

<b>ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>LA TÉCNICA DE LOS BIOENSAYOS</b>	<b>2</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA ZONA</b>	<b>3</b>
<b>CLIMA</b>	<b>4</b>
<b>GEOLOGÍA</b>	<b>4</b>
<b>RECURSOS HÍDRICOS ACUÍFEROS</b>	<b>5</b>
<b>SUELOS.</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVOS Y PRODUCTOS ESPERADOS</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>6</b>
<b>PRODUCTOS ESPERADOS Y LOGRADOS</b>	<b>6</b>
<b>PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>	<b>7</b>
<b>EQUIPO TÉCNICO DEL PROYECTO</b>	<b>8</b>
<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO CON LOS PRODUCTORES RURALES</b>	<b>8</b>
PROMOCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE POBLADORES DE LAS ZONAS RURALES.	8
CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTORES	10
PRODUCCIÓN DE UN VIDEO DE DIFUSIÓN	11
RESULTADOS DE PARTICIPACIÓN	12
<b>METODOLOGÍA ANALÍTICA</b>	<b>13</b>
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.	13
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.	13
PARÁMETROS BIOLÓGICOS (BIOENSAYOS)	13
<b>RESULTADOS ANALÍTICOS</b>	<b>15</b>
TOXICIDAD AGUDA EN BIOENSAYOS	15
BIOENSAYO DE LECHUGA Y SALINIDAD	17
EXCESO DE NITRATOS EN AGUA SUBTERRÁNEA	21
CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA	23
VARIACIÓN ESTACIONAL Y GEOGRÁFICA DE LOS PARÁMETROS	26
<b>METODOLOGÍA EDUCATIVA</b>	<b>28</b>
<b>RESULTADOS EDUCATIVOS</b>	<b>32</b>
<b>PARTICIPACIÓN EN SIMPOSIO INTERNACIONAL Y TALLER DE DISCUSIÓN DE MUNICIPIOS.</b>	<b>34</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>35</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>38</b>

# INFORME DE PROYECTO EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DE CALIDAD DE AGUA EN MONTEVIDEO RURAL

Alberto Gómez Perazzoli<sup>1</sup>, Julio Espínola<sup>2</sup>, Juan Escarcena<sup>2</sup>, Juan C. Tagliani  
Intendencia Municipal de Montevideo  
Av. 18 de Julio  
Tel/Fax +5982 1950 1949  
[umr@piso3.imm.gub.uy](mailto:umr@piso3.imm.gub.uy)

## ANTECEDENTES

Este proyecto fue elaborado en el marco de la convocatoria que el Centro Internacional para el Desarrollo (CIID/IDRC) de Canadá realizó a Gobiernos Municipales de América Latina y el Caribe sobre “Estrategias Comunitarias y Ecosistémicas de Evaluación de Calidad de Agua (Bioensayos y Evaluación de Toxicidad en Agua)”.

Se ejecutó entre en junio de 2000 y octubre de 2001 y estuvo a cargo de la Intendencia Municipal de Montevideo a través de la Unidad de Montevideo Rural y el Laboratorio de Higiene Ambiental.

El Departamento de Montevideo, concentra casi la mitad de la población del país y gran parte de los servicios y la industria. Sin embargo posee también una zona dedicada a actividades rurales, principalmente en rubros intensivos como hortalizas y frutales, que utilizan intensivamente el riego.

El municipio ha considerado relevante evaluar la calidad de agua en la zona rural debido a sus impactos sobre los productores rurales y consumidores de sus productos.

La zona rural del departamento es objeto de medidas específicas de protección de sus áreas agropecuarias y naturales, que están definidas en el Plan de Ordenamiento Territorial municipal.

En relación a los temas ambientales existe una Agenda 21 local (Agenda Ambiental Montevideo), elaborada por más 350 representantes de sectores estatales y de la sociedad civil en junio del 2000. (Intendencia Municipal de Montevideo, 2000.)

---

<sup>1</sup> Unidad de Montevideo Rural

<sup>2</sup> Laboratorio de Higiene

En la Agenda se acordaron propuestas para las zonas rurales que están en la línea de este trabajo:

- Monitoreo de recursos naturales,
- promoción del desarrollo sustentable,
- Capacitación de los vecinos en el control y evaluación de la situación ambiental de su zona,
- Mejorar la información de los productores.

Previamente la Unidad de Montevideo Rural desarrolló diversos trabajos con relación al agua y a los cultivos de hortalizas de hoja que son los más importantes en la zona, llegando a las siguientes conclusiones:

- La necesidad de establecer un programa de monitoreo y vigilancia de los recursos utilizados y disponibles de agua superficial y subterránea, en sus aspectos cuantitativos y cualitativos, con destino a riego y consumo humano.
- Los productores tienen dificultad para relacionar los problemas de calidad del agua que presentan los análisis y sus condiciones de vida. Le asignan poca importancia a los análisis de calidad del agua para riego y consumo. Los productores tienen dificultad en interpretar los datos de esos análisis.
- Los productores de lechuga utilizan intensivamente agrotóxicos.

## **LA TÉCNICA DE LOS BIOENSAYOS**

Se definen los bioensayos como una forma de análisis sistemático que utilizando el método científico, permite detectar la presencia de una gran diversidad de agentes tóxicos en un solo análisis a través de la o las modificaciones producidas en una población de seres vivos expuestos a dicho agente.

Los resultados, que pueden ser cuantificados de diversas maneras, usualmente se expresan como dosis-respuesta referido a la concentración del producto frente al cual una parte de la población testada (usualmente el 50%) muestra efectos tóxicos, finalmente se llega a un índice de biotoxicidad que permite calificar la muestra.

Técnicos del Laboratorio de Higiene Ambiental se capacitaron en la metodología de bioensayos en diciembre de 1998 y en el "Taller de Transferencia de Tecnología de Bioensayos", 15 al 20 de mayo del 2000 (La Plata, Argentina) a través de un entrenamiento por parte del equipo de investigación de la Universidad de la Plata, integrante de la Red Watertox auspiciada por el IDRC de Canadá.

Durante 1999 se comenzó a trabajar en bioensayos con las técnicas de *Hydra attenuata*, *Lactuca sativa* y *Allium sp.* En primera instancia se realizó la transferencia de las técnicas a nueve Docentes de Enseñanza Secundaria (Plan Piloto) a través de un curso teórico-práctico dictado por el Dr. Julio Espínola y el Tec. Laboratorista Juan Escarcena en el Instituto de Formación Docente de la Calle Asilo Integrando posteriormente a los Liceos N° 7, 55, 49 y Liceo Gabriela Mistral con la participación total 300 alumnos al programa Aquatox 2000. La aplicación de estas técnicas dentro del programa educativo demostró ser un instrumento pedagógico de gran utilidad.

Los bioensayos fueron considerados como una técnica especialmente apropiada para evaluar la toxicidad de un conjunto elevado de sustancias que potencialmente podrían afectar al agua de la zona, vinculadas a contaminantes de origen agrícola o industrial.

Existen en la actualidad más de nueve millones de compuestos químicos de los cuales más del 75% carecen de información sobre su toxicidad al ingresar a la biosfera. Frente a la imposibilidad de identificar cada una de estas sustancias y sus metabolitos en forma rutinaria a través de análisis físico-químicos debido al alto costo así como a la necesidad de instrumental y personal especializado, se desarrollan estos ensayos biológicos como una alternativa validada científicamente y de bajo costo operativo.

Por otra parte detección de un elemento o sustancia tóxica a través de un análisis físico-químico nada nos dice sobre su biodisponibilidad, en tanto que la utilización de un bioensayo permite conocerla, completando la información necesaria para su evaluación.

## DESCRIPCIÓN DE LA ZONA



El departamento de Montevideo es la menor de las 19 divisiones político - administrativas del Uruguay, concentrando casi la mitad de la población del país, así como gran parte de las industrias y la mayoría de las actividades de servicio, lo que le confiere un papel de particular importancia.

Coordenadas geográficas:

Latitud: 34° 54' 33"

Longitud: 56° 12' 45"

El área rural de Montevideo con 16.000 hectáreas es apenas el 0.1% de la superficie agropecuaria del país pero genera una proporción significativa del total de rubros hortícolas vitícolas y frutícolas. (Mapa 1). El total de productores es de 1300 y explotan superficies promedio de 12 has. en predios de tipo familiar. Un grupo de cultivos de especial importancia para Montevideo son las verduras de hoja. Casi la mitad de toda la producción nacional de estos rubros se produce en Montevideo, siendo la lechuga el principal cultivo hortícola del departamento.

Existen aproximadamente 200 predios dedicados principalmente a hortalizas de hoja, donde residen 1100 personas. Más del 70% del área de estos cultivos se riega y por lo tanto son muy dependientes de la cantidad y calidad del agua, ya sea en su producción o en su aptitud para el consumo.

En cuanto a la fuente de agua utilizada para riego en Montevideo, el 69% proviene de aguas subterráneas, el 21% de reservas superficiales, el 8% de cauces naturales sin represar y el 2% de cauces naturales represados.

Los productores enfrentan dificultades económicas en este tipo de explotaciones. Esto tiene como efecto el abandono de los predios o la intensificación de los sistemas productivos buscando obtener mayores rendimientos, por disminución de los períodos de descanso de los suelos entre cultivos, mayor uso del riego, fertilizantes y agrotóxicos. Esto impacta negativamente la sustentabilidad de los recursos naturales y la salud de los habitantes.

CUADRO 1 DEPARTAMENTO DE MONTEVIDEO TERRITORIO Y POBLACIÓN

	URBANA	RURAL TOTAL	RURAL AGROPECUARIA
SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	527,3	336,4	162
POBLACIÓN	1.307.562	37.277	4.200
DENSIDAD (habitantes por hectárea)	68	1.2	0.26

### CLIMA

Uruguay esta situado entre los 30° y 35° de latitud sur, en una zona subtropical templada típica.

El clima es templado y húmedo. La temperatura media anual es de 17,3° C, la media va de un mínimo de 11,8 °C en invierno (junio-agosto) a 23 °C en verano (diciembre-febrero).

En general el régimen hídrico es uniforme a lo largo del año, con un promedio anual de precipitaciones de 1000 mm. Los registros indican que no hay estación lluviosa típica, aunque otoño y comienzos de primavera tienen registros algo mayores al resto del año.

### GEOLOGÍA

De: Cardelino, R. Ferrando, L. (1969).

Montevideo se ubica sobre basamento cristalino, presentando un relieve reflejado por la culminación de la Cuchilla Grande del Sur. Las máximas alturas apenas superan los 100 metros, en el caso del Cerro de Montevideo, aislado del resto de la cuchilla. Con un litoral de 67 Km sobre el Río de la Plata, de comportamiento estuarino, presenta un especial microclima que permite que sea barrido por los vientos del sur.

Casi la totalidad del área en la cuál se realizó el monitoreo de agua, corresponde a sedimentos cenozoicos apoyados en discordancia sobre rocas cristalinas precambrianas y sedimentarias cretáceas.

La extensa cubierta sedimentaria restringe los afloramientos del basamento cristalino a la costa del Río de la Plata y en las nacientes de los arroyos principales.

La formación Libertad es la más extendida de las formaciones geológicas del área de trabajo, inclusive del departamento. Ocupa en general las zonas altas formando lomadas de pendientes suaves. Se apoya en discordancia sobre las formaciones Raigón y Fray Bentos o sobre el Precambriano erosionado. Está integrada por aleurolitas (rocas limosas) fundamentalmente loess y lodolitas, las que presentan un color castaño pardo característico y en algunos casos poseen concreciones de calcio.

De los estudios realizados se reporta que la potencia máxima de la formación alcanza los 28 metros en una perforación de Pajas Blancas, como valores medios se puede indicar espesores de la unidad en el orden de 4 a 6 metros. Esta formación desde el punto de vista agronómico tiene gran importancia como excelente material madre para la formación de suelo.

En general éste material madre da origen a suelos bien desarrollados, con un horizonte B textural con arcillas expansivas.

### *RECURSOS HÍDRICOS ACUÍFEROS*

Las diferentes rocas constituyentes de la corteza terrestre presentan diferentes posibilidades para el almacenamiento y circulación del agua subterránea. Un sistema de acuífero está constituido por dos fases bien definidas: la roca almacén y el agua, ambas coexisten en el mismo ambiente físico constituyendo en su conjunto el acuífero.

Los acuíferos de la zona corresponden a sistemas de fisuras. En este tipo de acuíferos, la circulación y almacenamiento del agua depende de la existencia de fisuras de las rocas y del grado de interconexión entre ellas.

### *SUELOS.*

Los suelos dominantes son aquellos asentados sobre la formación Libertad, corresponden a suelos de color pardo oscuro a negro, y dentro de éstos a brunosoles éutricos, que son suelos moderadamente profundos a profundos, de textura media a pesada.

Un 60% de la superficie de suelo rural del departamento puede clasificarse entre muy apta a moderadamente apta para cultivos agrícolas intensivos, que constituyen su principal uso actual. Las principales limitantes se refieren a dificultades para la penetración radicular y el laboreo —texturas pesadas, degradación de estructura, encostramiento superficial, etcétera—, exceso de humedad y problemas de drenaje, riesgos de erosión y de sequía. Los problemas de erosión no son todo lo graves que podría esperarse considerando la larga historia agrícola de estos suelos.

El problema más generalizado está relacionado con la degradación de la estructura como consecuencia de la pérdida de materia orgánica. Originalmente estos suelos eran muy fértiles y productivos, viéndose modificadas estas características por su intensivo uso.

