Calidad de Agua

PARA LA PRODUCCION AGROPECUARIA

Editores:
Alicia Fernández Cirelli y Alejandra Volpedo

CALIDAD DE AGUA PARA LA PRODUCCION AGROPECUARIA

Facultad de Ciencias VETERINARIAS Universidad de Buenos Aires
INPA CONICET UBA
SPU Secretaría de Políticas Universitarias
CETA
Asociación de Universidades GRUPO MONTEVIDEO

CALIDAD DE AGUA PARA LA PRODUCCION AGROPECUARIA

Editores

Alicia Fernández Cirelli

Alejandra V. Volpedo

2016

Esta obra es una contribución de la “Red de Calidad de Agua para la Producción Agropecuaria”, financiado por el Programa de Proyectos de Fortalecimiento de Redes Interuniversitarias VIII dependiente de la Secretaria de Políticas Universitarias (Ministerio de Educación), 2016

Edición: Alicia Fernández Cirelli y Alejandra V. Volpedo
Buenos Aires, Argentina, 2016
ISBN: 978-987-42-0325-0

Red de Calidad de Agua para la Producción Agropecuaria

Universidades Integrantes

Universidad de Buenos Aires (UBA)
Alicia Fernández Cirelli
Alejandra V. Volpedo

Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)
Daniel Martínez
Héctor Massone

Universidad Nacional de LaPlata (UNLP)
Jerónimo Ainchil
Eduardo Kruse

Universidad Asociada

Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC)
Cesar Pompeu

Índice

IMPORTANCIA DEL AGUA EN EL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL. 9

CALIDAD DE AGUA EN PRODUCCIONES ANIMALES TRADICIONALES.....13
CALIDAD DEL AGUA EN LAS PRODUCCIONES NO TRADICIONALES.....25
CONCLUSIONES 35
BIBLIOGRAFIA 38

AGUA SUBTERRÁNEA: DINÁMICA Y CONTAMINACIÓN POR PLAGUICIDAS. 79

EL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL CICLO HIDROLÓGICO 80
LOS ACUÍFEROS Y SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS.....82
PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE UN ACUÍFERO.....87
RELACIÓN AGUA SUBTERRÁNEA- AGUA SUPERFICIAL 92
VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS.....94
PLAGUICIDAS EN EL AGUA SUBTERRÁNEA.....96
FACTORES QUE DETERMINAN LA PRESENCIA DE PLAGUICIDAS EN AGUA SUBTERRÁNEA 100
OTROS FACTORES 105
OCURRENCIA DE PLAGUICIDAS EN AGUA SUBTERRÁNEA 107
MONITOREO DE LA CONTAMINACIÓN POR PLAGUICIDAS 109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....111
BIBLIOGRAFÍA 112

GESTION AMBIENTAL PARTICIPATIVA EN MUNICIPIOS RURALES 121

PROBLEMÁTICA.....122
BREVE BASE CONCEPTUAL 123
METODOLOGÍA.....129
DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE PLANIFICACIÓN.....132
FASES DE IDENTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN.....134
CUADERNOS DE PLANIFICACIÓN AMBIENTAL PARTICIPATIVO 143
CONSIDERACIONES FINALES 150
BIBLIOGRAFIA 152

EL ENCUENTRO DE LAS AGUAS: EL CAMINO INTERDISCIPLINARIO EN ALFREDO WAGNER 153

EL PROCESO METODOLÓGICO 155
MOMENTOS DE ESTUDIO.....156
MÉTODOS Y TÉCNICAS APLICADAS EN EL PROCESO 157
¿CÓMO ANALIZAR LOS DATOS? 158
EL ENFOQUE CUALITATIVO APLICADO.....160
EL PUNTO DE PARTIDA DEL PROCESO.....161
EL DESARROLLO DE LAS INVESTIGACIONES.....167
EL PUNTO DE LLEGADA 172

LA CONTINUIDAD 176
EL PROYECTO "SENDERO".....178
BIBLIOGRAFIA 187

PRÓLOGO

Este libro surge en el marco de la "Red de Calidad de Agua para la Producción Agropecuaria", financiado por el Programa de Proyectos de Fortalecimiento de Redes Interuniversitarias VIII dependiente de la Secretaria de Políticas Universitarias (Ministerio de Educación).

Las Universidades participantes en este proyecto son la Universidad Nacional de Mar del Plata, la Universidad Nacional de La Plata, la Universidad Federal de Santa Catarina y la Universidad de Buenos Aires, quienes forman parte del Comité Académico Aguas de la Asociación de Universidades del Grupo Montevideo (AUGM). Dicho Comité, coordinado por la UBA, viene desarrollando tareas relacionadas con la formación de capacidades institucionales, el fortalecimiento en la formación de posgrado de graduados universitarios y la vinculación entre universidades en la temática del agua, desde 1995. Está integrado por 20 universidades miembro de la región MERCOSUR (UBA, UNC, UNCuyo, UNER, UNL, UNLP, UNMdP, UNNE, UNR, UNS, UNESP; UFPR, UFRGS, UFSC, UFSCar, UFGoias, UNA, UNE, UdelaR y USACH).

En 2009, se publicó el libro "*El agua en posgrados universitarios en el MERCOSUR*", el cual resumía el análisis de las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades de la oferta académica de posgrado referida a la problemática del agua en las universidades argentinas (UBA, UNMdP, UNER, UNL) y en universidades asociadas (UdelaR y UNESP). Esta publicación permitió evidenciar la necesidad de fortalecer la formación de recursos humanos de

posgrado en la temática en la región, utilizando las nuevas tecnologías disponibles de la capacitación a distancia. En este sentido y a modo de iniciar este camino en el marco del Proyecto EMGIA se elaboraron materiales de apoyo.

En 2011 se publicó el libro "*Una visión multidisciplinaria de la Gestión del Agua en el Mercosur*" donde se plasmaron los avances aspectos legales, sociales, económicos, comunicacionales y de participación junto con aspectos hidrológicos, hidrogeológicos, químicos y biológicos, y de gestión del recurso.

En el presente libro se plantea diferentes aspectos de la temática de la calidad de agua para las actividades agropecuarias, desde la importancia del agua en la producción, los efluentes, los impactos en el agua subterránea, así como experiencias en el manejo participativo de cuencas rurales. Este libro presenta una visión integradora del manejo y gestión del recurso utilizado en las actividades agropecuarias y está destinado a graduados de diferentes disciplinas que quieran iniciarse en la temática del agua en la región.

Alicia Fernández Cirelli

Alejandra V. Volpedo

IMPORTANCIA DEL AGUA EN EL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL.

Alejandra V. Volpedo [1,2], Alejo L. Perez Carrera[1,2], Alicia Fernández Cirelli[1,2]

[1]Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA)
[2]Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA-UBA-CONICET). Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín N* 280 C1427CWO. Ciudad de Buenos Aires, Argentina. inpa@fvet.uba.ar

La expansión de las actividades agropecuarias, en especial, la producción animal está estrechamente asociada a la disponibilidad de agua en cantidad suficiente y de calidad adecuada para cubrir los requerimientos de las diferentes especies de producción. Esto se debe a que independientemente de la especie en cuestión, el desarrollo óptimo de un sistema productivo requiere diferentes insumos tanto vinculados con la nutrición animal (alimento, agua), como con el manejo sanitario, reproductivo, bienestar animal, etc.

El conocimiento de los diferentes parámetros que determinan la calidad del agua, vinculados con las necesidades de los animales para la producción y la salud, permiten evaluar el recurso agua con fines productivos.

Los criterios que habitualmente se tienen en cuenta para la determinación de la calidad del agua de bebida son sus características fisicoquímicas y organolépticas, la presencia de

compuestos tóxicos, el exceso de minerales y la presencia de microorganismos (NRC, 2001).

Existen diferentes factores que inciden sobre la tolerancia de una determinada especie a la concentración de las distintas sales, que pueden tener impacto negativo sobre la salud del animal y su desarrollo productivo al disminuir, por ejemplo, los niveles de consumo. Entre estos factores se encuentra la raza, edad, estado fisiológico y peso, temperatura ambiente, nivel y tipo de producción y composición del alimento.

En los sistemas de producción ganadera que involucran especies tradicionales (bovinos, cerdos, aves, ovinos, caprinos y equinos) producción ganadera, el agua se utiliza fundamentalmente para bebida animal. Los requerimientos de agua son muy variables en función de la especie animal, las condiciones ambientales y las características de los distintos sistemas de producción.

La producción de leche bovina es, entre las actividades ganaderas, una de las que demanda mayor cantidad de agua, no sólo para bebida animal, sino también para otras actividades vinculadas como la higiene de las instalaciones, máquina de ordeñe y para el enfriado de la leche principalmente. En rodeos lecheros de alto rendimiento diferentes autores han observado que la producción fue significativamente mayor cuando el agua estuvo a disposición constantemente que cuando los animales tenían acceso una sola vez al día. Esto se nota más en las vacas de alta producción, donde se ha registrado que una disminución del 1.3% en la ingesta normal de agua puede provocar un descenso de la producción de leche del 7.5% (Jones, 2000; Bavera *et al.,* 2001).

Los animales en ordeñe requieren una elevada disponibilidad de agua de bebida de buena calidad, con relación al peso corporal, (el consumo puede superar los 150 L día^{-1}) debido a que el agua representa un 87% de la composición final de la leche producida. Respecto de los parámetros de calidad de agua, la vaca lechera de alta producción es la más sensible a los cambios en la salinidad del agua, tolerando un 30-40% menos que las vacas de cría (Bavera *et al*., 2001).

Diferentes autores han realizado estudios vinculados con la calidad de agua de bebida para las producciones animales tradicionales (Sager, 2000; Bavera *et al.*, 2001; Pérez Carrera & Fernández Cirelli, 2004; Pérez Carrera *et al.,* 2007). En los últimos años, el incremento en la demanda del recurso agua y la escasez y deterioro de su calidad han puesto de manifiesto la necesidad de evaluar la disponibilidad del recurso y su calidad y a fin de garantizar el desarrollo productivo.

La calidad de agua también es determinante en producciones no tradicionales, como las de especies acuáticas. Cualquier cambio en los parámetros físico-químicos (pH, temperatura, conductividad, oxigeno disuelto, nitritos, nitratos, entre otros) del agua puede provocar una baja en la producción e inclusive su pérdida total. Si bien los parámetros más importantes que afectan directamente a los animales con consecuencias importantes en corto plazo son el oxígeno disuelto y las especies nitrogenadas, también existen otros parámetros que generan inconvenientes en el largo plazo. Un ejemplo de esto son los elementos traza (As, F, Cd, Cr, Pb, entre otros) que pueden perjudicar la producción y muchas veces son

subestimados. Estos elementos pueden acumularse produciendo un incremento en la concentración en los tejidos de los peces, que puede perjudicar la calidad del producto y traer consecuencias para la salud humana en el caso de su consumo. Los elementos traza pueden ser asimilados por los peces ya sea por su presencia en el agua como por su presencia en el alimento suministrado. Con respecto a las fuentes de agua, los establecimientos que presentan fuentes de agua superficial tienen mayor variabilidad de calidad de agua ya que están más expuestos a los factores climáticos preponderantes como lluvias, sequías, derrames de sustancias tóxicas, etc.

A nivel mundial, las especies de producción animal cuya cría se desarrolla históricamente como en el caso de los salmónidos presentan protocolos de calidad de agua específicos ya determinados (Salmonid Water Quality Standard, 1988). En Sudamérica, también se producen especies nativas de las cuales en su mayoría se desconocen los parámetros específicos de calidad de agua que permitan el desarrollo eficiente de la producción (Gomes *et al*., 2000; Schenone *et al*., 2004; Gómez *et al*., 2007; DINARA, 2010; Flores Nava & Brown, 2010). En relación a la pesca de captura continental y marina los estudios que asocian la calidad de agua con los rendimientos productivos o la presencia de especies son aislados (Alabaster & Lloyd, 1980; Poxton & Allouse, 1982; Ranta *et al*., 1992).

En el Mercosur, las especies no tradicionales se desarrollan con heterogéneo nivel de intensidad en los diferentes países de la región, captando agua de diferentes fuentes (superficial y

subterránea), y de diversa calidad, para garantizar los requerimientos específicos de los peces (Fernández Cirelli *et al.,* 2010). Sin embargo, debido a diferentes causas (eutrofización, presencia de xenobióticos) la calidad del agua puede deteriorarse de seguir las tendencias presentes, en el mediano y largo plazo. Estos factores también afectan a la pesca de captura (marina y continental), considerada como una actividad productiva extractiva.
En este capitulo se presenta un panorama de la calidad de agua para las producciones animales tradicionales (producción de carne y leche bovinas) y no tradicionales (acuicultura y pesca de captura) para diferentes regiones de la región.

Calidad de Agua en Producciones animales tradicionales

En Argentina, el desarrollo de la ganadería está íntimamente relacionado con condiciones edafoclimáticas que permitan una adecuada disponibilidad de agua y alimento para el abastecimiento de los animales. En el caso del agua, su disponibilidad y calidad son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de los animales y, en consecuencia, incide directamente sobre el éxito productivo de los sistemas. En nuestro país, existen regiones en las cuales las actividades ganaderas sufren limitaciones debido a la calidad del agua. Los principales problemas mencionados por diferentes autores son la excesiva salinidad, la presencia de elementos tóxicos que pueden ser de origen antrópico, como los nitratos, o de origen natural, como el arsénico y el flúor, la contaminación

microbiológica y el deterioro de la calidad del agua en los cursos de agua superficial.

En los animales, el consumo de agua está influenciado por una serie de factores dependientes de factores intrínsecos (tasa metabólica, calor producido, raza, sexo, estado fisiológico y variación individual), de la dieta (porcentaje de materia seca de la ración, tipo de alimento, disponibilidad, temperatura y sales del agua de bebida) y del ambiente (temperatura, vientos y humedad). En la Tabla 1 se menciona el consumo de agua estimado para las principales especies de producción animal en función de la categoría animal, estado fisiológico, nivel productivo, etc.

Tabla 1. Requerimientos de agua para diferentes especies de producción animal

Especie	Categoría	Consumo diario promedio (L/cabeza)	Máximo consumo por día (L/cabeza)
Ovinos	Ovejas en lactación con heno	9	11,5
	Adultos con heno	7	8,5
	Adultos en pastura	3,5	4,5
	Corderos en engorde con heno	2,2	3
	Corderos en engorde con pastura	1,1	-

Bovinos	Vaca lechera en producción	70	85
	Vaca lechera seca	45	60
	Razas de carne	45	60
	Terneros	22-25	30
Equinos	Trabajo	55	70
	Pastoreo	35	45
Porcinos	Cerdas con crías	22-25	30
	Cerdos adultos	11	15
Aves (L/100 aves)	Gallinas ponedoras	32	40
	Parrilleros	18	23
	Pavos	55	70

En el caso del ganado bovino es capaz de adaptarse al consumo de agua con diferentes concentraciones de sales, sin embargo, una excesiva concentración salina o de elementos químicos, pueden producir una disminución en la producción e impacto en la salud del ganado, con las consecuentes pérdidas económicas para el productor (Grant, 1996). En la Tabla 2 se muestran los niveles de sales recomendados para las diferentes especies de producción animal y las alteraciones sanitarias que se han informado con niveles salinos elevados.

Tabla 2. Tolerancia a la salinidad (STD) en diferentes especies de interés productivo.

Especie/ categoría	**Salinidad (STD, mg/L)**		
	Sin efectos Adversos.	Rechazo inicial a beber, con acostumbramiento, sin pérdidas productivas.	Pérdidas productivas y alteraciones a la salud. Tolerancia por períodos cortos con acostumbramiento previo.
Bovinos de carne	0-4000	4000-5000	5000-10000
Bovinos de leche	0-2500	2500-4000	4000-7000
Ovinos	0-5000	5000-10000	10000-13000
Equinos	0-4000	4000-6000	6000-7000
Cerdos	0-4000	4000-6000	6000-8000
Aves	0-2000	2000-3000	3000-4000

Los distintos sistemas de producción de ganado utilizan categorías de animales diferentes con distintos requerimiento de alimento y calidad de agua de bebida. En el caso de los bovinos de producción lechera, los animales en ordeñe requieren una elevada disponibilidad de agua de bebida de buena calidad, en relación al peso corporal, (el consumo puede superar los 150 L/día) debido a que el agua representa un 87% de la composición final de la leche

producida. Por otra parte, las vacas en ordeñe son los más sensibles a los cambios en la salinidad del agua, tolerando un 30-40% menos que las vacas de cría (Bavera *et al.,* 2001).

En la Tabla 3 se muestran los niveles salinos recomendados en agua de bebida destinada a rodeos lecheros y los efectos sanitarios que se han documentado

Tabla 3. Niveles guía de uso de agua en rodeos lecheros en función de su contenido salino

Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	Efectos
Menos de 1000	Sin riesgo para el ganado
1000 a 3000	No debería afectar la salud o nivel productivo. Puede observarse diarrea temporal.
3000 a 5000	Generalmente considerada como satisfactoria pero puede causar diarrea al iniciar su consumo.
5000 a 7000	Puede ser utilizada en rumiantes adultos, pero debe evitarse en animales preñados y crías.
7000 a 10000	Se debe evitar el uso en animales preñados, en lactación, sometidos a stress o animales jóvenes.
Más de 10000	No debe ser utilizada en ningún caso.

La composición mineral del agua de bebida influye no sólo sobre la ingesta de agua sino también de alimento, condicionando de esta manera los niveles productivos alcanzados.

El agua no es considerada habitualmente como fuente de minerales, aunque en el caso de los bovinos puede aportar hasta un 20% del Ca, 11% del Mg, 35% del Na y 28% del S requeridos en la dieta (NAS, 1974). En muchos casos el aporte de minerales del agua adquiere importancia productiva en la dieta y debería considerarse a la hora de formular las raciones (Bavera *et al.,* 2001).

Como ejemplo de la importancia de la calidad de agua en la nutrición animal, en la producción y la sanidad se presenta a continuación un estudio de calidad de agua realizado en establecimientos lecheros de la cuenca lechera de Villa María (Córdoba) que es una de las regiones productoras de leche más importante de Argentina.

La fuente principal de agua de la zona es subterránea y proviene de perforaciones que extraen el agua de la capa freática (3 - 15 m de profundidad) o de perforaciones denominadas semisurgentes (80 - 150 m de profundidad). Un 40.6% de los establecimientos relevados utiliza agua de la capa freática, un 43.8% posee pozos semisurgentes, mientras que el 12,5% restante utiliza ambos tipos de perforaciones para abastecer a los animales.

Los resultados de los parámetros físico-químicos, los iones mayoritarios y los elementos traza analizados en las muestras de agua subterránea (capa freática y pozos semisurgentes), se muestran en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Parámetros físico-químicos, iones mayoritarios y los elementos traza analizados en las muestras de agua subterránea provenientes de la capa freática. Cond. conductividad.

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. STD
pH	7,32	8,92	8,21	0,48
Cond. (mS cm^{-1})	1,433	13,160	4,719	4,296
NO_3^- (mg L^{-1})	2,0	207,0	59,9	59,0
Cl^- (mg L^{-1})	22,0	3106,5	727,0	1046,6
SO_4^{2-} (mg L^{-1})	67,2	3120,0	814,8	1050,8
HCO_3^- (mg $CaCO_3$ L^{-1})	262	1595	787	333
CO_3^{2-} (mg $CaCO_3$ L^{-1})	0,0	66,3	21,9	27,5
Ca^{2+} (mg L^{-1})	2,0	274,2	54,3	82,9
Mg^{2+} (mg L^{-1})	1,7	220,2	42,5	68,9
Na^+ (mg L^{-1})	406,3	5008,0	1709,4	1638,7
K^+ (mg L^{-1})	12,8	210,2	41,7	56,4
As (ug L^{-1})	71	4550	1282	1430
Fe (ug L^{-1})	< 5	1405,0	154**	415,3**
Mn (ug L^{-1})	< 2	175,4	28,1**	55,3**
Mo (ug L^{-1})	44,0	842,5	232,8	245,5
V (ug L^{-1})	125,2	5661,4	2079,5	1891,0
Zn (ug L^{-1})	25,8	129,8	64,0	28,2

* Límite de detección de la técnica utilizada

** para el cálculo de la media y el DS se consideró la mitad del límite de detección.

Tabla 5. Parámetros físico-químicos, iones mayoritarios y los elementos traza analizados en las muestras de agua subterránea provenientes de pozos semisurgentes. Cond. conductividad.

	Minimo	Maximo	Media	Desv. STD
pH	7,36	8,97	7,83	0,45
Cond. (mS cm^{-1})	0,764	3,320	1,946	0,699
NO_3^- (mg L^{-1})	1,0	27,0	3,2	6,6
Cl^- (mg L^{-1})	61,2	623,7	309,9	160,1
SO_4^{2-} (mg L^{-1})	96,0	552,0	255,4	115,9
HCO_3^- (mg $CaCO_3$ L^{-1})	140	547	253	87
CO_3^{2-} (mg $CaCO_3$ L^{-1})	0,0	28,1	1,9	7,2
Ca^{2+} (mg L^{-1})	9,2	82,2	38,8	23,0
Mg^{2+} (mg L^{-1})	7,0	52,1	20,4	12,3
Na^+ (mg L^{-1})	211,3	760,1	496,7	154,7
K^+ (mg L^{-1})	10,7	31,4	16,9	5,3
As (ug L^{-1})	29	79	56	16
Fe (ug L^{-1})	14,7	3982,4	865,9	1291,4
Mn (ug L^{-1})	25,1	684,6	232,1	209,6
Mo (ug L^{-1})	23,4	53,8	36,1	9,1
V (ug L^{-1})	< 4	274,5	26,3**	78,2**
Zn (ug L^{-1})	16,2	513,9	157,3	150,9

* límite de detección de la técnica utilizada

** para el cálculo de la media y el DS se consideró la mitad del límite de detección

De acuerdo con los valores de pH observados, un 84% de las muestras de agua de la capa freática y un 61% de las de pozos semisurgentes superaron el rango óptimo para agua de bebida de bovinos comprendido entre 6,1 y 7,5 (Bavera *et al.,* 2001).

Considerando los valores guía para agua de bebida de bovinos de tambo, pudo observarse que la calidad del agua proveniente de la capa freática fue variable, un 25% de las muestras resultó *muy buena*, 19% *buena*, 19% *aceptable* y el 37% restante, *mala*. En el agua proveniente de pozos semisurgentes, un 8% resultó *deficiente*, 50% *muy buena*, 25% *buena*, y el 17% restante, *aceptable* (Tabla 3).

En relación a los iones mayoritarios (capa freática y semisurgente), las concentraciones de *calcio* y *magnesio*, se encontraron dentro de los límites aceptables para agua de bebida animal (Ca^{2+} <500 mg L^{-1}, Mg^{2+}: 250 mg L^{-1}). En la capa freática, los niveles de Na en un 21% de las muestras estuvieron por encima del límite máximo de 1500 mg L^{-1} recomendado para bovinos de leche. (Grant, 1996; Jones, 2000).

En el caso de los aniones considerados habitualmente en los análisis de calidad de agua, en un 11% de las muestras provenientes de la capa freática los niveles de Cl^- superaron el límite máximo recomendado de 2000 mg L^{-1} (Grant, 1996; Bagley *et al*., 1997; Jones, 2000)

En el organismo animal, los sulfatos intervienen en el equilibrio ácido-base al modificar la concentración sérica de calcio y fósforo; los desbalances pueden afectar la fertilidad de los animales con la consecuente disminución en el porcentaje de pariciones. Los

sulfatos tienen además un efecto laxante que altera el proceso digestivo y el aprovechamiento de nutrientes con la consecuente disminución en la producción láctea. En el agua, los sulfatos se encuentran generalmente formando sales solubles de Na^+ y de Mg^{2+}. Un 31,5% de las muestras provenientes de la capa freática presentaron concentraciones de sulfatos superiores a 1000 mg L^{-1}, límite máximo recomendado para bovinos adultos, mientras que las muestras provenientes de pozos semisurgentes estuvieron por debajo de este valor en todos los casos (NRC, 2001).

De acuerdo con el contenido de STD y de iones mayoritarios, el aporte de minerales del agua en las muestras consideradas como *muy buenas, buenas y aceptables*, adquiere importancia productiva y debería considerarse a la hora de formular las raciones.

Un alto porcentaje de los requerimientos de cloruro de sodio y azufre quedan cubiertos por el agua de bebida. En la zona central de Argentina las pasturas son deficientes en sodio y el agua de bebida es la principal fuente de obtención de este mineral. En las aguas de mayor calidad, el aporte de azufre podría favorecer el consumo de alimento, aumentando la ganancia de peso por contribuir a la formación de proteínas azufradas.

La totalidad de las muestras categorizadas como de *mala* calidad, provienen de la napa freática, en ellas, la concentración de cloruro de sodio y sulfatos supera ampliamente los requerimientos de los animales y podría causar alteraciones en la salud, con impacto negativo en la producción de leche y en las características organolépticas de los subproductos. El 62% de los tambos relevados se abastece de la capa freática.

La presencia de *nitratos* en el agua es indicio de contaminación con materia orgánica o compuestos nitrogenados, ocasionada generalmente por un deficiente manejo de efluentes o de utilización de fertilizantes. Su toxicidad se debe a la alteración en el transporte de oxígeno. Los animales jóvenes son más susceptibles que los adultos, por eso debe prestarse especial atención a la calidad del agua utilizada para la preparación de sustitutos lácteos utilizados en la cría de terneros. En los animales adultos, en casos de intoxicación crónica, no se observan signos característicos pero puede producirse una disminución en la producción láctea y abortos estériles. En Argentina, el valor máximo recomendado es de 200mg L^{-1} (Sager, 2000; Bavera *et al.,* 2001), sin embargo, a nivel internacional, el límite recomendado como seguro para bovinos de leche es de 44 mgL^{-} (NRC, 2001). Según los resultados obtenidos, debería prestarse especial atención a las aguas provenientes de la capa freática donde un 12.5% y 43.7% de las muestras superaron los límites propuestos a nivel nacional e internacional, respectivamente.

La presencia de *arsénico* en el agua subterránea utilizada para bebida humana o animal, es uno de los problemas sanitarios más importantes a nivel mundial. El arsénico es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza y de elevada toxicidad para los seres vivos. La llanura Chaco - Pampeana, en Argentina, es considerada la región más extensa del mundo (un millón de km^2), afectada por la presencia de arsénico en aguas subterráneas (Smedley & Kinniburg, 2002). Una de las zonas más afectadas es el sudeste de la provincia de Córdoba. (Nicolli *et al.,* 1985; Pérez Carrera & Fernández Cirelli, 2004; 2005).

En relación a la concentración de arsénico, en las muestras provenientes de la capa freática, el 62% excede los 0.5 mg L^{-1}, concentración máxima recomendada para agua bebida de bovinos (Ley 24051). Sin embargo, si se considera el valor recomendado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2004 (0,067 mg L^{-1}) o el valor guía propuesto a nivel internacional por el NRC, 2001 (0,05 mg L^{-1}) la totalidad de las muestras de agua de nivel freático superan estos valores. En el caso de las muestras provenientes de pozos semisurgentes, ninguna supera el límite máximo para agua de bebida de bovinos ni los valores recomendados de acuerdo con el riesgo de intoxicación crónica de los animales; pero, si se considera el valor guía propuesto a nivel internacional (NRC, 2001), el 80% de las muestras exceden ese límite.

El *flúor* es necesario para mantener la dureza de dientes y huesos, sin embargo, las concentraciones excesivas producen alteraciones en la salud del ganado. Los animales jóvenes son menos tolerantes a los excesos que los adultos. En la intoxicación crónica son características las lesiones de los dientes y de los huesos. Las anomalías dentarias aparecen en los animales jóvenes, se observan alteraciones de color en los dientes, desgaste prematuro y cambios de forma y estructura. La producción disminuye como consecuencia de la desnutrición. La toxicidad está relacionada con la edad del animal, la cantidad y continuidad del consumo de agua con flúor, la composición de la dieta y las características químicas del flúor en agua y alimento (McDowell *et al.,* 2000).

El moteado de los dientes aparece en concentraciones de 2 a 5 mg L^{-1}, pero el desgaste dentario se produce con dosis mayores. La intoxicación crónica fue reportada con niveles de flúor en agua de bebida de 15mg L^{-1}. El nivel normal en el agua de bebida para mantener la dureza de los dientes está entre 0,8 y 1,5 mg L^{-1} (Bavera *et al.,* 2001).

En relación a la concentración de flúor en las muestras provenientes de la capa freática, el 62.5% excede la concentración máxima de 2 mg L^{-1}, recomendada para agua de bebida de bovinos (NRC, 2001), mientras que ninguna de las muestras provenientes de pozos semisurgentes, superó el límite recomendado.

Calidad del agua en las producciones no tradicionales

La acuicultura está estrechamente relacionada con la disponibilidad y calidad del agua utilizada para la cría de peces. La producción acuícola en el MERCOSUR ha aumentado en los últimos años, sin embargo los países de la región tienen un crecimiento dispar al respecto.

En algunos países como en Brasil que es el segundo productor de Latinoamérica, la acuicultura en 2010 aportó aproximadamente 480 mil toneladas anuales de pescado (FAO, 2012), mientras que en otros como Argentina solo contribuye a 3 mil toneladas (MINAGRI, 2015).

Las fuentes de suministro de agua, su calidad y disponibilidad y los requerimientos de las especies son diferentes y deben ser considerados para un manejo adecuado de estos sistemas. Estas

fuentes también varían dependiente de la ubicación geográfica de las mismas.

Como ejemplo en la región de MERCOSUR tenemos:

-Argentina

La producción acuícola de Argentina fue en 2014 de aproximadamente 3 mil toneladas, cultivándose diferentes especies (Tabla 3), siendo el pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) las más importantes.

Tabla 5. Especies producidas en Argentina por acuicultura.

Especie	Toneladas producidas	% Participación en la producción
Pacu (*Piaractus mesopotamicus)*	1345,32	44,45
Trucha *Oncorhynchus mykiss*	1260,38	41,64
Carpas (*Cyprinus carpio*)	122,04	4,03
Otras	298,85	9,88

En Argentina país la producción acuícola está asociada a diferentes cuencas geográficas siendo las más importantes las siguientes:

a- Cuenca Geográfica de Producción Acuícola *"Templada Fría y Cordillerana":*

Las producciones de esta cuenca están asociadas a los recursos hídricos superficiales. Las principales especies producidas en esta cuenca son la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), la trucha marrón *(Salmo trutta)*, el salmón encerrado *(Salmo salar sebago)* y la trucha (*Salvelinus frontales)*. La producción de salmónidos en jaulas en ambientes naturales andino patagónicos comenzó en 1986

(Temporetti *et al*., 2001). La calidad del agua de estos ambientes es buena auque ha sufrido diversos tipos de deterioro relacionados con la eutrofización de las aguas, lo que impacta en diferente grado en las producciones acuícolas y en el ambiente (Fernández Cirelli *et al.,* 2010). En los últimos años se han observado cambios en las comunidades de lagos patagónico donde se desarrolla acuicultura debido al aumento de fósforo y la conductividad (Díaz *et al.,* 2001; Temporelli *et al*., 200l, Arcagni *et al.,* 2013).

b- Cuenca Geográfica de Producción Acuícola "*Templada Continental":*

Las producciones acuícolas de esta cuenca se abastecen de agua subterránea y superficial dependiendo del tipo de sistema productivo (intensivo o extensivo). Los establecimientos de cultivo intensivo generalmente utilizan agua subterránea, mientras que los sistemas extensivos se desarrollan en cuerpos de aguas superficiales como las lagunas pampeanas. La calidad de agua subterránea utilizada en esta cuenca geográfica de producción acuícola depende de la ubicación de los establecimientos y generalmente provienen de pozos que extraen agua entre los 20 y 60 metros de profundidad.

La principal especie criada en esta cuenca productiva es el pejerrey (*Odontesthes bonariensis).* Los requerimientos específicos de la calidad del agua para la cría de pejerrey son los sugeridos por los diferentes centros de investigación de la región pampeana (el Instituto de Limnología, 1994; la Estación Hidrobiología de Chascomús (1995) y la Estación de Piscicultura de Marcos Paz, 1996).

En los últimos años se ha implementado la cría de esta especie en jaulas en las lagunas pampásicas (Colautti *et al.,* 2010; Garcia de Souza et al., 2015). Este desarrollo si bien presenta diferente grado de efectividad produce cambios en los cuerpos de agua intensificando la eutrofización de los mismos. Estos efectos se reflejan por ejemplo en cambios en las comunidades de fitoplancton (Solimano *et al.,* 2015) por lo que la implementación de este sistema de producción en cuerpos de agua naturalmente eutróficos es muy discutida.

