto de las alternativas sobre el lixiviado al acuífero 155](#_Toc438061036)

[7. Conclusiones 157](#_Toc438061037)

[Existencia de flujo preferencial 157](#_Toc438061038)

[Modelación del transporte de plaguicidas y su incertidumbre 158](#_Toc438061039)

[Dinámica del flujo preferencial de agua y plaguicidas en el suelo 159](#_Toc438061040)

[Lixiviación de plaguicidas al acuífero 159](#_Toc438061041)

[Alternativas para disminuir la lixiviación 160](#_Toc438061042)

[Líneas de investigación futuras 160](#_Toc438061043)

[Referencias 163](#_Toc438061044)

[Anexos](#_Toc438061045)