## **OBJETIVOS Y PRODUCTOS ESPERADOS**

El proyecto fue elaborado con los siguientes objetivos:

### *OBJETIVO GENERAL*

Mejorar la capacidad de las comunidades rurales para integrarse armónicamente a sus ecosistemas, con especial atención a un manejo responsable de la calidad del agua.

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

Evaluar la calidad del agua de riego, lavado de hortalizas y consumo humano en los ecosistemas de las zonas rurales de Cuchilla Pereira y Punta Espinillo por medio de análisis fisicoquímicos, microbiológicos y bioensayos.

Sensibilizar y educar grupos de productores e instituciones educativas de la zona rural.

Elaborar en forma participativa un plan de manejo racional del agua en las zonas de Cuchilla Pereira y Punta Espinillo.

### *PRODUCTOS ESPERADOS Y LOGRADOS*

A continuación se presenta el cuadro de productos esperados al iniciarse el proyecto y los productos logrados.

## CUADRO 2 PRODUCTOS ESPERADOS Y LOGRADOS

PRODUCTOS ESPERADOS	PRODUCTOS LOGRADOS	RAZON DE LA DISCREPANCIA
250 muestras de agua analizadas a través de análisis fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos, para 40 productores en un período de un año.	107 muestras analizadas para 24 productores.	Debido a reducción de personal en el Laboratorio se redujo la capacidad de procesar muestras. La reducción de personal se produce por razones ajenas al equipo del proyecto, vinculadas a ajustes generales para toda la Intendencia. El número de productores se redujo debido a la menor capacidad de procesar muestras
Informe sobre calidad de agua para las zonas de Cuchilla Pereira y Punta Espinillo	Informe sobre calidad de agua elaborado	
Sensibilización y capacitación, referente a calidad de agua, de al menos 40 productores (divididos en dos grupos) que realizan horticultura intensiva bajo riego.	Sensibilización y capacitación para 24 productores de tres zonas.	Reducción de productores por razones expresadas en primer producto. Se agregó una zona más no prevista, debido a demandas de los vecinos de esa zona (Cabaña Anaya)
Sensibilización y educación de cuatro instituciones educativas de la zona (dos liceos y dos escuelas primarias) utilizando la metodología del programa Aquatox 2000.	Se trabajó en cinco instituciones tres escuelas y dos liceos de la zona rural.	Se resuelve agregar una escuela más de lo previsto.
Plan de monitoreo y mejora de calidad de agua elaborado participativamente por Instituciones educativas, grupos de productores, técnicos y oficinas municipales.	Conjunto de acciones propuestas para el seguimiento del proyecto	Existen propuestas de seguimiento acordadas con los productores. La propuesta final será presentada en un taller de presentación de resultados a realizarse a fin de octubre.

### *PRESUPUESTO DEL PROYECTO*

El proyecto se realizó con el aporte de 20000 dólares canadienses efectuado por el CIID. Estos fondos fueron destinados a la realización de inversiones, gastos de funcionamiento(consumibles) y al pago surgido de la contratación de un becario.

La contraparte de la Intendencia consistió en aporte de personal técnico y administrativo necesario y locomoción de acuerdo al cronograma previsto. Este aporte se estima 104.000 dólares canadienses.



## EQUIPO TÉCNICO DEL PROYECTO

La coordinación del proyecto estuvo a cargo de Alberto Gómez por la Unidad de Montevideo Rural y Julio Espínola del Laboratorio de Higiene Ambiental. En el trabajo con instituciones educativas y productores participó Juan C. Tagliani y en Bioensayos Juan Escarcena.

En las determinaciones fisicoquímicas: Mary Yafalián, Analía Velez y Cristina Cacho. En las determinaciones microbiológicas Ana Lurati.

En toma de muestras y apoyo a talleres con productores Fernando Ronca.

Como apoyo administrativo, compras y sumistros María Fernanda García y Tabaré Leberrie

## METODOLOGÍA DE TRABAJO CON LOS PRODUCTORES RURALES

Zonas seleccionadas para los muestreos:

Los muestreos se concentraron en dos zonas, Punta Espinillo con 11 productores y Cuchilla Pereira con 9 productores, por ser los lugares de mayor densidad de cultivos de hortalizas de hoja: lechuga, espinaca y acelga.

Posteriormente se agregó la zona de Cabaña Anaya, con 4 productores, debido a que productores de la zona habían manifestado preocupación por la contaminación de una cañada con efluentes de un criadero de cerdos. (Ver Anexo 8).

## PROMOCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE POBLADORES DE LAS ZONAS RURALES.

Los fundamentos y herramientas para el logro de una adecuada participación ciudadana en los temas ambientales ha sido desarrollada por Santandreu, A: (1997)

*La participación ciudadana frente a la temática ambiental se apoya en que los grupos locales poseen muy buenos conocimientos sobre los ecosistemas donde viven, realizan en muchos casos acciones más ajustadas a su entorno ambiental, son muy efectivos en la evaluación y monitoreo ambiental, y pueden realizar diversas acciones de gestión ambiental con éxito. Es así que la activa participación ciudadana se ha evidenciado como la mejor forma, aunque no la única, para lograr soluciones duraderas y de bajo costo beneficiando tanto a los gobiernos, sean estos nacionales o locales, como a la propia comunidad*

*Derivada del concepto de Atención Primaria de Salud, la **ATENCIÓN PRIMARIA AMBIENTAL (APA)** apuesta al trabajo de la comunidad en la gestión de temas ambientales. Se basa en un razonamiento sencillo: al ser la comunidad quien mejor conoce sus problemas es también, quien está mejor capacitada para solucionarlos.*

**Los actores de este proceso son:**

- **Los Grupos Ambientales (GA):** grupos integrados por representantes de organizaciones vecinales, organismos públicos, empresas, asociaciones civiles, universidades, etcétera, y que tiene como cometido el seguimiento permanente de un asunto específico.
- **Los Promotores Ambientales (PA):** agentes provenientes de la comunidad que desarrollan acciones de información, sensibilización, educación y capacitación vecinal para la gestión local participativa.
- **Los Monitores Ambientales (MA):** agentes provenientes de la comunidad capacitados para el monitoreo ambiental que desarrollan acciones de control por ejemplo de los ecosistemas en los que habitan o de los efluentes de una fábrica.

**Las herramientas de gestión de la Atención Primaria Ambiental (APA) son:**

- La **Información** democratiza y extiende el conocimiento mejorando la replicabilidad de las experiencias ciudadanas en otros barrios o zonas.
- La **Sensibilización** de la población implicada en el problema ambiental concreto, a través de diversas actividades, mejora las condiciones objetivas y subjetivas para desarrollar proyectos comunitarios de largo plazo.
- La **Educación** vincula y promueve a los actores barriales elaborando y difundiendo herramientas conceptuales y prácticas para una mejor gestión ambiental.
- La **Capacitación** de los agentes locales potencia el aspecto multiplicador y de permanente control ciudadano, generando recursos humanos capaces de implementar programas de recuperación, y protección ambiental en el ámbito comunitario.
- El **Monitoreo** respalda científicamente las opiniones y las acciones a tomar.

Para promover la participación en el proyecto se realizaron reuniones iniciales por zona, de convocatoria pública. En estas reuniones iniciales se definieron los interesados en participar en el proyecto y los lugares a muestrear.

Inicialmente se había programado coordinar las actividades con cuatro grupos de productores activos en la zona, tres de los cuales ya no funcionaban como grupos cuando comienza el proyecto. Esto dificultó las tareas de convocatoria inicial.

Se realizaron dos talleres en cada zona, uno sobre Calidad de agua y salud y otro sobre Producción agropecuaria y calidad de agua. En cada taller se presentaron los resultados de los análisis (parciales y finales). Se elaboraron cartillas en apoyo a la capacitación y sensibilización. Se explicó el significado de los análisis y se elaboró un formulario sencillo donde figuran los datos más relevantes.

En el último taller se propusieron acciones de seguimiento del proyecto.

Durante todo el proyecto además se visitaban los predios a los efectos de recabar datos y muestras, por lo que existió un contacto personal continuo con las familias. Los datos por productor se ordenaron en una ficha que permitió obtener información del predio. La ficha se utilizó tanto para caracterizar el predio como para interpretar de resultados.

Se puede resumir la metodología de participación empleada en un cuadro de actividades según herramientas y actores:

CUADRO 3 METODOLOGÍA DE PARTICIPACIÓN

HERRAMIENTAS	ACTORES		
	PRODUCTORES/AS Y VECINOS/AS	ESCUELAS Y LICEOS	TÉCNICOS MUNICIPALES
INFORMACIÓN	Talleres y cartillas	Charlas y talleres para docentes	
SENSIBILIZACIÓN	Talleres y cartillas	Charlas y talleres para docentes	
EDUCACIÓN		Charlas y talleres para docentes	
CAPACITACIÓN	Talleres	Talleres	Cursos sobre técnicas de bioensayos
MONITOREO		Bioensayos	Bioensayos y análisis microbiológicos y fisicoquímicos
PLANIFICACIÓN	Taller final		Taller final

### CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTORES

Superficie promedio = 8,2 hectáreas  
 100 % de los productores residen en el predio  
 78% de los predios tienen como rubro principal las hortalizas de hoja (lechuga, acelga y espinaca) y el resto a otras actividades: animales de granja, berro y boniato.

29% de los productores cuentan con abastecimiento de agua desde red pública, el resto dependen de agua que extraen de pozos.

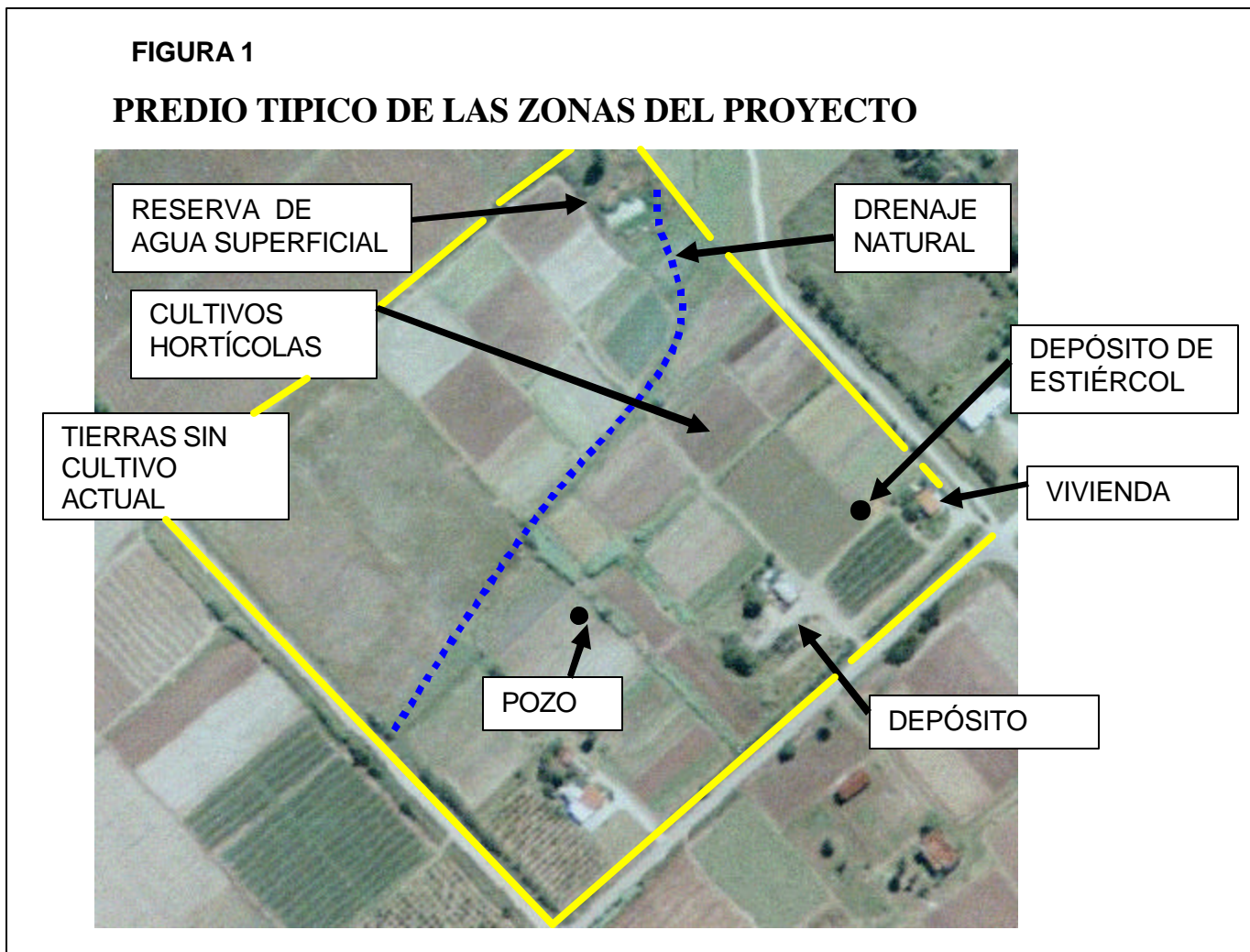
La profundidad promedio de los pozos es de 39 m (mínimo 6 m – máximo 72 m)  
 Caudal promedio de los pozos: 10100 L/hora (mínimo 1.800 - máximo 32.000 L/hora).