En los sistemas extensivos de la cuenca, que se desarrollan en cuerpos de agua preexistentes como las lagunas pampeanas, la calidad del agua depende de diversos factores (temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad) que a su vez están estrechamente relacionados con el aporte de agua subterránea (Miretzky & Fernández Cirelli, 2004). En muchas de estas lagunas hay pejerreyes, ya que la calidad del agua de las mismas es adecuada para los requerimientos de la especie. Algunas de dichas lagunas son: Salada Grande, El Hinojo, Vitel, Chascomús, Alsina, Chochicó, del Monte, Del venado, Blanca Grande, Sauce Grande, del Monte (Colón), La Tablilla, Las Barrancas y de Lobos (Gómez *et al*., 2007; Vázquez *et al.,* 2015). Sin embargo en la última década, se están manifestando en los cuerpos de agua pampásicos procesos de eutrofización, producto de la intensificación agropecuaria (Fernández Cirelli *et al*., 2006; Volpedo *et al.,* 2009, Volpedo & Fernández Cirelli, 2010). Estos procesos originados por el aumento de nutrientes presentan una tendencia creciente lo que

amenazaría la producción acuícola extensiva de la región, en caso de no revertirse esta tendencia.

En otros cuerpos de agua como el Lago Chasicó, donde los pejerreyes alcanzan un tamaño considerable, el problema de la calidad del agua reside en la presencia de elementos traza de origen natural (As, F) que se encuentran en alta concentración (Puntoriero *et al.,* 2014 a; 2015) y que pueden pasar desde el agua a los peces conllevando cierto grado de riesgo toxicológico por su consumo en exceso (Puntoriero *et al.,* 2014 b, c). Esto también sucede en otros cuerpos de agua de la región pampeana, donde diferentes autores (Avigliano *et al.,* 2015, Vázquez *et al.,* 2015; Volpedo *et al.,* 2015) reportaron la presencia de diferentes metales en tejidos de pejerreyes.

c- Cuenca Geográficas de Producción Acuícola *"Templada Cálida y Subtropical"*

En esta cuenca el incremento de los emprendimientos acuícolas se está consolidando con un desarrollo considerable y además como opción para los pequeños productores y las economías de subsistencia. El MINAGRI posee un Plan de Mejora Competitiva: Cluster Acuícola del NEA (2015) que fortalece el cultivo de peces de esta región. La especie que principalmente se cultiva en esta cuenca es el pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y varias especies de peces destinados al comercio ornamental (Luchini & Panné Huidobro, 2008; FAO, 2011).

La fuente de agua utilizada preponderantemente para las producciones acuícolas de dicha cuenca es la subterránea, aunque

en algunas también se utiliza fuentes superficiales, siendo ambas de buena calidad (Tablas 5 y 6).

Tabla 6. Parámetros físico-químicos y metales analizados (ppm) en las muestras de agua colectadas en cinco emprendimientos acuícola del noreste de Argentina (Schenone *et al.,* 2009; Fernández Cirelli *et al.,* 2010). Cond: Conductividad (µS cm^{-1}), Nitratos, nitritos y amonio (mg L^{-1}).

	pH	Cond	NO_3	NO_2	NH_4	As	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn
Fuente Superficial												
Establecimiento 1	8,00	384	0,8	<0,1	0,01	<10	<5	<6	<5	<4	<12	<8
Fuente Subterránea												
Establecimiento 2	8,10	1986	<0,1	<0,1	0,03	<10	<5	<6	<5	<4	<12	<8
Establecimiento 3	7,17	42	0,7	<0,1	0,01	<10	<5	<6	<5	<4	<12	<8
Establecimiento 4	6,85	835	2,1	<0,1	<0,01	25	<5	<6	<5	<4	<12	<8
Establecimiento 5	6,97	862	1,3	<0,1	<0,01	40,4	<5	<6	<5	<4	<12	<8
NGPBA*						15	5	2,5	6,6	800	19,5	8,6

(*) Nivel Guía para Protección de Biota Acuática

Brasil

La producción acuícola brasileña fue en 2013 de 488 mil toneladas aproximadamente. Esta actividad se desarrolla en todo el país, cultivándose más de 20 especies de peces. La especie más importante es la tilapia (*Oreochromis niloticus*), seguida por el tambaquí o cachama (*Colossoma macropomum*) y las carpas (FAO-

Fishstat, 2009; Ministerio de Pesca y Aquicultura de Brasil, 2015, http://www.mpa.gov.br/aquicultura).

Las diferentes regiones de Brasil aportan en diferente grado al total de la producción (Tabla 7) siendo el nordeste y el sur de Brasil las regiones geográficas más productivas (Ministerio de Pesca y Aquicultura de Brasil, 2015, http://www.mpa.gov.br/aquicultura)

Tabla 7. Producción acuícola de Brasil en 2013 (kg).

	kg
Total Brasil	4885856,33
Norte	730.731,53
Nordeste	1.520.861,57
Sudeste	504.812,59
Sur	1.077.713,44
Centro-Oeste	1.051.737,20

Cada región produce diferentes especies asociadas a los requerimientos de las mismas por ejemplo en la Región del Norte, predomina la producción de peces como el tambaqui (*C. macropomum*) y el piracuru (*Arapaima gigas*). En la Región del Nordeste, se cultiva principalmente la tilapia y el camarón marino (*Litopenaeus vannamei*), mientras que en la Región del Sudeste, se cultiva la tilapia. En la Región del Sur, predominan las carpas, las tilapias, las ostras y los mejillones y en la Región Centro-Oeste se cultivan el tambaqui, el pacu (*P. mesopotamicus*) y los bagres pintados (*Pseudoplatystoma* sp.). En la Tabla 8 se observa las toneladas de captura total de las principales especies cultivadas en Brasil (Ministerio de Pesca, 2015).

Tabla 8. Producción de las principales especies cultivadas en Brasil.

Especies	Toneladas
Carpa	18.836,860
Tilapia	169.306,011
Curimbatá	2.774,029
Pacu	13.652,901
Piaracuru	3.793,363
Pintado	15.714,717
Tambaqui	88.718,502
Camarón	64.668,818

La calidad de agua para la producción de tilapia y carpas está especificada a nivel mundial (Boyd & Tucker, 2012) mientras que para las especies nativas como el tambaquí, el curimbatá, el pacú, son recientes los estudios al respecto (Scott, 2013; Aizawa *et al.,* 2014; Bueno *et al.,* 2015).

El agua utilizada en acuicultura es generalmente superficial, aunque hay casos en que proviene de fuentes subterráneas. Los problemas de eutrofización y contaminación por elementos traza son los más comunes (David *et al.,* 2015; Bueno *et al.,* 2015).

Por ejemplo, en el sudeste de Brasil el análisis de calidad de agua de 30 ecosistemas acuáticos en los cuales se desarrolla acuicultura, presentan diferente estado de deterioro por el aumento de nutrientes, conllevando a la presencia de floraciones de cianofíceas (Costa *et al.,* 2013) y por lo tanto al deterioro de la calidad de agua. Es

interesante destacar que los sistemas productivos extensivos abiertos estudiados por estos autores donde se fertilizó con fosforo y nitrógeno adicional mostraron concentraciones más altas de cianofíceas que los sistemas cerrados. Esto evidencia la importancia en el manejo de las producciones para minimizar los impactos en la calidad del agua.

En los últimos años se han desarrollado diferentes trabajos tendientes a estudiar los impactos de la acuicultura sobre los cuerpos de agua brasileños, ya que los mismos no solo sufren deterioro de la calidad de agua sino también escasez de la misma por el alto grado evaporación que está afectando a muchos de estos ecosistemas producto del cambio climático (Mizerkowski *et al.,* 2012; Daus *et al.,* 2013). Existen nuevas de experiencias de utilizar sistemas intensivos y semi-intensivos de recirculación de agua (Poleo *et al.,* 2011; van Rijn, 2013), sin embargo debido a diferencias regionales los mismos deben ser ajustados.

Paraguay

La producción acuícola de Paraguay fue de aproximadamente 2000 toneladas en 2007. Las especies más importantes son las tilapias (*Oreochromis niloticus y Tilapia rendallii*), la carpa, el pacú y en menor proporción la carpa común y bagre africano (*Clarias gariepinus*). Por otro lado también se cultivan especies nativas como el carimbatá (*Prochylodus scrofa*), la boga (*Leporinus spp*) y el surubí (*Pseudoplatystoma scurubans*) para distintos programas de repoblamiento pesquero.

Paraguay en 2011 elaboró su Estrategia Nacional de Política Acuícola, en la cual se zonificó al país en regiones aptas, muy aptas y poco aptas para el desarrollo de la acuicultura según características ambientales y socioeconómicas. En este análisis (Tabla 8) analizando toda la superficie de Paraguay, el 64,4% de su territorio serían tierras con diferente grado de aptitud, por lo que está producción es una de las potenciales actividades a desarrollar.
En este sentido la Región Oriental de Paraguay presenta el 68,4% de las zonas muy aptas para esta producción, mientras que la región occidental presenta la mayoría de las zonas no aptas (Tabla 9, Estrategia Nacional de Política Acuícola, 2011).

Tabla 9. Zonificación del territorio paraguayo en relación a la aptitud de producción acuícola (Estrategia Nacional de Política Acuícola, 2011).

	Acuicultura en Paraguay		
	Zonas muy aptas (%)	**Zonas con aptitud limitada (%)**	**Zonas no aptas (%)**
Región Oriental	68,4	21,6	10,1
Región Occidental	38,7	10,0	51,3
Total	50,5	14,2	35,4

En la zona apta y muy apta las fuentes de agua son superficiales principalmente y su calidad seria adecuada para acuicultura. Sin embargo, en el caso que se intensifique esta producción en sistemas semintensivos o extensivos es posible un aumento del aporte de

nutrientes con la consecuencia de la presencia del fenómeno de eutrofización. Estos efectos se han empezado a evidenciar n distintos reservorios donde se cultiva principalmente tilapias (Ayroza *et al.,* 2013; Ribeiro *et al.,* 2013)

Uruguay

La producción acuícola de Uruguay en 2011 fue de aproximadamente 49,7 toneladas de carne y caviar de esturión (*Siberian sturgeon)*; y en menor medida de otras especies como el bagre negro (*Rhamdia quelen*), el pejerrey y la carpa (DINARA, 2015).

La calidad del agua para el cultivo de esturión está especificada internacionalmente (Eubanks 2007). El cultivo de esta especie es intensivo y se desarrolla principalmente en el embalse Baygorria en el Río Negro, aunque existen en la actualidad otros establecimientos uruguayos (Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura, 2006).

El agua generalmente proviene de fuentes superficiales, aunque también existen establecimientos que utilizan agua subterránea. Esta producción es incentivada en Uruguay a través de diferentes leyes y programas, sin embargo es un país con una baja producción acuícola aunque es una actividad incipiente.

Conclusiones

La calidad de agua es fundamental para todas las producciones animales, sean tradicionales o no tradicionales, ya que la misma

garantiza el cumplimiento de los requerimientos nutricionales de las especies y su adecuada calidad para el consumo humano.

En los sistemas ganaderos tradicionales, especialmente aquellos de carne y leche bovinas, el agua de bebida es uno de los nutrientes más importantes y, probablemente, el menos considerado de la dieta de los animales.

La presencia de contaminantes o el deterioro de la calidad del recurso afecta en muchos casos decisivamente las posibilidades de uso del agua pues puede tener efectos negativos sobre la sanidad animal, los índices productivos y/o la calidad de los productos obtenidos.

Por ejemplo, la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas someras, destinadas al consumo humano, es un problema preocupante en nuestro país y comienza a ser una problemática en esta zona, en el agua destinada al consumo animal. Esta contaminación está asociada a la falta de tratamiento de los efluentes ganaderos, como pudo observarse en el relevamiento realizado en los tambos.

En el caso del arsénico, estudios realizados en el sudeste de la provincia de Córdoba indican que la concentración en las muestras provenientes de la capa freática, supera, en la mayoría de los casos, los límites recomendados para agua de bebida animal. Estos valores no producen generalmente alteraciones manifiestas en los animales, pero deben considerarse las patologías subclínicas con un importante impacto negativo en la producción de leche. Además, el As, o los metabolitos producidos por el organismo, pueden aparecer

o acumularse en distintos tejidos, incluyendo los de consumo humano, lo que implica un riesgo para el consumidor.

Además, es necesario tener en cuenta que las concentraciones de As se han considerado teniendo en cuenta los límites establecidos para agua de bebida animal. Sin embargo, no puede desconocerse que la población rural de la zona consume agua subterránea. Los valores obtenidos para la capa freática superan en todos los casos el valor máximo de 0.01 mg L^{-1}, permitido para consumo humano (CAA, 2007).

Los niveles de F encontrados, principalmente en la capa freática, pueden acarrear problemas sanitarios en animales jóvenes, que son menos tolerantes que los adultos. Las lesiones en los dientes y huesos son características de la intoxicación crónica. Los principales problemas aparecen luego del destete, cuando la ingesta de agua aumenta considerablemente.

En Argentina debieran propiciarse los estudios que consideren la cantidad y calidad de agua que demandan estos sistemas y la disponibilidad local en las diferentes regiones del país, a fin de definir los parámetros de calidad de agua en función del sistema y de la especie en cuestión.

Además se debieran intensificar el estudio del impacto de la presencia de contaminantes sobre la calidad de los productos obtenidos para garantizar que los mismos sean aptos para el consumo y que cumplan las normativas vigentes en los mercados externos e internos.

En relación a las especies no tradicionales generadas en acuicultura, debiera fortalecerse en la región el estudio de los requerimientos de

la calidad de agua para las especies nativas producidas. Esto permitiría contribuir en el desarrollo de estándares de calidad para cultivos. La calidad del agua de los ecosistemas de la región en donde se desarrollan producciones acuícolas de manera sostenida, presentan generalmente procesos de eutrofización. Este fenómeno producido por el aporte de las altas concentraciones de nutrientes y la presencia de floraciones algales, impacta tanto en la calidad de agua, en la producción acuícola y en el ambiente. Por lo que deben implementarse medidas en el manejo de las producciones que minimicen este impacto como nuevas tecnologías de recirculación de agua, adecuación de los requerimientos nutricionales de las especies y un monitoreo sistemático de los cuerpos de agua, entre otros.

Bibliografia

Aizawa, N., Masuda, M., & Ito, L. S. 2014. Current situation of freshwater aquaculture in the lower Amazon River and the potentiality of development. Tropics, *23*(3): 127-134.

Alabaster JS & Lloyd R. 1980. Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths Ed. 297 p.

Arcagni, M., Campbell, L. M., Arribére, M. A., Kyser, K., Klassen, K., Casaux, R., & Guevara, S.R. 2013. Food web structure in a double-basin ultra-oligotrophic lake in Northwest Patagonia, Argentina, using carbon and nitrogen stable isotopes. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters, *43*(2). 131-142.

Avigliano, E.; N F Schenone; A.V Volpedo; W.Goessler & A. Fernández Cirelli. 2015 a. Heavy metals and trace elements in muscle of Silverside (*Odontesthes bonariensis*) and water from different environments (Argentina): Aquatic pollution and consumption effect approach. Science of the Total Environment 506-507:102-108

Ayroza, D. M. M. R., Nogueira, M. G., da Silva Ayroza, L. M., Carvalho, E. D., Ferraudo, A. S., & Camargo, A. F. M. 2013. Temporal and Spatial Variability of Limnological Characteristics in Areas under the Influence of Tilapia Cages in the Chavantes Reservoir, Paranapanema River, Brazil. Journal of the World Aquaculture Society, 44(6): 814-825.

Bagley C, Kotuby-Amacher J & Farrell-Poe K. 1997. Analysis of water quality for livestock. Utah State University Extension. http:// extension.usu.edu /files/agpubs/ beef28.pdf

Bavera G, Rodríguez E, Beguet H, Bocco O & Sánchez J. 2001. Manual de aguas y aguadas para el ganado. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.

Bezerra, L. A. V., Paulino, W. D., Garcez, D. S., Becker, H., & Sánchez-Botero, J. I. 2014. Limnological characteristics of a reservoir in semiarid Northeastern Brazil subject to intensive tilapia farming (*Orechromis niloticus* Linnaeus, 1758). *Acta* Limnologica Brasiliensia, *26*(1). 47-59.

Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). *Pond aquaculture water quality management*. Springer Science & Business Media.

Bueno, G. W., Ostrensky, A., Canzi, C., Matos, F. T., & Roubach, R. 2015. Implementation of aquaculture parks in Federal

Government waters in Brazil. Reviews in Aquaculture, *7*(1): 1-12.

CAA (Código Alimentario Argentino). 2007. Artículo 982, Agua Potable. Capítulo XII, Bebidas hídricas, agua y agua gasificada.

Cataldo DJ, Colombo C, Boltovskoy D, Bilos C & Landoni P. 2001. Environmental toxicity assessment in the Paraná river delta (Argentina): simultaneous evaluation of selected pollutants and mortality rates of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) early juveniles. Environmental Pollution, 112 (3): 379-389.

Colautti, D. C., Garcia de Souza, J. R., Balboni, L., & Baigún, C. R. M. 2010. Extensive cage culture of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) in a shallow pampean lake in Argentina. Aquaculture research, *41*(10): 376-384.

Colombo JC, Cappelletti N, Migoya MC & Speranza E. 2007. Bioaccumulation of anthropogenic contaminants by detritivorous fish in the Río de la Plata estuary: 1-Aliphatic hydrocarbons. Chemosphere, 68 (11): 2128-2135

Comes A, Herrero M, Livieres N & Vazquez FA. 2004. Características del Río Paraná margen izquierda. Ciudad de Corrientes, Argentina. Demanda bioquímica de oxígeno y otros parámetros físico-químicos. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad del Noreste*:* 1-4

Conzonno VH & Claviere E. 1990. Chemical characteristics of water of Chascomús pond (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Limnological implications. Revista Brasilera de Biología*,* 50(1): 1-15.

David, G. S., Carvalho, E. D., Lemos, D., Silveira, A. N., & Dall'Aglio-Sobrinho, M. 2015. Ecological carrying capacity for intensive tilapia (Oreochromis niloticus) cage aquaculture in a large hydroelectrical reservoir in Southeastern Brazil. Aquacultural Engineering, *66*, 30-40.

Deus, R., Brito, D., Mateus, M., Kenov, I., Fornaro, A., Neves, R., & Alves, C. N. 2013. Impact evaluation of a pisciculture in the Tucuruí reservoir (Pará, Brazil) using a two-dimensional water quality model. Journal of hydrology, *487*, 1-12.

Diaz, M. M., Temporetti, P. F., & Pedrozo, F. L. 2001. Response of phytoplankton to enrichment from cage fish farm waste in Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina)†. *Lakes &* Reservoirs: Research & Management, 6(2): 151-158.

DINARA. 2010. Manual básico de. Piscicultura en estanques. Montevideo, DINARA-FAO, 50 pp.

DINARA.2015. Estadisticas. http://www.dinara.gub.uy/

Eubanks, L. 2007. Hatchery Manual for the White Sturgeon Acipenser Transmontanus Richardson with Application to Other North American Acipenseridae DIANE Publishing Company, 104 pp

FAO. 2012. El estado actual de la pesca y la acuicultura. FAO, Roma. 217 pp

Fernández Cirelli, A.; Du Mortier, C. & Volpedo, A.V. 2006. Influencia de las Actividades Agropecuarias en los Procesos de eutrofización en la Cuenca Baja del Río Salado (Provincia de Buenos Aires, Argentina). En: Galizia Tundisi J, Matsumura Tundisi T & Sidagis Galli C (eds) Eutrophication

in South America: causes, consequences and technologies for management and control. Instituto Nacional de Ecologia de São Carlos:17-34

Flores Nava, A. & Brown, A. 2010. Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. FAO. Serie Acuicultura en Latinoamérica. 200pp.

Garcia de Souza, J.R.; Solimano, P.J.; Maiztegui, T.; Baigún, C.R.M. & Colautti, D.C. 2013. Effects of stocking density and natural food availability on the extensive cage culture of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) in a shallow Pampean lake in Argentina. Aquaculture Research, DOI:10.1111/are.12286.

Gomes LC, Baldisserotto B & Senhorini JA. 2000. Effect of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of the matrinxa, *Brycon cephalus* Characidae, in ponds. Aquaculture, 183:73–81

Gómez SE, Menni RC, Gonzalez Naya J & Ramirez L. 2007. The physical–chemical habitat of the Buenos Aires pejerrey, Odontesthes bonariensis (Teleostei, Atherinopsidae), with a proposal of a water quality index. Environmental Biology Fishes, 78:161–171.

Grant R. 1996. Water quality and requirements for dairy cattle. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska. http://ianrpubs.unl.edu/dairy.

Hadad HR & Maine MA. 2007. Phosphorous amount in floating and rooted macrophytes growing in wetlands from the Middle

Paraná River floodplain (Argentina). Ecological Engineering, 31 (4):251-258

Jones G. 2000. Abundant good quality water and milk production. The Virginia Dairyman, 64(7): 16-18.

LASTA, C.A. 1995. La Bahía Samborombón: Zona de desove y cría de peces. Tesis Doctoral de Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata, Argentina: 320 p.

Ley 24051. Régimen de Desechos Peligrosos. Decreto Nacional 831/93, Reglamentación de la Ley 24051.

Lombardi, S., Peri, I &· Verrengia Guerrero, NR. 2008. Trace metal levels in *Prochilodus lineatus* collected from the La Plata River, Argentina. Environmental Monitoring and Assessment: 47-59

Luchini, L. & Panné Huidobro, S. 2008. Perspectivas en acuicultura: nivel mundial, regional y local. SAGPYA. http://www.sagpya.mecon.gov.ar/

Luchini, L. & Panné Huidobro S. 2008. Prespectivas en Acuicultura: nivel mundial, regional y local. http//www.minagri.gob.ar.

Maizels, P.; Etchepare, E.; Chomonaz, E.; Bustingorry, J.; Escaray, R. & Conzonno, V. 2002. Parámetros abióticos y biomasa fitoplansctónica en la Laguna de Chascomús (periodo de inundación 2002). http://www.biblioteca.org.ar/LIBROS/8224.pdf

Marcovechio, J.E. 2004. The use of *Micropogonias furnieri* and *Mugil liza* as bioindicators of heavy metals pollution in La

Plata river estuary, Argentina. Science of the Total Environment**,** 323: 219-226.

McDowell, L.; Velásquez-Pereira, J. & Valle, G. 2000. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Diagnóstico de deficiencias de desbalances minerales. Boletín. 3era Ed. Universidad de Florida.51 pp.

MINAGRI. 2015. Estadisticas de acuicultura. http://www.agroindustria.gob.ar/site/pesca/acuicultura/

Miretzky, P. & Fernández Cirelli, A. 2004. Ionic relations: a tool for studying hydrogeochemical processes in Pampean shallow lakes (Buenos Aires, Argentina). Quaternary International: 114: 113-121

Mizerkowski, B.D.; Machado, E.D.C.; Brandini, N.; Nazario, M.G., & Bonfim, K.V. 2012. Environmental water quality assessment in Guaratuba bay, state of Paraná, southern Brazil. Brazilian Journal of Oceanography, *60*(2): 109-115.

National Academy of Sciences (NAS). 1974. More water for arid lands. NAS, Washington DC, 73-80.

Neiff, L. 2004. Preocupación por la calidad de las aguas del río Paraná. Entrevista a investigadores del CECOAL (Centro de Ecología Aplicada del Litoral) *Diario El Libertador*: 13:4-5.

Nicolli, H.; O' Connor, T.; Suriano, J.; Koukharsky, M.; Gomez Peral, M., Bertini, L.; Cohen, I.; Corradi, L.; Baleani, O. & Abril, E. 1985. Geoquímica del arsénico y otros oligoelementos en aguas subterráneas de la llanura sudoriental de la Provincia de Córdoba. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina

Nicolli, H.; Suriano, J.; Gómez Peral, M.; Ferpozzi, L. & Baleani, O. 1989. Groundwater Contamination with Arsenic and other Trace Elements in an Area of the Pampa, Province of Córdoba, Argentina. Environmental Geology and Water Sciences, 14 (1): 3-16.

NRC (National Research Council) 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. Natl. Acad. Press, Washington DC, USA

Pérez Carrera, A. & Fernández Cirelli, A. 2004. Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera (Pcia. de Córdoba, Argentina). Investigación Veterinaria (INVET) 6 (1): 51-59.

Pérez Carrera, A. & Fernández Cirelli, A. 2005. Arsenic concentration in water and bovine milk in Cordoba, Argentina. Preliminary results. Journal of Dairy Research, 72: 122-124.

Pérez Carrera, A.; Moscuzza, C.; Grassi, D & Fernández Cirelli, A. 2007. Composición mineral del agua de bebida en sistemas de producción lechera (Córdoba, Argentina). Revista Veterinaria México. 38 (2): 153-164.

Poleo, G.; Aranbarrio, J.V.; Mendoza, L. & Romero, O. 2011. High-density rearing of red-bellied pacu in two closed systems. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 46(4): 429-437.

Poxton, M.G. & Allouse, S.B. 1982. Water quality criteria for marine fisheries. Aquacultural Engineering,1: 153-191.

Puntoriero, M.L.; Volpedo, A. y Fernández Cirelli, A. 2014. b Riesgo para la población rural en zonas con alto contenido de arsénico. Acta Toxicológica Argentina 22(1)15-22.

Puntoriero,ML..; Fernández-Cirelli, A.& Volpedo, A.V. 2014 c. Biotransferencia de fluor a pejerreyes (*Odontesthes bonariensis*). Biologia Acuática. 30: 309-313.

Puntoriero,ML..; Fernández-Cirelli, A. & Volpedo, A.V. 2015. Geochemical mechanisms controlling the chemical composition of groundwater and surface water in the southwest of the Pampean plain (Argentina). Journal of Geochemical Exploration 150: 64-72

Puntoriero,ML..; Volpedo, A.V. & Fernández-Cirelli, A. 2014. Arsenic and Fluoride in surface water (Chasico Lake, Argentina). Frontiers in Environmental Science, section Groundwater Resources and Management 2 (23): 1-5.

Quirós, R. & Drago, E. 1999. The environmental state of the Argentinean lakes: An overview. Lakes and Reservoirs: Research and Management, 4: 55-64.

Quirós, R. 1998. Classification and state of the environment of the Argentinean lakes (p: 29-50). Study Report for the Lake Environment Conservation in Developing Countries. Argentina. Chapter 2. Lakes of Argentina. International Lake Environment Committee Foundation (ILEC). Kusatsu, Japan. 229 p

Ranta E, Lindstrom K & Salojarvi K. 1992 Water quality, fishing effort and fish yield in lakes. Fisheries Research 15: 105–119

Ribeiro Filho, R.A.; Almeida, J:M; Petrere, M. & Frederigi, S.B. 2013. Eutrophication Indexes Used as Fish Production Parameters in the Itaipu Reservoir (Brazil). Journal of Environmental Protection,

Sager R. 2000. Agua de bebida de bovinos. Reedición de la Serie técnica Nº 126. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental San Luis.

SAGPYA. 2009. Estadísticas Pesqueras. http://www.sagpya.mecon.gov.ar/

Salmonid Water Quality Standard 1988. www.envirocentre.ie/.../Standards04_SI293 _*SalmonidWater. pdf*

Schenone N, Volpedo AV & Fernández Cirelli A 2007. Trace Metal Contents in water and sediments in Samborombón Bay wetland, Argentina. *Wetland ecology and management,* 15: 303-310.

Schenone N, Volpedo AV & Fernández Cirelli A. 2008. Estado trófico y variación estacional de nutrientes en los ríos y canales del humedal mixohalino de Bahía Samborombón (Argentina). Limnética, 27 (1): 65-72.

Schenone, N., Volpedo, A.V., Gambino, G. & Fernández Cirelli, A. 2004. Crecimiento de larvas de bagre sapo (R*hamdia sapo*) en aguas de diferente dureza. XIX Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, Buenos Aires. 24 al 28 de octubre de 2004.

Schenone, N.; Fernández Cirelli, A.; Del Rosso, F. &Troncoso, J.J. 2009. Análisis de metales traza establecimientos de

Acuicultura del noreste de Argentina. *2º* Conferencia Latinoamericana sobre Cultivo de Peces Nativos. Chascomús, Buenos Aires, Argentina: 78.

Scott, P. C. 2013. Regional and national factors relevant to site selection for aquaculture in the Federative Republic of Brazil. Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture, 263.

Smedley, P. & Kinniburg, D. 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. Applied Geochemistry, 17: 517-568.

Smolders, A.J.P.; Lock R.A.C.; Van der Velde, G.; Medina Hoyos, R.I. & Roelofs, J.G.M. 2003. Effects of Mining Activities on Heavy Metal Concentrations in Water, Sediment, and Macroinvertebrates in Different Reaches of the Pilcomayo River, South America. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 44:314-323.

Solimano, P.J.; Souza, J.R.; Maiztegui, T.; Baigún, C.R. & Colautti, D.C. 2015. New approaches for growth improvement in pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835) culture (Atherinomorpha: Atherinopsidae). Neotropical Ichthyology, *13*(1): 213-220.

Souza, J.R.G.; Solimano, P.J.; Maiztegui, T.; Baigún, C.R.M. & Colautti, D.C. 2015. Effects of stocking density and natural food availability on the extensive cage culture of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) in a shallow Pampean lake in Argentina. Aquaculture Research, 46 (6):1332-1344

Temporetti, P.F.; Alonso, M.F.; Baffico, G.; Diaz, M.M.; Lopez, W.; Pedrozo, F.L. & Vigliano, P.H. 2001. Trophic state, fish community and intensive production of salmonids in Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina). Lakes & Reservoirs: Research and Management, 6: 259-267

Urke, H.A.; Koksvik, J., Arnekleiv, J.V.; Hindar, K.; Kroglund, F. & Kristensen, T. 2009. Seawater tolerance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., brown trout, *Salmo trutta* L., and *S. salar* × *S. trutta* hybrids smolt. Fish Physiology and Biochemistry 10.1007/s10695-009-9359-x

van Rijn, J. 2013. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. Aquacultural engineering, 53: 49-56.

Vazquez, F.J; Arellano, F.A.; Volpedo, A.V. & Fernández-Cirelli, A. 2015. Monitoring trace elements in Silverside (*Odontesthes bonariensis*) Organs from pampasic ponds, Argentina. Microchemical Journal 120: 1-5.

Volpedo A & Fernández Cirelli A. 2006. Otolith chemical composition as a useful tool for sciaenids stock discrimination in Southwestern Atlantic. Scientia Marina 70(2): 325-334.

Volpedo Alejandra V. Esteban Avigliano y Alicia Fernández Cirelli. 2015. Presence of trace elements in fishes from the Chaco-Pampeana plain (Argentina). Sustainability, Agriculture, Food and Environmental Research 3(2): 2015: 1-12.

Volpedo AV, Schenone N & Fernández Cirelli A. 2009. El proceso de eutrofización en la región pampeana (Argentina). En: Fernández Cirelli A & Amaral Jaboticabal L.(ed) Los recursos

hídricos en la Región del Mercosur: estudios de caso. Eds. FUNESP: 110-126.

Zalocar de Domitrovic, Y. & Forastier, M.E. 2005. Cyanophyceae (Cyanobacteria) del nordeste argentino: distribución y diversidad. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Universidad Nacional del Noreste, B-038: 1-4

LOS EFLUENTES AGROINDUSTRIALES

Carlos Ojeda[1,2] y Alicia Fernández Cirelli[1,2]

[1]Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA)
[2]Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA-UBA-CONICET). Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín N* 280 C1427CWO. Ciudad de Buenos Aires, Argentina. inpa@fvet.uba.ar

Los efluentes líquidos son aguas que se han utilizado en algún proceso agroindustrial y su calidad ha variado. El concepto de calidad de agua es complejo y difícil de definir. Hay dos aspectos que son intrínsecos al agua ¿qué contiene? y ¿en qué cantidad? y un tercer aspecto extrínseco ¿cuál será el uso que se le dará? Los efluentes agroindustriales poseen una alta carga orgánica y de nutrientes. La amplitud de las actividades agropecuarias e industriales, se refleja en la diversidad de productos que generan. Si bien comparten la primera característica señalada, cada actividad posee efluentes con sus particularidades (Poch, 2000).

Los efluentes una vez generados deben ser tratados y luego vertidos en cuerpos receptores. Cada jurisdicción establece una normativa sobre qué y cuánto puede estar presente en esa agua residual que será incorporada al ambiente. La manera de incorporarla puede ser difusa o puntual. Un ejemplo de contaminación difusa es la agricultura y uno de contaminación puntual: las agroindustrias.

Las actividades agrícolas contribuyen a la contaminación difusa, ya sea por escorrentía o lixiviación, con agroquímicos que pueden contener insecticidas, fungicidas, herbicidas y tensioactivos. En cuanto a los ciclos agrícola-ganaderos uno de los mayores problemas es la contaminación con nitratos. El problema de este tipo de contaminación, es la carencia de un punto específico de recolección del efluente que pueda usarse para realizar un tratamiento adecuado (Fernández Cirelli *et al.*, 2010).

