



# UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

CENTRO DE CIENCIAS AMBIENTALES EULA – CHILE

*“ORIGEN, DINÁMICA ESPACIO - TEMPORAL y FACTORES  
AMBIENTALES RELACIONADOS A LA CONTAMINACIÓN  
MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE UNA  
MICROCUCIENCA RURAL DE SECANO”*

Tesis para optar al grado de  
Doctor en Ciencias Ambientales  
presentada por:

Mariela Beatriz Valenzuela Hube

Comisión examinadora de la tesis de grado

Dr. Oscar Parra Barrientos Director de Tesis  
Centro de Ciencias Ambientales – EULA  
Universidad de Concepción

Dr. Claudio Pérez Castillo  
Instituto de Investigaciones Agropecuarias  
INIA Quilamapu Chillán

Dr. Roberto Urrutia Pérez  
Centro de Ciencias Ambientales – EULA  
Universidad de Concepción

Examinador externo

Dr. Bernhard Karrasch  
Helmholtz Zentrum für Umweltforschung UFZ  
Magdeburg, Alemania

Enero de 2009

## RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron determinar el origen de la contaminación microbiológica fecal presente en aguas subterráneas de pozos a nivel de microcuenca, caracterizar la condición espacio – temporal del fenómeno y la prevalencia de la contaminación microbiológica fecal. Asimismo, establecer la relación entre propiedades ambientales y de manejo de la cuenca y el fenómeno espacio – temporal de la contaminación microbiológica de las aguas subterráneas. En una cuenca rural de secano en Chile, el agua subterránea representa una fuente de suministro de agua importante tanto para la agricultura como para el uso doméstico. Sin embargo, este recurso tiene problemas de calidad microbiológica. 42 pozos elegidos al azar fueron analizados durante un período de un año, en cuatro temporadas diferentes en 2005, para determinar las fuentes de contaminación, la dinámica espacio - temporal de los organismos indicadores y factores en la microcuenca que podrían estar influyendo en el fenómeno. Se midieron repetidamente los niveles de bacterias indicadoras, incluyendo Coliformes Totales (CT), Coliformes Fecales (CF) y Enterococos Fecales (EF). El estudio del probable origen fue realizado utilizando la razón CF a EF, identificaciones bioquímicas, la técnica de colifagos somáticos y presencia de cepas patógenas de *Pseudomonas*. La dinámica espacio - temporal se determinó con análisis estadísticos de las concentraciones estacionales de los organismos indicadores. El análisis de los factores que pueden estar contribuyendo al problema de la contaminación fecal se llevó a cabo utilizando pruebas estadísticas no paramétricas. En todas las muestras se encontraron CT, CF y EF. Todos los pozos analizados contenían patógenos oportunistas. Los resultados sugieren que la fuente principal de contaminación fecal es de origen animal. Las concentraciones de organismos indicadores mostraron una base temporal, con niveles variables entre temporadas, con concentraciones mayores en la temporada lluviosa. Las causas de la contaminación pudieron relacionarse con el fácil acceso de los animales a los pozos y el material de revestimiento permeable de los mismos. La escorrentía superficial local producto de las precipitaciones mostró una influencia directa en la concentración de indicadores hallados en las muestras de aguas subterráneas. Las características inherentes del sitio donde se localiza el pozo noria así como los alrededores más cercanos son los factores principales que podrían estar afectando la calidad del agua subterránea en la microcuenca de San José. Existe mucha dificultad en identificar factores ambientales dominantes que influyan las concentraciones de organismos indicadores detectados en los pozos. Sin embargo, el presente estudio muestra que el análisis de los datos microbiológicos en combinación con información ambiental y de gestión básica de la cuenca puede proveer una visión preliminar de las causas de la contaminación fecal en aguas subterráneas.

Mejorar la calidad de los recursos hídricos subterráneos permitirá el progreso gradual de la comunidad rural. Una mejor calidad del agua puede estimular el desarrollo rural, siendo un incentivo para los habitantes a no abandonar los territorios agrícolas.

**Palabras clave:** Agua subterránea, contaminación microbiológica, calidad del agua, indicadores biológicos

## ABSTRACT

An investigation into microbiological groundwater quality was conducted in a rural Chilean watershed that has almost no other water source. In 42 randomly chosen wells, levels of indicator bacteria – total coliforms (TC), faecal coliforms (FC), and faecal streptococci (FS) – were measured repeatedly over the course of one year (2005) in four different seasons. The aim of this study was to characterize microbiological groundwater quality, identify sources from the point of view of whether they are point or non point and relate indicator levels to certain watershed features and management characteristics that are likely to affect water quality. The probable origin of the contamination was determined by using the Fecal coliform to Fecal streptococci ratio, biochemical identification of enteric bacteria, somatic coliphages detection as an indicator of the presence of human enteric viruses and the presence of pathogenic strain of *Pseudomona*. The temporal contamination dynamic was determined with statistical analyses of indicator organism concentrations. Non parametric tests were used to analyze relationships between bacterial indicators in well water and other variables. TC, FC, and FS were found in all samples, indicating that the wells were contaminated with faecal material. Results suggest that the main source of fecal contamination is of animal origin, a diffuse one. All analyzed wells contain opportunistic pathogens. The concentrations appeared to have a temporal basis; levels varied between seasons, with higher concentrations in winter. The cause of contamination could be linked to the easy access of domestic animals to the wells and to the permeable well casing materials. Local precipitation runoff directly influenced the bacterial concentrations found in the wells. The analysis of microbiological data combined with environmental information of the watershed provided a preliminary insight of the causes and dynamics of microbiological contamination of groundwater in the watershed. Improving quality of groundwater resources is considered to be an important environmental issue for gradual improvement of this rural community quality of life. A better quality of rural water may actually encourage rural development thus becoming an incentive for residents to stay in the area and not to abandon rural landscapes.

**Key words:** Groundwater, microbiological contamination, water quality, biological indicators