Porcentaje de las obras para fuente de agua según antigüedad de construcción:  
 < 4 años 52%  
 entre 5 y 19 años 3%  
 > a 19 años 45%

Distancia del pozo negro a la fuente de agua más cercana:  
 Promedio: 90 m (mínimo 20 m – máximo 250)

Porcentaje de las fuentes a menos de 50m del pozo negro: 37%

A los efectos de una mejor descripción se incluye una foto aérea donde se observan algunos puntos relevantes de uno de los productores del proyecto, de la zona de Punta Espinillo. (Figura 1).



## PRODUCCIÓN DE UN VIDEO DE DIFUSIÓN

En el mes de julio, sobre el final del proyecto, se decidió elaborar un video que recogiera los principales aspectos del proyecto: problemas con la calidad del agua, opinión de los productores, actividades en las escuelas y propuestas para mejorar la calidad del agua con participación de los diferentes actores involucrados.

Para poder realizar el video se contó con una financiación adicional del CIID de U\$S 800 y aportes de la Intendencia Municipal de Montevideo en personal técnico (camarógrafos, locución y coordinación) y equipos de filmación y edición.

El video tiene una duración de 12 minutos y fue presentado a la red de Municipios que participaron en proyectos sobre “Estrategias de evaluación comunitarias y ecosistémicas de calidad de agua”, integrantes de la Red Watertox y personal del CIID en Quebec (Canadá) el 1 de setiembre de 2001.

## RESULTADOS DE PARTICIPACIÓN

Participaron 24 productores, con distinto grado de compromiso.

Todos los productores colaboraron en la toma de muestras en sus predios y aportando información.

En los talleres y reuniones la participación fue de 20 personas.

Los factores que motivaron una mayor participación fueron:

- Casos de contaminación de aguas superficiales fácilmente apreciables, por establecimiento de cría de cerdos o asentamientos de viviendas.
- Productores que utilizan agua con alto contenido de sales y que observan daños en cultivos y/o degradación de suelos.
- Productores que desean diferenciar sus productos con relación a la calidad de agua que utilizan (cultivo de berro acuático).
- Grupos de mujeres que elaboran alimentos en forma artesanal.

Los principales problemas según la opinión de los productores son comerciales y productivos, reconociendo algunos problemas ambientales vinculados al agua.

### CUADRO 4 PRINCIPALES PROBLEMAS AMBIENTALES SEÑALADOS EN LOS TALLERES CON PRODUCTORES

PROBLEMA	ACCIONES PROPUESTAS	ESTADO DE EJECUCIÓN
CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS EN ENVASES DE AGROTÓXICOS	RECOLECCIÓN ESPECIAL POR EL MUNICIPIO	EN EJECUCIÓN
CONTAMINACIÓN POR EXCESO DE FERTILIZANTES	RACIONALIZACIÓN DEL USO	A IMPLEMENTAR
FALTA DE DIFERENCIACIÓN DE LAS HORTALIZAS PRODUCIDAS CON BUENA CALIDAD DE AGUA	SELLO DE CALIDAD	A IMPLEMENTAR
FALTA DE INFORMACIÓN SOBRE CALIDAD DE AGUA	MONITOREO ANUAL CON INFORME A LA COMUNIDAD	A IMPLEMENTAR

## METODOLOGÍA ANALÍTICA

Para cada productor se muestrearon todas las fuentes de agua utilizadas. Se seleccionaron 43 fuentes de agua: 32 pozos, 10 tajamares (reserva de agua superficial) y 1 aljibe (reserva de agua de lluvia).

Todas las determinaciones físico - químicas y microbiológicas se realizaron siguiendo la metodología y las recomendaciones propuestas en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewaters ( 19ª Edición -1995).

### PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.

Se seleccionaron 24 parámetros físico-químicos, 16 de los cuales son exigidos por la Legislación Nacional para calificar la calidad de las aguas destinadas a riego y consumo humano y otros 8 por su importancia en los aspectos productivos. (ver Anexo 2)

Los parámetros seleccionados fueron: Turbidez, pH, O.D, D.B.O. 5, Conductividad (25°C), Salinidad, Sólidos totales, Sólidos suspendidos totales, Sólidos disueltos 103-105°C, Amonio libre, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno total (Kjeldhal), Fósforo total, RAS, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Alcalinidad total, Dureza total, Hierro, Cloruros y Sulfatos.

### PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.

Se seleccionaron 5 parámetros microbiológicos para dar cumplimiento a las exigencias de la Legislación Nacional y Municipal para aguas de riego y consumo humano. Los mismos son: Coliformes totales, Coliformes fecales, Pseudomonas spp., Pseudomona aeruginosa y Recuento de aerobios totales a 35°C .

### PARÁMETROS BIOLÓGICOS (BIOENSAYOS)

Se utilizó una batería compuesta por las siguientes técnicas para la determinación de toxicidad aguda, *Hydra attenuata* ( 48 y 96 hs.), *Daphnia magna* (48 hs.), *Lactuca sativa* (120 hs.). Estos bioensayos se ajustaron a los criterios metodológicos desarrollados por la Red Watertox (IDRC), no existiendo actualmente legislación sobre su uso en el País. (ver anexo 10).

Esta batería de técnicas bioanalíticas cumple con los siguientes criterios:

- Bajo costo operativo
- No se emplean equipos caros
- Mínima necesidad de moneda extranjera
- Materiales y suministros disponibles localmente
- Sensibles de amplio espectro y no redundantes
- Seguros y no contaminantes
- Simples y realizables localmente
- Estandarizados y reproducibles
- Aplicabilidad Universal
- Tiempo completo menor o igual a cinco días
- Inclusión de organismos de dos o más niveles tróficos

En líneas generales se siguieron los criterios metodológicos transferidos en el Taller de La Plata Argentina (Centro de Investigaciones del Medio Ambiente-CIMA, 1999), realizándose las siguientes modificaciones surgidas de la valoración de los primeros resultados obtenidos:

1- Las muestras recibidas se sometieron primeramente a una caracterización fisico-química incluyendo la determinación de los siguientes parámetros: PH, O2 disuelto, dureza salinidad y conductividad. La importancia de la determinación previa al bioensayo de los mismos radica en la posibilidad de adecuación de la muestra a las mejores condiciones de supervivencia de los organismos utilizados en el test. (corrección de dureza, oxigenación, normalización del pH, etc.)

Cabe aclarar que en ninguna de las 107 muestras procesadas fue necesario introducir cambios en las mismas.

2- De acuerdo a los resultados preliminares obtenidos por la Red Watertox sobre la sensibilidad de las distintas técnicas propuestas a diferentes tipos y concentraciones de tóxicos se decidió utilizar, para todas las muestras extraídas, en una primera instancia los Bioensayos de *Daphnia magna* e *Hydra attenuata* en siembra directa (100% de la muestra) y evaluar los efectos en 48hs.

Posteriormente y de acuerdo a los resultados de dichos tests, realizar la siembra de las diluciones pertinentes operativizando la batería completa de Bioensayos (esto es incluir a los anteriormente utilizados los ensayos de *Lactuca sativa* y *Allium spp.*)

3- .Adecuándose a los criterios analíticos desarrollados en el ítem 2 se introdujeron las siguientes modificaciones en las técnicas de *Daphnia* e *Hydra* respecto a los protocolos transferidos:

Para el Test de Toxicidad aguda (48Hs.) con *Daphnia magna* se sustituyeron los tubos de ensayo por placas de cultivo de seis pozas cada una con una capacidad de 10 ml (marca Nunc), incluyendo cinco neonatos de 24 hs por poza, trabajando por triplicado con una población total de neonatos por muestra de 15 individuos, y un volumen de muestra de 10ml por poza.

Para *Hydra attenuata* se utilizó el mismo sistema de placas con tres individuos por poza y en duplicado con una población total de seis individuos por muestra y un volumen de muestra de cinco ml por poza. Los efectos se evaluaron a las 24 y 48 Hs. Cabe aclarar que dichas modificaciones introducidas se aplicaron para una evaluación primaria de las muestras extraídas. Si estos ensayos preliminares detectaban algún tipo de toxicidad se procedería luego a la aplicación de la técnica tradicional en lo que hace al número de individuos, réplicas y tiempo de evaluación de los efectos, manteniendo eso si las modificaciones introducidas en la utilización de los recipientes (placas por tubos)

4- Se realizaron ensayos para la elaboración de cartas de control utilizando los tóxicos de referencia recomendados por la Red Watertox. Los resultados de los mismos pueden verificarse en el Anexo 3.

5- Se realizaron controles de la velocidad de crecimiento de la población de *Hydra attenuata* según procedimientos estandarizados.

6 – Se realizó una prueba de calidad en conjunto con los laboratorios participantes mediante el procesamiento de seis muestras ciegas con la batería de Bioensayos (ver resultados en el Anexo 4)

### RESULTADOS ANALÍTICOS

Período de Muestreo Julio 2000 a Marzo 2001

Campañas Operativas 17  
 Productores Evaluados 24

CUADRO 5 CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS SEGÚN ORIGEN

	TOTAL	POZOS	TAJAMARES	ALJIBE	TANQUES DE AGUA
Fuentes Evaluadas	43	32	10	1	
Muestras Extraídas	107	69	22	3	13

CUADRO 6 NUMERO DE DETERMINACIONES

TIPO	NUMERO
FISICOQUÍMICAS	1753
MICROBIOLÓGICAS	301
BIOENSAYOS	238

### TOXICIDAD AGUDA EN BIOENSAYOS

No se detectó toxicidad aguda con los ensayos de *Daphnia magna* e *Hydra attenuata* en ninguna de las 94 muestras procesadas, siguiendo los procedimientos de ensayo desarrollados en el capítulo Metodología Analítica Bioensayos, numerales 1, 2 y 3. Para *Hydra attenuata* tampoco se detectaron efectos subletales.

Consideramos relevante el hecho observacional de que no se presentaron alteraciones ni para *Daphnia* ni para *Hydra* a pesar del amplio rango de variación en los valores de los parámetros físico-químicos analizados como se observa en el cuadro N° 7



CUADRO 7 VARIACIÓN DE PARÁMETRO FISICOQUÍMICOS

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Ph		6.7	8.5
O.D	Mg/L	0.1	3.7
DBO5	Mg/L	14	21
Conductividad	MS/cm	0.06	1.75
Alcalinidad	Mg/L CaCO <sub>3</sub>	15	732
Dureza	Mg/L CaCO <sub>3</sub>	22	321
Nitratos	Mg/L N	0.5	40
Fósforo	Mg/L P	1	3.8
Relación Adsorción de Sodio		1	12
Sodio	Mg/L Na	1.7	342

Uno de los factores de riesgo de contaminación son los agrotóxicos utilizados por los productores, varios de ellos con potencial de contaminar el agua y afectar la vida acuática. (ver lista de productos utilizados en Anexo 5).

La forma de distribución espacial y temporal de los cultivos y zonas sin cultivar, con una importante diversidad dentro de los predios y también entre los predios, (que son relativamente pequeños), puede ser un factor que explique que no se concentren cantidades importantes de ningún plaguicida en particular.

Según la bibliografía los cursos superficiales de agua son más rápidamente afectados por plaguicidas mientras que los reservas subterráneas se contaminan más lentamente. Sin embargo una vez contaminadas éstas últimas pueden permanecer afectadas por mucho más tiempo (décadas), mientras que las fuentes superficiales responden más fácilmente a cambios de manejo. (U.S. Geological Survey, 2001) En este estudio la mayor parte de las fuentes de agua analizadas fueron subterráneas, debido a que son las más utilizadas por los productores, por lo que es esperable que los resultados de toxicidad reflejen no sólo la situación actual sino también la historia de uso de productos en las zonas. No se dispone de datos de cantidades utilizadas de plaguicidas, por lo que no es posible medir la presión sobre el recurso en este sentido. Existen fuerzas que pueden estar actuando en sentidos contrarios con relación al uso de insumos. Por un lado la situación económica de los últimos años ha sido negativa para los productores, esto ha provocado abandono de predios y probablemente menor capacidad económica para comprar insumos. Pero por otra parte algunos productores han concentrado tierras y crecido en superficie. Estos productores de mayor tamaño utilizan por lo general tecnologías más intensivas en el uso de plaguicidas.

Debido a los riesgos sobre la salud humana de algunos agrotóxicos utilizados y la falta de información y cuidados en su manejo por parte de los productores, el equipo del proyecto analizó este tema especialmente en los talleres con productores aunque no se haya detectado toxicidad por bioensayos. No se descarta que los agrotóxicos puedan estar afectando a productores y trabajadores o a los consumidores en el caso en que queden residuos en los alimentos. Sin embargo no existen datos suficientes en el país como para evaluar correctamente estos riesgos.

## BIOENSAYO DE LECHUGA Y SALINIDAD

Si se obtuvieron resultados de toxicidad aguda para el ensayo con *Lactuca sativa* 120 hs. en 20 de las 27 muestras a las que se le realizó el bioensayo.

- El total de muestras provenientes de aljibes y de tajamares mostraron un hipercrecimiento estadísticamente significativo de la raíz respecto al control negativo . Esto se ha correlacionado al nivel de salinidad y más específicamente a la concentración de sodio. (ver Gráfica 1) Los resultados de hipocrecimiento aparecen sólo en aguas subterráneas.

En las zonas costeras hay un equilibrio entre el agua subterránea dulce y el agua subterránea salada, esta última permanece más abajo debido a su mayor densidad. Pero cuando se extrae una cantidad excesiva de agua dulce, se produce intrusión marina provocando una salinización del acuífero, en casos extremos que continúe la sobre explotación se puede llegar a que el agua salada ocupe el acuífero ( Fuentes, J. 1993).