Las contaminaciones puntuales pueden ser tratadas en un lugar específico donde realizar la depuración del efluente. En este caso lo que debe tenerse en presente es la gran amplitud de contaminantes y sus niveles dependiendo de la actividad que lo haya producido. Como ejemplo de lo mencionado se muestra en la Tabla 1 la contaminación que generan distintos tipos de producciones y como se pueden también equiparar a la cantidad de personas (CEPIS/OPS/OMS, 1991).

Tabla 1. Cantidad, composición y equivalencia de algunos tipos de efluentes agroindustriales

AGROINDUSTRIA	VOLUMEN EFLUENTE	DBO_5	POBLACIÓN EQUIVALENTE
Prod. Lácteos (sin tener en cuenta agua de refrigeración)	0,5 - 3 m^3 / T leche	0,5 - 3 Kg / T leche	9 - 55/T leche
Matadero (novillo 400 Kg)	0,6 - 9,6 m^3 / cabeza	2,4 - 10,4 Kg/cabeza	44-192/cabeza
Matadero (cerdo 100 Kg)	0,3 - 0,4 m^3 / cabeza	0,4 - 2,1 Kg/cabeza	8-39/cabeza
Procesado de pescado	24 m^3 / T pescado	41Kg/T pescado	760/T pescado

La producción animal abarca una gran cantidad de especies utilizadas para proveer alimento, lana, cuero, pieles e inclusive se crían animales con propósito de suministrar elementos para diagnóstico y tratamiento de enfermedades. En este universo tan variado, también lo son los efluentes producidos acorde a la especie que se trate y al sistema de crianza aplicado.

Los denominados feedlot son instalaciones donde se engorda bovinos en forma intensiva. En estos se originan efluentes con alta carga de materia orgánica que se encuentra entre el 55 - 65% de la composición del mismo. De igual modo sucede con el nitrógeno 3 - 4,1% y el fósforo 1 - 2,9%. También se encuentran trazas de antibióticos como la monensina y metales como el cobre y el cinc. En la producción intensiva de porcinos el valor de materia orgánica es muy similar 55 - 67% en cambio los nutrientes (nitrógeno y

fósforo) causantes de la eutrofización aumentan significativamente 4,3 - 7% y 3,7 a 6% respectivamente (Fernández Cirelli, *et al.*, 2010).

La diferencia entre ambas producciones está en la cantidad de agua utilizada. Mientras que la producción porcina intensiva necesita para el lavado de sus corrales de material, agua en cantidad a fin de evitar enfermedades; en el sistema de engorde bovino intensivo que se desarrolla en Argentina no existe esta operación debido a que se realiza sobre tierra. El problema sobreviene cuando hay lluvias o pérdidas en los bebederos, en esos casos ya sea por escorrentía o por lixiviación los componentes anteriormente citados contaminan el agua tanto superficial como subterránea.

Los tambos, forma en la cual Argentina se refiere a las explotaciones lecheras, originan efluentes a razón de 14 a 24 litros diarios por bobino en ordeñe, sin tener en cuenta el agua que se necesita en la placa de refrescado.

La Tabla 2 muestra los valores de algunos parámetros de un efluente que se va generando a partir de la vivienda de un tambo (a) al cual se le suma el lavado de la sala de ordeñe (b) y finalmente el lavado de la máquina de ordeñe (c) obsérvese el sucesivo incremento de la DQO y DBO_5. También préstese atención a que aporta cada etapa (Mantovi *et al*., 2003).

Tabla 2. Características del efluente de un Tambo

PARÁMETROS	Efluente doméstico (a)	Efluente del lavado de la sala de ordeñe (b) + (a)	Efluente del lavado de la máquina de ordeñe (c) + (a) + (b)
pH	7,68	7,82	7,68
SST (mg/L)	60	480	1.220
DQO (mg/L)	147	1.165	1.965
DBO_5 (mg/L)	66	612	618
NKT (mg/L)	31,54	83,78	76,20
Fósforo total (mg/L)	2,81	11,78	19,95
Zinc (mg/L)	0,196	0,399	0,434
Agentes Tensioactivos aniónicos (mg/L)	0,05	0,10	0,04
Ag. Tensioactivos no iónicos (mg/L)	0,70	1,74	1,37
Coliformes totales (UFC / 100ml)	$3,1 \times 10^6$	$2,3 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$

SST: sólidos en suspensión totales; DQO: demanda química de oxígeno; DBO_5: demanda biológica de oxígeno a 5 días; NKT: nitrógeno total Kjeldahl.

El lavado de lanas que deriva de la posterior esquila de los ovinos produce un efluente altamente contaminado. Para el desengrasado acuoso se utilizan tensioactivos no-iónicos que se suman a la contaminación. El efluente que se genera contiene lanolina, una sustancia untuosa, pegajosa y amarillenta, casi inodora, que se derrite entre 36º y 41,5º C. La lana de los ovinos contiene entre el

15 y el 20 % de lanolina. Su degradabilidad es muy baja. El efluente que proviene de esta actividad posee una DQO de 45.000 mg/L. El 75% de esa DQO es debida a la lanolina emulsificada, el otro 25% es debido a componentes solubles en agua (Poole & Cord-Ruwisch, 2004).

Las materias primas obtenidas de las actividades agropecuarias, cereales, carne, leche, cueros y otros deben ser posteriormente acondicionados para su comercialización. Las agroindustrias son las encargadas de ello, sumando valor agregado a los productos primarios.

La instalación que faena y refrigera los productos cárneos es llamada frigorífico. Los frigoríficos realizan varias operaciones y algunas de ellas producen efluentes que luego deberán ser tratados.

Operaciones en un Frigorífico:

- Desembarco de hacienda
- Corrales de descanso con bebedero
- Playa de faena
- Baño de los animales
- Zona de noqueo (piso con velo de agua para eliminar vómito)
- Desangrado
- Desollado
- Evisceración
- Serrado en medias reses
- Zona de lavado de media res (se usa agua clorinada 2-3 ppm)

La higienización de la playa de faena ha ido cambiando la tendencia hacia un menor uso de agua y por lo tanto menor cantidad de efluentes.

Sistema clásico

- Lavado con agua fría a presión con manguera
- Lavado con agua caliente y sustancias tensioactivas
- Enjuague con agua clorinada (100 ppm) a presión
- Lavado final con agua clorinada (2-3 ppm)

Sistema moderno

- Higiene en seco con aspiradoras móviles
- Lavado con agentes tensioactivos en frío

Los mayores contribuyentes en la generación del efluente total se encuentran en el recupero de grasas, el procesado de las vísceras y las áreas de corrales del frigorífico (Carawan, 1979).

El 40 - 50% de la materia suspendida del efluente de los frigoríficos tiene un tamaño mayor al milímetro. Este material es insoluble y de difícil degradación. El resto de la materia se encontraba en estado coloidal o en solución. En comparación la materia en el efluente doméstico se encuentra en forma coloidal.

La temperatura de los efluentes de frigoríficos varía ampliamente según el país y la época del año. Esto repercute en el tratamiento del efluente. Los sistemas biológicos aumentan su velocidad con la temperatura. Por otro lado la emulsificación de las grasas también

compromete a los sistemas de tratamiento intensivos con barros activados.

En la Tabla 3 se observan distintos valores de carga orgánica, grasas, sólidos suspendidos totales, nitrógeno kjeldahl total, fósforo total y ácidos grasos volátiles de seis en el efluente de seis frigoríficos distintos (Sayed & de Zeeuw, 1988; Sayed *et al.*, 1987; Stebor, 1990; Tritt & Schuchardt, 1992; Borja *et al.*, 1995).

Tabla 3. Características de varios efluentes de frigorífico

Parámetro (mg/L)	1	2	3	4	5	6
DBO	710 -4.633	490 -650	1.600 - 3.000	1.000 - 3.500		
DQO	1.925 - 11.118	1.500 - 2.200	4.200 - 8.500	1.400 - 5.000	6.000	530 - 4.700
Aceite y grasa		50 - 100	100 - 200			
SST	1.011 - 1.916		1.300 - 3.400		6.000	220 - 2.100
NKT	110 - 240	120 - 180	114 - 148	250 - 700	550	40 - 230
(PO_4^{3-}) total	13 - 22	12 - 20	20 - 30	80 - 120	50	6 - 34
Ácidos grasos volátiles			175 - 400		300	

SST: sólidos en suspensión totales; DQO: demanda química de oxígeno; DBO5: demanda biológica de oxígeno a 5 días; NKT: nitrógeno total Kjeldahl.

Los valores por tonelada de peso vivo en los mataderos se hallan en un promedio para DBO_5 de 13,3 Kg, para sólidos totales en suspensión 10,3 Kg y para aceites y grasas de 5,2 Kg.

Los ovinos, pollos parrilleros y cerdos también son procesados en frigoríficos que preparan sus carnes para el consumo. En el caso de la industria aviar se calcula un DBO_5 promedio por pollo parrillero de 6.500 mg/L (Fernández Cirelli, *et al.*, 2010).

Los tambos producen leche que luego es transportada a las usinas lácteas para su procesado y distribución. El procesado de la leche

deriva en varios productos como por ejemplo: producción de leche fluida, condensada, dulce de leche, leche en polvo, yogurt, manteca y producción de distintos tipos de quesos.

La leche entera tiene un DBO_5 de 110.000 mg por litro de la misma o 210.000 mg de DQO. Los efluentes de la industria láctea tienen una DQO que varía desde 180 a 23.000 mg/L, 4.000 mg/L es un DQO promedio para un efluente proveniente de estas plantas. Las cargas de DQO en los efluentes de la industria láctea se estiman en aprox. 8,4 Kg/m^3 de leche. Es decir el 4% de los sólidos de la leche recibidos en la usina láctea son una pérdida que ingresa al caudal del efluente (EC, 1997).

La industria aceitera utiliza como materia prima granos oleaginosos produciendo aceites de soja, maíz, oliva, algodón, maní, lino y colza. Las operaciones que realiza una planta aceitera se enumeran a continuación:

- Limpieza de materia prima
- Clasificación (se usa agua o salmueras)
- Tratamiento con vapor
- Prensado
- Extracción con disolvente (hexano)
- Eliminación de mucílagos (se usa agua caliente)
- Neutralización (genera una fase acuosa alcalina)
- Decoloración (no siempre se hace)
- Desmargarizado
- Desodorización (destilación bajo vacio y arrastre con vapor de agua)

Como puede apreciarse la utilización del agua está presente en varias de ellas y eso origina finalmente un efluente que debe ser tratado. A continuación a manera de ejemplo se presenta en las Tablas 4 y 5 las características del efluente de dos tipos de aceites distintos (Saatci *et al.*, 2003; Aggelis *et al.*, 2003).

Tabla 4. Características del efluente de la industria del aceite de girasol

Parámetro	Rango
pH	1,5 - 2,6
Alcalinidad (mg/L eq. a $CaCO_3$)	800 - 1.990
DQO (mg/L)	5.600 - 15.300
SST (mg/L)	4.300 - 12.800
SSV (mg/L)	3.700 - 9.680
NTK (mg/L)	19,8 - 125,4
Fósforo total (mg/L)	216,0 - 556,2
Ácidos grasos totales (mg/L)	237,0 - 1.293,8
Lípidos totales (mg/L)	364,4 - 1.696,0

SST: sólidos en suspensión totales; SSV: sólidos suspendidos volátiles; DQO: demanda química de oxígeno; NKT: nitrógeno total Kjeldahl.

Tabla 5. Características de un efluente de la industria del aceite de oliva

Parámetro	Valor
pH	12
SST (mg/L)	3.400
VST (mg/L)	2.900
DQO (mg/L)	23.500
Polifenoles (mg/L)	1.400
NKT (mg/L)	750
Fósforo total (mg/L)	42
AGV totales (mg/L)	390
Acetato (mg/L)	370
Propionato (mg/L)	25
Isobutirato (mg/L)	< 5
Butirato (mg/L)	< 5
Isovaleriato (mg/L)	< 5
Valeriato (mg/L)	< 5

SST: sólidos en suspensión totales; VST: sólidos volátiles totales; DQO: demanda química de oxígeno; NKT: nitrógeno total Kjeldahl; AGV: ácidos grasos volátiles

La instalación donde se realiza el proceso que convierte las pieles de los animales en cuero es conocida como curtiembre. Esta industria produce cueros curtidos y productos manufacturados. El curtido del cuero utiliza durante su proceso sales de cromo. El cromo es un metal pesado que afecta gravemente la salud cuando se halla en el agua en concentraciones superiores a 0,050 mg/L (50

ppb) según la recomendación de la Organización Mundial para la Salud (OMS). Hay un tratamiento que utiliza el llamado curtido vegetal evitando de este modo generar efluentes con cromo 3+ (especie más peligrosa). En la Tabla 6 se observa las características del efluente obtenido por uno y otro método (Contreras-Ramos *et al.*, 2004).

Tabla 6. Características comparadas de los efluentes de curtiembres tradicionales (usan cromo) y de curtido vegetal.

PARÁMETRO	Curtido vegetal (mg/L)	Curtido al cromo (mg/L)
pH	9	8 a 9
Sólidos totales	10.000	10.000
Sólidos suspendidos	1.500	2.500
Sólidos sedimentables	50	100
DQO	3.000	2.500
DBO_5	1.700	900
Sulfuro	160	160
Sulfato	2.000	700 - 2.000
Cloruro	2.500	2.500
Nitrógeno total	120	120
Aceites y grasas extractables con éter	200	200 - 350
Fósforo	1	1
Cromo 3+	---------	70 - 110

DQO: demanda química de oxígeno; DBO5: demanda biológica de oxígeno a 5 días

Los efluentes deben ser tratados antes de ser vertidos, pues sino representan una fuente de enfermedades para los seres vivos. Los gobiernos, a través de sus organismos reguladores, son los que dictan las normas acerca de las características que dicho efluente debe cumplir para su descarga y también son los agentes que obligan a obedecer dicha norma.

Tratamiento de efluentes

Los efluentes siguen la tendencia mundial de producir cada vez menos residuos. Antiguamente se medía la pujanza y riqueza de un país de acuerdo a la cantidad de desechos que producía. Por suerte este concepto cambió radicalmente y hoy en día se aplica el concepto de las 3Rs, reducir, reutilizar y reciclar.

La limpieza en seco reemplazó a la que se realizaba con abundancia de agua. De todos modos las actividades humanas siguen produciendo efluentes que deben ser tratados (Daigger, 2008).

Conocer las características del efluente a tratar es primordial para desarrollar los pasos que se deben seguir para depurarlo. Un pH extremo afecta los microorganismos que eliminan los contaminantes. Lo mismo sucede con la presencia de lípidos y grasas en el efluente. Por consiguiente en un caso habrá que ajustar el pH químicamente y en el otro utilizar por ejemplo una trampa de grasas (Poch, 2000).

Es necesario en este momento aclarar que el tratamiento eficaz de los efluentes puede realizarse en las contaminaciones puntuales. En las contaminaciones difusas debe recurrirse por ejemplo, a las

buenas prácticas de manejo y a los cambios de conductas, siempre más complejas de implementar (Daigger, 2008).

El tratamiento de efluentes consta de las siguientes etapas. Un pretratamiento en el cual se realiza una separación de los sólidos más voluminosos, esto evita posibles obturaciones en los pasos siguientes. También impide los efectos abrasivos sobre bombas, válvulas y otros mecanismos.

El pretratamiento se realiza con filtros de rejas, las cuales se van angostando. También se pueden utilizar trituradores. Se suele incluir en esta etapa un desarenador y una trampa de grasas y aceites.

La próxima etapa se denomina tratamiento primario, en esta precipita la materia orgánica sedimentable junto con otras partículas inorgánicas que no se separaron en el pretratamiento. Estos sedimentos se separan del efluente y se llaman lodos o barros primarios. Cuando el efluente contiene metales pesados como en el caso de las curtiembres, se suma un tratamiento químico con coagulantes o quelantes de estos metales.

Posteriormente comienza el tratamiento más importante denominado secundario. Esta etapa se fundamenta en incrementar la velocidad de los procesos biológicos que normalmente se dan en el ambiente, degradando la materia orgánica y en algún punto también los nutrientes (nitrógeno y fósoforo) aunque esto último tiene su etapa especifica que es la llamada terciaria.

Tanto la etapa primaria como la secundaria requieren de su correspondiente etapa de sedimentación clasificándose estos

sedimentos o lodos o barros como primarios y secundarios respectivamente.

El tratamiento secundario se fundamenta en la depuración biológica por medio de microorganismos. Estos utilizan la materia orgánica como sustrato metabólico logrando su remoción del efluente. Estos microorganismos pueden degradar la matería orgánica en presencia de oxígeno (aeróbicos) o en ausencia del mismo (anaeróbicos).

Los microorganismos aeróbicos degradan la materia orgánica produciendo dióxido de carbono y agua. Los microorganismos anaeróbicos degradan la materia orgánica produciendo metano y dióxido de carbono. El metano puede reutilizarse como una fuente de combustible (biogás). En condiciones anaeróbicas el nitrógeno forma amonio. En aerobiosis el nitrógeno produce nitratos.

Los microorganismos que degradan la materia orgánica pueden encontrarse fijados a un soporte o estar libres en forma de flóculos que se forman en el efluente tratado, en este caso se los considera suspendidos.

El tratamiento terciario puede estar presente o no dependiendo del destino final del efluente. En esta etapa se remueven los nutrientes y se elimina la mayor cantidad de patógenos, puede utilizarse cloro, filtración con lechos de arena, adsorción en carbón activado u ósmosis inversa. Siempre es posible volver a obtener agua potable, el problema es a que costo y si es realmente necesario (Poch, 2000).

Como mencionamos anteriormente los tratamientos primario y secundario generan lodos, los cuales a su vez también deben ser tratados. Esta etapa se denomina digestión de lodos. La digestión tiene por objeto disminuir las materias volátiles, mineralizar la

materia orgánica y concentrar los lodos. A su vez el proceso de digestión puede ser aeróbico o anaeróbico. Por lo tanto hay varios tipos de lodos a considerar.

Los lodos provenientes del tratamiento primario se vuelven sépticos y dan mal olor rápidamente. Los lodos obtenidos del tratamiento secundario a su vez pueden originarse de lodos activados (suspendidos) o de lodos provenientes de lechos bacterianos (fijados). Los primeros al estar bien aireados no producen olor con tanta rapidez. Los segundos no producen olores molestos si están frescos. Se degradan a menos velocidad que los lodos procedentes del sistema secundario de lodos activos (Fernández Cirelli y Ojeda, 2005).

Habitualmente los lodos provenientes del tratamiento primario y secundario son mezclados y homogenizados lo mejor posible para digerirlos como uno solo. Los lodos que se han espesado y digerido, son luego llevados a un destino final o también muchas veces reutilizados para otros fines como relleno sanitario o abono para la producción de vegetales comestibles.

Las características químicas que permiten reutilizar los lodos como abono se deben a su contenido en materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, azufre, magnesio y calcio. Los patógenos deben estar ausentes.

Cuando los lodos se usan para compostaje y pasan a formar parte del sistema de producción de alimentos, los metales pesados también deben ser considerados en virtud de la posibilidad de que sean incorporados en el alimento producido (Fernández Cirelli y Ojeda, 2005).

Los sistemas de tratamiento de efluentes se clasifican en intensivos o extensivos. Los sistemas intensivos requieren mayor inversión en instalaciones, mayor aporte de energía y tienen la ventaja de necesitar una menor área. Se basan en reactores de alto rendimiento, que pueden manejar grandes cargas de contaminantes. Los reactores pueden ser aeróbicos o anaeróbicos. Los sistemas extensivos no requieren una gran inversión en infraestructura, se basan en la energía solar, pero poseen la desventaja de requerir grandes áreas de tierra. Estos últimos son los más apropiados para tratar efluentes agropecuarios e inclusive los agroindustriales (Poch, 2000).

Sistemas blandos o extensivos

Se basan en lagunas de estabilización, lagunas con plantas acuáticas denominadas macrófitas, humedales construidos o una combinación de los anteriores.

Las lagunas de estabilización tienen por finalidad permitir que la naturaleza actué sobre el efluente depurándolo como muestra la Figura 1.

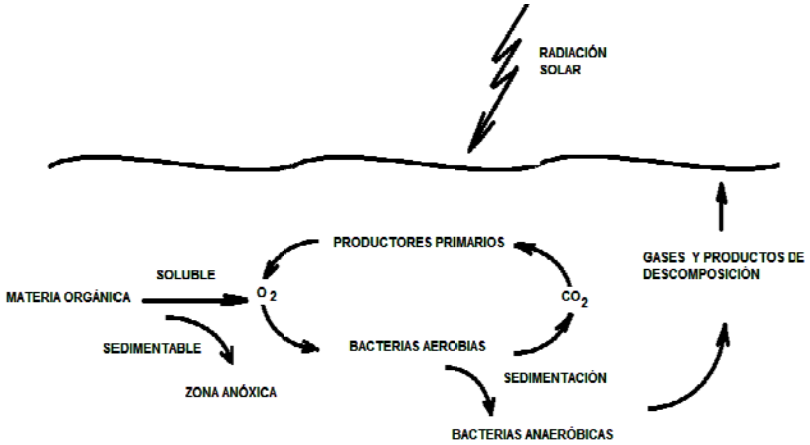

Figura 1. Procesos en una laguna facultativa (adaptado de Poch, 2000).

La laguna facultativa es un excelente ejemplo para comprender los fenómenos que se conectan entre sí. A poca profundidad, donde la luz solar puede aún penetrar, las algas utilizan la misma para la fotosíntesis, generando oxígeno y consumiendo el dióxido de carbono.

Este oxígeno es utilizado por los microorganiamos aeróbicos para degradar la materia orgánica soluble produciendo dióxido de carbono que es aprovechado por las algas.

En profundidad, donde los rayos solares no pueden penetrar, la concentración de oxígeno disminuye debido al consumo de los microorganismos y se establece una zona anóxica. Aquí la materia orgánica sedimentable es degradada por microorganismos anaeróbios, liberando productos como metano y ácido sulfhídrico.

La realidad es que rara vez se trabaja con lagunas facultativas pues se requeriría una gran superficie de terreno y el equilibrio que se mostró en la Figura 1 sería difícil de mantener en el tiempo.

La forma de trabajar con lagunas es combinar anaeróbicas con aeróbicas. De esta forma se alcanza el mejor rendimiento de este sistema de tratamiento de efluentes.

Se considera a las lagunas aeróbicas hasta una profundidad máxima de 0,5 metros y las anaeróbicas a partir de una profundidad mínima de 2 metros (Poch, 2000).

Las lagunas con macrófitas son una evolución de los sistemas de lagunas utilizados para el tratamiento de efluentes. La presencia de macrófitas flotantes o enraizadas, potencia la obtención de efluentes de buena calidad, pues estas plantas acuáticas captan materia orgánica y nutrientes.

Los sistemas basados en plantas flotantes pueden utilizar macrófitas como el jacinto de agua (*Eichhomia crassipes*) vulgarmente conocido como camalote.

También se utilizan las comúnmente llamadas lentejas de agua que son monocotiledóneas flotantes de la familia *Lemnaceae*, que consta de cuatro géneros: *Lemna, Spirodela, Wolffia y Wolffiella* (Oron *et al.*, 1986).

El jacinto de agua (*Eichhomia crassipes*) o camalote crece principalmente en grandes cuerpos de agua y son capaces de eliminar grandes niveles de DBO_5, pequeñas concentraciones de sólidos suspendidos, nitrógeno y también presentan una remoción significativa de elementos trazas de compuestos orgánicos de difícil degradación (Oron & Willers, 1989).

El uso del jacinto de agua para tratar efluentes tiene principalmente la dificultad de la eliminación de estas plantas. La producción de jacintos de agua en lagunas puede alcanzar cerca de 30 g en materia

seca por m^2 y por día con un contenido de nitrógeno de alrededor de 3% en materia seca.

El sistema de jacintos de agua es capaz de remover altos niveles de DBO_5, sólidos en suspensión y nitrógeno, y eliminar significativamente trazas de compuestos orgánicos no degradables.

La eliminación del fósforo está limitada a las necesidades de la planta y regularmente no excede el 50% al 70% del contenido de fósforo del efluente.

La eliminación de nutrientes en climas fríos por parte de sistemas con jacintos de agua, disminuye porque las plantas son sensibles a las bajas temperaturas. A temperaturas por debajo de 10°C las plantas mueren.

Se requiere de una reposición de éstas hacia la primavera para renovar el proceso y cumplir con las exigencias del tratamiento.

Las ventajas que pueda tener el uso del jacinto de agua para tratar efluentes quedan anuladas en la mayoría de los casos, porque la cosecha de las plantas y el procesamiento de los productos que estas generan, tales como biogas o forraje para consumo animal, son muy costosos.

También hay indicaciones de que las pérdidas de agua debidas a la evaporación en los sistemas de jacinto de agua son 3 a 5 veces mayores que en las lagunas que tienen sólo el efluente.

Otra restricción relativa al uso del jacinto de agua se debe al problema del mosquito. El voluminoso follaje poroso que crea esta planta arriba de la superficie del agua produce condiciones excelentes para el desarrollo de las larvas de mosquito (Oron *et al.*, 1988).

Las lentejas de agua son capaces de crecer exitosamente sobre los efluentes y convertir los contaminantes biodegradables, en materiales útiles, como forraje rico en proteína. Los estudios y monitoreos de campo indican un relativo buen crecimiento en agua cloacal y en efluentes de producciones pecuarias.

La ventaja que tiene el utilizar la lenteja de agua para captar nutrientes, proviene de su preferencia por captar el amoníaco. De esta forma la eliminación del nitrógeno consume menos energía y por lo tanto tiene un rendimiento mayor, esto se traslada a una baja de costo en el tratamiento.

Las lentejas de agua no trabajan solas sino conjuntamente con las bacterias en una cooperación que permite purificar el efluente. La descomposición bacteriana causa anaerobiosis, la cual es mantenida por la cobertura vegetal que se crea en la superficie y que evita la aireación. La mineralización producida por las bacterias da carbono, nitrógeno y fósforo, nutrientes éstos que luego son la principal fuente para el crecimiento de las lentejas de agua que los convierten en proteínas vegetales.

Las especies de lenteja de agua como *Spirodela* y *Lemna* reducen el contenido de oxígeno del agua residual, sin embargo, esta anaerobiosis no parece causar ningún daño a las plantas o impedir el reuso del efluente tratado para irrigación.

El CO_2 producido por las bacterias provee el medio para el crecimiento de las plantas. Estas plantas tienen la virtud de usar componentes orgánicos simples directamente.

El límite superior de tolerancia térmica para las lentejas de agua es de alrededor de 34°C. Las plantas mostraron una leve disminución

en su crecimiento por debajo de 10°C, por lo tanto son relativamente tolerantes a condiciones frías contrariamente al jacinto de agua.

El contenido de proteína es de por lo menos 25% de la materia seca, que es mucho mayor que el del jacinto de agua, aunque menos que el de las algas. El espectro de aminoácidos en las lentejas de agua, especialmente considerando la lisina (7,5% de la proteína total) y metionina (2,6% de la proteína total), es mucho mejor en comparación a otras plantas (Oron, 1984).

Las características y propiedades vistas anteriormente, explican porque son atractivas como plantas para cultivar y cosechar. Comparada con las algas, la lenteja de agua es más fácil de cosechar.

Dos ventajas más de las lentejas de agua son la reducción por evaporación que producen comparada contra un espejo de agua sin cobertura y la gran remoción de metales pesados de las que son capaces (Oron *el al.*, 1986).

La depuración de aguas residuales a través de humedales artificiales, es una alternativa eficaz para tratar las altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, patógenos y nutrientes (nitrógeno y fósforo), los cuales están presentes en los efluentes agrícolas y agroindustriales (Vymazal, 2009).

Estos sistemas utilizan macrófitas enraizadas siendo la más empleada el carrizo (*Phragmites*). Pueden ser superficiales (agua visible) o subsuperficiales (en los que el agua no es visible y

permanece por debajo de un sustrato poroso, generalmente grava con un diámetro normalizado).

La depuración la realizan las bacterias que forman una biopelícula sobre el sustrato y las plantas desarrolladas. Los elementos contaminantes son asimilados en tejidos vegetales o inmovilizados física o químicamente por el sustrato (Vymazal, 2009).

Los humedales artificiales se clasifican según el régimen hídrico, o contacto de la columna del agua con la superficie en dos tipos:

a. Humedal artificial de flujo libre o superficial (SWF)

b. Humedal artificial de flujo subsuperficial (SSF) de flujo horizontal (SSFH) o de flujo vertical (SSFV).

En la figura 2 se muestra uno de flujo libre y en la figura 3 uno de flujo subsuperficial que son los más utilizados en este caso de flujo horizontal (Brix, 1994).

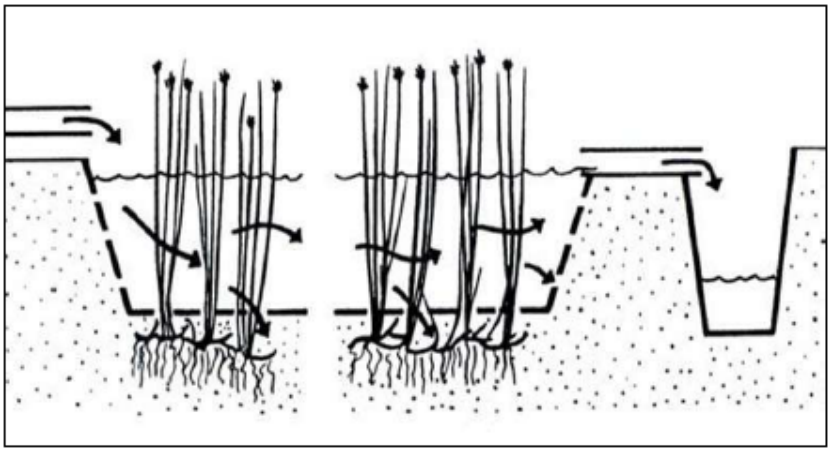

Figura 2. Humedal artificial de flujo libre o superficial (SWF) (Brix, 1994)

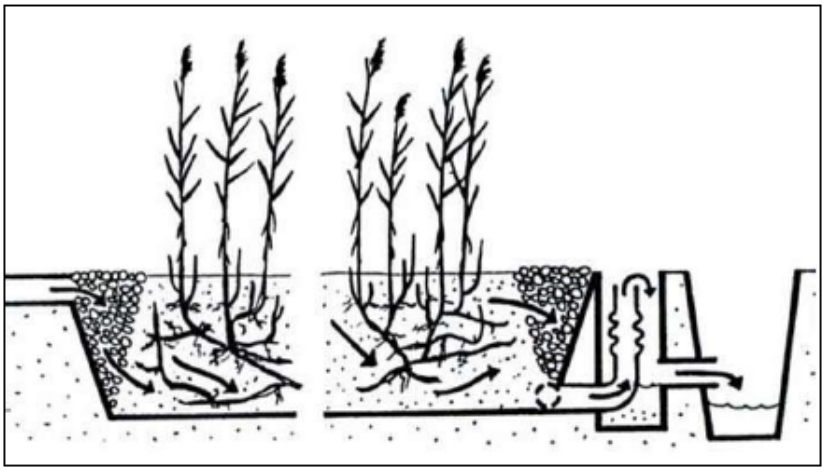

Figura 3. Humedal artificial de flujo subsuperficial (SSF) de flujo horizontal (SSFH) (Brix, 1994)

Los procesos y mecanismos que intervienen en el tratamiento del efluente por parte de un humedal artificial incluyen: sedimentación, filtración, adsorción, degradación microbiológica, así como, captación por parte de la vegetación acuática (figura 4). Durante el paso del agua residual a través del medio poroso contenido por el humedal, se produce un contacto con zonas aerobias y anaerobias. La zona aerobia se encuentra cercana a la superficie, alrededor de las raíces y rizomas de las plantas y la anaerobia en el fondo del lecho. Los microorganismos que degradan la materia orgánica forman una biopelícula alrededor de la grava y de las raíces de las plantas. Por lo tanto, cuanto mayor sea la superficie susceptible de ser ocupada por la biopelícula, mayor será la densidad de microorganismos y mayor el rendimiento del sistema (Lara, 1999).

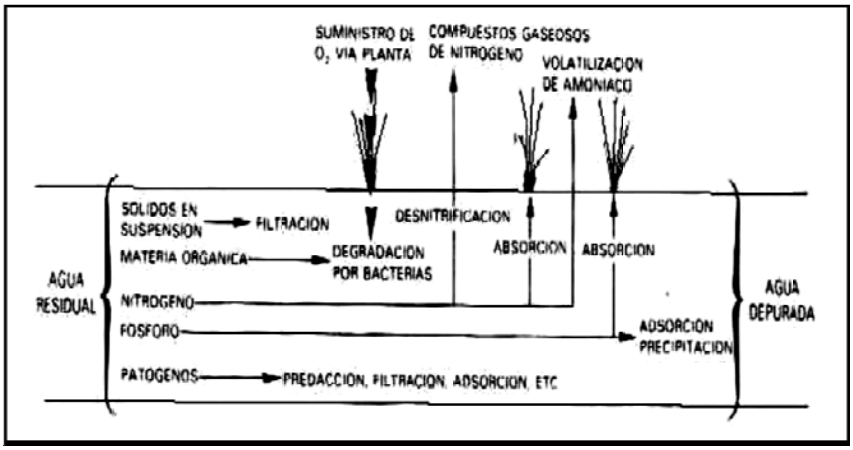

Figura 4. Procesos y mecanismos depuradores en un humedal artificial (Lara, 1999).

Por último acerca de los tratamientos de efluentes en general y de los agropecuarios y agroindustriales en particular, puede obtenerse el grado de depuración que se desee si no se considera el costo del tratamiento. Siempre hay un balance entre costo y beneficio. Teniendo en cuenta un balance adecuado y el riesgo que genera para la salud pública y la contaminación del ambiente, no hay excusa para no tratar los efluentes.

Bibliografía

Aggelis, G.; Iconomou, D.; Christou, M.; Bokas, D.; Kotzailias, S.; Christou, G.; Tsagou, V. & Papanikolaou, S. 2003. Phenolic removal in a model olive oil mill wastewater using Pleurotus ostreatus in bioreactor cultures and biological evaluation of the process. Water Research 37: 3897-3904

Borja, R.; Banks, C.J. & Wang, Z. 1995. Kinetic evaluation of an anaerobic fluidised-bed reactor treating slaughterhouse wastewater. Bioresource technology, 52: 163–167.

Brix, H. 1994. Use of constructed wetlands in water pollution control: historical development, present status, and future perspectives. Water Science Technology 30: 209–223.

Carawan, R.E.; Chambers, J. & Zall, R.R. 1979. Meat processing water and wastewater management. Extension special report Nol. AM 18c, North Carolina State University, E.U.

CEPIS/OPS-OMS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 1991. http://www.bvsde.ops-oms.org

Contreras-Ramos, S.M.; Alvarez-Bernal, D.; Trujillo-Tapia, N. & Dendooven, L. 2004. Composting of tannery effluent with cow manure and wheat straw. Bioresource Technology. 94: 223-228.

Daigger, G.T. 2008. New Approaches and Technologies for Wastewater Management. Linking engineering and society. Bridge 38: 38-45.

EC.1997. Technical pollution prevention guide for the dairy processing operations in the lower Fraser basin. Environmental Canada, Vancouver. DOE FRAP 1996-11

Fernández Cirelli, A.; Moscuzza, C.H.; Pérez Carrera, A.; Volpedo, A.V. (Eds). 2010. Aspectos ambientales de las actividades agropecuarias. 2° edición. Centro de Estudios Transdisciplinarios del agua, Facultad de Ciencias Veterinarias.

Fernández Cirelli, A. & Ojeda, C. 2005. Tratamiento, disposición y aprovechamiento de lodos residuales. Capítulo: 3 Punto b) Caracterización Físico-Química pp 65-79. Editores: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México. Primera Edición.

Lara, J. 1999. Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales. Instituto Catalán de Tecnología, Barcelona España. 122 pp.

Mantovi, P.; Marmiroli, M.; Maestri, E.; Tagliavini, S.; Piccinini, S. & Marmiroli, N. 2003. Application of a horizontal subsurface flow constructed wetland on treatment of dairy parlor wastewater. Bioresource Technology 88: 85–94.

Oron, G.; Wildscut, L.R. & Porath D. 1984. Waste water recycling by duckweed for protein production and effluent renovation. Water Science Technology 17: 803-817.

Oron, G.; Porath, D. & Wildschut, L. 1986. Wastewater treatment and renovation by different duckweed species. Journal of Environmental Engineering 112: 247-263.

Oron, G.; De Vegt, A. & Porath, D. 1988. Nitrogen removal and conversion by duckweed grown on waste-water. Water Research 22: 179-184.

Oron, G. & Willers, H. 1989. Effect of wastes quality on treatment efficiency with duckweed. Water Science Technology 21: 639-645.

Poch, M. 2000. Las calidades del agua. Rubes Editorial S.L., Barcelona (España).

Poole, A., & Cord-Ruwisch, R. 2004. Treatment of strongflow wool scouring effluent by biological emulsion destabilisation. Water Research 38: 1419-1426.

Saatci, Y.; Arslan, E. & Konar, V. 2003. Removal of total lipids and fatty acids from sunflower oil factory effluent by UASB reactor. Bioresource Technology, 87: 269-272.

Sayed, S. & de Zeeuw, W. 1988. The performance of a continuously operated flocculent sludge UASB reactor with slaughterhouse wastewater. Biological Wastes 24: 199-212.

Sayed, S.; van Campen, L. & Lettinga, G. 1987. Anaerobic Treatment of Slaughterhouse Waste Using a Granular Sludge UASB Reactor. Biological Wastes 21: 11-28.

Stebor, C. 1990. Proceedings 44th Purdue Ind. Waste Conf., Lewis, Chelsea, MI.

Tritt, W. & Schuchardt, F. 1992. Materials flow and possibilities of treating liquid and solid wastes from slaughterhouses in Germany. A review. Bioresource Technology, 41: 235-245.

Vymazal, J. 2009. The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater. Ecological engineering. 35: 1-17.

AGUA SUBTERRÁNEA: DINÁMICA Y CONTAMINACIÓN POR PLAGUICIDAS.

Grondona, Sebastian [1,2]; Romanelli, Asunción[1,2]; Massone, Héctor[1]

[1]: Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (UNMdP-CIC)
[2]: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (CONICET-UNMdP)

El agua subterránea es un componente esencial del ciclo hidrológico y de fundamental importancia para nuestra civilización, ya que es la mayor reserva de agua potable en las regiones habitadas por los seres humanos. Este recurso representa unas veinte veces más que el total de las aguas superficiales, de ahí su importancia como reserva y como recurso de agua dulce. El agua subterránea es un recurso natural vital para el suministro económico y seguro de agua potable en el medio urbano y rural, y juega un papel fundamental en el bienestar del ser humano y de muchos ecosistemas acuáticos (Foster *et al.,* 2002). Aproximadamente dos mil millones de personas dependen directamente de los acuíferos para el consumo de agua, y el 40% de los alimentos del mundo se producen por la agricultura de regadío que depende en gran medida de las aguas subterráneas (Morris *et al.,* 2003).

Se entiende por contaminación del agua a la alteración de la calidad física, química y/o biológica natural de la misma, que la hace total o parcialmente inutilizable para la aplicación útil a la que se destinaba. Generalmente la contaminación deriva de acciones

artificiales, aunque en algunos casos tiene origen natural (disolución de sustancias nocivas como flúor y arsénico en el loess pampeano, o metales pesados en yacimientos metalíferos) y en otras, si bien observa una génesis natural, es inducida artificialmente, como el caso de la salinización por sobre-explotación de acuíferos costeros (Auge, 2006)

La contaminación de las aguas es uno de los problemas críticos del mundo actual, y lo será aún más en el futuro (WWAP, 2009). La degradación de las fuentes de agua dulce, como resultado de las actividades del hombre, se inicia con los asentamientos humanos y se agrava con el crecimiento de las poblaciones y la intensificación productiva. Las aguas subterráneas, si bien se encuentran mejor protegidas frente a la contaminación que otros recursos naturales, una vez impactadas negativamente resulta más difícil, técnica y económicamente, la remediación de sus efectos.

El agua subterránea en el ciclo hidrológico

Aunque dos tercios de la superficie del planeta sea agua, en realidad solamente el 3% del agua del planeta es agua dulce y de ella el 99% del agua líquida corresponde a agua subterránea. El ciclo hidrológico comúnmente se retrata mediante un diagrama muy simplificado que muestra sólo las principales transferencias de agua entre los continentes y los océanos, como en la Figura 1. Sin embargo, para la comprensión de los procesos hidrológicos y la gestión de los recursos hídricos, este ciclo se debe observar en un amplio rango de escalas debido a su gran variabilidad en tiempo y espacio. Además, sus distintos componentes deben considerarse

como parte integrante de un recurso único (Winter *et al*., 1998). La unicidad del recurso es un aspecto muy importante, ya que a menudo estamos habituados a tratar cada fase del ciclo hidrológico como un elemento aislado, lo cual puede llevar a acciones que tal vez sean beneficiosas, por ejemplo, para el agua superficial, pero generen problemas en la calidad o cantidad de agua subterránea (Massone & Martínez, 2002).

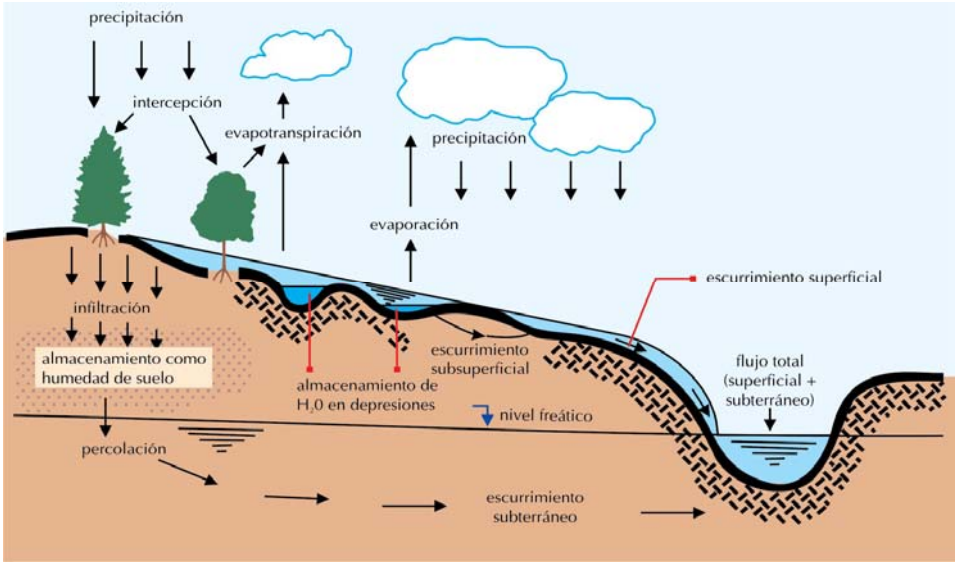

Figura 1. El ciclo hidrológico a nivel de cuenca (fuente: Paris *et al.*, 2009).

Los límites del flujo del agua subterránea (en espacio y profundidad) por lo general resultan difíciles de definir y pueden variar con el tiempo. La diferencia se ve acentuada puesto que el agua subterránea conforma la 'parte invisible' del ciclo hidrológico, lo cual puede generar deficiencias en la percepción entre los grupos

interesados en su uso. A menudo, los tomadores de decisión sobre recursos hídricos (igual que muchos usuarios de agua) tienen poca o ninguna información acerca de la hidrogeología de un área y, por ende, una comprensión limitada de los procesos que ocurren al bombear agua subterránea de un acuífero. Por lo tanto, siguen siendo comunes la utilización inadecuada de este recurso (comparado con el agua superficial) y la excesiva complacencia en cuanto a la sustentabilidad del uso intensivo de este recurso (Tuinhof et al, 2002).Por este motivo, es fundamental fortalecer el conocimiento vinculado a los acuíferos como elemento clave para garantizar una gestión apropiada de los recursos hídricos subterráneos.

Los acuíferos y sus principales características

El agua subterránea se encuentra presente en formaciones de rocas o sedimentos denominadas acuíferos. Un acuífero es un cuerpo de roca o sedimento que se encuentra bajo la superficie y que posee dos características fundamentales: capacidad de almacenar y de permitir el flujo del agua subterránea. Pero el grado en que se presentan estas propiedades varía mucho de una formación geológica a otra (Figura 2). Por ejemplo, las arcillas son importantes contenedoras de agua, pero no son acuíferas ya que el agua no puede circular a través de ellas. Las arenas, por el contrario, conforman en general muy buenos acuíferos ya que en su espacio poral pueden alojar importantes cantidades de agua y pueden transmitirla con facilidad.

Según su comportamiento hidrogeológico, las formaciones geológicas se clasifican en: acuífero (contiene agua y permite que circule a través de ella con facilidad; ejemplo: arenas, gravas, granito u otra roca compacta con fracturación importante); acuitardo (contiene agua pero circula a través de ella con dificultad; ejemplo: arenas arcillosas, areniscas, rocas compactas con alteración y/o fracturación moderadas); acuicludo: contiene agua pero no permite que circule a través de ella (ejemplo: arcillas); y acuífugo (no pueden almacenar ni transmitir agua; ejemplo: granitos o esquistos inalterados y no fracturados).

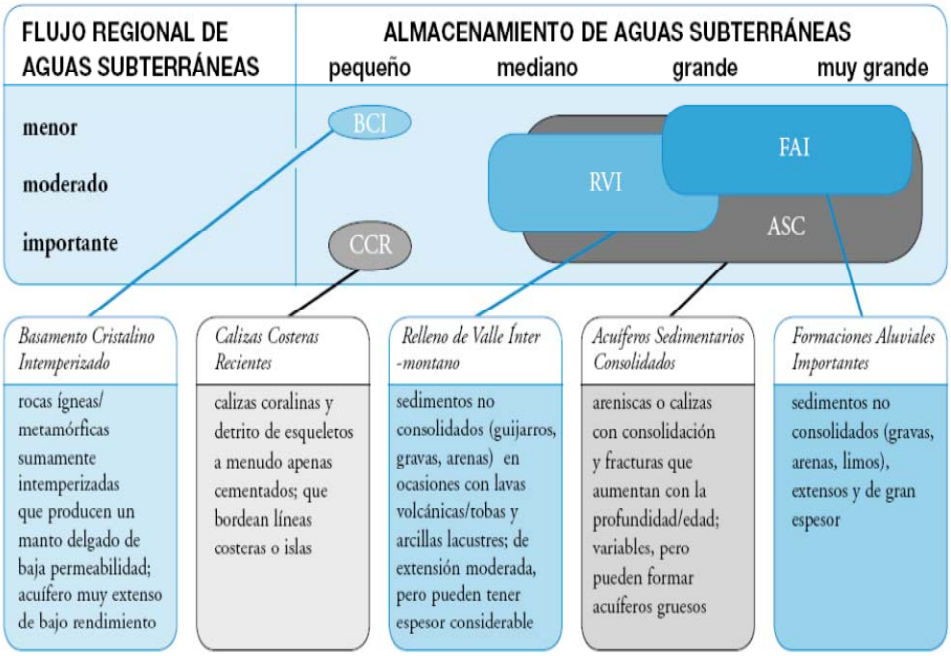

Figura 2. Resumen de propiedades clave de los tipos de acuíferos más comunes (Fuente: Foster *et al.*, 2002).

El agua subterránea se mueve a través de los acuíferos desde zonas de recarga (producto de la precipitación que excede la capacidad de campo y los requerimientos de la vegetación y que infiltra a través del suelo y llega a los acuíferos) a zonas de descarga (determinadas por la geomorfología y ubicadas a menor cota topográfica que las zonas de recarga), normalmente a velocidades que van desde 1m/año a cientos de m/día, según el tipo de acuífero del que se trate (Figura 3). Pueden pasar décadas, cientos o incluso miles de años entre la recarga inicial y su descarga final hacia un manantial, un arroyo o el mar. Dichas tasas de flujo lentas y tiempos de residencia largos, resultado de grandes volúmenes de almacenamiento, son algunos de los aspectos característicos de los sistemas de agua subterránea.

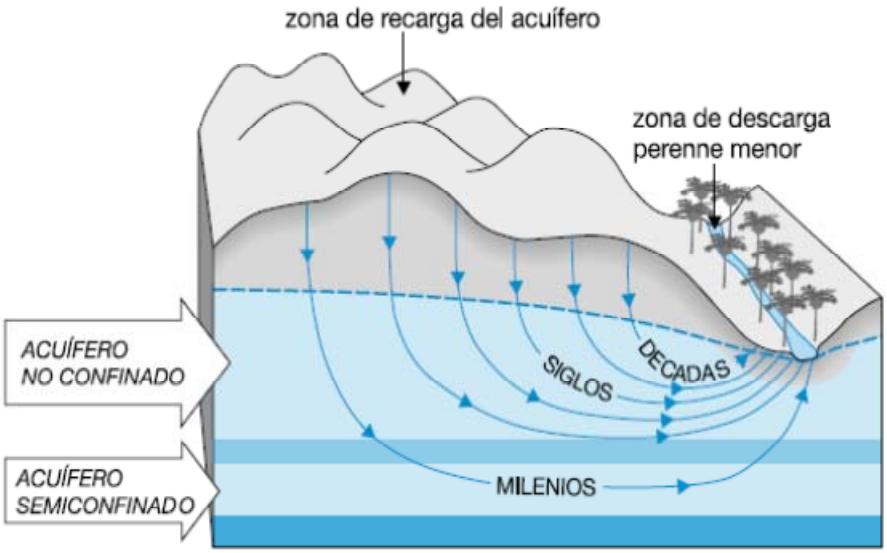

Figura 3. Régimen de flujo subterráneo y tiempos de residencia típicos en acuíferos freáticos y confinados (Fuente: Foster *et al.*, 2002).

Según la distribución en profundidad del contenido de agua, es posible distinguir dos zonas en el ambiente subterráneo (Figura 4): zona no saturada y zona saturada. La zona no saturada se sitúa entre la superficie freática y la superficie del terreno. En esta zona el agua no ocupa totalmente los poros del sedimento o roca, y su porción superior contribuye a la evapotranspiración. Está formada por sedimentos y/o rocas que pueden alcanzar una profundidad variable, entre un par y varias decenas de metros. Las características de esta zona condicionan la atenuación de los contaminantes en el espacio comprendido entre el suelo y el nivel freático, lo que se considera de gran importancia al momento de evaluar la vulnerabilidad de un acuífero porque es la primera defensa natural ante eventuales contaminantes que puedan alcanzar el acuífero (Vrba & Zaporozec, 1994). Por su parte, en la zona saturada el agua ocupa completamente todos los espacios porales y está limitada por el nivel freático y por el basamento hidrogeológico.

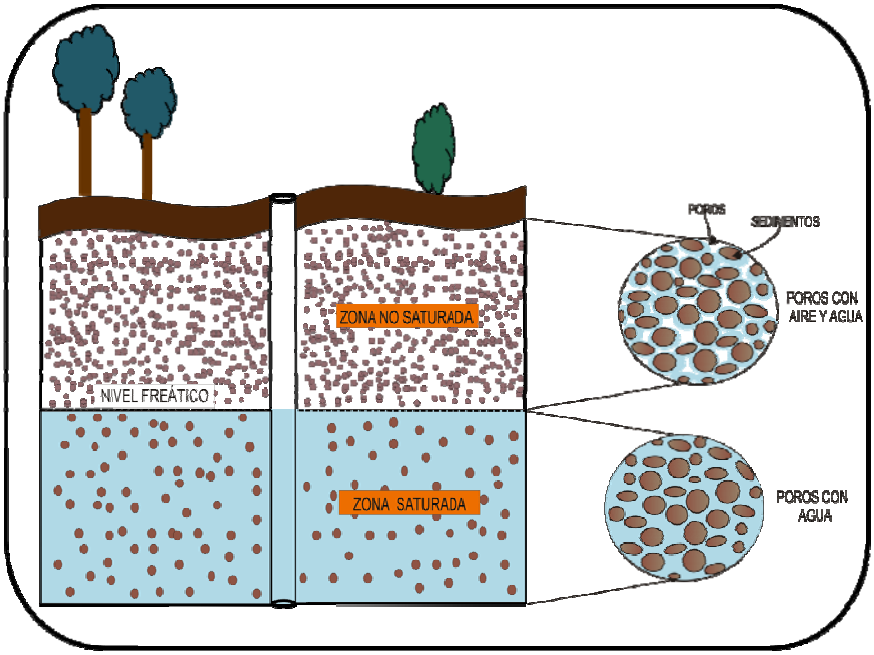

Figura 4. Distribución en profundidad del contenido de agua: zonas no saturada y saturada.

Existen básicamente dos tipos de acuíferos, según su grado de confinamiento (es decir, cuán aislado está de la superficie): libre o freático y confinado. El acuífero freático o libre tiene como límite superior el nivel freático (límite con la zona no saturada) y como límite inferior una roca impermeable; un aspecto central es que el agua que contiene se encuentra sometida a la presión atmosférica. En el caso de los acuíferos confinados, tanto el límite superior como el inferior están formados por rocas de muy baja o nula permeabilidad; por consiguiente, el agua que contienen se encuentra sometida a una presión hidrostática que puede generar acuíferos surgentes o artesianos.

La altura que alcanza el agua en un acuífero freático se denomina nivel freático; en el caso de un acuífero confinado se denomina nivel piezométrico. Esta altura se mide en metros sobre el nivel del mar, es decir, es una cota y como tal puede utilizarse parea determinar la dirección del escurrimiento subterráneo.

Parámetros hidráulicos de un acuífero

La cantidad de agua que un acuífero puede transmitir está regida por la *Ley de Darcy*, la cual se expresa como:

$$Q = KAi$$

Donde: Q=cantidad de agua transmitida, K=conductividad hidráulica, A=área de la sección considerada, e, i=gradiente hidráulico.

El coeficiente *K*, depende de las características de la roca acuífera (este parámetro se explica más adelante); el gradiente hidráulico es una medida de la diferencia de alturas del nivel freático de aguas subterráneas entre dos puntos del acuífero, dividida por la distancia que los separa (Figura 6).

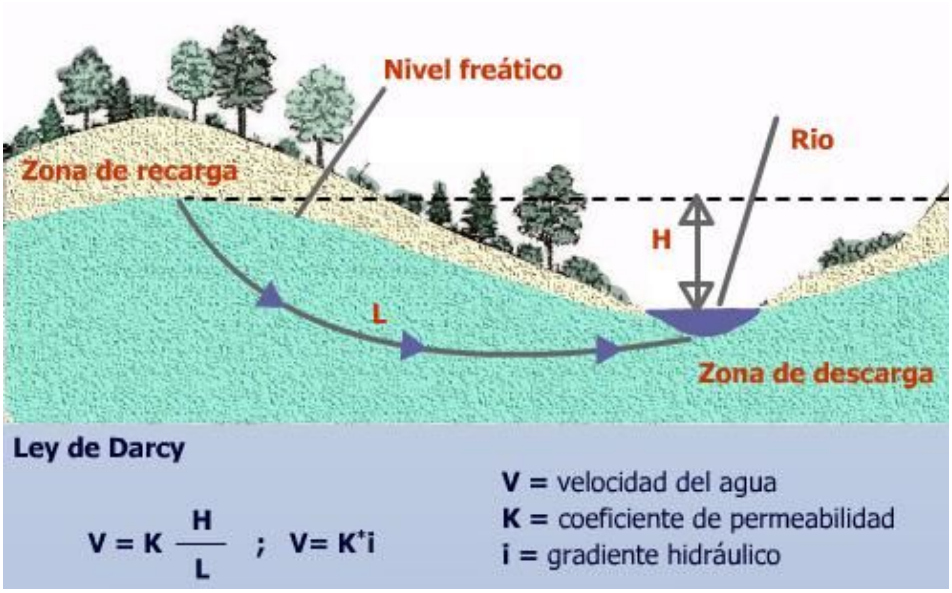

Figura 6. Esquema de la Ley de Darcy en el mundo real (http://fisicat2.blogspot.com.ar).

Las propiedades que definen la capacidad de almacenamiento y transmisión del agua en un acuífero (Custodio y Llamas, 1976) son:

1. Porosidad total (θ). Se define como la relación entre el volumen de poros y el volumen total de una roca, es una medida de los intersticios que contiene. Se expresa como porcentaje de espacio vacío contra el total del volumen de la masa:

$$\theta = \frac{100\,Va}{Vt}$$

Donde: Va = Volumen de espacios vacíos, y Vt = Volumen total de la roca o suelo.

También se habla de porosidad primaria, secundaria y efectiva (Figura7). Se denomina porosidad primaria a la que resulta al originarse la formación geológica, clásicamente el espacio poral. La porosidad secundaria será cualquier fractura o espacio que se produzca posteriormente. La porosidad efectiva es el volumen de poros interconectados en una unidad de volumen de roca.

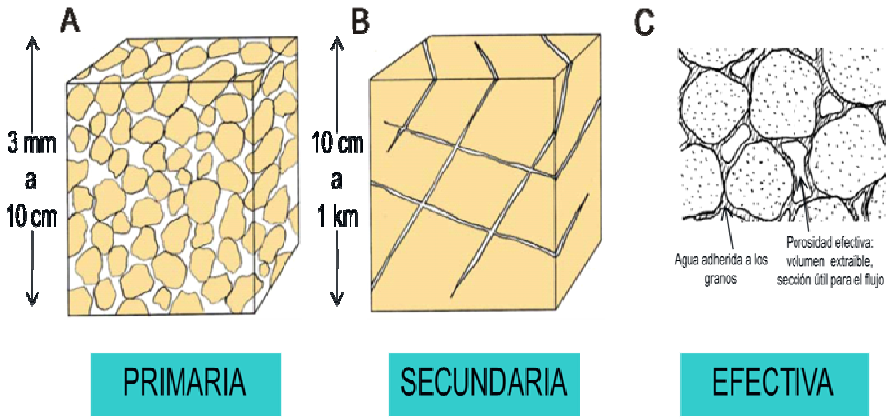

Figura 7. A. porosidad primaria, B. porosidad secundaria y C. porosidad efectiva.

2. *Coeficiente de almacenamiento(S)*: representa el volumen de agua que puede ceder un cierto volumen de acuífero por acción de la gravedad. En un acuífero libre su valor es equivalente a la porosidad efectiva. Es un parámetro adimensional. Varía entre 0.01 y 0.35 para acuíferos libres y desde 0.00001 a 0.001 para acuíferos confinados y semiconfinados.

Se define como:

$$S = \frac{Va}{Vt}$$

Donde: Va: volumen de agua liberado y Vt: volumen total contenido

3. *Permeabilidad o Conductividad hidráulica (K)*. Es una medida de la facilidad con que una formación transmite el agua. Es la cantidad de flujo de agua subterránea que pasa por una sección transversal unitaria de acuífero, bajo la influencia de un gradiente hidráulico unitario. Este parámetro se encuentra relacionado a interconexiones entre los poros, fisuras y grietas en las rocas, suelos o sedimentos. Su magnitud depende entonces de: tamaño y ordenamiento de las partículas que componen la roca no consolidada y grado de ruptura o disolución en rocas consolidadas. Unidad: ($L.T^{-1}$), ejemplo m/día.

4. En la práctica, se utiliza el parámetro *Transmisividad(T)* que es el producto de la permeabilidad del acuífero por su espesor saturado. Se define como el volumen de agua que atraviesa una banda de acuífero de ancho unitario en la unidad de tiempo y bajo la carga hidráulica de un metro. Representa la capacidad de un acuífero para transmitir agua (Figura 8). Unidad: (L^2/T); *ejemplo* m^2*/día o* cm^2*/seg.*

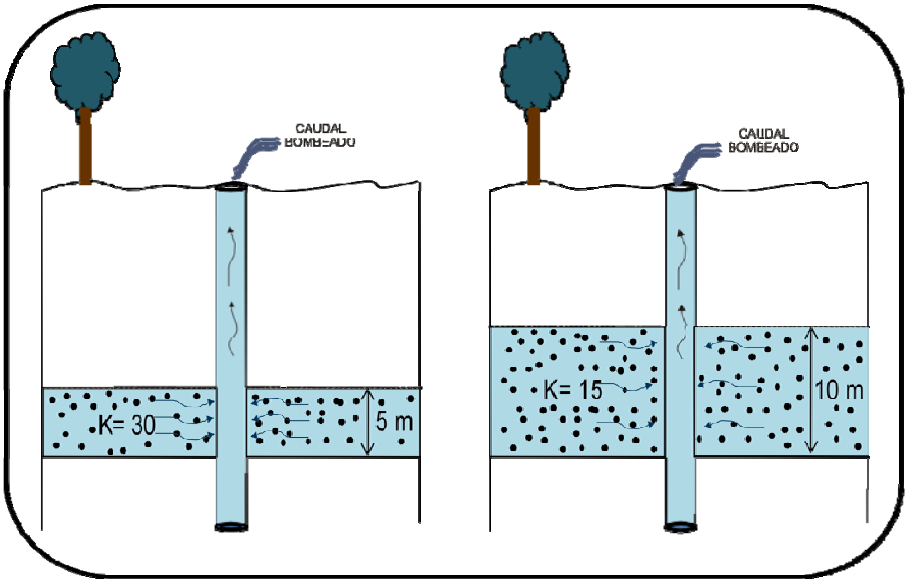

Figura 8. Esquema de dos acuíferos con distintas características, pero que proporcionan el mismo caudal, dado que poseen similar transmisividad.

La manera más común de conocer los valores de estos parámetros es a través del ensayo de bombeo, que consiste en bombear el pozo, siguiendo el descenso del nivel, tanto en el mismo pozo de bombeo como en otros cercanos; esto permite obtener información, tanto sobre el pozo en sí como sobre las características del acuífero (Villanueva & Iglesias, 1984).

Relación agua subterránea- agua superficial

Los cuerpos de agua superficial, como ríos, arroyos, lagunas y demás humedales, son parte activa del sistema de flujo del agua subterránea (Winter, 1999). Son sistemas dinámicos conectados al ciclo del agua a través de entradas y salidas, tanto superficiales como subterráneas, así como también por flujos de precipitación/evaporación (Mook, 2002; Burkert *et al.,* 2004; Froehlich *et al.,* 2005). Las relaciones agua subterránea-agua superficial son complejas, y para entenderlas en relación a factores geomorfológicos, topográficos, geológicos y bióticos se necesita un marco hidrogeológico robusto (Sophocleous, 2002). Estas interacciones tienen un importante rol en el ciclo hidrológico con fuerte impacto en la sustentabilidad y calidad del recurso (Gao *et al.,* 2010). En diferentes estudios, se han considerado las condiciones de flujo subterráneo y sus relaciones con el flujo superficial, destacando la importancia ecológica de estas relaciones, los impactos humanos y su influencia con la disponibilidad del recurso (Sophocleus, 2002).

Los cursos superficiales interactúan con el agua subterránea en tres formas básicas: a) recibiendo agua desde el acuífero a través de su lecho (curso ganador o efluente); b) cediendo agua al acuífero (curso perdedor o influente), o c) se pueden dar ambos casos, ganar en algunos tramos y perder agua en otros (Winter et al, 1998) (Figura 9). El tipo de conexión hidráulica que existe entre ambos está controlada por diversos factores: la posición del cuerpo superficial con respecto al sistema de flujo de agua subterránea en la zona contigua, las características geológicas del terreno y las

condiciones climáticas (Winter, 1999). Entonces, para que se produzca una descarga de agua subterránea a un curso superficial, la altura del nivel piezométrico o freático en el acuífero debe ser mayor que el nivel de agua superficial. Por el contrario, para que el curso superficial drene agua hacia el acuífero, el nivel piezométrico debe ser menor que la altura de la superficie del agua del curso superficial.

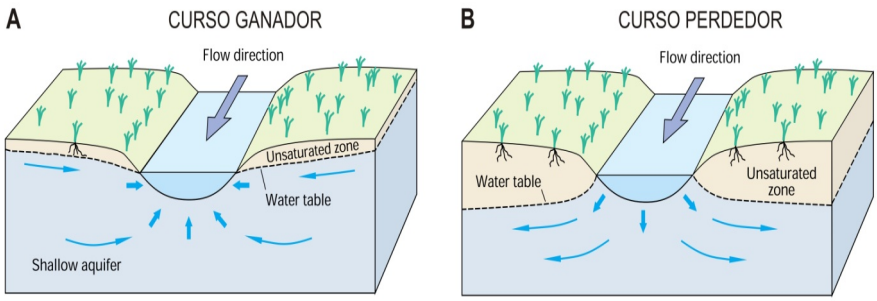

Figura 9. Esquema conceptual de la relación agua superficial-agua subterránea en: a) curso ganador o efluente y b) curso perdedor o influente (Fuente: Winter *et al.*, 1998).

Dado que las aguas superficiales y subterráneas no son componentes aislados del sistema hidrológico, sino que interactúan de forma compleja, cambios en los caudales en un curso superficial entre condiciones ganadoras y perdedoras pueden ser causados también por el bombeo de agua subterránea en la zona contigua. La captación de aguas subterráneas en acuíferos que están directamente conectados a cuerpos de agua superficiales tiene un efecto significativo sobre la dinámica del agua en el sistema, afectando directamente las características de flujo de agua, de nutrientes y/o

contaminantes hacia el interior, y desde, el curso superficial. Contrariamente, alteraciones hidrológicas en estos cuerpos de agua superficial pueden causar fluctuaciones espaciales y temporales del nivel piezométrico y afectar su interacción con eventos hidrológicos. Esta situación aplica para todos los cuerpos de agua superficial, incluidos lagos, embalses y demás humedales (Price & Maloney, 1994; Litaor *et al.,* 2008).