La lechuga es un vegetal medianamente sensible a la salinidad y además es un buen indicador para las condiciones locales debido a que es un cultivo predominante.

Las sales ejercen efectos negativos, generales o específicos, sobre los cultivos. Además las sales afectan ciertas propiedades fisicoquímicas del suelo, lo que puede provocar la pérdida de capacidad de los mismos como medio para el crecimiento de las plantas.

Los criterios relevantes para juzgar la calidad de agua para riego con relación a la salinidad y su potencial daño para el crecimiento de los cultivos son: (Rhoades, J.D., Kandiah, A. y Mashali, A.M. 1992).

Permeabilidad y facilidad de laboreo: Efectos dañinos e interactivos sobre la estructura del suelo, permeabilidad y facilidad de laboreo del sodio intercambiable en exceso y alto pH en el suelo y baja concentración de electrolitos en el agua que infiltra. Estos efectos se evidencian por desagregación, encostramiento, pobre facilidad de laboreo (agregados superficiales bastos y compactos) y por una reducida infiltración de agua.

Salinidad: Efectos generales de las sales en la transpiración y crecimiento de cultivos que se cree que son de naturaleza osmótica y además, relacionadas al total de concentración de sales más que a concentraciones individuales de constituyentes específicos de sales. Estos efectos son generalmente evidenciados por transpiración reducida y crecimiento menor, produciendo plantas pequeñas con menos hojas y de menor tamaño.

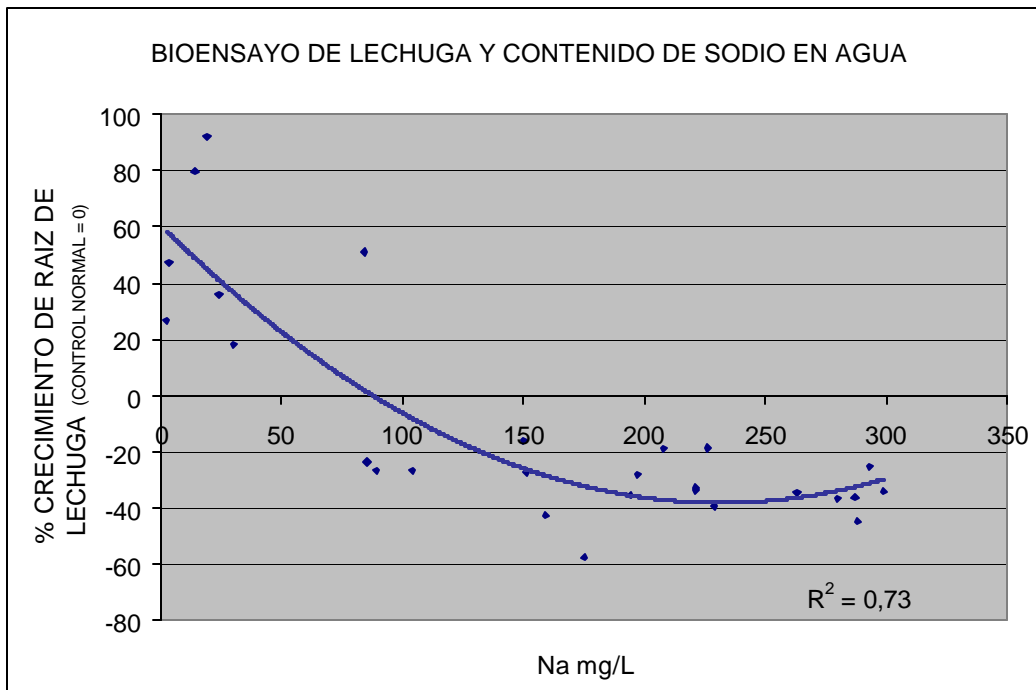
Toxicidad y desbalances nutricionales: Los efectos de solutos específicos o sus proporciones sobre el crecimiento vegetal, especialmente para cloro, sodio y boro. Estos efectos son generalmente evidenciados por quemado de hojas y defoliación.

Concentraciones de la solución del suelo con alta concentraciones de sales, dominadas por calcio y magnesio presentan buenas condiciones físicas de suelo. Por el contrario bajas concentraciones de sal y concentraciones de sodio relativamente altas afectarán negativamente la permeabilidad y la agregación del suelo.

La Relación de Adsorción de Sodio ( $[Na] / \sqrt{[Ca/2] [Mg/2]}$ ) mide estos efectos, cuanto más alto este valor en un agua de riego, mayor es el riesgo de afectar negativamente las propiedades físicas del suelo.

Para las muestras de agua analizadas se observó una peor calidad del agua subterránea, con relación a la salinidad y al RAS, frente a las aguas superficiales. (Ver Gráficos 2 a 6).

GRAFICA 1 BIOENSAYO DE LECHUGA Y CONTENIDO DE SODIO



GRAFICA 2: NIVEL PROMEDIO DE SODIO SEGÚN FUENTE DEL AGUA

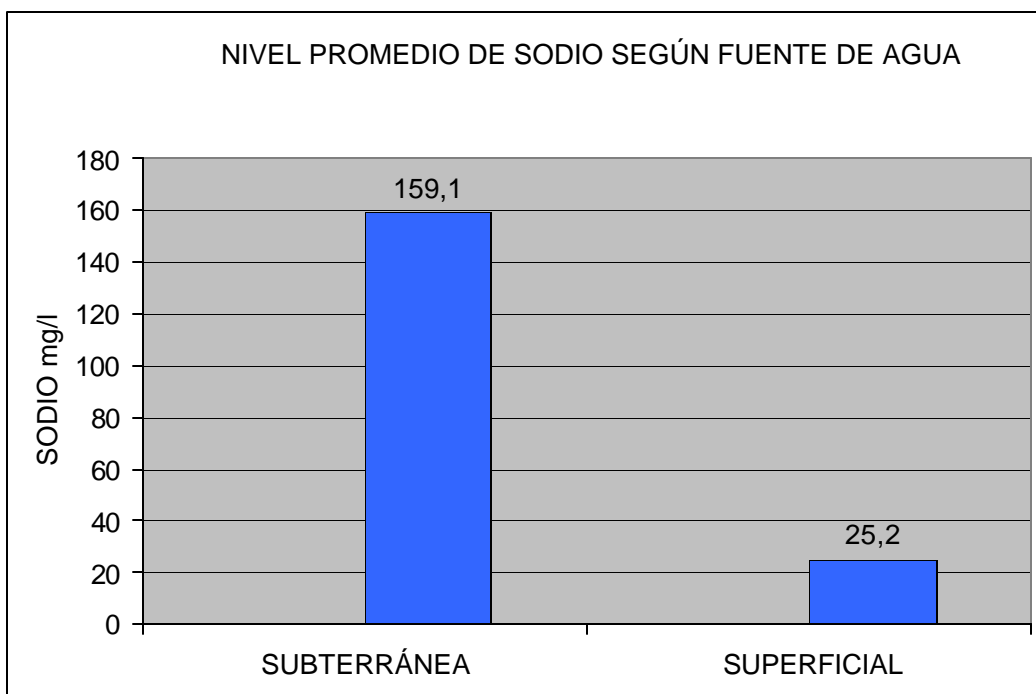


GRÁFICO 3 RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO EN AGUA SUBTERRÁNEA

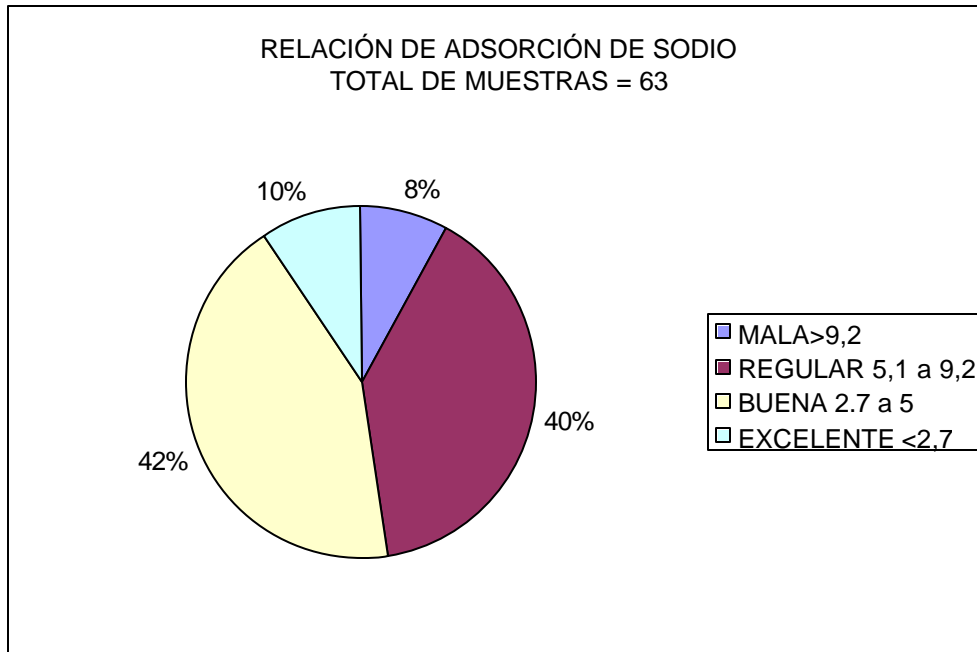


GRÁFICO 4: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUA SUBTERRÁNEA

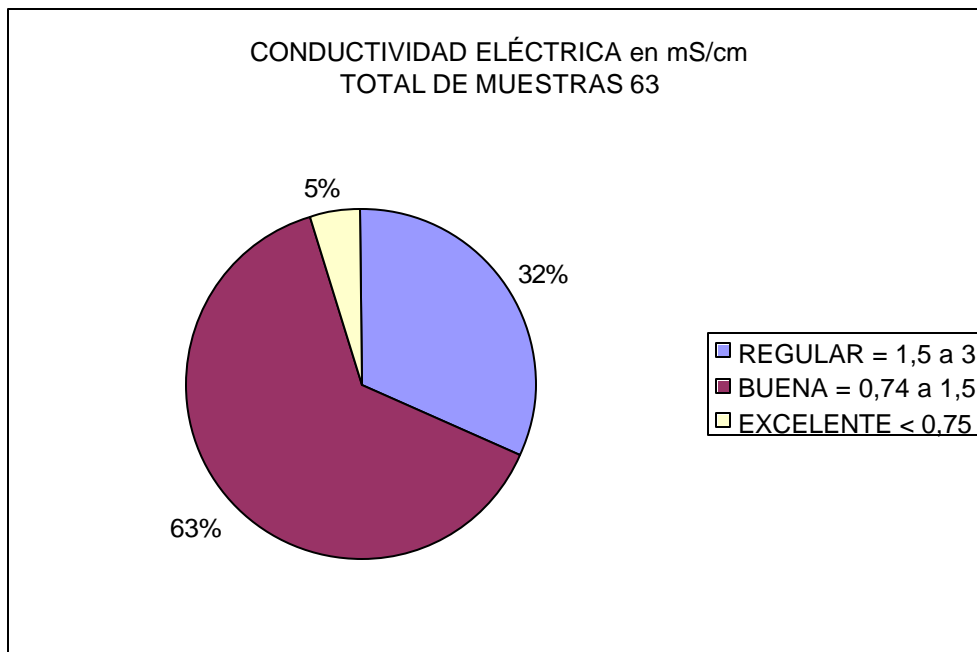


GRÁFICO 5 RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO EN AGUA SUPERFICIAL