Vulnerabilidad de acuíferos

Los acuíferos inevitablemente son vulnerables a la contaminación y a la sobreexplotación causada por el aumento de las actividades humanas. El término de vulnerabilidad del acuífero a la contaminación fue introducido por Jean Margat (1968). En el transcurso de los años 1990 varias definiciones de vulnerabilidad del acuífero fueron elaboradas: Vrba y Zaporocec (1994) definen a la vulnerabilidad como una propiedad intrínseca del sistema de agua subterránea que depende de la sensibilidad del mismo a los impactos humanos y/o naturales. Foster e Hirata (1991) precisan que la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación representa las características intrínsecas que determinan su susceptibilidad a ser adversamente afectado por una carga de contaminación impuesta. Custodio (1995) sostiene que la vulnerabilidad a la polución expresa la capacidad del sistema para absorber las alteraciones tanto naturales como artificiales.

Existen dos tipos de vulnerabilidad de las aguas subterráneas (Aller et al, 1987): la vulnerabilidad intrínseca o natural del acuífero, que

se define en función de las condiciones naturales del mismo y no considera los atributos ni el comportamiento de los contaminantes específicos. Por otro lado, la vulnerabilidad específica hace referencia al peligro de deterioro de calidad en relación a una carga contaminante específica (un contaminante o grupo de contaminantes de propiedades similares). La evaluación de la vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación resulta una herramienta de planificación-ordenación territorial y es determinante en la evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos (Massone *et al.,* 2007; 2011).

Una de las mayores ventajas del agua subterránea sobre el agua superficial, es la mejor protección de este recurso ante procesos contaminantes, debido esencialmente al efecto atenuador que ofrecen las capas suprayacentes (la zona no saturada) ante procesos superficiales que pueden afectar su calidad. No obstante, cuando se produce la contaminación de un acuífero, ésta reviste características tan especiales que su deterioro puede ser irreversible, o su saneamiento extremadamente costoso (Foster & Hirata, 1991). En áreas agrícola-ganaderas, como es el caso de la Región Pampeana, puede generarse contaminación por la aplicación de fertilizantes y/o plaguicidas y por la acumulación de residuos orgánicos (USDA-SCS, 1992), por lo anterior, las aguas subterráneas en esta zona deben ser objeto de una protección adecuada tratando de mantener su calidad. Para lograr esto, inicialmente debe alcanzarse un conocimiento básico de las características o variables hidrogeológicas del sistema acuífero y con esta información, aplicar

metodologías representativas que califiquen su grado de susceptibilidad o vulnerabilidad a la contaminación.

La zona no saturada (ZNS) merece especial atención ya que ella representa la primera y más importante defensa natural contra la contaminación de las aguas subterráneas. Esto no se debe solamente a su posición estratégica entre la superficie y la capa freática sino también porque la presencia de arcillas y materia orgánica (en el suelo) es favorable para la atenuación y/o eliminación de los contaminantes. Por esta razón, el espesor de la zona no saturada resulta un elemento clave a la hora de evaluar la vulnerabilidad del acuífero ante potenciales eventos contaminantes. La preocupación por la contaminación de las aguas subterráneas se relaciona principalmente a los acuíferos no confinados o freáticos, especialmente donde el nivel freático es poco profundo.

Plaguicidas en el agua subterránea

Para su desarrollo, la humanidad necesita no solo el acceso al agua potable sino también el acceso a los alimentos, por lo que la agricultura es un componente dominante de la economía mundial y considerada como una de las actividades económicas, sociales y ambientales relevantes. A su vez, esta actividad es a nivel mundial la principal usuaria del agua subterránea (en el mundo alrededor del 70% del agua utilizada es para la agricultura, Winpenny, 2013), bajo un esquema de aplicación de diversos compuestos químicos que favorecen la productividad y por lo tanto la rentabilidad del sistema. Se considera que el deterioro del agua subterránea

representa unos de los impactos ambientales más importantes asociados a la producción agrícola.

Dentro de los compuestos químicos utilizados en la agricultura, un grupo muy importante lo constituyen los plaguicidas, sustancias con composición química muy variable y cuya función es la de combatir plagas. Si bien fueron fabricadas para beneficio de la salud, economía, nutrición, producción, etc, se ha comprobado que pueden tener efectos nocivos sobre la salud humana y el ambiente (Baker y Wilkinson, 1988; OMS, 1992; Guven *et al*2000). Ciertos plaguicidas pueden acumularse en aire, agua y suelos, contaminando lagos, ríos, agua subterránea, y entrar en la cadena alimentaria a través de peces, animales y plantas de consumo humano y animal (Macdonald, 2000; Weber *et al.,* 2010) (Figura 10).

Figura 10. Ciclo de los plaguicidas en el medio bio-físico.

La presencia de plaguicidas en aguas subterráneas representa una situación frecuente, especialmente en aquellas regiones donde las prácticas agrícolas se han tecnificado e intensificado, con disminución de la cantidad de laboreo y mayor carga de agroquímicos (Matson *et al.,* 1997). En nuestro país, esta tecnificación está representada por el reemplazo del sistema de labranza convencional por la siembra directa, en donde el control de malezas es exclusivamente químico, con aplicación de plaguicidas más frecuentemente y en algunos casos con dosis superiores a las recomendadas por los fabricantes (Bedmar, 2006).

La ocurrencia de plaguicidas en el agua subterránea se debe principalmente a la lixiviación a través de la zona no saturada, ya que cuando se aplica un plaguicida al cultivo se produce directamente un depósito en las plantas e indirectamente otro depósito en el suelo, de tal forma que los residuos de estos compuestos son susceptibles de sufrir diferentes procesos que determinarán su destino en el medio. Por lo tanto, el movimiento de los plaguicidas hacia las aguas subterráneas estará condicionado por las características propias de cada producto en particular y en relación con las propiedades del medio en cual se apliquen. Además, las variaciones con la profundidad en las propiedades de la zona no saturada influyen en la adsorción, degradación y movimiento de los agroquímicos (Jenks *et al.,* 1998). La contaminación de acuíferos ocurre si la carga contaminante superficial generada por descargas y lixiviados antropogénicos (de actividades urbanas, industriales, agrícolas y mineras) no se controla adecuadamente y el contenido de determinados

componentes excede la capacidad natural de atenuación del terreno y los estratos subyacentes (Figura 11).

En general, el uso de plaguicidas puede originar dos tipos de fuentes de contaminación para el agua subterránea. La primera es la contaminación "puntual", originada por derrames accidentales durante el transporte de envases y recipientes, o en la preparación, el manejo y la eliminación de las mezclas aplicadas. La segunda es la denominada contaminación "no puntual" o “difusa”, que se produce como resultado de la presencia de residuos de plaguicidas después de las aplicaciones convencionales sobre el cultivo (Triegel & LeiGuo, 1994). Este tipo de contaminación, generalmente con larga data temporal, se manifiesta principalmente después de eventos lluviosos que favorecen en los suelos agrícolas procesos de infiltración y escorrentía, responsables del transporte de los plaguicidas hacia el acuífero. Este tipo de contaminación produce impactos en sectores del acuífero mucho mayores que la contaminación puntual.

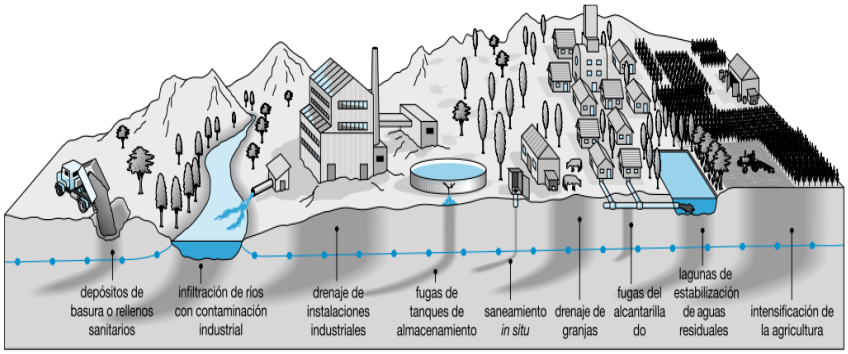

Figura 11. Usos del suelo que normalmente generan amenazas de contaminación del agua subterránea (Fuente: Foster et al, 2002).

Factores que determinan la presencia de plaguicidas en agua subterránea

El movimiento de los plaguicidas hacia las aguas subterráneas dependerá de las características intrínsecas del compuesto estudiado y de las propiedades del medio en el que se apliquen.

Características del suelo

La adsorción de un plaguicida en el suelo es considerada como el proceso que posee mayor influencia en su comportamiento y destino en el ambiente (Green & Karickhoff, 1990; Gerstl, 2000). Este fenómeno se debe fundamentalmente a los constituyentes orgánicos y minerales del suelo, siendo difícil de separar el papel que juega cada uno de ellos debido a que, generalmente, se encuentran asociados (Celis *et al.,* 1999). Los componentes coloidales del suelo (materiales con un tamaño inferior a 2 µm), son los que poseen un mayor peso en el proceso de adsorción de compuestos orgánicos, por su alta superficie específica y gran reactividad superficial. Se pueden distinguir dos fracciones coloidales distintas: mineral y orgánica (González, 2010).

Dentro de la fracción mineral, los minerales arcillosos son los que influyen en mayor medida al transporte de los plaguicidas, dada su alta capacidad de adsorción. La propiedad de un suelo, referida a su contenido de arcillas, se conoce como Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y es característica de cada mineral (Calvet, 1989). También dentro de este grupo se pueden agregar a los óxidos, hidróxidos y oxihidróxidos metálicos ya que tienen también

propiedades importantes en cuanto a la adsorción de compuestos orgánicos, debido a que presentan una alta superficie específica y reactividad (Gonzalez, 2010).

Dentro de la fracción orgánica del suelo, el contenido en materia orgánica influye en dos sentidos en la cantidad de plaguicidas que alcanzan las aguas subterráneas. Por un lado, la materia orgánica es una fuente de energía para los microorganismos y éstos son uno de los principales responsables de la degradación de plaguicidas, por lo que al aumentar su contenido, aumenta la degradación de los mismos. Por otra parte, la adsorción de los plaguicidas se incrementa con el contenido de materia orgánica (Chiou, 2002), debido a que uno de sus principales constituyentes, los ácidos fúlvicos, poseen una elevada CIC. No obstante, debe señalarse que en algunos grupos de plaguicidas al disminuir el pH del medio físico disminuye la adsorción de los mismos a la materia orgánica del suelo.

Una característica importante del suelo y que influye en la lixiviación de plaguicidas, es el flujo de agua a través de los macroporos. Estos se presentan en suelos bien estructurados y originan la aparición de flujos preferenciales, permitiendo a los plaguicidas y otras moléculas orgánicas alcanzar grandes profundidades a través del suelo sin apenas contactar con su matriz (Gonzalez, 2010). Este fenómeno es también la razón de por qué la lixiviación de plaguicidas es normalmente más rápida que la predicha por modelos simples (Larsson & Jarvis, 2000).

Características de los plaguicidas

1. Volatilidad. Es la tendencia de un compuesto a dispersarse en el aire. Depende fundamentalmente de la presión de vapor del compuesto y está fuertemente influenciada por las condiciones ambientales (temperatura, velocidad del viento, etc.). Las mayores pérdidas por volatilización se producen en el periodo inmediatamente posterior a la aplicación del plaguicida. Sin embargo también pueden ser significativas las pérdidas lentas pero continuas en regiones semiáridas.

La volatilidad de un compuesto está definida por la constante de Henry, que se determina dividiendo la presión de vapor por la solubilidad del producto. Los plaguicidas con presiones de vapor altas no se consideran peligrosos para las aguas subterráneas, dado que se volatilizan rápidamente. Pero aquellos con constante de Henry inferior a 10 atm/m^3/mol son susceptibles de alcanzar el acuífero.

2. Solubilidad en agua. La solubilidad de un pesticida determina la máxima concentración del producto a disolverse en un litro de agua, y por lo general, tiene un rango de 1 a 100 000 mg/litro. Los plaguicidas muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos siendo fácilmente transportados del lugar de la aplicación por una fuerte lluvia, riego o escurrimiento superficial hasta los cuerpos de agua superficiales o acuíferos (Portuguez, 2013). En general, se admite que cuando la solubilidad es mayor a 3 mg/litro,

existe un riesgo potencial de que el plaguicida alcance el agua subterránea (INE, 2010).

Un criterio que ha sido empleado en la estimación del comportamiento medioambiental de los plaguicidas es el cálculo del Índice de Partición Octanol-Agua (K_{ow}), que puede ser considerado como una medida de su hidrofobicidad. Un K_{ow} elevado indica que el plaguicida se fija con firmeza al suelo, sedimento, biota y materia orgánica, mientras que en aquellos casos en los que este parámetro es bajo (<1) el plaguicida puede moverse en aguas superficiales y subterráneas.

3. Persistencia. La persistencia se refiere a la capacidad de una sustancia o un compuesto de permanecer en una matriz del medio bio-físico en particular, después de que ha cumplido el objetivo por el cual se aplicó (Matas *et al.,* 2013). A menudo, se la denomina también "vida media en el suelo" que es el tiempo que se requiere para que su concentración se reduzca a la mitad. En general, las sustancias más persistentes son los organoclorados, mientras que los plaguicidas menos persistentes son los organofosforados.

Los datos sobre persistencia y movilidad de los plaguicidas son importantes cuando se considera su posible impacto sobre las aguas subterráneas. Cuando estos compuestos resisten en el suelo los procesos que generan la degradación química (hidrólisis y fotólisis) y la transformación microbiana y, además no se evaporan, entonces serán muy persistentes, tendrán una vida media muy larga y un alto potencial para llegar a los acuíferos. En general, los plaguicidas que tengan vidas medias superiores a 2 ó 3 semanas deben ser

cuidadosamente evaluados de cara a la posibilidad de que contaminen las aguas subterráneas.

4. Adsorción en el suelo. Esta propiedad hace referencia a la tendencia de un plaguicida a adherirse a las partículas del suelo y es considerada como el factor más importante que determina su movimiento a través del suelo (Nichols, 1991). El Coeficiente de Partición (Kd) muestra la tendencia de estos compuestos a adherirse a las partículas del suelo y se define como la razón entre la concentración del plaguicida en el suelo (Cs) y la concentración del mismo en agua (Ca):

$$Kd = Cs/Ca$$

En general, la adsorción de plaguicidas en el suelo está fuertemente relacionada con el contenido de materia orgánica y en aquellos casos que el adsorbente es carbono orgánico, el Kd se expresa como Koc (Coeficiente de Adsorción de carbono orgánico) y es una medida de la tendencia de un compuesto orgánico a ser retenido por los suelos o sedimentos. El Koc es específico para cada plaguicida y es independiente de las propiedades del suelo (AET, 1995).

$$Koc = KD \times 100/ \%oc$$

Donde: %oc es el porcentaje de carbono orgánico en el suelo = % materia orgánica/ 1.72.

Un Koc elevado indica que el plaguicida orgánico se fija con firmeza en la materia orgánica del suelo, por lo que poca cantidad

del compuesto se mueve a las aguas superficiales o a los acuíferos. De los plaguicidas encontrados en las aguas subterráneas, la mayoría tiene valores de Kd inferiores a 5 (normalmente inferiores a 1) y Koc inferiores a 300.

Otros factores

1. *Lluvia, riego, temperatura y viento y laboreo agrícola.* La lluvia y el riego artificial tienen un efecto similar, ya que pueden eliminar el plaguicida de la superficie en donde fue aplicado, por escorrentía superficial. En general, se asocia a estos factores un aumento en la tasa de lixiviación de los plaguicidas, tanto en forma posterior a lluvias intensas como durante el riego. La lixiviación será superior en aquellos casos que se produzcan lluvias intensas en forma posterior a la aplicación de los plaguicidas.

La temperatura elevada provoca una mayor tasa de volatilización de las sustancias; además, a temperaturas elevadas la actividad bacteriana se incrementa aumentando con ello la inactivación de plaguicidas. La velocidad y el régimen de vientos actúan favoreciendo las pérdidas de plaguicida por volatilización, aumentando su dispersión en el medio.

Las prácticas agrícolas alteran la composición y la estructura del suelo, mediante la adición de compuestos y los sistemas de laboreo. El agregado de fertilizantes o de materiales destinados a mejorar la calidad de los suelos, originan una reducción en la lixiviación de plaguicidas, ya que aumenta la degradación como consecuencia del mayor contenido de materia orgánica. Por otro lado, los sistemas de

labranza afectan al horizonte más superficial del suelo, observándose que los suelos bajo labranza tradicional presentan en general una importante pérdida de materia orgánica en su perfil (Sainz Rosas *et al.,* 2008), lo que aumentaría el peligro de lixiviación de plaguicidas. Por el contario, la adopción del sistema de siembra directa produce un incremento en la adsorción debido al incremento de materia orgánica en la superficie (Fermanich *et al.,* 1996), sin embargo en suelos bajo este tipo de labranza se han observado mayor presencia de macroporos (Castiglioni *et al.,* 2010).

2. Condiciones del sistema acuífero

Los factores de los sistemas acuíferos que juegan un papel importante en la contaminación potencial de los mismos por plaguicidas son:

- Profundidad del nivel freático: a mayor profundidad el plaguicida tardará más tiempo en alcanzarlo, por lo que será más factible la acción de fenómenos de retardo.
- Recarga neta del acuífero: a mayor recarga, mayor será la posibilidad de infiltración del plaguicida desde la superficie hacia el acuífero.
- Material del acuífero: principalmente el contenido de arcillas, por su influencia en la adsorción de plaguicida

Ocurrencia de plaguicidas en agua subterránea

Los cursos de agua superficiales son generalmente más vulnerables a la contaminación que las aguas subterráneas debido al transporte por tierra en forma directa y relativamente rápida de los plaguicidas que se produce con el escurrimiento superficial. Por el contrario, el agua subterránea en la mayoría de las zonas es menos vulnerable, ya que el agua se infiltra en la superficie del suelo y se mueve lentamente (dependiendo de la litología del sustrato) a través de la zona no saturada y del acuífero antes de llegar a los pozos de extracción. Esta circulación aumenta las posibilidades de que las concentraciones de plaguicidas en el agua puedan reducirse, a partir de la acción combinada de absorción, dispersión, dilución y transformación. El lento movimiento de agua y solutos a través del subsuelo, sin embargo, también hace que la contaminación de las aguas subterráneas sea más difícil de revertir una vez que se produce (Boxall *et al.,* 2006). Las mayores frecuencias de detección se asocian a acuíferos someros, especialmente en aquellas regiones que han tenido o tienen un elevado consumo de plaguicidas (USEPA, 1990; Pasquarell & Boyer, 1996).

El agua subterránea se mueve en los acuíferos siguiendo líneas de flujo que responden a distintas zonas y momentos de recarga, pudiéndose generalizar al decir que el agua subterránea que se mueve a mayor profundidad es de mayor edad y proviene de sitios más alejados, respecto al sitio de extracción (Figura 3). Por lo tanto, la calidad del agua subterránea joven o de recarga reciente reflejara rápidamente la aplicación de plaguicidas u otros contaminantes en

superficie y constituirá una advertencia temprana sobre potenciales contaminaciones hacia acuíferos más profundos o de aguas superficiales cercanas que pudieran recibir sus descargas.

En general, y debido a que los plaguicidas se aplican comúnmente en áreas amplias y dosis relativamente bajas, su paso a las aguas subterráneas se realiza con una dilución importante. Por lo tanto, las concentraciones finales son bajas, salvo en el caso de vertidos accidentales, efectos acumulativos de la concentración de los productos o gran vulnerabilidad de los acuíferos (López Geta *et al.,* 1992).

Los plaguicidas detectados con mayor frecuencia en agua subterránea pertenecen al grupo de las triazinas (atrazina principalmente), seguidos por los organofosforados y en menor medida los organoclorados (Boxall *et al.,* 2006, Garrido, 1998). Por lo general, los herbicidas se encuentran en concentraciones del orden del µg/litro, mientras que los insecticidas organoclorados en concentraciones del orden de los ng/litro. Según Bedmar (2006) el predominio de herbicidas en agua subterránea se debe a que:

a) son los plaguicidas más utilizados (44% del mercado total mundial)

b) en general presentan mayor solubilidad en agua y menor K_{oc} que el resto de los plaguicidas

c) la mayor parte de ellos se aplican al suelo o en momentos de baja cobertura del mismo, coincidentemente con la época de mayor ocurrencia de lluvias

d) en general presentan elevada persistencia en el suelo.

Por el contario, si bien los insecticidas organoclorados (como el DDT o el Endosulfán) poseen mayores coeficientes de adsorción, su elevada persistencia en el medio (meses o años) favorece su presencia en el agua subterránea, ya que los compuestos (parentales y sus metabolitos) se encuentran mayor tiempo disponibles para sufrir procesos de lixiviación.

Monitoreo de la contaminación por plaguicidas

Debido a que las aguas subterráneas circulan a través del acuífero con una tasa de renovación que varía desde unos pocos hasta cientos de años, el impacto asociado a un fenómeno de contaminación no se puede determinar en base a una simple medición puntual (tanto en tiempo como en espacio). Por este motivo, los propósitos de un monitoreo deben ser (Lopez-Geta *et al.,* 1992):

- Determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua subterránea.

- Identificar los efectos espaciales y temporales de los procesos naturales y de las actividades humanas sobre los sistemas hidrogeológicos.
- Prevenir los cambios en la calidad del agua.
- Establecer criterios y tratamientos para eliminar la contaminación en aguas que ya están contaminadas.

El monitoreo de la contaminación por plaguicidas es similar al utilizado para otros compuestos químicos tóxicos y peligrosos, siendo su propósito identificar la extensión horizontal y vertical de la contaminación, con el fin de aislar el contaminante y remediar. Una red de monitoreo está formada normalmente por un conjunto de pozos de observación acoplados con una selección de pozos de extracción. Los sistemas y redes de monitoreo se clasifican en tres grupos principales según Tuinhof *et al.* (2006) (Figura 12):

- Los Sistemas Primarios sirven para detectar cambios generales en el flujo del agua subterránea y sus tendencias de calidad, con objeto de aportar el conocimiento científico necesario para entender el recurso hídrico subterráneo
- Los Sistemas Secundarios y Terciarios permiten evaluar y controlar el impacto .de contaminantes específicos al agua subterránea.

SISTEMA	FUNCIÓN BÁSICA	UBICACIÓN DE LOS POZOS
Primario (Monitoreo de Referencia)	evaluación del comportamiento general del agua subterránea: • las tendencias resultantes de cambios en el uso del suelo y la variación climática • los procesos tales como recarga, flujo y contaminación difusa	• en zonas con hidrogeología y uso del suelo uniformes
Secundario (Monitoreo de Protección)	protección contra impactos potenciales en: • un recurso de agua subterránea que sea estratégico • los campos de pozos o manantiales para abastecimiento público de agua • la infraestructura urbana por el asentamiento del suelo • el afloramiento del manto freático en sitios arqueológicos • los ecosistemas que dependen del agua subterránea	• alrededor de las zonas, instalaciones o sitios peculiares que requieran protección
Terciario (Contención de la Contaminación)	alerta oportuna del impacto en el agua subterránea por: • el uso agrícola intensivo del suelo • las industrias • los rellenos sanitarios y depósitos no controlados de basura • las zonas de recuperación de suelos • las minas y canteras	• inmediatamente gradiente arriba o gradiente abajo de de la situación que represente el peligro

Figura 12. Clasificación de los sistemas de monitoreo de agua subterránea según su función (Fuente: Tuinhof *et al.*, 2006).

Conclusiones y recomendaciones

Los sistemas hidrológicos son, en general, susceptibles a procesos contaminantes; el componente subterráneo, el acuífero, es especialmente vulnerable en muchas circunstancias, particularmente cuando se combinan aspectos geológicos-geomorfológicos y de uso del suelo que lo favorecen. Juntamente, la remediación en este caso es mucho más dificultosa (tanto desde lo técnico como desde lo económico) que en el caso del agua superficial.

En un amplio sector de nuestra Pampa Húmeda, justamente, coexisten ambas circunstancias, es decir: un acuífero de alta vulnerabilidad y un uso del suelo agrícola con importante uso de plaguicidas. Por ello, la mejor gestión del riesgo de contaminación

del agua subterránea pasa por las medidas de prevención, entre ellas el diseño y ejecución de redes de monitoreo de calidad del agua y niveles freáticos. Los esfuerzos en este sentido son muchos pero todavía se mantienen aislados entre sí, y los resultados son de difícil a imposible acceso por parte del público en general (aún cuando gran parte de esos esfuerzos son ejecutados por organismo públicos). Tender a generar estrategias de cooperación que permitan integrar datos e información y así construir una infraestructura de datos espaciales regional puede constituirse en una alternativa de gestión que contribuya, especialmente, a minimizar la afectación de la calidad del agua subterránea y a prevenir las consecuencias de la contaminación sobre la salud de las personas

Bibliografía

Aller, L.; Bennett, T.; Lehr, J. & Petty, R. 1987. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution. Doc. EPA/600/2-85/018, 157 pp.

Asociación Española de Toxicología (AET). 1995 Glosario de términos toxicológicos. Versión española ampliada por M. Repetto y P. Sanz. Sevilla.

Auge, M. 2006. Agua subterránea deterioro de calidad y reserva. http://www.gl.fcen.uba.ar/investigacion/grupos/hidrogeologia/auge/deterioro.pdf

Baker, S. & Wilkinson, R.1988. The effects of pesticides on human health. CF, eds. Adv Mod Environ Toxicol XVIII. (Princeton, New Jersey

Bedmar, F. 2006. Comportamiento de los herbicidas en el suelo: Conceptos y resultados regionales. Seminario de Actualización Técnica: Manejo de malezas. Serie de Actividades de Difusión NA 465: 39-63.

Boxall, A.B.A.; Sinclair, C.J. & Kolpin D.W. 2006. Potential risk of pesticide degradates to aquatic life. In: Gilliom, R.J., Barbash, J.E., Crawford, C.G., Hamilton, P.A., Martin, J.D., Nakagaki, N., Nowell, L.H., Scott, J.C., Stackelberg, P.E., Thelin, G.P. &Wolock. D. M. The Quality of Our Nation's Waters: Pesticides in the Nation's streams and Ground Water 1992-2001. USGS Circular 1291. 81 pp.

Burkert, U.; Ginzel, G.; Babenzien, H.D. & Koschel, R. 2004. The hydrogeology of a catchment area and an artificially divided dystrophic lake - consequences for the limnology of Lake Fuchskuhle. Biogeochemistry 71: 225-246.

Calvet R. 1989. Adsorption of Organic-Chemicals in Soils. Environmental Health Perspectives, 83: 145-177.

Castiglioni, M.G.; Mendive Álvarez, M.E.; Cordoba, J.; Ochoa M. & Mazzoni, D. 2010. Cambios en la porosidad y distribución de poros asociados a causas edáficas y por el uso de la tierra. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Argentina.

Celis, R.; Koskinen, W.C.; Cecchi, A.M.; Bresnahan, G.A.; Carrisoza, M.J.; Ulibarri, M.A.; Pavlovic, I. & Hermosín, M.C. 1999. Sorption of the ionizable pesticide imazamox by organo-clays and organohydrotalcites. Journal of

Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes 34 (6): 929-941.

Chiou, C.T. 2002. Partition and adsorption of organic contaminants in environmental system New York, John Wiley & Sons. 274pp.

Custodio, E. & Llamas, R. 1976. Hidrología Subterránea. Ed. Omega, Barcelona, 1050 pp.

Custodio, E. 1995. Consideraciones sobre el concepto de vulnerabilidad de los acuíferos a la polución. II Seminario Hispano - Argentino sobre Temas Actuales de Hidrología subterránea. Serie Correlación Geológica San Miguel de Tucumán, Nº 11, 99-122 pp.

Fermanich, K.J.; Bland, W.L.; Lowery, B. & McSweeney, K. 1996. Irrigation and tillage effects on atrazine and metabolite leaching from a sandy soil. Journal of Environmental Quality 25 (6): 1291-1299.

Foster S.; Tuinhof A.; Kemper K.; Garduño H. & Nanni M. 2002. Caracterización de Sistemas de Agua Subterránea. Conceptos clave e ideas erróneas frecuentes. Serie de Notas Informativas del GW•MATE Nº 2 Banco Mundial, Washington D.C., EEUU.

Foster, S.; Hirata, R.; Gomes, D.; D´Elia, M. & Paris M. 2002. Protección de la calidad del agua subterránea. GW-MATE-UNESCO-Banco Mundial. 115 pp

Foster, S. & Hirata, R. 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas: una metodología basada en datos existentes. Lima, CEPIS.

Froehlich, K. F.O.; Gonfiantini, R. & Rozanski, K. 2005. Isotopes in lake studies: A historical perspective. 139 -150 pp. En: Isotopes in the water cycle. Past, present and future of a developing science, Aggarwal P. K., J. R. Gat & K. F. O. Froehlich (Eds.).

Gao, X.; Wang, Y.; Wu, P. & Guo, Q. 2010. Trace elements and environmental isotopes as tracers of surface water-groundwater interaction: a case study at Xin`an karst water system, Shanxix province, Northern China. Environmental Earth Sciences, 59: 1223-1234.

Garrido, T.; Costa C.; Fraile J.; Orejudo E.; Niñerota J.; Ginebreda A.; Olivilla L. & Figueras, M. 1998. Análisis de la presencia de plaguicidas en diversos acuíferos de Cataluña. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Valencia, España. 7 pp.

Gerstl, Z. 2000. An update on the Koc concept in regard to regional scale management. Crop Protection, 19:643-648.

Gonzalez, B. F 2010.Aplicación de Hidrotalcitas como adsorbentes para la reducción de la contaminación por plaguicidas de aguas y suelos. Universidad de Córdova, España consultado en wwwhelvia.uco.es/.

Green, R.E. & Karickhoff, S.W. 1990. Sorption estimates for modelling. In: Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modelling (ed. Cheng H.H.), 79-101. Soil Science Society of America book series; no. 2, Madison, Wis., USA.

Guven, H.; Muhammet, F. & Ata, A. 2000. Intravenous organophosphate intoxication. American Journal of Emergency Medicine, 18(5):640-641.

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2010 Características Físico Químicas de los Plaguicidas y su Transporte en el Ambiente. www.ine.gob.mx sistemas/plaguicidas.

Jáquez Matas, S.V.; González Valdez, L.S.; Irigoyen Campuzano, R. & Ortega Martínez, V. 2013. Comportamiento De Plaguicidas Persistentes En El Medio Ambiente. Disponible en http://www.repositoriodigital.ipn.mx/

Jenks, B.; Roeth, F. & Martin, A. 1998. Influence of surface and subsurface soil properties on atrazine sorption and degradation. Weed Science 46:132-138.

Larsson, M.H. & Jarvis N.J. 2000. Quantifying interactions between compound properties and macropore flow effects on pesticide leaching. Pest Management Science, 56, 2:133-141.

Litaor, M.I.; Eshel, G.; Sade, R., Rimmer, A. & Shenker, M. 2008. Hydrogeological characterization of an altered wetland. Journal of Hydrology, 349: 333-349.

Lopéz-Geta, J.A.; Martínez-Navarrete, C.; Moreno-Merino, L. & Navarrete-Martínez, P. 1992. Las aguas subterráneas y los plaguicidas. Instituto Geológico y minero de España. 149 pp.

MacDonald, D.D. 2000. Interests and needs related to the development of freshwater sediment quality guidelines for the State of Florida: Workshop summary report. Prepared for Florida Department of Environmental Protection. Tallahassee, Florida.

Margat J. 1968. Vulnérabilité des nappes d'eau souterraines à la pollution. Bases de la cartographie. BRGM # 68. Orléans.

Massone, H.E. & Martínez, D.E. 2002. Agua y sociedad. Aspectos hidrogeológicos generales. En: Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas y Planificación territorial. Teruggi L. B. (editor).163 pp.

Massone, H.; Paris, M.; Xu, Y. & Nel, Y.J.. 2011. Estrategias de prevención de contaminación del agua subterránea. El uso de perímetros de protección de pozos en Argentina. VII Congreso Argentino De Hidrogeología Y V Seminario Hispano- Latinoamericano Sobre Temas Actuales De La Hidrología Subterránea

Massone, H.; Quiroz Londoño, M.; Tomas, M. & Ferrante, A. 2007. Evaluación de la vulnerabilidad de acuíferos en cuencas de llanura periserranas. Estudio de caso, Balcarce, Provincia de Buenos Aires. V Congreso Argentino de Hidrogeología. Actas, 149-158.Parana, Argentina

Matson, P.A.; Parton, W.J.; Power, A.G. & Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. Science 277: 504-509.

Mook, W.G. 2002**.** Isótopos Ambientales en el Ciclo Hidrológico. Principios y Aplicaciones. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Guias y Manuales N°1. 2002. IGME, Madrid.

Morris, B.L.; Lawrence, A.R.L.; Chilton, P.J. C.; Adams, B.; Calow, R.C. & Klinck, B.A. 2003. Groundwater and its Susceptibility to Degradation: A Global Assessment of the

Problem and Options for Management. Early Warning and Assessment Report Series, RS. 03-3. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

Nichols, P.H. 1991. Organic Contaminants in the Environment. Chapter 3: Organic Contaminants in Soils and Groundwaters. Pp 87-132. Elsevier Apllied Science..

Organización Mundial de la Salud (OMS). 1992. Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura. Ginebra, Suiza. 128 p.

Paris, M.; Zucarelli, G.V. & Pagura, M.F. 2009. Las miradas del agua. Red Latinoamericana de Desarrollo de Capacidades para la Gestión Integrada del Agua, LA-WETnet, en el marco del Programa Hora Agua, "Educando sobre el Agua para un Futuro Sustentable". 1a ed. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina. 46 pp.

Pasquarell, G.C. & Boyer, D.G. 1996. Herbicides in Karst groundwater in Southeast West Virginia. Journal of Environmental Quality, 25:755-765.

Portuguez, R.A. 2013. Herbicidas Asociados a la Caña de Azúcar y su Potencial de Contaminación del Medio Ambiente. Disponible en https://www.laica.co.cr/biblioteca

Price, J.S. & Maloney, D.A. 1994.Hydrology of a patterned bog–fen complex in southeastern Labrador, Canada. Nordic Hydrology, 25: 313-330.

Sainz Rozas, H.R. & Echeverría, H. 2008. Relevamiento del contenido de material orgánica y pH en suelos agrícolas de la región Pampeana y extrapampeana. XXI Congreso Argentino

de la Ciencia del Suelo, Potrero de los Funes San Luis, 13- 16 mayo. Actas en CD 6 p.

Sophocleus, M. 2002. Interaction between groundwater and surface water: The state of the Science. Hydrogeology Journal, 10 (1):52-67.

Triegel, E.K. & Lei, G. 1994. Overview of the fate of pesticides in the environment, water balance; Runoff vs. Leaching. 1-13 pp. En Honeycutt R.C. and Schabacker D.J. (eds.). Mechanisms of pesticide movement into ground water. Lewis, Boca Raton.

Tuinhof, A.; Dumars, C.; Foster, S.; Kemper, K.; Garduño, H. & Nanni, M. 2002. Gestión de Recursos de Agua Subterránea una introducción a su alcance y práctica. Serie de Notas Informativas del GW-MATE Nº 1 Banco Mundial, Washington D.C., EEUU.

Tuinhof, A.; Foster, S., Kemper, K.; Garduño, H. & Nanni, M. 2006. Requerimientos de Monitoreo del Agua Subterránea para manejar la respuesta de los acuíferos y las amenazas a la calidad del agua. Serie de Notas Informativas del GW•MATE Nº 9 Banco Mundial, Washington D.C., EEUU.

USDA-SCS-Soil Conservation Service. 1992. Agricultural Waste Management Field Handbook. Agricultural impacts on the use of water. (210-AWMFH, 4/92) (651-O1O8).

USEPA (U.S. Environment Protection Agency). 1990. National survey of pesticides in drinking wáter wells, phase I report. USEPA Rep. 570/9-90-015.

Villamena Martínez, M. & Iglesias López, A. 1984. Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 426 pp.

Vrba, J. & Zaporozec, A. 1994. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. International Contributions to Hydrogeology, 16: 1-131.

Weber, J..; Halsall, C.J.; Muir, D.; Teixeira, C.; Small, J.; Solomon, K.; Hermanson,K; Hung, H. & Bidleman, T. 2010. Endosulfan, a global pesticide: a review of its fate in the environment and occurrence in the Arctic. Science Total Environmental, 408: 2966-2984

Winpenny, J.; Heinz, I., & Koo-Oshima, S. 2013. Reutilización del agua en la agricultura:¿ Beneficios para todos?. Informe sobre temas hidricos FAO, 124.

Winter, T.C.; Harvey, J.W.; Franke, O.L. & Alley, W.M. 1998. Ground water and surface water: a single resource. U.S. Geological Survey circular: 1139, 87 pp.

Winter, T.C. 1999. Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. Hydrogeology Journal, 7:28-45.

World Water Assessment Programme (WWAP). 2009. El agua, en un mundo cambiante. 3° Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. ISBN: 978-9-23104-095-5. Disponible en internet: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr.

GESTION AMBIENTAL PARTICIPATIVA EN MUNICIPIOS RURALES

Cesar A. Pompêo[1], Pedro Hidalgo R[2], Marcus V. Carrasqueira[3]

[1]Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, cesar.pompeo@ufsc.br
[2]Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Chile, phr2000@hotmail.com
[3]Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Rio de Janeiro, Brasil, marcus.carrasqueira@rio.rj.gov.br

La metodología presentada en este capítulo resulta de las experiencias participativas de carácter interdisciplinario, llevadas a cabo en colaboración con la comunidad, bajo la coordinación del profesor Peter Hidalgo, junto a Consorcios Intermunicipales de Preservación Ambiental Participativa en Cuencas Hidrográficas en la región sur de Brasil.

Su principal objetivo es la elaboración e implementación de planes de manejo ambiental en los municipios rurales, a través de un Plan Ambiental, con énfasis en la participación de la sociedad local en la definición e implementación de propuestas comunitarias resultantes de los Cuadernos de Planificación Ambiental Participativo, así como en la definición de propuestas para el tratamiento de los problemas identificados a través de un diagnóstico científico-técnico realizado a nivel institucional.

La propuesta considera que la participación, complementada con una planificación de carácter social, educativo y técnico, establece condiciones para que los actores involucrados, extranjeros y locales

puedan ser capaces de responder eficazmente a los problemas de la situación en que viven.

Un Plan Ambiental debe necesariamente poseer carácter integrador, participativo en su elaboración y ejecución; educativo en cuanto a promover la reflexión y la preparación para la acción; interactivo entre los sectores sociales y las autoridades públicas; interdisciplinario e interinstitucional. El éxito de un plan de esta naturaleza depende del apoyo político del municipio y de las organizaciones de la sociedad civil, así como la participación de los niveles político-administrativos superiores. Su construcción debe demostrar independencia político-partidista y religiosa.

Para realizar un Plan Ambiental de naturaleza participativa, el primer paso es la preparación cuidadosa y la implementación de un programa de capacitación metodológica, capaz de involucrar a los líderes políticos, técnicos y comunitarios. En principio, su metodología debe ser simple, clara y fácil de entender, e incluir herramientas didácticas de comprensión.

Problemática

En la actualidad, las pequeñas ciudades rurales también son vulnerables a las manifestaciones de los problemas de origen global, por estar incluidas en sistemas productivos articulados a nivel mundial. Ya no es posible enfocar problemas solamente bajo un punto de vista sectorial, sea tanto como manifestación o como una forma de confrontación, que es reconocida particularmente cuando se trata de problemas ambientales.

Además del origen global de los problemas ambientales, no se escapan de los mismos la mayoría de la población local, sus manifestaciones pueden intensificarse por la ausencia de estrategias de gobernanza apropiadas. La falta de una conciencia colectiva e individual sobre el patrimonio natural, la carencia de articulación de un programa educativo en las escuelas con temas ambientales y la falta de políticas sanitarias adecuadas, marcan un cuadro local de degradación ambiental y social en muchas zonas rurales y extienden las responsabilidades a todos los sectores.

La creación de un área de observación y acción donde sea posible el reconocimiento de este marco multidimensional y la sostenibilidad pueda encontrar maneras de alcanzarse, conduce a una estrategia esencial: la participación. Esta participación complementada con una planificación social, educativa y técnica, establece condiciones para que los actores involucrados, locales y extranjeros sean capaces de dar una solución a los problemas.

Breve base conceptual

Por más de 30 años que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) presentó la Estrategia Mundial para Conservación, en la que propuso la compatibilidad y la integración entre el desarrollo y la conservación, lo que llevaría a la perpetuación de los recursos naturales renovables. La gestión de la utilización de la biosfera, debería por lo tanto, considerar la perspectiva de preservación, restauración y de conservación, entendiendo a esta última como el manejo, el uso sustentable y la

mejora del ambiente. La estrategia apunta al mantenimiento de de los procesos ecológicos esenciales, la preservación de la diversidad genética, el uso sostenible de especies y ecosistemas; y establece requisitos de prioridad para cada aspecto.

La gestión ambiental es un conjunto de procesos de toma de decisiones que incluyen aspectos políticos, sociales, económicos, con el fin de resolver una situación o un problema ambiental, teniendo la perspectiva de la preservación, la restauración y la conservación de la naturaleza. Este concepto genérico se entiende mejor cuando se consideran tres fases para la gestión ambiental. La fase previa, de planificación comprende el diseño y justificación de soluciones y estrategias para concretarlas, la elaboración de estudios, inventarios, evaluaciones, diagnósticos y la formulación de proyectos. A posteriori sigue la fase intermedia cuando los proyectos son ejecutados e implementadas las acciones estructurales anteriormente planteadas (ingeniería) y las no estructurales (instrumentos legales y normativos, organización de usuarios, proyectos auxiliares). La fase permanente es la fase de gestión, también llamada gerenciamiento del proyecto, para referirse al proceso de seguimiento o manejo permanente del sistema anteriormente constituido (operación y mantenimiento, reparación y mejora de obras y equipos). La gestión ambiental exitosa depende esencialmente de tres atributos, la planificación integrada, la integración institucional y la participación democrática de la sociedad.

La gestión ambiental del espacio local es la actividad que trata de responder a las demandas de los numerosos sectores de la sociedad

con intereses diversos y a veces antagónicas. Para superar los conflictos de la competencia de intereses diversos, la práctica de la gestión ambiental debe estar mediada por dimensiones consideradas esenciales para el éxito de una iniciativa de esta naturaleza, por sus características integradoras. La primera presenta el concepto de **sostenibilidad**, un proceso que considera en su desarrollo (observación y acción) la interdependencia operativa que integra diferentes dimensiones ambientales: económica, social, cultural, política, ecológica y técnica.

La creación de un área de observación y acción, donde sea posible el reconocimiento de este marco multidimensional y la sostenibilidad pueda alcanzarse alcanzar, conduce a la segunda estrategia fundamental: la **participación**. La participación, complementada con una acción social, educativa y técnica planificada, establece condiciones para los actores locales y extranjeros involucrados, para ser capaces de responder más eficazmente a los problemas ambientales, y generan un compromiso individual y colectivo en la aplicación de los cambios. La participación implica, entre otras cosas, fortalecer la dimensión local en la planificación y la reducción del poder técnico y económico sobre sus decisiones operativas.

La implementación simultánea de estos dos focos de atención en el proceso de gestión ambiental se convierte en un desafío que requiere el desarrollo de conceptos, métodos y herramientas para mejorar la capacidad individual de acción y la reflexión de cada participante en el proceso.

En este contexto, este enfoque metodológico, que se centró en los pequeños municipios rurales y microcuencas, propone sectores prioritarios para la gestión ambiental local, el uso y ocupación del territorio en las zonas rurales y sus respectivas prácticas agropecuarias y tecnologías, salud, industria, urbanización, educación y saneamiento.

La construcción del proceso participativo para la gestión ambiental se orienta hacia cuatro momentos que no son aislados entre sí y tienen un carácter dinámico, ya que hay en el mismo grupo de personas, diferentes tiempos de madurez individual. Estos son: motivación, reflexión, movilización y acción organizada (Baptista, 1979).

Figura 1. La construcción del proceso participativo (Fuente: Baptista, 1979; 1981).

La **motivación** está representada por la sensibilización de las personas para los problemas, o el reconocimiento del problema y con la percepción de la posibilidad de intervención en el proceso de cambio. La **reflexión** comprende el momento de la construcción del conocimiento, mostrando el desarrollo de la capacidad operativa de los participantes y el aumento de las prácticas sociales y ambientales. Las preguntas "¿cómo definir la acción? ¿Cómo se definen como grupo? ¿Cómo identificar los objetos de la disputa del conflicto?" establecen el perfil de la organización social. Durante la movilización es la participación en la acción, en forma de estímulo a la participación de instituciones y comunidades (despierta el deseo y lo convierte en el estado de ánimo para la acción y la acción propiamente dicha). En este punto se establecen las formas de participación y el desarrollo del diagnóstico proactivo. Los objetivos de acción organizados en la unidad de acción, que es el sentido de unidad a la obra colectiva. Establece el plan de acción para la situación estudiado y los productos producen colectivamente, obtenida a través de acciones participativas y colectivas de las instituciones y las comunidades.

La **movilización** se define como la participación en la acción, sobre la forma del estímulo de la participación de las instituciones y comunidades (despierta el deseo de transformación y lo convierte en el estado de ánimo para la acción y la acción propiamente dicha). En este punto se establecen las formas de participación y el desarrollo del diagnóstico proactivo. La acción organizada es la unidad de acción constituye el sentido de la unidad del trabajo colectivo. Establece el plan de acción para la situación estudiada y

los productos generados colectivamente, obtenidos a través de las acciones colectivas participativas de las instituciones y las comunidades.

La necesidad de establecer un vínculo entre los actores externos y la sociedad local, debe incluir actores externos para profundizar sus conocimientos sobre temas que generen diálogo y participación de todos los actores sociales involucrados en el proceso. El término **"tema generador"** introducido por Freire (1996), se ha utilizado para fortalecer las relaciones sociales en los procesos de planificación educativas. Un tema generador se establece, así como el punto de contacto entre la vida cotidiana de los sujetos locales, – sentido común – y el objeto del conocimiento interdisciplinario, desde la perspectiva de una lectura crítica de la sociedad. *"Un tema generador establece dimensiones para la comprensión propia que ellos tienen de su realidad",* despertando condiciones de intervención (Antunes, 2002). El tema generador es parte de una red de situaciones significativas (individual, social, histórica) y promueve la aparición de una red de relaciones significativas (interpretación crítica de la realidad), para la construcción colectiva de conocimiento. Un tema generador establece un camino posible o utópico (Antunes, *com pers*).

"**El agua**", considerada desde el punto de vista de los recursos naturales en microcuencas hidrográficas, es un tema generador y da origen a esta propuesta, estableciendo como punto de integración entre saberes y situaciones, por su importancia y por la facilidad con que se desarrolla y se articulan numerosas relaciones temáticas, ampliándose los contextos sociales y ambientales locales.

Metodología

La planificación se define como un proceso de explorar el futuro, establecer objetivos, evaluar alternativas y señalar el camino para lograr cumplir los objetivos en los plazos establecidos. Con el propósito de esta propuesta, la puesta en práctica de esta definición considera la cuenca como unidad de planificación. Y como resultado de muchas situaciones no coincide necesariamente con las jurisdicciones administrativas entre municipios, partidos y/o estados[1], por lo que se hace necesario el desarrollo de acciones conjuntas entre jurisdicciones por intermedio de la formación de consorcios ambientales.

En esta metodología, la planificación se lleva a cabo en siete pasos, o fases, interrelacionadas, interactivas, presentadas en la Figura 2.

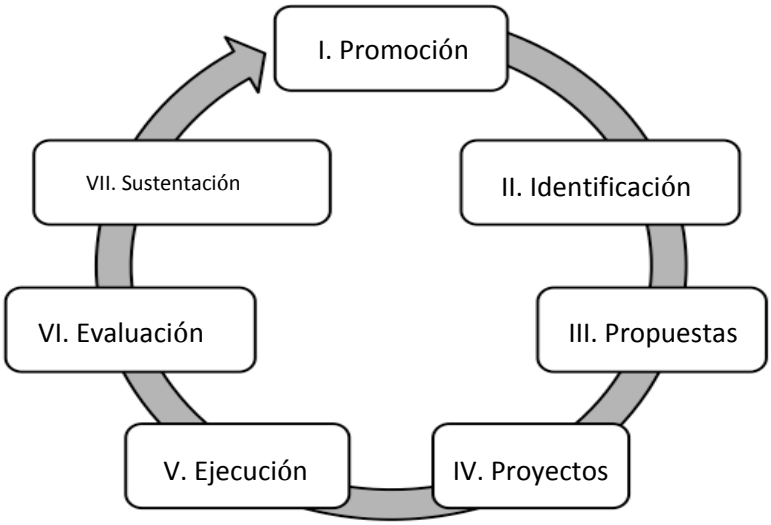

Figura 2. Etapas de La planificación ambiental.

[1] En Argentina podemos considerar en vez de estados, departamentos y provincias. (nota de la traducción).

Estas etapas están estructuradas en dos secciones que comparten objetivos comunes, pero diferentes características y lenguajes. La primera es la dimensión institucional que incluye la participación de los gobiernos locales y organismos externos, representados por técnicos que utilizan el conocimiento científico basado en el lenguaje instrumental adecuado para describir los temas abordados. El otro, el aspecto de la comunidad implica a las organizaciones sociales y ciudadanos, que aportan sus experiencias costumbres, historia y valores, utilizando sus propias formas de expresión. Estas dimensiones están estructuradas en grupos de trabajo comunitario e institucional, que integran cada etapa del proceso, a través de talleres y seminarios, con el objetivo de la creación de consensos (Figura 3).

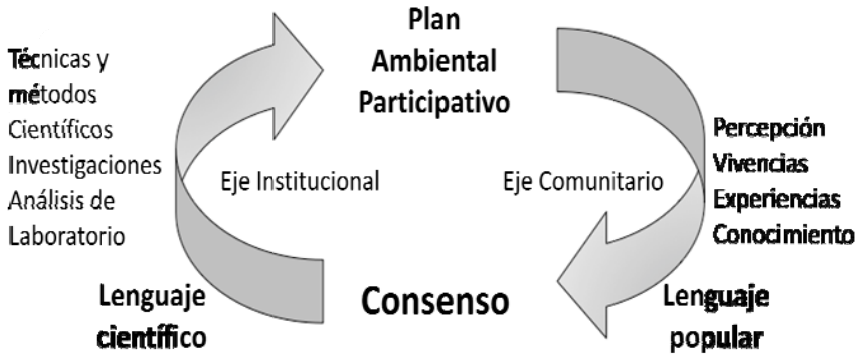

Figura 3. Estrategia del Plan Ambiental Participativo.

Además de desarrollar las dos dimensiones, la metodología también necesita estructurarse en niveles capaces de cubrir las características

del medio rural y del entorno urbano, para facilitar el análisis y la consolidación de productos de acuerdo a una tipología común que refleje el alcance y la extensión geográfica. En el medio rural, los niveles están estructurados a partir de las propiedades rurales (familiar/individual, colectivo), pasando a las comunidades rurales que agrupan conjuntos de habitantes que habitan fuera de los límites del perímetro urbano del municipio y finalmente las microcuencas representadas por pequeñas divisiones de arroyos, y pueden abarcar parcial o totalmente a una o más comunidades. En el entorno urbano, la estructura en capas también comienza en las propiedades (familiar/individual, colectivas), pasando por los barrios fuera del límite del perímetro urbano del municipio, pero incluyendo los barrios periféricos no consolidados que presentan muchas características rurales y finalmente la región urbana que incluye conjuntos de barrios, establecidos por disposición administrativa. Si el proceso de planificación ambiental abarca más de un municipio, todas las instancias descritas estará representadas en un solo nivel, por lo tanto, en el primer nivel; la consolidación de los análisis y productos en cada uno de los municipios será en el segundo nivel y finalmente la asociación de municipios en la forma de un consorcio intermunicipal constituye el tercer nivel. El establecimiento de niveles favorece la identificación y comparación de elementos, o resultados, característica entre estos niveles.

Descripción de las etapas de planificación

Se presenta una breve descripción de cada etapa, tratando de establecer una visión integral del proceso.

La **promoción** tiene como objetivo crear conciencia de la necesidad y la importancia de iniciar un proceso de planificación ambiental. Esta fase es responsable de obtener el apoyo necesario para la preparación del plan a través de la viabilidad técnico-institucional y sociopolítico- comunitaria. Para ello, debe usarse un proceso de divulgación que puede alcanzar los niveles políticos, institucionales, comunitario y el sector privado.

Figura 4. Reunión institucional durante la etapa de promoción.

La **identificación** tiene como objetivo realizar una caracterización de los problemas prioritarios y su origen, así como presentar las propuestas para su solución. El aspecto institucional utiliza instrumentos tradicionales como los inventarios y diagnósticos técnico-científicos. Para el aspecto comunitario se emplean Cuadernos de Planificación Ambiental Participativa, un poderoso instrumento para la construcción de la participación, que se describirá más adelante.

La etapa de las **propuestas** encaminadas al establecimiento de un diagnostico de consenso sobre las cuestiones prioritarias y los objetivos específicos en cuanto a formas de tratamiento por parte de los dos aspectos. Esta etapa se lleva a cabo mediante un Seminario Municipal de Propuestas.

La fase de proyecto es para la elaboración de proyectos específicos. Muchos proyectos presentan un carácter técnico y por lo tanto son elaborados institucionalmente, teniendo en cuenta las posibilidades de participación de la comunidad, ya sea por desarrollo propio del proyecto o en su concreción. Uno de los aspectos que más fortalece un Plan Ambiental incluye la frase: *"usted debe apostar menos de solución tecnológica y más en la participación de los ciudadanos"* (Pompêo, 2000).

La **aplicación** pretende facilitar la implementación y el control de los proyectos estratégicamente. Muchas situaciones pueden requerir la aplicación de tecnologías por parte de empresas especializadas, así que con la participación del aspecto institucional. La participación de la comunidad se concreta en actividades directas con prácticas, mano de obra, seguimiento y supervisión.

La sexta etapa es la **evaluación** que tiene por objetivo la observación especial de errores y éxitos, sobre la eficacia, el análisis técnico y financiero por parte del eje institucional, es cómo alcanzar los objetivos previamente definidos por la comunidad. Esta etapa se vincula inmediatamente con la siguiente de la **Consolidación** en búsqueda de autonomía y autogestión, consolidación política y empresarial independiente con la infraestructura, los recursos humanos y financieros, tomando como ejemplo los Consorcios Intermunicipales.

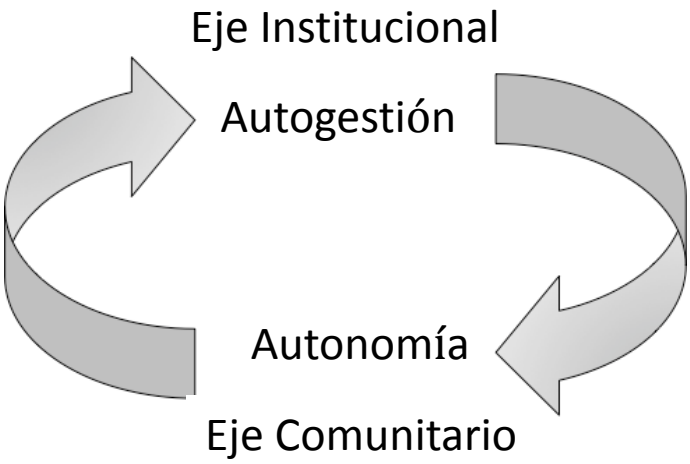

Figura 5. Sustentación de la planificación ambiental.

Fases de identificación y promoción

Este texto se centra en estas dos fases ya que contienen elementos cruciales para el éxito de todo el proceso de planificación.

Como anteriormente se mencionó, la fase de **promoción** representa un elemento esencial para el éxito de todo el proceso, ya que en ella

se formalizan los apoyos necesarios para la elaboración del plan, tanto en las instituciones públicas, lo que abarca todas las esferas gubernamentales que poseen jurisdicción directa sobre al cuenca y sus municipios, como por el entorno social, político, la comunidad y los individuos. La promoción es esencialmente un proceso metodológico de carácter educativo y participativo que apunta a la toma de conciencia sobre la importancia y la necesidad de una planificación ambiental basado en las microcuencas y cuyos beneficios se distribuyan en la sociedad. La conciliación de intereses de diferentes dimensiones dentro de la sociedad es el denominador común para la planificación ambiental.

Los instrumentos empleados para promover dentro de del eje institucional son charlas, talleres y seminarios técnicos internos que buscan acercar los beneficios, los principios y las directrices que guiarán las actividades de gestión y planificación. En el eje de la comunidad, la promoción puede valerse de los medios de comunicación social, cursos, seminarios, conferencias, reuniones, excursiones etc, para también obtener el apoyo y compromiso con el proceso propuesto.

Durante el periodo de la promoción, se abordan las primeras ideas acerca de los problemas, asi como también el diseño de propuestas para su confrontación, destinadas a la construcción de consenso entre los líderes y el establecimiento de protocolos de intención entre las instituciones públicas, mediante acuerdos políticos, institucionales y sociales. El resultado final de esta etapa es la toma de decisión expresada en el establecimiento de un acuerdo formal

entre el grupo externo que propone la intervención y los líderes políticos y sociales locales.

Los trabajos realizados sobre el eje institucional durante la promoción deben producir una evaluación preliminar de la situación de la cuenca en relación con su importancia, su estado de degradación ambiental y la viabilidad de la gestión. Teniendo en cuenta que el tema generador es "el agua", se sugieren estos siete parámetros para esta caracterización y evaluación preliminar:

1. Importancia de la cuenca para abastecimiento de agua.
2. Nivel de contaminación ambiental (resultado del diagnóstico).
3. Organización comunitaria.
4. Importancia de la cuenca como productora de alimentos.
5. Posición de la cuenca en relación con el principal curso de agua.
6. Nivel de intervención popular
7. Erosión del suelo (resultado del diagnóstico).

En todo el proceso de promoción se utilizan algunos mapas que presentan las características esenciales para la planificación. El mapa hidrológico del municipio presenta mayor importancia, siendo utilizado como el mapa base de la cuenca hidrográfica como divisor de aguas, la hidrografía de los cursos de agua de diferentes tamaños que se puedan identificar, además de los caminos y los lugares; el mapa de los municipios con área y la población, cuando hay más de

un municipio en la cuenca; mapa de subcuencas, que además de sectorizar, identifica cada subcuenca con su respectiva área; el mapa de cuencas hidrográficas con áreas y poblaciones; y un mapa síntesis de la etapa de la promoción que contiene toda la información anterior reunida. En las figuras 6 a 10 se ejemplifican algunos de los mapas utilizados en la etapa de la promoción, incluyendo el mapa que muestra las relaciones entre mapas hidrológicos y político administrativa.

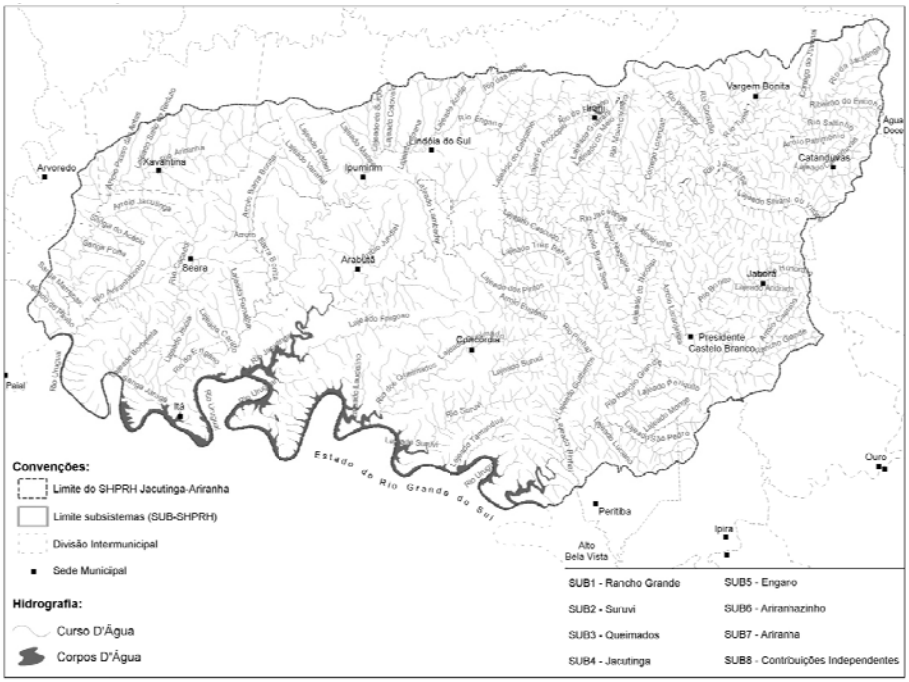

Figura 6. Mapa-base de la cuenca hidrográfica del Alto Río Uruguai Catarinense.

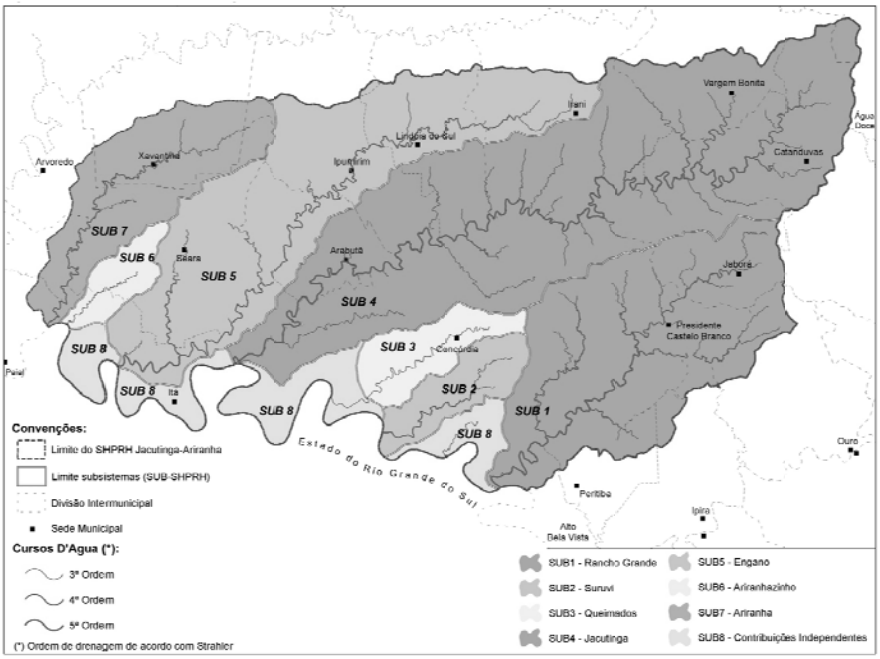

Figura 7. Mapa de las subcuencas del Alto Rio Uruguai Catarinense.

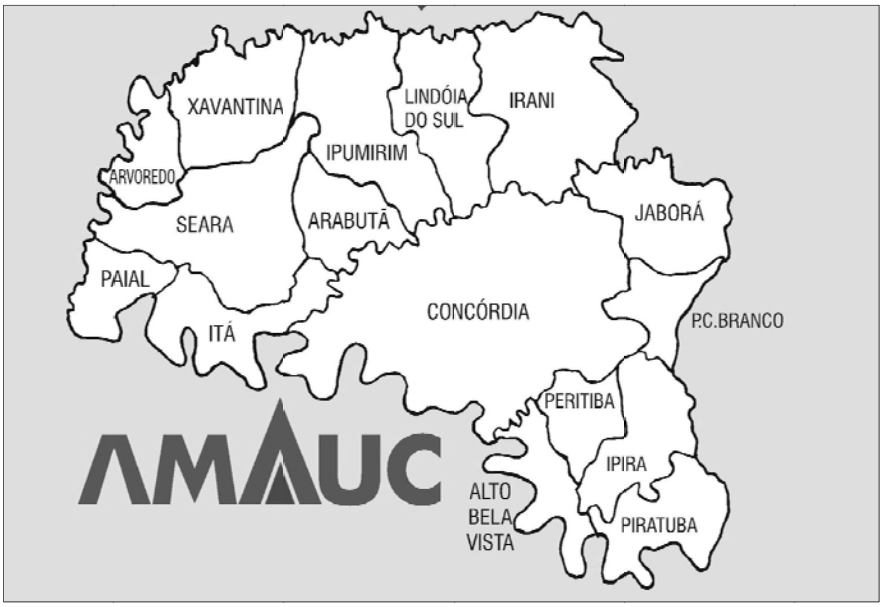

Figura 8. Mapa de los Municipios de la cuenca del Alto Rio Uruguai Catarinense.