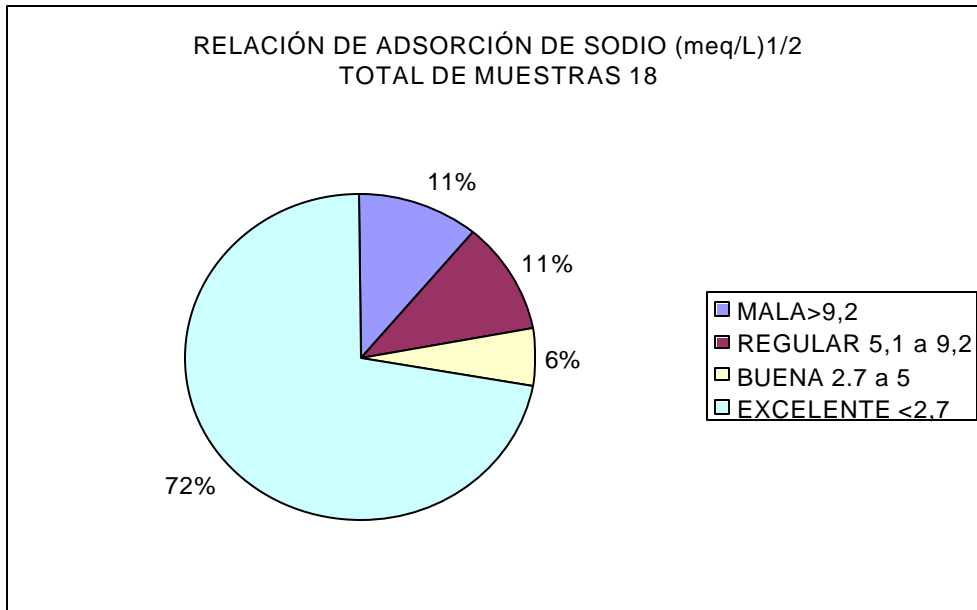
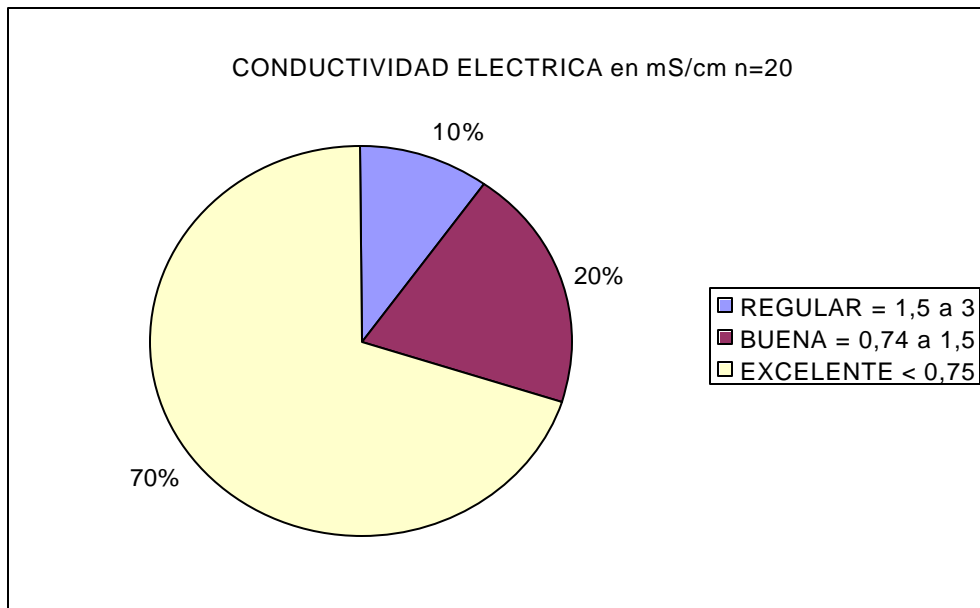


GRÁFICO 6 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN AGUA SUPERFICIAL



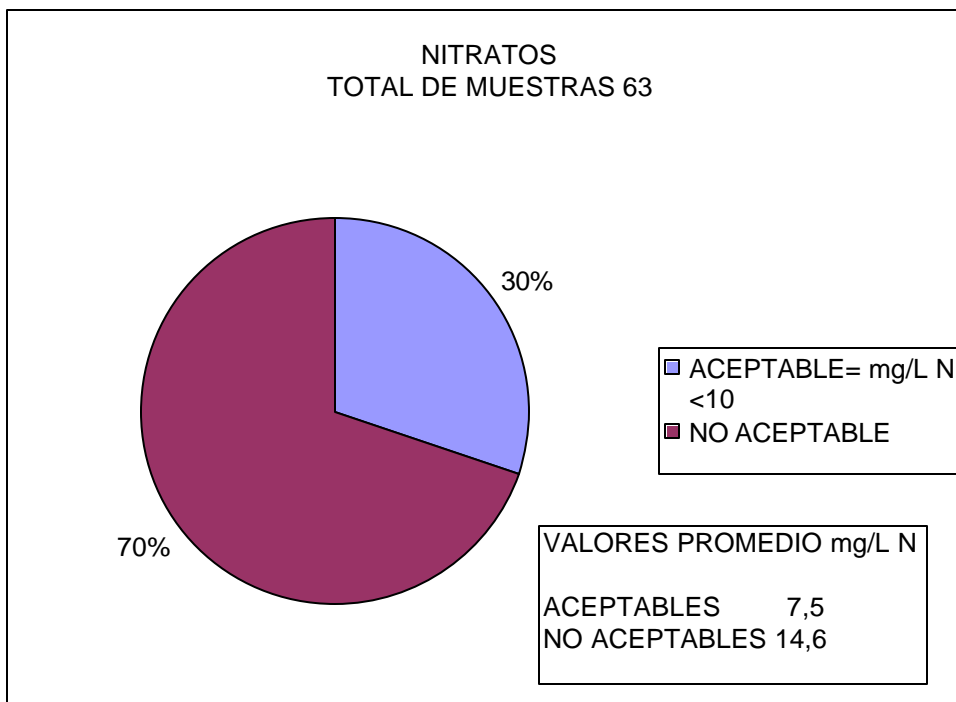
## EXCESO DE NITRATOS EN AGUA SUBTERRÁNEA

Este análisis no fue realizado en agua superficial debido a que estas aguas en general son turbias por la presencia de materiales en suspensión, la técnica utilizada para la determinación de este parámetro sufre interferencias y no se puede realizar la lectura correspondiente.

El 70% de las muestras de agua subterránea superan el valor de 10 mg/l de Nitrógeno como Nitrato, definido como límite por nuestra legislación. La concentración promedio es de 12,5 mg/l. (Gráfico 7)

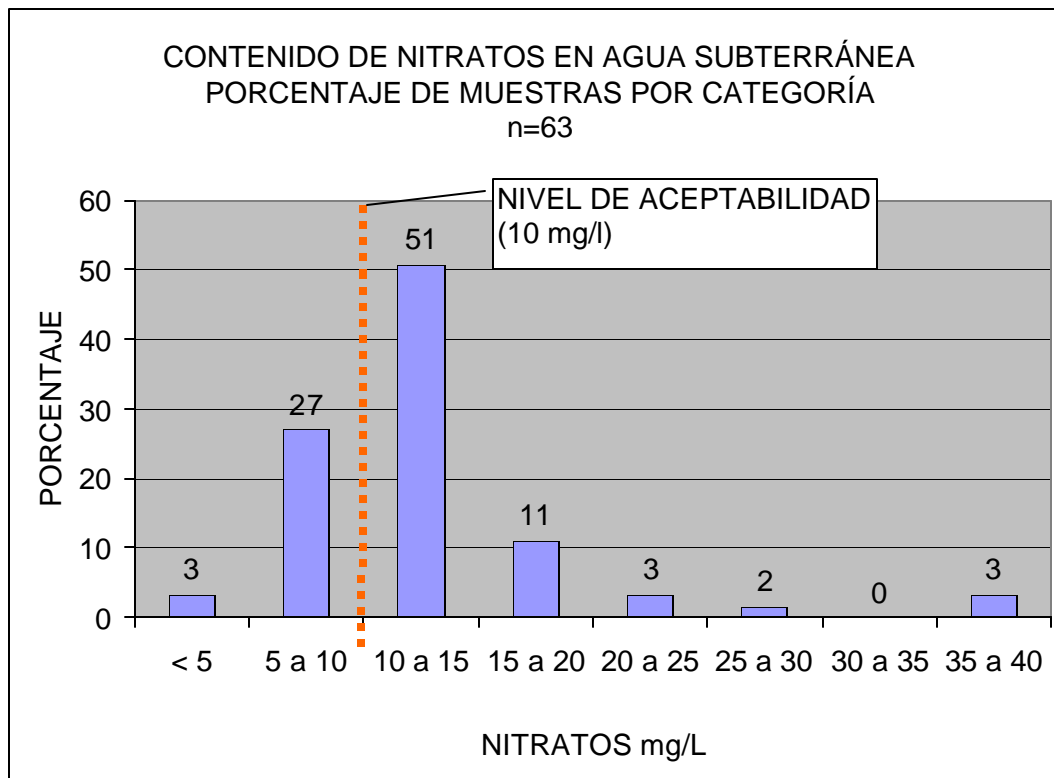
El agua que infiltra en el suelo va a arrastrar preferentemente las sustancias solubles como el nitrato, las aguas superficiales generalmente no se contaminarían con nitratos (Melvin et al., 1992). Las aguas superficiales tenderían a contaminarse con sustancias químicas relativamente insolubles.

GRÁFICO 7 NITRATOS EN AGUA SUBTERRÁNEA



Los valores de las muestras que superan este límite se concentran en valores de entre 10 y 15 mg (51% de las muestras), pero existen muestras con hasta 40 mg/l (Gráfico 8)

GRAFICO 8 NITRATOS EN AGUA SUBTERRÁNEA - DISTRIBUCIÓN DE MUESTRAS SEGÚN NIVEL.



Estos valores se pueden considerar altos con relación a monitoreos realizados para Estados Unidos donde la concentración promedio en agua subterránea es de 3,4 mg/L, un nivel de 5 mg/L se considera alto y un 15% de los pozos con valores de más de 10 mg/L se considera alto.

Un relevamiento de contaminación de aguas con nitratos en el litoral oeste del Uruguay (Casanova, O; Ciganda, V; Perdomo, C . 1997), determinó que las aguas superficiales mostraron niveles de concentración de nitratos muy por debajo del nivel crítico (10mg/L N). Mientras que las aguas subterráneas presentaron en algunos casos niveles muy por encima del nivel crítico, los niveles mas altos se registraron en pozos cercanos a concentración humana y animal, encontrándose en algunos pozos niveles superiores a 50 mg/L N. En este trabajo según la información recabada la fuente de contaminación con nitratos más importante es de origen local, proveniente principalmente de cámaras sépticas, y que la contaminación por fuentes derivadas de la agricultura parece ser de menor importancia.

La concentración de nitratos en agua subterránea es variable y depende de las interacciones entre varios factores, incluyendo los aportes de Nitrógeno, tipo de suelo, permeabilidad del acuífero, tasa de recarga y clima. Para un aporte de Nitrógeno dado, los factores que generalmente incrementan la concentración de nitratos en agua subterránea incluyen suelos bien drenados, rocas fracturadas y riego. Los factores que mitigan la contaminación de nitratos del agua subterránea incluyen suelos pobremente drenados, mayor profundidad del agua, sistemas de drenaje artificial, capas intermedias de rocas no fracturadas, una baja tasa de recarga del agua subterránea y condiciones anaeróbicas en los acuíferos (Nolan, B.T., and Stoner, J. D., 2000)

La geología y suelos de la zona no parecen favorables a una fácil llegada de nitratos al agua subterránea. Los suelos poseen por lo general un horizonte Bt arcilloso, de baja permeabilidad y como roca madre predomina la formación Libertad de tipo limosa.

Los aportes de nitrógeno se pueden originar de fuentes atmosféricas, fertilizantes sintéticos y estiércol.

De acuerdo a las cantidades que utilizan los productores, la contaminación por nitratos puede estar causada por las altas dosis de fertilizantes utilizadas y la utilización del riego. En promedio se aportan 350 kg./ha/año y son comunes dosis de 450 kg./ha/año. Los aportes provienen tanto de abonos orgánicos o minerales. Ramos, C. y Ocio J. A., (1993) recomiendan no utilizar dosis mayores a 300 kg./ha/año para hortalizas de forma de evitar pérdidas excesivas de nitratos por lixiviación.

Se estima que sólo el 50% del nitrógeno aplicado en agricultura es recuperado por el cultivo, el nitrógeno residual está sujeto a pérdidas por varios procesos, uno de los cuales es el de lixiviado por debajo de la zona de las raíces. (Papendick, R, Elliott, L and Power, J., 1987).

El fertilizante nitrogenado que usan los productores mas frecuentemente es la urea, que luego de aplicada al suelo es transformada a amonio, pero este proceso demora al menos unos 15 días dependiendo de la temperatura y humedad del suelo. Mientras ocurre esta transformación la urea esta expuesta al lavado y lixiviación debido a la alta solubilidad y poca adsorción al suelo ( Ramo, C. ; Ocio, J. La agricultura y la contaminación de las aguas por nitratos), es frecuente en nuestro país que en este periodo de tiempo ocurran precipitaciones.

La solución al problema de los nitratos en el agua subterránea debe incorporar el uso de prácticas que integren los objetivos de rentabilidad de los cultivos y aquellos relacionados a la conservación y protección de calidad de agua.

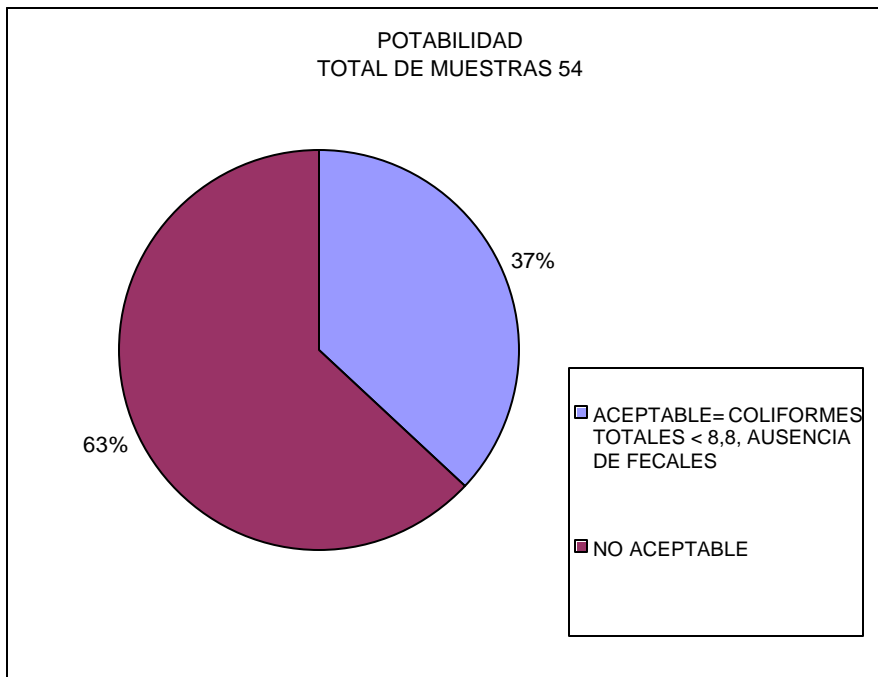
Los efectos de las prácticas de uso del suelo, pasadas y presentes, pueden tomar décadas para ser aparentes en el agua subterránea. Cuando se evalúan decisiones de manejo para la protección de la calidad de agua subterránea, es importante considerar el tiempo entre la aplicación del nitrógeno al suelo y la llegada de nitratos a un pozo. Este período decrece generalmente a medida que crece la permeabilidad del acuífero y cuando es menor la profundidad del agua. En respuesta a una reducción de aplicaciones de nitrógeno al suelo, la calidad del agua subterránea más cercana a la superficie mejorará antes que la calidad del agua más profunda, lo que puede tomar décadas.

## CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA

La peor calidad de agua se encuentra en aguas superficiales, encontrándose un 43% de las muestras que no serían aptas para riego de acuerdo a la normativa vigente. Todas las muestras de pozos son aptas para riego e incluso un 58% es apto para consumo y un 21% es considerada marginal para consumo. (Gráficos 9 a 13).



GRÁFICO 9 CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO EN AGUA SUPERFICIAL SEGÚN CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA



GRÁFICA 10 POTABILIDAD SEGÚN COLIFORMES EN AGUA SUBTERRÁNEA

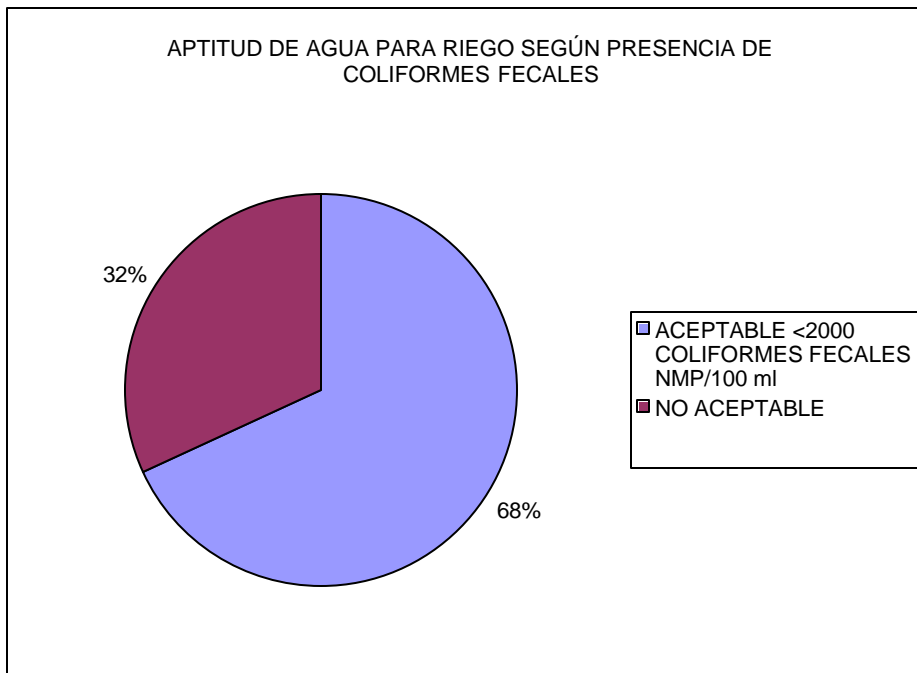


GRAFICO 11: DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO EN AGUA SUPERFICIAL

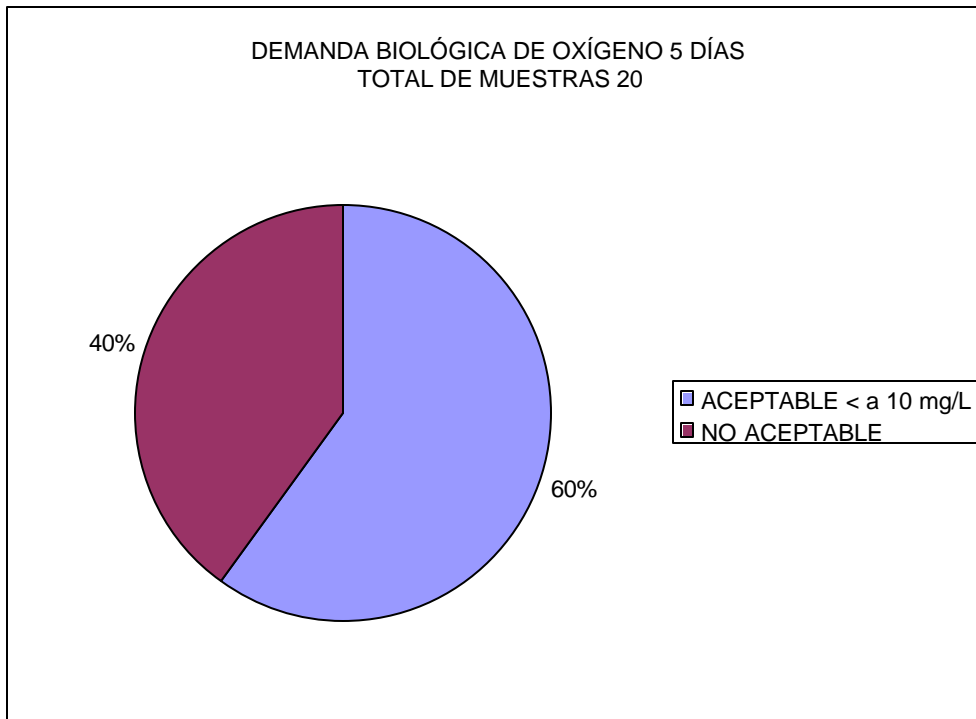


GRAFICO 12 CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES TOTALES EN AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

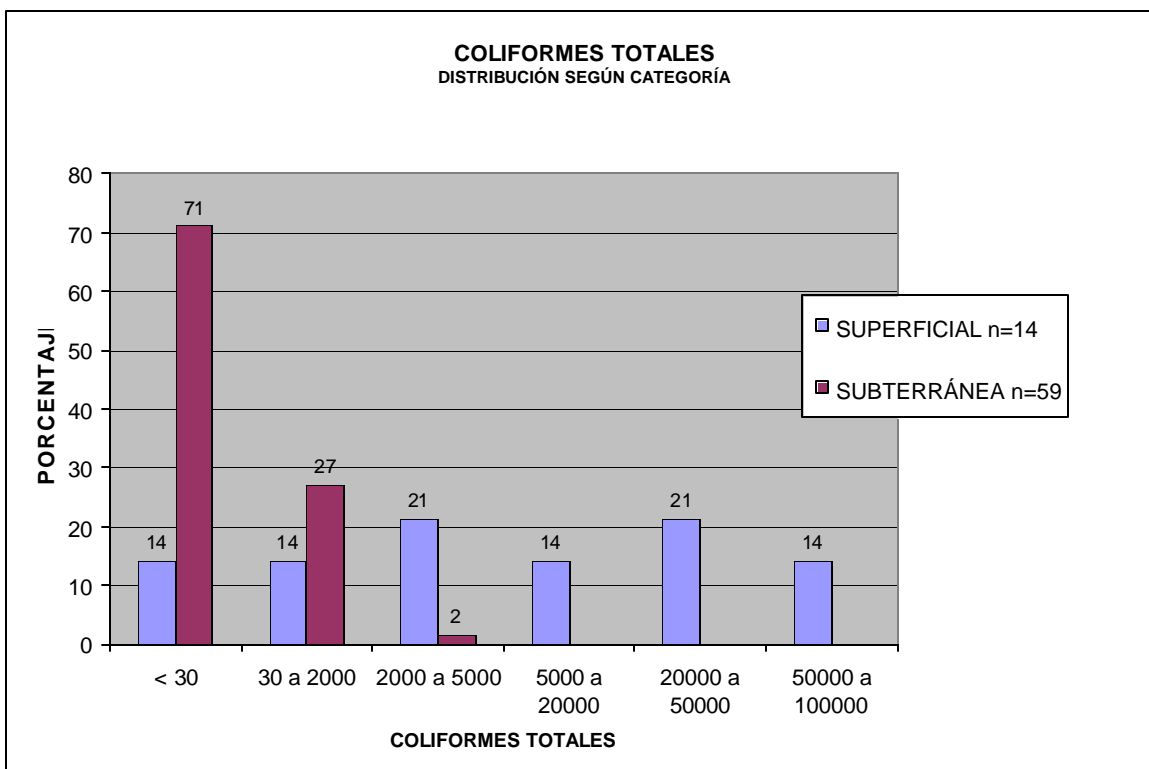
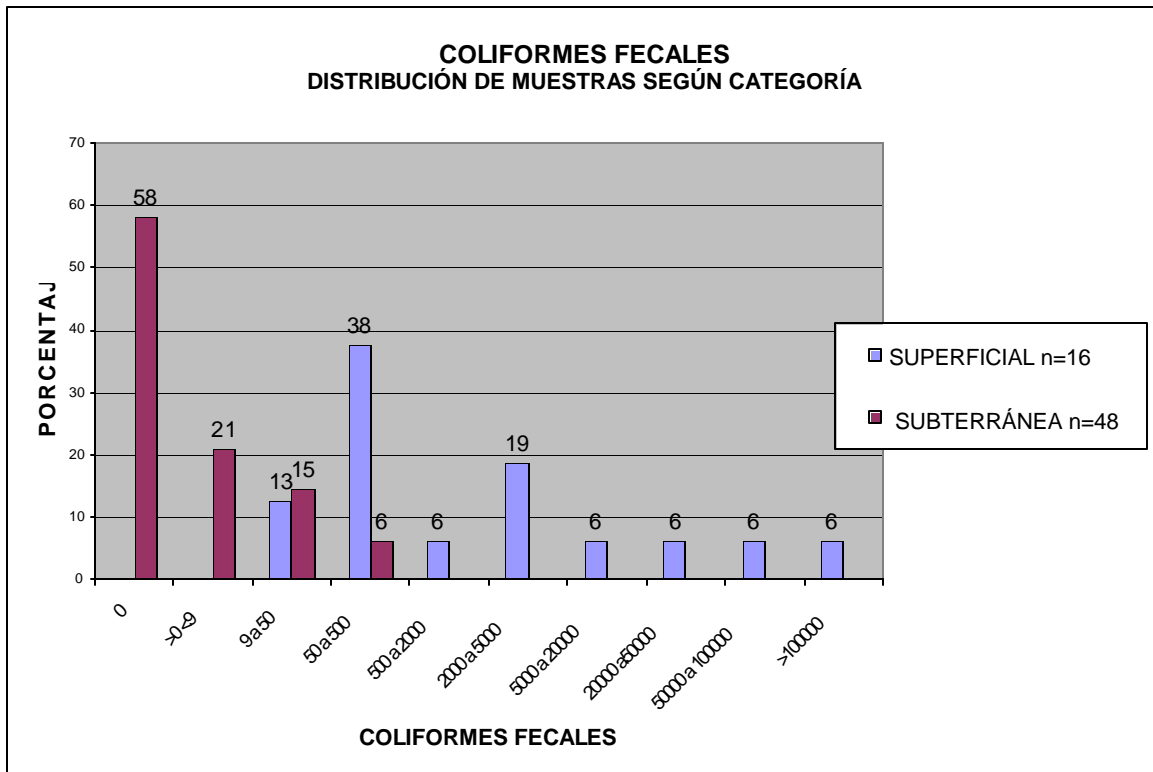


GRAFICO 13 CONTAMINACIÓN POR COLIFORMES FECALES EN AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA



La degradación de aguas superficiales se puede explicar por un inadecuado manejo del estiércol utilizado como abono, generalmente de criaderos de aves y también por sistemas de saneamiento deficientes.

Debido a que el agua subterránea está sobreexplotada o es difícil de acceder es conveniente mejorar la calidad de agua superficial. Otra ventaja del agua superficial es su mejor calidad para riego, por su menor contenido de sales.

### VARIACIÓN ESTACIONAL Y GEOGRÁFICA DE LOS PARÁMETROS

Se encontraron diferencias en los valores de diferentes parámetros según la zona o fecha de muestreo.

Para Cuchilla Pereira, donde es posible comparar dos momentos definidos, el contenido de nitratos y la salinidad son mayores en verano en comparación con invierno y primavera. (Gráficos 14 y 15).