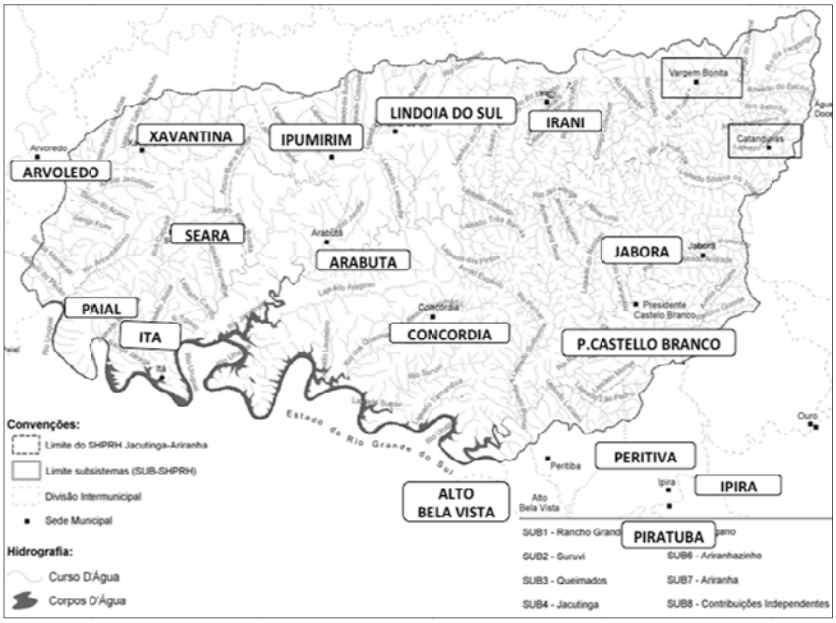

Figura 9. Mapa relacional de los Municipios de la cuenca.

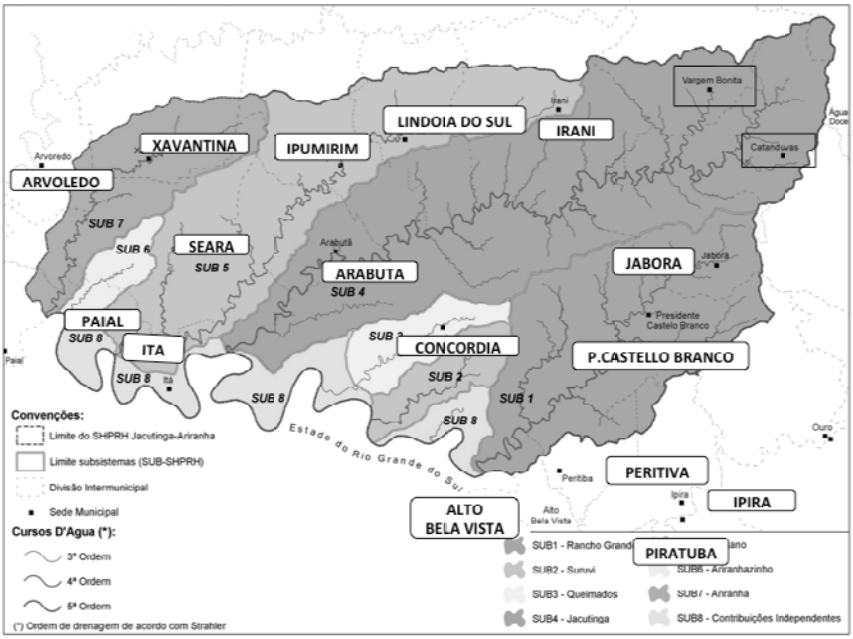

Figura 10. Mapa relacional de los Municipios con las subcuencas.

Los talleres son instrumentos esenciales en el proceso de planificación, al permitir la maduración de las ideas, la creación de consenso y la formulación de estrategias para el tratamiento de cada tema. La participación es fundamental en el proceso de aprendizaje, es decir, la construcción de un modelo dinámico de acción/reflexión y teoría/práctica. Los talleres, ya sean científicos, o comunitarios, o técnicos o mixtos, representan, espacios de diálogo, propuestas y discusión de ideas es por lo tanto esencialmente democrática crítica acerca del enfoque de los problemas. Los talleres se establecen como espacios de calificación individual y grupal para el análisis de problemas, permitiendo la discusión de diferentes puntos de vista y la formación de consensos.

Aunque es posible establecer directrices para la estructuración de los talleres, cada grupo, cada comunidad tiene diferentes características participativas, lo que es necesario crear las prácticas metodológicas que incorporan estas características con el uso de elementos cuantitativos y cualitativos de carácter. Los conocimientos así producidos tienen dimensión cualitativa, es decir, más allá de los productos concretos resultantes del proceso porque actúan en cada persona participante.

Figura 11. Reunión de trabajo durante la fase de identificación.

Durante la promoción, los mapas son producidos y utilizados por los talleres institucionales y comunitarios tanto para la localización de puntos e información, que permita identificar los lugares donde viven en forma participativa, mejoran la exactitud de la información proporcionada. Los mapas son el principal instrumento de la comunidad en la etapa de promoción, despertando curiosidad entre los líderes y participantes, donde son minuciosamente inspeccionadas, tocados, estudiados, transportados, prestados y discutidos.

La fase de **identificación** tiene como objetivo caracterizar los problemas prioritarios, identificar sus orígenes y elaborar propuestas de respuesta a estos problemas, teniendo en cuenta las políticas de uso y conservación de los recursos naturales adecuadas

a las características locales, junto a los científicos y técnicos tíficos. Esta fase es conocida como fase de de inventario y diagnóstico.

Inicialmente se realiza una caracterización general con información de la ubicación, la superficie, los beneficiarios del plan a ser elaborado y el área de influencia. Sigue la caracterización histórica, política, económica, tecnológica, ambiental y social de la cuenca. Se discute la importancia histórica, política, económica, tecnológica, ambiental y social de la cuenca. El inventario real comprende la identificación de la infraestructura existente, con énfasis en aspectos relacionados con el uso de los recursos naturales, especialmente agua.

Utilizándose instrumental, recursos apropiados como el personal involucrado, se desarrolla el diagnóstico completo de la cuenca, que comprende el diagnóstico físico-conservacionista, suelo, agua, vegetación, fauna, socioeconómico, y contaminación, que puede complementarse con otros estudios que pueden ser necesarios en situaciones particulares. Como parte del proceso de análisis crítico sobre los problemas que se reflejan o que se originan en la cuenca hidrográfica, o el diagnóstico debe señalar y discutir sobre los factores de degradación de los recursos naturales, abordando sus causas y orígenes de carácter histórico, político, económico, social y tecnológico.

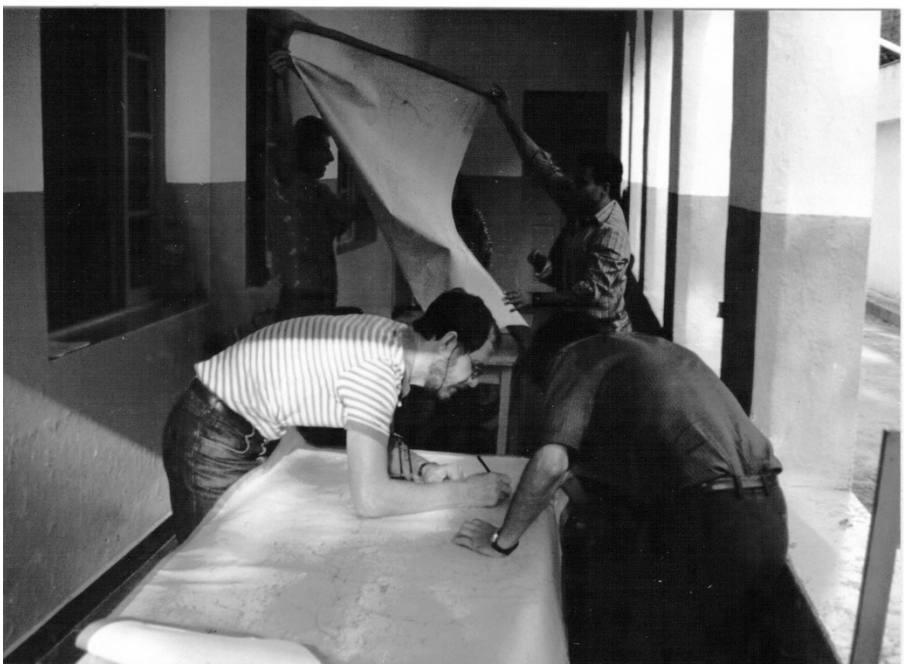

Figura 12. Preparación de mapas temáticos en el eje comunitario.

En relación con el eje comunitario, en esta fase de identificación son empleados los Cuadernos de Planificación Ambiental Participativo, que son elementos centrales de participación y apropiación social de todo el proceso.

Cuadernos de Planificación Ambiental Participativo

Los Cuadernos de Planificación Ambiental Participativa son instrumentos de la planificación que conjugan la participación y educación; no se constituyen en instrumentos de consulta y pertenecen a las propias comunidades donde se generan.

Utilizándose un lenguaje común, los Cuadernos materializan la información a través de la percepción, las experiencias y las vivencias de los residentes, siendo útiles para la fase de identificación por presentar elementos del inventario y del diagnóstico de manera participativa, que posibiliten el reconocimiento de la situación de los problemas reales, a nivel de microcuencas y subcuencas. Constituyen también mecanismos de diálogo y consenso entre instituciones y actores de la comunidad. Además, establecen las bases para el control, por parte de las comunidades y el desarrollo de todas las deliberaciones y acciones a lo largo del proceso de planificación.

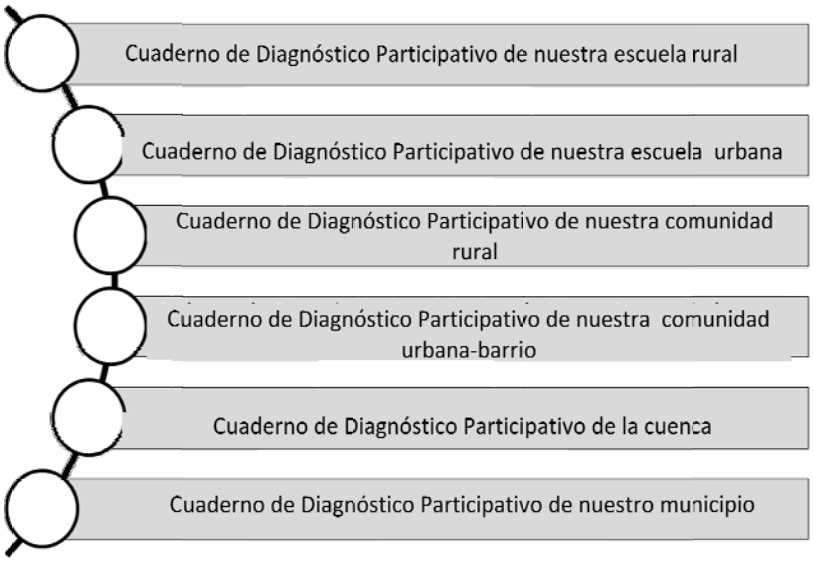

Figura 13. Ejemplos de Cuadernos de Planeamiento Participativo.

La validación de los Cuadernos como una herramienta para la recopilación de información, la obtención de consensos y el seguimiento del proceso de planificación ambiental por parte de las comunidades es parte de la Promoción. La evaluación de los resultados en la realización y uso de los Cuadernos depende de la preparación metodológica de las personas, haciendo necesarios el desarrollo de talleres diseñados específicamente para ejercicios de armado de mapas. El uso demostrativo de los resultados obtenidos por la comunidad donde si inicia la aplicación, así como la participación de algunas de las personas involucradas, pueden ser importantes para el resultado global.

Los cuadernos están estructurados en forma de preguntas simples organizadas en diversas secciones, según el tipo y los objetivos. Todas las preguntas están redactadas en forma coloquial y directa, a fin de obtener una respuesta objetiva. A continuación se presentan los elementos centrales de los Cuadernos utilizados para la identificación.

La primera parte, denominada "¿Quiénes somos?", apunta a la caracterización demográfica y social. Busca obtener información sobre la población total, distribución por sexo y grupo de edad, ubicación en la cuenca, y las potencialidades locales y sus líderes. La segunda parte, "¿Dónde estamos?", se desarrolla usando el mapa base de la cuenca, elaborado durante la promoción para ubicar a las comunidades del espacio geográfico, cuencas hidrográficas y municipio. La información demográfica obtenida anteriormente estará representada directamente en los mapas, haciendo, por tanto, uso de símbolos apropiados para representarlos.

La tercera parte representa el inventario, siendo denominada como "¿Qué tenemos?". Como herramienta educativa, proporciona elementos para que la comunidad realice un proceso de análisis en cuanto a su integración en el espacio geográfico municipal. Incluye la evaluación de la superficie de las propiedades y la superficie total de los terrenos, identifica, registra y localiza geográficamente las escuelas, templos religiosos, sedes de organizaciones sociales, infraestructura pública, entre otros elementos de interés.

La cuarta parte de los Cuadernos está destinada a la pregunta, "¿Cuáles son nuestros problemas?" representando por lo tanto el diagnóstico. En esta parte, la comunidad indica sus problemas socio-económicos y la degradación ambiental. Los problemas son evaluados en niveles según el consenso de la comunidad (por ejemplo: sin problema, problemática mediana, grave y muy grave). Los problemas considerados graves y muy graves están asociados a sus principales causas y orígenes, y su identificación es el resultado del trabajo en talleres de consenso comunitario.

Figura 14. Presentación de resultados del taller de trabajo comunitario.

En la quinta parte, "¿Cuáles son nuestras relaciones con la naturaleza?", los Cuadernos están destinados a promover la reflexión sobre los orígenes de los problemas a través de una encuesta perceptiva con respecto a la importancia y las formas de apropiación y uso de los recursos naturales. En esta parte, se asignan grados de importancia (importante; medio; importante; muy importante) a cada aspecto de interés, de escala numérica. Por ejemplo, con respecto al uso de la tierra, puede establecerse las categorías de importancia: agricultura, nativa pasto, pasto, bosque nativo, bosques plantados; o, cuánto a las categorías de importancia para el consumo humano, riego agrícola, riego de ganado, recreación, calidad de agua.

En la sexta parte la sección es "¿Cuáles son nuestros problemas prioritarios?", esto se relaciona con los problemas a una escala cualitativa (sin problema, problemática media, grave), seguido por una lista de sus causas y su orígenes.

Figura 15. Presentación de resultados en el taller de trabajo comunitario.

El completar los Cuadernos, en los talleres y reuniones comunitarias a nivel rural y urbano. El nivel rural, incorpora escalas sucesivas, comenzando por la comunidad, la microcuenca y la subcuenca, las jurisdicciones, evolucionando finalmente hacia la sede municipal. EL nivel urbano, parte del barrio para la región, distrito y la sede municipal.

Los mapas temáticos elaborados durante los talleres comunitarios deben representar los temas abordados en cada nivel y escala, con capacidades gráficas apropiadas para permitir la vista instantánea y completa sobre cada tema. Los mapas más completos se denominan mapas síntesis y vinculan la información de las escalas intermedias.

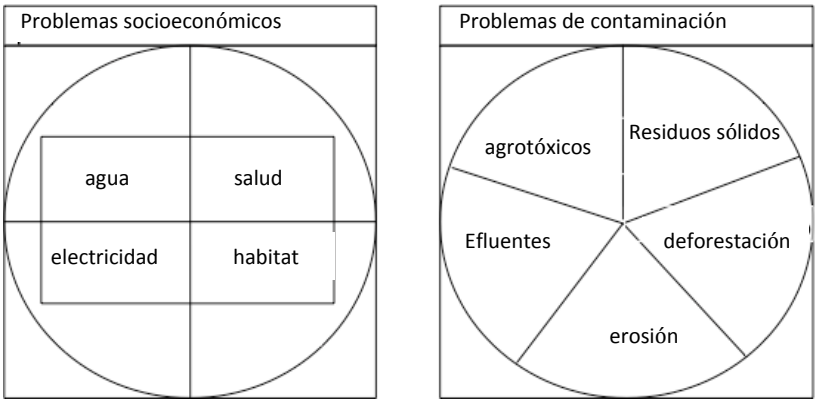

Figura 16. Tipo de simbologia utilizada para los mapas temáticos.

La séptima parte de los Cuadernos incluye la indicación de las propuestas para el tratamiento de los problemas, y se titula "¿Cuáles son nuestras propuestas?" e integra la tercera etapa del plan (“Propuestas”). En esta parte, los problemas considerados graves y muy graves deben ser el objeto central del plan ambiental y por lo tanto se consideran una prioridad.

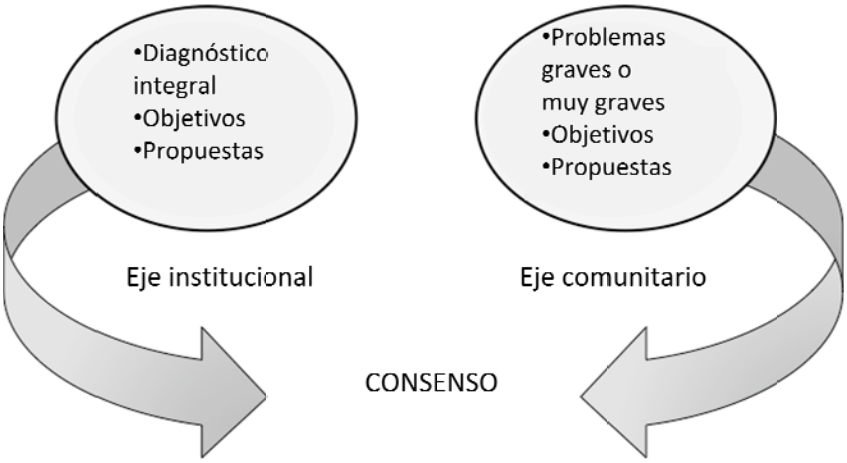

Figura 17. Propuestas prioritarias.

La escala de las prioridades también debe establecerse en los talleres, ya que la ejecución del plan ambiental implica recursos humanos y financieros limitados. Las prioridades se refieren a la escala geográfica, el alcance y la gravedad de los problemas que definirán a la microcuenca en una escala previamente definida durante el proceso. Los problemas graves y muy graves necesitan de medidas estructurales y los problemas de menor importancia, requieren de intervenciones no estructurales. Las propuestas deben indicar claramente los objetivos de cada iniciativa y señalar las formas para su realización, las cuales se desarrollaran en el proyecto.

Consideraciones finales

El texto presentado es sólo una breve introducción a la metodología de planificación ambiental participativa utilizada con éxito desde los mediados de 1980 en Venezuela y en Brasil, en apoyo al

Programa Novas Fronteiras do Cooperativismo del Ministerio de Agricultura, en Paracatu, estado de Minas Gerais, y al Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas de la Secretaria de Estado de Agricultura, en Niterói, estado de Rio de Janeiro, y al Consorcio Intermunicipal para a Recuperação Ambiental das Bacias Hidrográficas dos Rios Santa Maria da Vitória y Jucu, en Vitória, estado de Espírito Santo, del Consorcio Intermunicipal do Ribeirão Lajeado, en Penápolis, Estado de São Paulo, del Consorcio Intermunicipal da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Negro Catarinense (Consórcio Ambiental Quiriri), en São Bento do Sul, en Consorcio Intermunicipal de Gestão Ambiental Participativa do Alto Uruguai Catarinense (Consorcio Lambari), en Concórdia, y Consorcio Intermunicipal de Gerenciamiento Ambiental (Consorcio Iberê), en Chapecó, los tres últimos en el estado de Santa Catarina.

No cabe aquí detallar las iniciativas mencionadas, principalmente porque estos ejemplos requieren una gran cantidad de información y detalle de la metodología presentada. Las iniciativas exitosas como el Consorcio Quiriri, el Consorcio Iberê y el Consorcio Lambari (Figura 18), están fuertemente documentados en sus propios sitios electrónicos. Además, varios elementos de esta metodología se encuentran integrados en el Programa de Microcuencas, realizado por la Empresa de Extensión Rural de Santa Catarina.

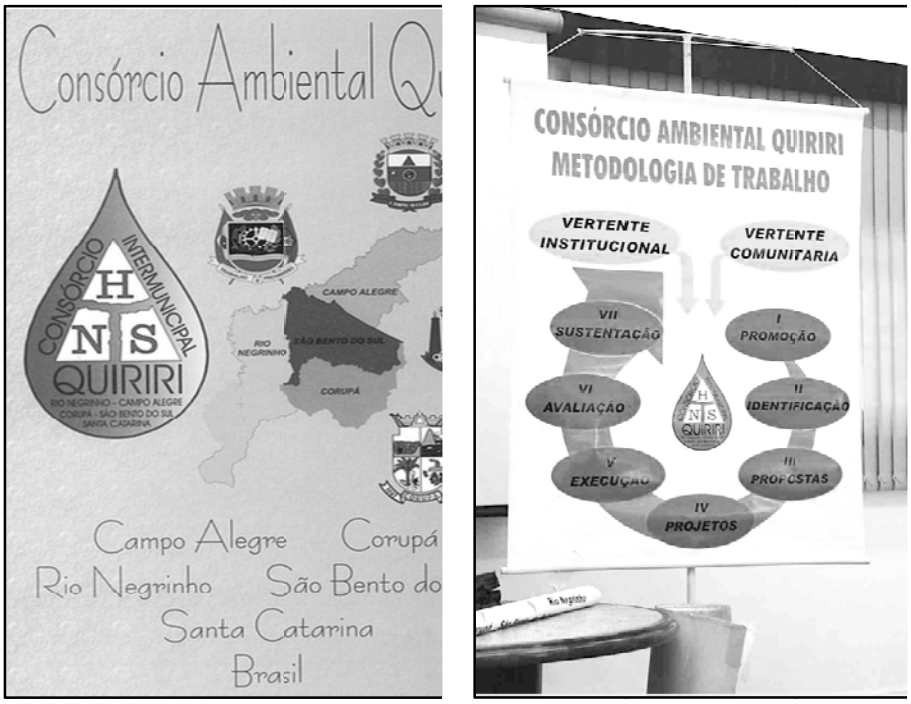

Figura 18. Ejemplos de proyectos donde se aplicó la metodología participativa

Bibliografia

Antunes A. 2016. Alfabetização multi-meios, Instituto Paulo Freire, http://www.escolamultimeios.org/EJA/material.htm, s.d.p.

Baptista, M.V. 1979. Desenvolvimento de Comunidade. Editora Cortez e Moraes, São Paulo.

Baptista, M.V. 1981. Planejamento: Introdução à Metodologia do Planejamento Social. 4ª ed. São Paulo: Ed. Moraes, Brasil

Freire, P. 1996. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**.** São Paulo: Paz e Terra Brasil

Pompêo, C.A. 2000. Drenagem Urbana Sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 5 (1): 15-24.

EL ENCUENTRO DE LAS AGUAS: EL CAMINO INTERDISCIPLINARIO EN ALFREDO WAGNER

Ivanete Masson[1], Luiz Sérgio Philippi[2], Cesar A. Pompêo[3]

[1]Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, ivanetemasson5@gmail.com
[2]Depto de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, l.philippi@yahoo.com.br
[3]Depto de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, cesar.pompeo@ufsc.br

El contexto de base para el establecimiento de la investigación en el área de gestión ambiental evidencia complejos problemas estructurales y operacionales, aumentándose la dificultad del tratamiento de los problemas con es el caso de la degradación de los recursos hídricos.

La investigación aquí presentada identifica dos focos de características integradoras para el tratamiento del problema: el concepto de **sostenibilidad**, es un proceso que considera en su desarrollo (observación y acción) una interdependencia operacional que integra diferentes dimensiones ambientales y la **participación**, a través del cual se pretende crear un espacio de observación y acción donde la sostenibilidad (multidimensionalidad) puede concretarse. La aplicación simultánea de estos dos enfoques en un proceso de gestión ambiental es un desafío.

La metodología es el resultado de una experiencia participativa de carácter interdisciplinario, llevado a cabo en colaboración con la

comunidad, a partir del Núcleo de Estudios del Agua y el Programa de Pos-graduación en Ingeniería Ambiental de la Universidad Federal de Santa Catarina en Florianópolis. Su objetivo central es definir estrategias para la construcción de la gestión ambiental local, con énfasis en la participación de la sociedad local en la definición e implementación de acciones.

Inicialmente se describirá el proceso metodológico, basado en el enfoque de investigación cualitativa y posteriormente la primera fase de un estudio de caso aplicado desarrollado en el municipio de Alfredo Wagner, situado en la región de transición entre la costa y la meseta de Santa Catarina, aproximadamente a 130 km de Florianópolis, la capital del estado. Es en esta ciudad donde se origina el rio Itajaí do Sul, que es la cuenca hidrográfica más grande de Santa Catarina.

El objetivo de la acción metodológica es criar un espacio teórico/práctico de aprendizaje interdisciplinar donde es posible incorporar e integrar la presencia de diversas disciplinas, a través de ejes temáticos.

Desde su inicio, la investigación proporcionó un avance significativo en el reconocimiento de la realidad local, tanto por la sociedad local como en cuanto a los problemas ambientales y su relación con las prácticas locales (técnicos, políticos, económicos, legales, culturales o sociales), así como también en los la realización de tesis de posgrado.

Se espera que los elementos de conocimiento producidos y que identifican las posibilidades y límites de una visión comunitaria,

institucional y académica, puedan servir como lecciones para la reflexión de otras prácticas similares.

El proceso metodológico

La metodología que defendemos exige que, en el desarrollo de la investigación, sean ambos sujetos de la misma, los investigadores y las personas de la comunidad que aparentemente seria su objeto.

Paulo Freire

La construcción del proceso metodológico comprende la elección de los elementos que definen el carácter de la investigación, demostrando así sus compromisos y su ética. En este artículo se presentan los aportes teóricos y las técnicas que apoyaron el método del proceso de investigación; detallando el trabajo de campo con los tiempos de muestreo, registro, análisis de procedimiento y de los datos finales.

El enfoque cualitativo es adecuado para comprender la naturaleza de los fenómenos sociales presentes en el proceso, permitiendo la valorización de la subjetividad humana en sus significados culturales y afectivos, los individuos y la comunidad (Patricio. 1999). Según Minayo (1994), al traspasar el proceso metodológico conjunto, se permite buscar el significado de las acciones y relaciones humanas presentes en la realidad social concreta, esta visión está corroborada por Trivinõs (1987).l Este autor añade en la investigación cualitativa, las descripciones de los fenómenos

impregnadas del significado que el ambiente les otorga. El trabajo de Patricio (1999) ha contribuido a la comprensión de la realidad a través de la valorización de los significados humanos, engendrando, caminos e instrumentos, en el descubrimiento de conocimientos básicos y aplicados sobre la calidad de vida.

¿Qué métodos darían cuenta de buscar, registrar, describir, analizar, interpretar y entender la vida humana en sus vestigios históricos del cuerpo individual y colectivo? ¿Qué métodos darían cuenta de trabajar sobre determinada situación, según los significados del propio ser humano? ¿Qué métodos producirían conocimiento sobre la diversidad, la singularidad y la complejidad de la vida humana, en sus expresiones verbales y no verbales, de sentido y sensibilidad? Y más: ¿Qué métodos puede manejar todo esto y colaboran con el trabajo por la calidad de vida de la humanidad a través de principios éticos y estéticos de la vida individual y colectiva? (Patricio, 1999).

Momentos de estudio

Tres momentos importantes impregnan la trayectoria subyacente aplicada a distintas encuestas realizadas durante el trabajo de campo: "***estudio de campo***", "***permaneciendo en el campo***" y "***salir del campo***" y aunque están separados, suceden constantemente y están entrelazados, diferenciándose sólo por aspectos específicos (Patricio, 1999).

El momento de ***"estudio de campo***" representa el período de investigación exploratoria donde se realizan los primeros contactos

con el contexto del estudio, el conocimiento del territorio, el establecimiento de temas de investigación, la presentación de la propuesta de estudio, busca la participación, la definición de los actores; en definitiva, es desarrollar acciones que permitan facilitar los instrumentos de recolección de datos. Se constituye en un momento de observación y diálogo con los actores involucrados y entre ellos.

El segundo periodo "***permaneciendo en el campo***", que tiene como principal objetivo *"relevar, registrar y procesar los datos de la investigación"*, es donde se da una mayor integración con los temas de investigación, especialmente la participación de la sociedad local.

El último momento, "***saliendo del campo***", está diseñado para la validación y entrega de informaciones y productos originados de la integración anteriormente mencionada. Son ka elaboración de los informes finales. Además constituyen la oportunidad de pensar nuevos posibles trabajos futuros que representen los diferentes encuentros, para la presentación y devolución de datos a la comunidad y la sociedad, es el momento de despedidas y agradecimientos.

Métodos y técnicas aplicadas en el proceso

La investigación cualitativa se caracteriza por diferentes técnicas encaminadas a la recopilación de datos. La recolección de datos incluye, básicamente, las técnicas de observación y las entrevistas abierta o semiestructurada a los participantes. La observación se desarrolla durante los diferentes momentos en particular en el

momento de "***permanencia en el campo***" cuando se pregunta y se escucha, constituyéndose de esta forma un dialogo reflexivo entre el entrevistador y el entrevistado.

En la fase exploratoria de la investigación, según Mattar (1999), se destina a recopilar estudios bibliográficos, estadísticas y análisis de investigaciones previamente realizadas, así como a realizar consultas a fuentes secundarias, también se producen momentos de interacción con las personas locales.

La recopilación de datos realizada mediante la interacción con los actores involucrados incluye instrumentos tales como películas, dibujos y fotografías, imágenes de contexto local que puede ayudar a los investigadores a identificar los significados de las personas en los momentos en las diferentes investigaciones ocurren (Patricio, 1999).

¿Cómo analizar los datos?

El análisis representa un momento muy importante, especialmente para un grupo que inicia el proceso participativo, debido a que valoriza todo el esfuerzo de la investigación en los diferentes tiempos. La interpretación de los resultados debe ser continua durante la integración de los actores involucrados en el contexto municipal.

Se establece la comprensión de los datos colectados que peuden confirmar o no la hipótesis de la investigación y/o responden a preguntas formuladas, y amplían el conocimiento sobre el tema

investigado, articulado con el contexto cultural del que forman parte (Minayo, 1994).

La dinámica es recurrente entre la colecta y análisis de datos, como propone Triviños (1987), existe un flujo constante entre la información colectada e interpretada, pudiendo surgir nuevas búsquedas de información. A medida de que los datos van siendo colectados , también ocurre el análisis.

Holliday (1996), a su vez presenta una importante contribución a la hora de análisis, decir que la realidad es cambiante y contradictoria porque es histórica. En este sentido, el autor dice que usted no puede aspirar a simplemente "describir" los fenómenos y a "observar" su comportamiento, y sí, se debe intuir y comprender las causas y relaciones, identificar sus contradicciones y llegar a imaginar y emprender acciones tendientes para transformarla. Para el autor son necesarias las transformaciones a partir de la perspectiva activa de sueños, ideas, deseos y pasiones. Esta visión se establece que una comprensión articulada entre la práctica de investigación que están sucediendo y la teoría que ayuda a realizar la interpretación.

La categorización es un procedimiento utilizado en el análisis, según Bardin (1977), que representa una operación de clasificación de los elementos constitutivos de un conjunto de criterios previamente definidos indicando "*las motivaciones, actitudes, valores, creencias, tendencias*".

El enfoque cualitativo aplicado

En el caso de estudio, el proceso fue desarrollado basándose en los momentos de la investigación de campo usados por Patricio (1999) y adaptados para este estudio como la **fase inicial de campo, fase intermedia y fase final**. Para facilitar la comprensión se presentan como los diferentes momentos de la investigación ordenados. Sin embargo, dada la dinámica presente en la realidad estudiada, las situaciones permiten simultaneidad de momentos. Un resumen de los momentos de la investigación de campo se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Actividades y momentos de la investigación de campo.

Momento	Actividades
Fase inicial	Contacto con el objeto de investigación: definición del tema de investigación y ejes temáticos. Conocimiento del área de investigación: arreglos iniciales para contactos con actores sociales e instituciones. Investigación teórica y búsqueda de información documentación: organización metodológica; programa preliminar de actividades.
Fase intermedia	Actividades de seguimiento y participación no vinculadas directamente a los objetos de estudio. Conversaciones con actores sociales e instituciones. Entrevistas con actores sociales vinculados directa e

	indirectamente al proceso participativo.
Fase final	Elaboración y realización de actividades relacionadas directamente con el objeto de la investigación. Transcripción de entrevistas, organización de las categorías de análisis y definición del análisis temático. Retorno al campo para validación de datos. Realización de la primera síntesis teórica y los ajustes metodológicos adecuándolos al aprendizaje de campo.

El punto de partida del proceso

La discusión de otros elementos metodológicos es apropiada para el estudio de caso. El contexto en el que el cuestionamiento centrado es el municipio de Alfredo Wagner, distante 100 km de Florianópolis, capital del estado de Santa Catarina, una región de relieve accidentado, y en la cual están presentes tres cursos de agua que dan origen al río Itajaí do Sul, uno de los formadores del río Itajaí-ACU.