GRÁFICO 14 VARIACIÓN ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE NITRATOS

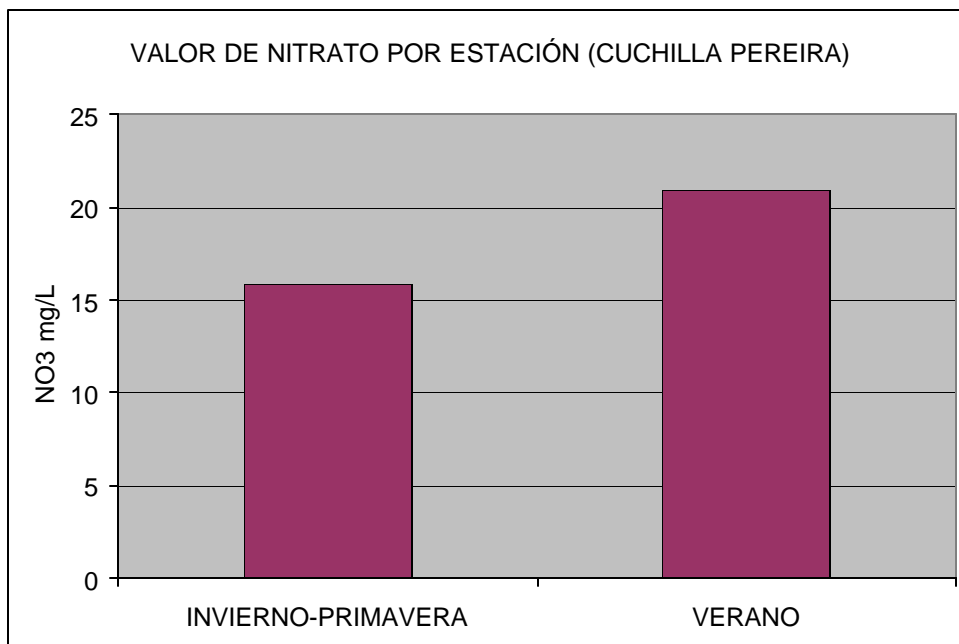
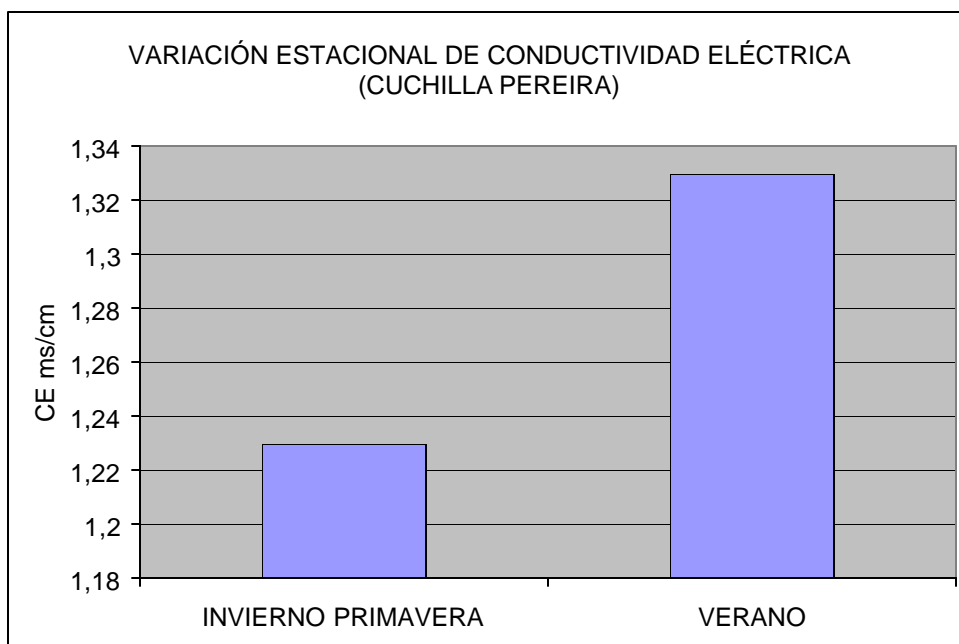
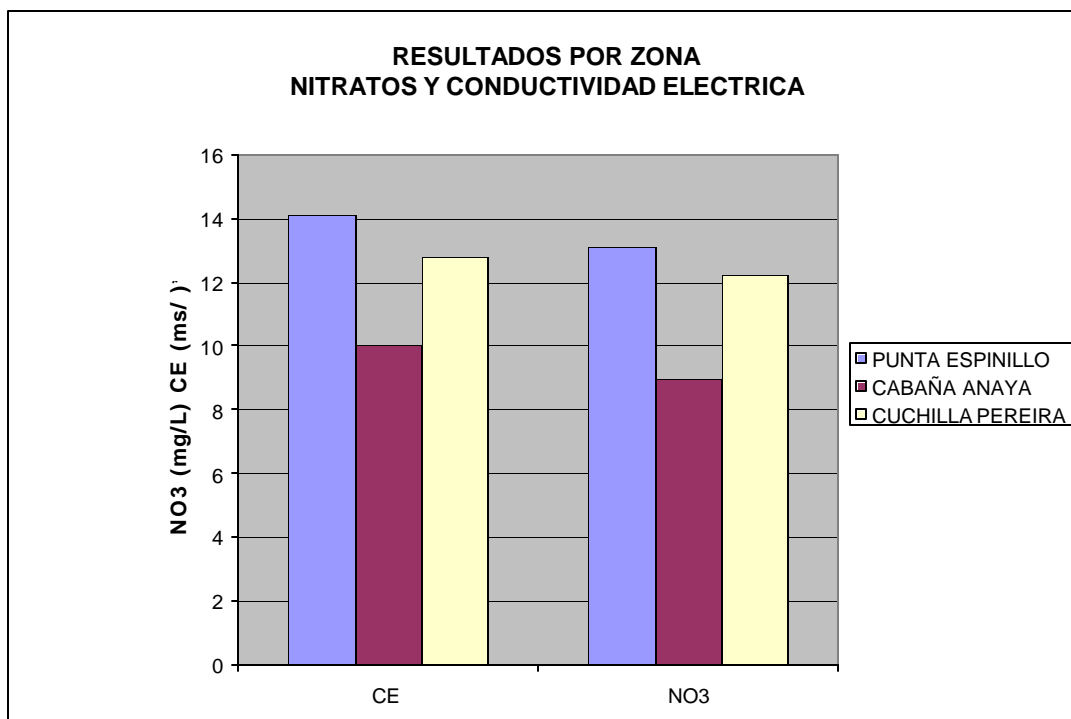


GRÁFICO 15 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA



También se observan diferencias entre zonas, Punta Espinillo tiene valores más altos de Nitratos y Conductividad, Cabaña Anaya los más bajos y Cuchilla Pereira intermedios. (Gráfico 16)

GRÁFICO 16 VARIACIÓN GEOGRÁFICA DE NITRATOS Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.



### *METODOLOGÍA EDUCATIVA*

Se siguen los lineamientos de la Red Escolar Internacional sobre el Agua (Aquatox) coordinada por el CIID

La actividad esta dirigida a estudiantes de los niveles superiores de la educación primaria y secundaria. La red vincula a esos jóvenes estudiantes y escuelas de diferentes países con un grupo internacional de expertos científicos que trabajan en laboratorios para la calidad del agua en países del Norte y del Sur. Grupos de estudiantes, bajo la dirección de sus maestros o líderes de actividades científicas extracurriculares emplean una serie de pruebas simples y económicas para medir la contaminación química y biológica en muestras de agua tomadas directamente del medio ambiente en que se encuentran

La red hace uso de métodos de comunicación modernos via Internet para facilitar el intercambio de información entre los participantes

El proyecto busca promover la protección del medio ambiente a través de estudios medioambientales aplicados en las escuelas.

Específicamente se busca:

- Ayudar a los escolares a comprender la importancia de proteger los recursos acuáticos en sus propias comunidades y en el mundo, a través de experimentos científicos prácticos;
- Hacer que los escolares piensen acerca de las complejidades de la protección ambiental, el desarrollo sustentable y las implicaciones en materia de salud y sociales para sus propias comunidades y el resto del mundo;
- A través de la creación y puesta en práctica de una red electrónica de investigadores jóvenes, proporcionar un foro internacional para el diálogo acerca de cuestiones y prioridades medioambientales, vinculando a la juventud de varias partes del mundo;
- Proporcionar una oportunidad para que maestros de ciencias en las escuelas lleven a cabo un proyecto transdisciplinario con sus estudiantes relativo a la salud de los seres humanos y los ecosistemas;
- Las actividades propuestas ofrecen un número de oportunidades de aprendizaje relativas al proceso de investigación científica, conservación medioambiental y relaciones internacionales.

Dichas actividades incluyen las siguientes áreas del conocimiento:

- El método científico: diseño de un experimento, observación y registro de resultados, interpretación básica de datos experimentales, preparación de un informe experimental;
- Botánica: germinación de semillas y bulbos, crecimiento de plantas, fotosíntesis, sensibilidad de plantas a la contaminación;
- Microbiología: la biología de bacterias entéricas, el concepto de flora intestinal, el organismo centinela, contaminación del agua potable, cultivos de bacterias, química básica;
- Ecología: las maneras en que el agua y el medio ambiente en general pueden contaminarse por desperdicios de núcleos familiares, el concepto de niveles aceptables de compuestos químicos en el medio ambiente, midiendo la contaminación, organizando el trabajo de laboratorio;
- Estadística: el concepto básico de valores promedio, variaciones biológicas, error de mediciones, variaciones entre laboratorios;
- Comunicación: organización de resultados investigativos, presentación de resultados investigativos a colegas, comunicaciones modernas a través de medios electrónicos, intercambios internacionales, discusión de resultados de proyectos colaborativos electrónicamente;
- Geografía y cuestiones de desarrollo; distribución de los recursos acuáticos del mundo, características de las aguas regionales y su contaminación, geografía general, idiomas y culturas y la variación en las preocupaciones relativas al desarrollo y el medio ambiente en diferentes partes del mundo;

- Salud: establecimiento de conexiones entre la calidad del agua y las cuestiones de salud, comprensión de las repercusiones de los contaminantes tóxicos sobre la salud, aprendiendo acerca de las medidas de prevención para evitar enfermedades causadas por aguas tóxicas.

El CIID organizó en 1997 una red internacional de laboratorios para la calidad del agua (la Red WaterTox) con el fin de investigar una serie de pruebas simples y económicas para evaluar los niveles de contaminación del agua. De noviembre de 1997 a octubre de 1998, ocho laboratorios (en Argentina, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, India, México y Ucrania) han venido trabajando conjuntamente en colaboración con el Instituto Nacional de Investigación del Agua (NWRI), del Ministerio del Medio Ambiente de Canadá. Los ocho laboratorios han venido llevando a cabo análisis sobre muestras de agua contaminadas, usando seis bioensayos para evaluar la toxicidad de las muestras. Los resultados de las pruebas se retransmiten electrónicamente al NWRI y el CIID, donde se realizan estudios comparativos sobre los resultados de laboratorio, en conjunción con expertos del NWRI y del CIID.

Para la aplicación de este programa al proyecto se seleccionaron cinco Institutos de enseñanza pública formal, tres de nivel primario y dos de nivel secundario.

El criterio de selección se basó en:

- Ubicación de los Institutos en la zona rural de Montevideo
- Dentro de la zona rural, proximidad al área de investigación de los predios de los grupos de productores seleccionados

Las técnicas transferidas fueron: Bioensayo de *Lactuca sativa*, *Allium sp.*, *Hydra attenuata* y la técnica del Sulfuro de hidrógeno.

Se equiparon los institutos con los materiales necesarios y se prestó apoyo logístico.

Las actividades desarrolladas para el logro de los resultados educativos fueron los siguientes:

## CUADRO 8 ACTIVIDADES EDUCATIVAS

FECHA	ACTIVIDAD	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO
16/03/00	Primera reunión de coordinación con Directoras de la ESC. 159 y Liceo. 43	Anexo 7.1.1
23/03/00	Primera reunión de coordinación con Directoras de la ESC- 124 y Liceo 44	Anexo 7.1.1
11/04/00	Recepción del formulario de solicitud para el Programa Aquatox de la ESC. 159	Anexo 7.1.1.1
30/05/00	Primera reunión de coordinación con la Directora y Secretaria de la ESC. 142	Anexo 7.1.2
31/05/00	Envío de información sobre el proyecto Aquatox al Inspector Departamental de las ESC. 124 y 159 Sr. Miguel Umpierrez	Anexo 7.2
31/05/00	Envío de información sobre el proyecto Aquatox al Inspector Departamental de la ESC. 142 Sra. Ana Deliti	Anexo 7.3
01/06/00	Recepción del formulario de solicitud para el Programa Aquatox de la ESC 142	Anexo 7.4
18/06/00	Recepción del formulario de solicitud para el Programa Aquatox de la ESC 124	Anexo 7.5
31/07/00	Entrega de valija CIID con materiales a la ESC 142	Anexo 7.6
2-17/08	Curso de entrenamiento para docentes de la ESC 124 y Liceo 44	Anexo 7.7
09/08/00	Entrega de valija CIID con materiales a la ESC 15	Anexo 7.8
9 y 21/08	Curso de entrenamiento para docentes de la Escuela 142	Anexo 7.9
05/09/00	Entrega de materiales para realización de experiencias para ESC 124 y Liceo 44	Anexo 7.9. 1
31/08 19/10	Curso de entrenamiento para docentes de la Escuela 159 y Liceo 43	Anexo 7.10
11/09/00	Entrega de materiales para realización de experiencias para la ESC 124	Anexo 7.7.11
29/09/00	Entrega de computadora, monitor, impresora, accesorios, software y configuración para la ESC 124	Anexo 7.7.12
24/10/00	Configuración para acceso a correo e Internet, para la ESC 142	Anexo 7.13
26/10/00	Cambio de tarjeta Fax-modem, disco rígido, configuración de correo e Internet para la ESC 159	Anexo 7.14

Se realizaron 3 reuniones informativas motivacionales con docentes y reuniones de coordinación.

Se realizaron tres talleres para la transferencia de la tecnología bioanalítica a desarrollar, integrando dichos institutos al programa Aquatox 2000.



Las técnicas transferidas fueron: Bioensayo de Lactuca sativa, Allium sp., Hydra attenuata y la técnica del Sulfuro de hidrógeno.

La selección de los lugares a muestrear para realizar los bioensayos las efectuaron los estudiantes junto con los docentes, basados en los criterios impartidos en los talleres con los institutos. Los puntos de muestreo seleccionados son cursos de aguas como arroyos, cañadas, aguas represadas (tajamar) pozos y aljibe. En los momentos de toma de muestras y desarrollo de las técnicas de bioensayos, técnicos del laboratorio concurren a los institutos para brindar apoyo.

### *RESULTADOS EDUCATIVOS*

- Se equiparon cinco Instituciones de Educación formal Pública, con la infraestructura informática necesaria para correo electrónico y conexión a Internet.
- Se equiparon los Institutos con los materiales de Laboratorio necesarios para llevar a cabo las experiencias sobre biotoxicidad y técnicas adjuntas
- Se formaron 9 Maestros y dos Profesores en cuatro técnicas bioanalíticas.
- Se integraron 158 alumnos al programa Aquatox 2000, (<http://www.idrc.ca/aquatox/>).

### *RESULTADOS CON BIOENSAYOS EN LAS ESCUELAS*

En la realización de los bioensayos participaron estudiantes desde 4to grado de nivel primario hasta 3er grado de nivel secundario. Estudiantes de 4to grado de la escuela 159 realizaron junto a los de 3er grado de nivel secundario del liceo 43 las técnicas de bioensayos. (Ver anexo 6).

Las técnicas que resultaron más motivantes para los alumnos y docentes fueron el test de sulfuro y el bioensayo de lechuga.

Para el registro y envío de los datos se presentaron dificultades que requirieron un apoyo especial de los técnicos del proyecto. Los alumnos tuvieron una baja participación directa en esta actividad.

Semilla de Lechuga

Origen de las muestras:

- |             |  |
|-------------|--|
| Escuela 159 | Muestra 1: arroyo de la zona<br>Muestra 2: tajamar de una granja hortícola |
| Escuela 142 | Muestra 1: nacientes del arroyo Miguelete<br>Muestra 2: pozo de la zona    |
| Escuela 124 | Muestra 1: un pozo de una granja<br>Muestra2 : cañada el Dragón            |

CUADRO 9 RESULTADOS DEL BIOENSAYO CON SEMILLAS DE LECHUGA

		MUESTRA 1	MUESTRA 2	CONTROL POSITIVO
Escuela 159	% de variación en crecimiento	67	27	-60
	% de variación en germinación	-10	-15	-40
Escuela 142	% de variación en crecimiento	22	0.0	-22
	% de variación en germinación	-19	6	-25
Escuela 124	% de variación en crecimiento	-32	-16	-48
	% de variación en germinación	0.0	-20	0.0

Cebolla

Origen de las muestras:

Escuela 159 Muestra 1: arroyo de la zona  
Muestra 2: tajamar de una granja hortícola

Escuela 124 Muestra 1: cañada el dragón  
Muestra 2 : pozo de una granja

CUADRO 10 RESULTADOS DEL BIOENSAYO DE CEBOLLA

		MUESTRA 1	MUESTRA 2	CONTROL POSITIVO
Escuela 159	% de variación en el largo de la raíz	18	9	-86
Escuela 124	% de variación en el largo de la raíz	88	95	95

Test Sulfuro

Origen de las muestras:

Escuela 159 Muestra 1: arroyo de la zona  
Muestra 2: tajamar de una granja hortícola

Escuela 142 Muestra 1: nacientes del arroyo Miguelete  
Muestra 2: Aljibe

Escuela 124 Muestra 1: un estanque  
Muestra 2 : pozo de una granja

## CUADRO 11 RESULTADOS DEL TEST DE SULFURO

		MUESTRA 1	MUESTRA 2
Escuela 159	Estimación de la contaminación (bacterias /100ml)	> 100	> 100
Escuela 142	Estimación de la contaminación (bacterias /100ml)	> 100	> 10
Escuela 124	Estimación de la contaminación (bacterias /100ml)	> 100	> 10

### *PARTICIPACIÓN EN SIMPOSIO INTERNACIONAL Y TALLER DE DISCUSIÓN DE MUNICIPIOS.*

En representación del equipo del proyecto Alberto Gómez participó en el Simposio Internacional de Evaluación de Toxicidad (International Symposium on Toxicity Assessment - ISTA 10) realizado en la ciudad de Quebec, Canadá, entre el 26 y 31 de agosto de 2001.

Posteriormente al ISTA 10 se realizó el TALLER FINAL de los proyectos sobre Estrategias Comunitarias y Ecosistémicas de Evaluación de la Calidad del Agua (bioensayos y evaluación de toxicidad en agua) en Municipalidades de América Latina.

En el taller final se discutieron durante dos días los resultados obtenidos en cada proyecto para los Municipios participantes:

La Plata, Argentina  
 Piracicaba, Brasil  
 Pudahuel, Chile  
 Cundinamarca, Colombia  
 Montevideo, Uruguay

Cada Municipio dispuso de media hora para presentar su trabajo y además se trabajó en grupos y en sesiones plenarias.

Participaron representantes de las Municipalidades involucradas, expertos de la Red WaterTox y los coordinadores del programa.

El Proyecto de Montevideo presentó un Poster en las sesiones destinadas a este efecto en el Simposio.

También se presentó el video del proyecto en el Taller Final con los Municipios latinoamericanos.

De parte de la coordinación del CIID se analizó las posibilidades de continuidad de los proyectos. Se informó que no existe a la fecha propuestas concretas para el seguimiento de los proyectos con los municipios y que se prevé continuar con el proyecto

Aquatox pero reformulado en su operativa. Se propone establecer coordinaciones nacionales o regionales que trabajen cada una con 25 escuelas.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados de los bioensayos de Daphnia e Hydra no se detecta toxicidad aguda en las muestras de agua analizadas.

Cómo los agricultores utilizan frecuentemente plaguicidas en las zonas, no es posible descartar algún grado de contaminación del agua que pueda provocar efectos tóxicos crónicos.

Un 74% de las muestras sometidas al bioensayo de lechuga presentaron algún grado de toxicidad. Este efecto se ha relacionado a la salinidad de las muestras y más específicamente al contenido de sodio. Como la lechuga es uno de los principales cultivos de la zona estos resultados adquieren relevancia desde el punto de vista productivo. Estudios previos en la zona de Punta Espinillo habían encontrado indicadores de posibles problemas en la temporada de riego, basados en el elevado porcentaje de sodio que presentaban los suelos. (Blum, A. 1998).

De acuerdo a los análisis fisicoquímicos y microbiológicos los principales problemas de calidad de agua detectados fueron:

- Contaminación por nitratos en aguas subterráneas
- Contaminación por coliformes en agua superficial y en menor medida en agua subterránea
- Salinidad en agua subterránea

Los contenidos altos de nitratos pueden originarse en los fertilizantes, debido a que los productores utilizan dosis altas.

Los problemas de contaminación por nitratos y coliformes pueden ser enfrentados disminuyendo la entrada de contaminantes al sistema. En el caso de aguas subterráneas esta mejora puede demorar años en ser observada, dependiendo de la dinámica de carga de los acuíferos.

El problema de la salinidad está relacionado al tipo de acuífero y a la intensidad en el uso del mismo. La zona de mayor riesgo parece ser Punta Espinillo, donde ya se han detectado antecedentes de acumulación de sodio en los suelos. Cabe mencionar que el agua subterránea no es la única fuente de salinización de los suelos, es frecuente el agregado de estiércol de gallina y/o cama de pollo para mejorar condiciones físicas y nutricionales de los suelos, estos materiales contienen concentraciones de sales importantes. Si no realiza un adecuado manejo de estos mejoradores de suelo se puede contribuir a agravar este problema.

También en esta zona se han secado pozos por sobreexplotación del recurso y se estima que pueda estar llegando agua salina desde el Río Santa Lucía hacia los acuíferos (intrusión salina).

Se considera conveniente establecer un monitoreo anual de calidad de agua de forma de observar la evolución de los principales parámetros y poder evaluar la eficacia de las medidas tomadas.

El monitoreo futuro deberá tomar en cuenta variaciones zonales y estacionales. Un mejor conocimiento del comportamiento de los acuíferos podría mejorar el diseño del muestreo en el sentido de una mejor representación de los fenómenos analizados así como una mayor eficiencia del trabajo de toma de muestras y análisis.

Los productores participaron activamente en el proyecto desde el inicio hasta el análisis de los resultados finales. Los talleres permitieron capacitar e informar sobre los factores que afectan la calidad del agua y además sirvieron para acordar algunas actividades que involucran a productores y municipio. El desafío hacia adelante es como lograr involucrar masivamente a vecinos y agricultores de Montevideo Rural ya que muchos de estos problemas son causados por contaminaciones de tipo no localizado, en donde se suman pequeños aportes de muchas fuentes. Será necesario llevar estos talleres a más zonas y agregar algunas herramientas de difusión masiva para llegar al conjunto de productores. El video realizado es el primer avance en este sentido.

Se deberá avanzar en proponer herramientas que estimulen a los productores que mantengan una buena calidad de agua como por ejemplo sistemas de certificación de calidad de agua.

Además de indicadores de calidad de agua se deberían definir indicadores de presión sobre el recurso (uso de fertilizantes, sistemas de saneamiento) e indicadores de acciones realizadas para conservarlo mejorar su calidad y/o utilizarlo en forma sustentable.

El seguimiento de estos indicadores debería realizarse en un marco amplio de participación, integrando productores, técnicos municipales y también otras instituciones vinculadas al agua o a temas ambientales. De esta forma se busca facilitar la comunicación y el establecimiento de compromisos entre diferentes actores vinculados al tema.

Desde el punto de vista educativo se alcanzaron los objetivos planteados, cumpliendo con los productos planificados.

Se considera adecuada la metodología aplicada desde el punto de vista motivacional y pedagógico, tanto para alumnos como para docentes.

Fue necesario un apoyo y seguimiento permanente de integrantes del equipo para la realización y registro de las experiencias debido a la poca disponibilidad de horas docentes y a la sobreposición con las actividades curriculares.

Por lo expuesto anteriormente sería recomendable ante la eventualidad de repetición de esta experiencia, incluirla dentro de los programas lectivos. Para alcanzar esta meta es imprescindible coordinar con las autoridades de la enseñanza.

En relación a la continuidad de la aplicación de bioensayos se considera relevante señalar que como resultado del proyecto funciona actualmente en el Laboratorio de Higiene Ambiental una sección dedicada exclusivamente a la aplicación y desarrollo de estas técnicas bioanalíticas.

Con la operativización de esta sección especializada, surge como una de las prioridades la inclusión de algunas de estas técnica en la normativa de calidad de aguas Municipal y Nacional.

Se evalúa como muy positivos los apoyos recibidos desde el grupo académico de la Red Watertox así como desde la coordinación de Aquatox.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blum, A. 1998. El riego y sus consecuencias en los suelos de Punta Espinillo. CIEDUR, Uruguay
- Blum, A. 1998. Encuesta sobre riego a productores de la zona de Punta Espinillo. CIEDUR, Uruguay
- Cardelino R., L. Ferrando, 1969. Carta geológica del Uruguay, segmento Montevideo, sector XCVII. Universidad de la República. Montevideo
- Casanova, O; Ciganda, V Perdomo, C; 1997. Relevamiento de contaminación de aguas con nitratos en distintas zonas del Uruguay. 4º Congreso Latinoamericano de hidrología subterránea. Facultad de Agronomía Universidad de la República.
- Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía, Universidad de la República y Unidad de Montevideo Rural, 1998. Encuesta a productores de lechuga sobre enfermedades de suelo.
- Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA), del Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 1999. Manual de Técnicas. Taller de Transferencia de Tecnología de Bioensayos.
- Fuentes, J. L. Aguas Subterráneas. Hojas Divulgadoras num. 1/92 HD. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.
- Intendencia Municipal de Montevideo Agenda Ambiental Montevideo 2000.  
<http://www.montevideo.gub.uy/ambiente/agenda2000/agenda2000.pdf>
- Morales, H.. Introducción a la hidrogeología. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 1996
- Nolan Bernard T. and Stoner Jeffrey D. Nutrients In Ground Waters of the conterminous United States, 1992-1995. Environmental Science and Technology, vol. 34, no. 7, 2000, p. 1156-1165. [http://water.usgs.gov/nawqa/nutrients/pubs/est\\_v34\\_no7/est\\_nolan.pdf](http://water.usgs.gov/nawqa/nutrients/pubs/est_v34_no7/est_nolan.pdf)
- Papendick, R, Elliott, L and Power, J. Alternative production systems to reduce nitrates in ground water Amer. Jour. of Alternative Agriculture. Vol. 2, N° 1 pp 19-24 - 1987.
- Pérez, C.; Scarlato, G. 1998. Desarrollo de los recursos hídricos y promoción del riego en el área rural de Montevideo. Tomo I CIEDUR, Uruguay.
- Ramos, C. ; Ocio, J. 1993. La agricultura y la contaminación de las aguas por nitratos. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Hojas Divulgadoras N° 7/92 HD Madrid
- Rhoades, J.D. Kandiah, A. Mashali A.M. The use of saline waters for crop production - FAO irrigation and drainage paper 48, FAO, Roma, 1992
- Santandreu, Alain. 1997. La Atención Primaria Ambiental y el Monitor Ambiental. La participación ciudadana en la gestión ambiental. Temas Clave, CLAES, No. 5: 14pp, Montevideo.

U.S. Geological Survey The Quality of Our Nation's Waters, Circular 1225, Nutrients and Pesticides <http://water.usgs.gov/pubs/circ/circ1225/> - 2001.