En un marco multidimensional donde se destacan inundaciones periódicas y en que las relaciones entre los problemas ahora son evidentes y a veces sutiles, se tiene que conseguir la cobertura por intermedio de la gestión ambiental de la zona. El desafio de la investigación sobre esta perspectiva es proporcionar un tratamiento conceptual y metodológico situado simultáneamente desde la perspectiva de la sustentabilidad, buscando la integración de estas múltiples dimensiones y la *participación* de las personas como un instrumento de mediación entre estas dimensiones.

Los primeros estudios comenzados por Abdullah (1997) registraron problemas con las sucesivas inundaciones y el intenso éxodo rural en el municipio, derivados de la *"ausencia de políticas de desarrollo sostenible, el alto grado de degradación social y ambiental, el abandono de las tierras agrícolas, la educación distanciada de la realidad, la falta de reflexiones colectivas e iniciativas para avanzar en la construcción de conocimiento local "*.

La complejidad presente en el escenario observado condujo a la elaboración de un proyecto de investigación titulado "*Control de inundaciones y manejo ambiental participativo en Alfredo Wagner*", con la participación de un arquitecto, un ingeniero agrónomo y un educador, en el año 2000.

El proyecto fue financiado por el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Brasil (CNPq), fue viabilizado junto al Programa de Posgraduación en Ingeniería Ambiental de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC).

A partir de las áreas de formación de los autores, el proyecto de investigación se ha desarrollado en tres temas principales:

-"*Agua y prácticas campesinas*" (Seibt, 2002), con el objetivo de "*construir colectivamente la comprensión de la realidad en el municipio rural de Alfredo Wagner y sus perspectivas en un contexto socio-cultural, económico y ambiental*".

-"*El agua, el uso del suelo y ocupación*" (Almeida, 2003), con el objetivo de "reconstruir y entender conjuntamente con la comunidad

local, la historia del ocupación y uso del suelo y sus relaciones con el entorno”.

-"*El agua y las prácticas educativas*" (Schmitz, 2003), dirigida a entender la percepción del educador acerca de los problemas ambientales locales para elaborar colectivamente una propuesta para la inclusión de la educación ambiental en las prácticas formales.

A continuación se presentan algunas cuestiones planteadas por los investigadores en el inicio del proceso y descriptas por Seibt (2002):

- ¿Cuál es la importancia asignada a los recursos naturales por los lugareños?
- ¿Cómo son percibidos: la degradación del suelo, las inundaciones, el deterioro de la calidad del agua, las cuestiones sociales y económicas, entre otras?.
- ¿Cómo es la organización social y cuáles son las acciones de mejora que están siendo desarrolladas en la práctica?
- ¿Cuáles son los valores que rigen a los individuos y amplían la posibilidad de iniciar un proceso de gestión ambiental, capaz de promover el movimiento de reflexión y de concienciación, generando motivaciones y acciones significativas?

Guiados por estas preguntas, el proyecto de investigación tuvo como objetivo general "*la construcción de propuestas y la producción de conocimiento, a partir de una metodología*

interdisciplinaria, junto a la sociedad organizada en el municipio, con el fin de contemplar la calificación ambiental, promoviendo la participación local en la definición y ejecución de las acciones", usando el agua como el tema generador de la investigación[2].

La estrategia metodológica para abordar este objetivo se encuentra en la pedagogía propuesta por Paulo Freire (1987), de que los temas generadores, extraídos de la problematización de la práctica de vida de los estudiantes. Esta estrategia permite avanzar más allá del límite de los conocimientos que los alumnos tienen de su propia realidad y así pueden comprender mejor para poder intervenir críticamente.

En base a los supuestos teóricos de Paulo Freire, los propósitos de la investigación son:

1. *"Sensibilizar y capacitar a la sociedad local para la práctica operacional del proceso de gestión ambiental participativo"*

2. *"Equipar a los investigadores para las prácticas de investigación interdisciplinar, introduciendo la ciencia en la realidad local y viceversa".*

La propuesta de acción metodología grupal, según Almeida (2003), fue organizada para despertar en los participantes de la

[2] Para Freire, "estos temas se llaman generadores porque, cualquiera que sea la naturaleza de su comprensión, como la acción causada por ellos, contienen en sí mismo la oportunidad de desplegarse en tantos otros temas que a su vez conducen a nuevas tareas."

investigación (investigadores y agentes locales) cuatro fases tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Fases metodológicas.

FASES	OBJETIVOS
Motivación	Reconocer el contexto de la problemática, (generar una reacción)
Concientización	Desarrollar capacidad operacional para reaccionar
Mobilización	Promover actitudes participativas
Acción Organizada	Dar sentido de unidad al trabajo colectivo

Adaptado de Baptista (1981).

Baptista (1981) propone, además de esas cuatro fases, una quinta, que trata de la integración. Sin embargo, la aplicación que se sigue en este trabajo es la adaptación hecha por Weberling (1986), que no utiliza la quinta propuesta.

En el caso de estudio en el municipio de Alfredo Wagner, estas fases previstas para la investigación se ejemplificaron en la Tabla 3.

Tabla 3. Acción metodológica en Alfredo Wagner

1. Motivación Reconocer el contexto de la problemática, (generar una reacción)	Macrovisión Espacial: • Comprensión histórica de la ocupación del suelo en el municipio. (Reconstrucción →Autoconocimiento). • Reflexión sobre el papel de cada individuo en la Historia del lugar. • Potencialización para el ejercicio del Cambio (Reacción)
2. Concientización Desarrollar capacidad operacional para reaccionar de los participantes	Microvisión Espacial - Diagnóstico Colectivo • Identificación de las áreas de conflicto. • Ocupación del suelo vs. medio ambiente. • Ocupación del suelo vs. las inundaciones. → Foco: Ocupación Social y económica. (Barreras construidas: rutas, puentes...)
3. Movilización Promover actitudes participativas	Construcción de la propuesta de acción para la gestión ambiental participativa en el municipio: • Acciones de recuperación o de minimización de las áreas degradadas. • Acciones de conservación de áreas no degradadas. • Principios para el uso de instrumentos planificación espacial y ocupación del suelo.
4. Acción Organizada Dar sentido de unidad al trabajo colectivo	• Participación efectiva en un gran grupo con el objetivo de dar unidad al trabajo, analizando y discutiendo todas las dimensiones del problema ambiental del municipio. • Participación en el proceso de continuidad, individualizando de manera grupal, a los miembros efectivos, para la evaluación y reevaluación de los proyectos implementados en la gestión propiamente dicha. • Otras propuestas que surjan del grupo.

Cabe destacarse que estos principios no son necesariamente lineales: el contexto del lugar y la gente involucradas apuntan a un proceso más complejo de ir y venir, sin perder el objetivo final

propuesto para el trabajo, de la continua maduración en la toma de decisiones, individuales y colectivas de todos los involucrados.

El desarrollo de las investigaciones

El trabajo de campo del grupo de investigación, como describió Almeida (2003), se inició en las zonas rurales debido a su gran tamaño y también por concentrar en este espacio las nacientes del río Itajaí do Sul.

La apreciación del enfoque cualitativo adoptado por el grupo permite la elección de mediadores locales en la fase de campo. Minayo (2002) "[...] *esta entrada en el trabajo de campo puede ser facilitada a través de los habitantes o aquellas personas que mantienen sólidos lazos de intercambio con el tema a estudiar"*. Los mediadores locales, conocedores de las comunidades y con buenas relaciones con los agricultores, tienen un papel fundamental, porque permiten un acercamiento entre investigadores externos y temas locales, para presentar la investigación, su objetivo y la comprensión por los entrevistados, estableciendo un vínculo inicial dinámico y de buena receptividad. El mediador, local, cuya participación se concreta al asumir un compromiso espontáneo con la investigación, no es sólo un interlocutor del trabajo, además participa eficazmente en el proceso dentro de una construcción natural de la emancipación como multiplicador potencial en el ejercicio de su ciudadanía.

Bajo las condiciones del verdadero aprendizaje los educandos, se van transformando en sujetos reales de la construcción y de la reconstrucción del saber enseñado, junto al educador, también sujeto al proceso. [...] Cuando vivimos la autenticidad requerida por la práctica de enseñanza-aprendizaje, participamos en una experiencia total, directa, política, ideológico, educativo, estético y ética, que debe tomarse con decencia y seriedad (Freire, 1996).

Almeida (2003) describe que después de atravesar el espacio rural, se trabajó la realidad del uso y ocupación del suelo rural y las implicaciones ambientales. Las informaciones recabadas en esta fase generan, junto con el grupo de investigación, la importancia de mejorar el espacio urbano participativo a través de los multiplicadores locales, constituyendo un grupo de investigadores formado por pobladores del municipio.

El contacto con personas en el trabajo de campo también lleva a otras instancias que no solamente están asociados a la temática del agua, tales como los problemas con el uso intensivo de agroquímicos, la infraestructura básica, la salud, la educación, entre otros que surgen libremente. Encaminada la fase exploratoria y continuando con la etapa del trabajo de campo, la construcción de la investigación individual siguió cada eje temático. En este momento, cada investigador buscó la comprensión más profunda de su tema de investigación, sin perder de vista la reflexión, colectiva orientada a la construcción de objetivos colectivos del proceso participativo.

El resumen del movimiento de las fases del trabajo de campo que contempla los principales temas de cada investigación puede ser comprendida a partir del flujograma presentado en la Figura 1.

Control y manejo ambiental participativo ***Construcción de la fase del trabajo de campo a partir de cada eje temático.***		
↙	↓	↘
El água em las prácticas rurales	**El agua y su uso en la ocupación del suelo**	**El água em las prácticas educativas**
↓	↓	↓
Reuniones **comunidades rurales** *Primera fase*	Encuentros periódicos **Investigadores locales** Salidas de campo e reuniones	Reuniones **profesores** *Primera fase*
↓	↓	↓
Discutir el diagnóstico y la reflexión colectiva acerca de la realidad	**Trabajar el contenido** y observación de la historia de la ocupación del suelo, promoviendo el conocimiento y el análisis crítico sobre la realidad ambiental por:	**Reflexionar** sobre el contexto educativo municipal y la relación con temas ambientales
↓	↓	↓
Reuniones de las **comunidades rurales** Segunda fase	**<u>Motivación-visión espacial-macro</u>** **Comprensión** de la ocupación de suelo**.** **Reflexión** del papel de cada uno en la historia del lugar Potenciación para el cambio	Participación en las reuniones con el grupo de **investigadores locales**
↓	↓	↓
Comprender y reconocer las relaciones sociales locales y su	**<u>Reflexión visión espacial micro</u>** **<u>Diagnóstico colectivo</u>**	**Discutir** el proceso educativo relación persona *vs.* entorno rescate histórico de

importancia en aspectos ambientales	**<u>Identificación</u>** de las áreas de ocupación de conflicto Ocupación del suelo *vs.* ambiente	la ocupación
↓	↓	↓
Reunión con **representantes comunitarios e institucionales**	**<u>Movilización-construcción de la propuesta de acción para GAP</u>** **Acciones recuperadoras y** minimizadoras de las áreas degradadas **Acciones conservacionistas** de las áreas no degradadas **Principios** para **instrumentar el** ordenamiento del uso y ocupación del suelo	Participación reunión **representantes comunitarios**
↓		↓
Exponer las etapas de la investigación Sensibilizar, reflexionar, discutir y construir propuestas conjuntas para la generación de acciones participativas en las comunidades		**Presentar** las etapas de investigación **y reflexionar** sobre los problemas ambientales**, discutir** la organización de la comunidad para construir propuestas de acción participativa
↓	↓	↓
Forum comunitarios	**<u>Acción organizada-participación en el proceso de transformación en la construcción de acciones comunes.</u>** **Participación** en los talleres del foro y en el proceso de continuidad, para la construcción y evaluación de proyectos y programas en GAPM.	Curso de capacitação em E.A para professores 1º e 2º etapa
↓		↓
Validar el diagnóstico ambiental y **construir** propuestas como parte de la construcción de la gestión ambiental participativa		**Explotar, promover** reflexiones sobre temas locales relacionados con la educación ambiental. **Presentar** el diagnóstico en las escuelas

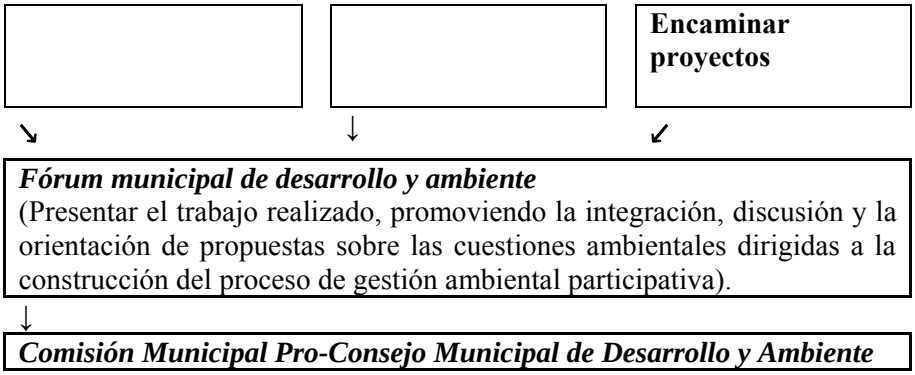

Figura 1. Flujograma con el resumen de las etapas de trabajo de campo de grupo inicial para el tema principal.

El punto de llegada

En este segmento se busca describir las principales etapas, productos y consideraciones realizadas por el grupo inicial. La primera síntesis de la investigación interdisciplinaria en la ciudad ocurrió con la realización del Primer Forum de Desarrollo y Medio Ambiente celebrado en agosto de 2002, que reunió durante tres días aproximadamente a 350 personas de la comunidad rural y urbana en el municipio. Los principales objetivos del evento fueron:

- Promover un proceso de integración y discusión participativa de temas relacionados con cuestiones ambientales locales, directos e indirectos que afectan a la población local y los recursos naturales;
- Presentar al público el trabajo realizado por el equipo de investigación del proyecto "*Control de inundaciones y*

manejo ambiental participativo", a través de los ejes temáticos que los componen;

- Discutir con la sociedad local, propuestas y recomendaciones que permiten la construcción de un proceso participativo de gestión ambiental y directrices para el desarrollo ambiental, abordando los problemas considerados más relevantes en el contexto; y;
- Generar una carta documento que contenía las prioridades resultantes del proceso de discusión en la búsqueda del desarrollo social equitativo, justo y ecológico sostenible económico.

El foro fue planeado y llevado a cabo en tres etapas, como una forma de permitir una maduración gradual de la participación individual y colectiva de la sociedad.

Tabla 4. Organigrama del taller

1º dia	Apertura y conferencias con invitados externos sobre temas de interés local, experiencias de gestión ambiental participativa del ejercicio de ciudadanía.
2º dia	Talleres de trabajo con grupos temáticos de discusión (agua y saneamiento, infraestructura, educación, agricultura, salud, cultura, turismo, inundaciones, organizaciones sociales).
3º dia	Discusión plenaria de propuestas y orientaciones, redacción y adopción de las recomendaciones del documento foro, provisión para la formación de la Comisión Municipal de Desarrollo y Medioambiente, orientaciones finales.

La Figura 2 representa el mapa de ubicación de los participantes en el foro, que muestra la distribución de las familias existentes en la ciudad y los miembros de la Comisión Pro-Consejo. El mapa no tiene el objetivo de discutir el número de participantes sino más bien muestran la distribución espacial de la representatividad de las categorías participantes.

Figura 2 - Mapa de localización de los participantes del Fórum.
Fuente: Fábio Luiz Viecili – NEA (2001).

Para Schmitz (2003), uno de los momentos de debates que se destaca, son los talleres temáticos diseñados para desarrollar un proceso participativo de construcción de comunidad estrategias de acción a temas ambientales. Esta discusión, Almeida (2003) destaca dos resultados importantes:

- La construcción colectiva de propuestas para un desarrollo más equilibrado y relevante para el entorno local: documento oficial del foro;
- Constitución de la Comisión Provisoria de Desarrollo y Medio Ambiente, como producto efectivo de organización social ampliado, favoreciendo la participación efectiva de la sociedad en el proceso de desarrollo municipal y la conciencia crítica sobre el entorno local.

Las consideraciones de los investigadores revelan el momento de la convergencia de esfuerzo colectivo. *Por lo que el evento fue completado y evaluado por los participantes, incluyendo los organizadores, comunidad e instituciones municipales, como un valioso momento del municipio, dando lugar a espacios para eventos participativos conjuntos. De esta manera, con la terminación del proceso de esta investigación el Foro tiene su primera fase completa, continuando con la construcción de la gestión ambiental participativa en el municipio de Alfredo Wagner, ahora con las iniciativas locales (Almeida, 2003).*

La realización de este evento trajo satisfacción a los investigadores y mostró a la sociedad local que el proceso participativo es posible.

Los participantes se convierten en multiplicadores y amplían el proceso de responsabilidad y compromiso frente a las transformaciones necesarias en relación con el medio ambiente (Schmitz, 2003).

La realización de esta etapa estableció un nuevo hito en el proceso de gestión ambiental local, promoviendo el entendimiento y la efectiva de las organizaciones sociales en la construcción del desarrollo socioeconómico y ecológico local. La realización del foro generó una expectativa optimista, pues seguramente coincide con los fines esperados y amplia las perspectivas del cambio deseado por investigadores y por la población local (Seibt, 2002).

La continuidad

La realización del Foro Municipal y Desarrollo y Medioambiente marcó el cierre de una etapa de la intervención propuesta, mostrando los productos anteriormente descritos como el desafío de la continuidad en la implementación de la gestión ambiental. El evento anclado en la continuidad del proyecto de investigación iniciado en 2001, alimentado por la aprobación del proyecto "*Sendero*" en el año 2002. Este proyecto tuvo por objetivo "*profundizar el proceso de planificación participativo ya iniciado, con el fin de garantizar la calidad del agua, recurso natural, como recurso estratégico, contribuyendo de esta manera a la futura implementación de herramientas de gestión*".

Las dos fases del proceso de construcción de la gestión ambiental participativa en el municipio de Alfredo Wagner se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Objetivos de investigación y los etapas de la unidad de acción en Alfredo Wagner en el trabajo desarrollado por Núcleo de Estudio del agua.

I. Control de inundaciones y la gestión ambiental participativa en Alfredo Wagner/SC	
Período	2000 a 2002
Objetivo general	Desarrollar una metodología interdisciplinar y participativa para la implementación de un proyecto de gestión ambiental en el municipio de Alfredo Wagner considerando: a- Instrumentalizar a la sociedad local para la práctica operacional del proceso de gestión ambiental participativo; b- Instrumentalizar a los investigadores para las prácticas de investigación interdisciplinaria.
II. Planificación participativa de los recursos hídricos en la región de las nacientes del río Itajaí do Sul – Proyecto Senderos	
Período	2003 a 2009
Objetivo general	Promover la reducción de pasivos ambientales relacionados con la calidad del agua y los efectos adversos derivados de su degradación, así como la ocurrencia de inundaciones; para garantizar la condición del agua, recurso natural, como recurso estratégico, contribuyendo de esta manera a la futura implementación de herramientas de gestión.

El proyecto "Sendero"

Para construir este objeto se necesitaba un conjunto articulado de iniciativas de diversos sectores, todos relacionados con el agua, para consolidar y ofrecer respuestas apoyadas en seis ejes que dan lugar a varios objetivos específicos de la propuesta.

Estos son:

1. Conocimiento de los orígenes de la degradación de la calidad del agua y propuestas de corrección y prevención.
2. Búsqueda de alternativas económicas que simultáneamente valoricen la conservación y la preservación de los recursos hídricos y los ecosistemas, pero también sean compatibles en las iniciativas de bajo impacto.
3. Protección de ecosistemas esenciales para el mantenimiento de la calidad del agua.
4. Evaluación de la información científica sobre los procesos de capacitación relacionados con el agua permitiendo el establecimiento de representaciones y modelos.
5. Desarrollo de instrumentos para la evaluación de la eficacia del proceso en el cambio de actitudes de la población local.
6. Producción de instrumentos de apoyo e integración del conocimiento sobre la realidad local para apoyar a los procesos de participación y educación ambiental, desde una perspectiva de contextualización y articulación de la problemática ambiental y sus manifestaciones sectoriales.

La investigación fue apoyada por dos tipos de metodologías: las de carácter específico que tienen como objetivo el tratamiento de objetivos más específicos y una metodología integradora, de carácter interdisciplinar y cualitativo, que tiene como objetivo guiar en la construcción participativa de la realidad ambiental en el Municipio de Alfredo Wagner y su perspectiva en un contexto social, cultural y económico, apropiándose de los resultados parciales en los procesos educativos y en el establecimiento de una planificación local participativa.

Las diversas investigaciones y estudios de continuidad del proceso participativo de la gestión ambiental desarrollada por el grupo de investigación encontraron el nexo de este enfoque apoyados por la investigación cualitativa (Masson, 2004) que busca conocer los significados expresados por los actores sociales. Esta fue la primera del conjunto de las investigaciones que siguió el proceso potenciando el sentimiento de pertenencia de la autoría ya iniciado.

La sucesión de relaciones que se establecen alrededor de la serie de fenómenos permiten que la percepción y la participación sean cada vez mayor. El enfoque participativo nos da idea de un movimiento continuo de construcción de relaciones sobre un fenómeno de manera más clara y consciente. Tienen un punto de partida, pero no necesariamente un fin, porque el proceso es una construcción constante.

Teniendo en cuenta la dinámica del trabajo iniciado en Alfredo Wagner, con la gradual salida de campo del grupo inicial después del foro, la continuidad del proceso participativo ha avanzado con el grupo de proyecto "Sendero" apoyando las reflexiones junto a la Comisión de Consejo (creado en el foro) al término de la gestión ambiental en el municipio. Este está temporalmente situado entre una fase final del trabajo de campo del "grupo inicial" y la fase de inicio del trabajo de campo del grupo “Senderos”.

Sucesivas reuniones del grupo "Senderos" en el municipio, después del foro, tuvieron como objetivo principal inicial subsidiar a la Comisión del Consejo para que sus integrantes comprendiesen su papel conociendo los diversos medios para obtener su legitimación, dando respuesta a las demandas planteadas en el foro.

La importancia de la construcción de la gestión ambiental para el municipio, se orienta hacia dos grandes desafíos descriptos por Masson (2004).

Por un lado, la continuidad del proceso participativo en el desarrollo de gestión instrumentos por nuevo grupo de investigación. Por otro lado, la dinámica de integración local a realizarse en el proceso de continuidad por medio de las acciones organizadas por la Comisión del Consejo son muy recientes. Las respuestas a esas preocupaciones estaban siendo construidas y organizadas en categorías, combinando el contenido de las líneas de los actores entrevistados y las entrevistas, obteniendo como resultado: **motivos, dificultades**, **necesidades, integración y acción organizada.**

De las categorías mencionadas, se construyeron dos temas principales sobre el proceso participativo en la gestión ambiental.

- Motivos, necesidades y dificultades de los actores en el proceso participativo de la gestión ambiental;
- Posibilidades y límites en la integración y acción organizada de la población en la continuidad del proceso participativo en la gestión ambiental.

Las temáticas anteriormente citadas consideran una visión de los diferentes actores conforme a la siguiente secuencia: la visión comunitaria contempla a los agricultores, las personas que viven en la ciudad y a los miembros de la Comisión del Consejo. Los agricultores entrevistados pertenecen a diferentes comunidades rurales y poseen un liderazgo en la comunidad donde residen. Se adoptó como criterio de selección de los agricultores que participaron en reuniones de la comunidad y en foros comunitarios. En la sede urbana, se entrevistó a personas con liderazgo voluntario y los que más se involucraron en las diversas actividades llevadas a cabo en el área urbana durante el proceso. Los miembros de la Comisión del Consejo provienen de distintas áreas de formación y ocupación, a saber: maestros, agricultores, funcionario públicos jubilados, locutores, presidente del sindicato de los trabajadores rurales, miembros de los concejos municipales. Dada su característica de representatividad, la Comisión del Consejo fue considerada como de carácter comunitario. La visión institucional incluye profesionales relacionados a la agricultura, la educación, la salud, el clero y la administración municipal y Ayuntamiento. A los efectos de este estudio, consideramos que estas áreas como estratégicas, principalmente en la continuidad del proceso iniciado.

A partir del análisis temático se organizó el análisis de los datos considerados en los testimonios de los actores, se establecieron las conexiones de ideas con base teórica en cuanto a los motivos, las necesidades y las dificultades de los actores en el proceso participativo en la gestión ambiental. Destacamos a continuación algunos testimonios:

- **Visión comunitaria**

Las declaraciones indican que la sostenibilidad no es un problema técnico a resolver, sino una visión del mundo que coloca al ser humano en el centro de un nuevo proyecto de civilización.

(...) aquí he elegido vivir, yo vivo aquí, mi vida está aquí.

(...) Sentí las ganas de participar

(...) de crecimiento cuando llegó la Universidad que dio fuerza.

- **Visión institucional**

Los testimonios consideran que la legitimidad de las demandas es el resultado de la metodología utilizada en recolección de informaciones, mostrándose como un instrumento de movilización comunitaria.

(...) la metodología ha ayudado a entender el medio ambiente, porque estaba todo alrededor nuestro pero nunca le prestamos atención.

(...) la metodología utilizada de una forma natural, relajada sin ninguna imposición, permitieron un diálogo franco

[...] el contacto sutil permitió que la comunidad se abrirá (...).

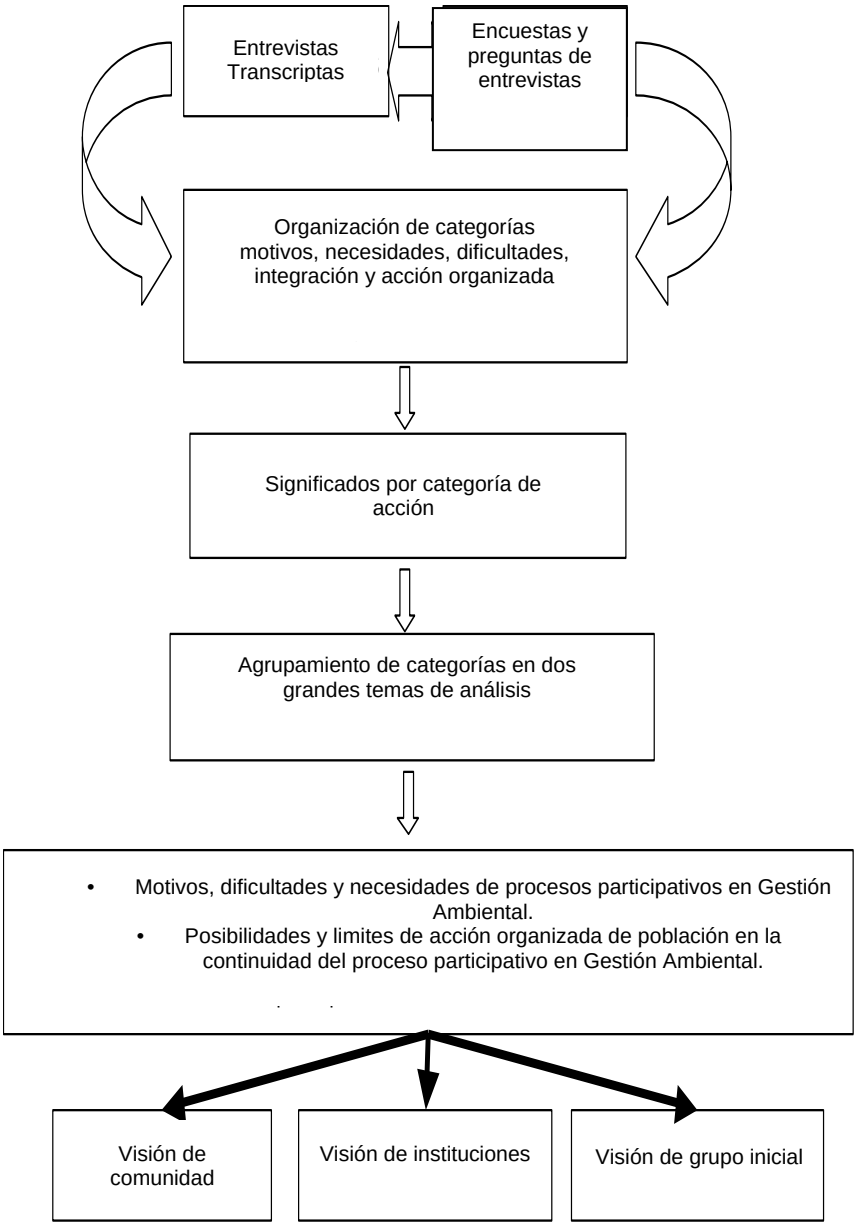

Figura 3. Flujograma de análisis del trabajo

- **Visión del grupo inicial**

Varias razones contribuyeron a establecer la propuesta de construcción de la gestión ambiental participativa y están relacionadas con expectativas personales tales como: afinidad personal y profesional con el fenómeno a ser estudiado, en el caso de la problemática ambiental, la posibilidad de poder participar en la construcción de carácter educativo, social y práctico a través de una propuesta constructivista de participación comunitaria. El ejercicio interdisciplinario permite la inclusión de diferentes aspectos presentes en la realidad cotidiana y sugiere la realización de objetivos comunes acordados y construidos colectivamente.

(...) pude aplicar mi experiencia profesional

(...) la cuestión interdisciplinaria fue muy rica porque es una gran oportunidad para crear una propuesta.

En cuanto a las **posibilidades y límites de la integración en la acción organizada de la población para la continuidad del proceso participativo en gestión ambiental** se destacan:

- **Múltiples compromisos en la visión de la comunidad**

Los testimonios dan señales que la autonomía y la integración son procesos en construcción y que es necesario trabajarlos en el municipio

(...) en cuanto a la participación e la integración, creo que las personas y las entidades van a involucrarse hoy o mañana

(...) si en la práctica no hacen nada pero aceptan hablar. Hay una evolución

(...) demorará más pero la sociedad va a tener que caminar para ello.

- **Múltiples compromisos relativos a la visión institucional**

Trabajar en la perspectiva colectiva implica reconocer y comprender la diversidad de opiniones, valores, relaciones de poder presentes en la realidad cotidiana.

(...) maestros pueden ser tranquilamente, pero inculcando en proyectos que es algo que se continuará en el tiempo.

(...) creo que un trabajo integrado y cultural no es de una hora para otra.

- **Múltiples compromisos ante el grupo inicial**

La continuidad del proceso participativo puede llevarse a cabo buscando formas de integración y acción organizada que permitan el trabajo interdisciplinario, tanto para enfrentar los conflictos históricamente construidos, así cómo para implementar acciones y planes de interés común relacionados con el proceso participativo iniciado.

(...) Cómo actuar de manera integrada con otras organizaciones

(...) trabajamos en comunidad y aspectos institucionales deben ser madurados.

(...) el gran reto es empoderar a las personas a movilizase en el proceso.

La construcción del aprendizaje se hace de la relación entre el observador y lo observado, a partir de de la experiencia del observador y de la reflexión teórica sobre lo observado.El dominio de experiencia para la construcción de este proceso de investigación, según el problema de estudio, muestra la necesidad de la inclusión de personas en la percepción de insostenibilidad presente en su realidad y la necesidad de construcción de la sostenibilidad de la valoración de experiencias prácticas.La mirada sobre la construcción de esa experiencia en Alfredo Wagner no termina en ellos mismos, siempre habrá una nueva mirada y una nueva reflexión, un nuevo movimiento. Este movimiento de proceso es un constante observar y reconstruir.La evolución de los problemas ambientales actuales requiere de nuevas herramientas metodológicas y científicas de lectura de la realidad, rompiendo viejos paradigmas que desafían las opiniones convencionales de producción de conocimiento. Los paradigmas emergentes suponen un ser humano perceptivo y proactivo, y requieren una expansión, no sólo nuestras percepciones y formas de pensar, sino de una nueva cultura de participación ciudadana, en la que la motivación y la co-participación de la gestión ambiental sean las formas de ejercicio de la ciudadanía. El enfoque cualitativo realiza una aproximación fundamental y de intimidad entre el sujeto y el objeto, puesto que ambos son de la misma naturaleza: él presenta empatía con los motivos, las intenciones, los proyectos de los actores, a partir de las cuales las acciones, estructuras y relaciones se convierten en importantes. En este sentido la metodología de investigación acción práctica proporciona herramientas que

permiten la creación de vínculos de transformación colectiva tanto de la sociedad local como de los investigadores.

Los signos indican que el proceso participativo establece múltiples compromisos y la acción de responsabilizarse mutuamente con el proceso iniciado. La reflexión y la construcción colectiva realizada por el grupo inicial junto con la comunidad, por cierto no está en ningún manual de instrucciones, por ser mejor que sea, a menos que no se genere en el mismo proceso.

A través de esta experiencia práctica, la encuesta muestra que el camino recorrido en la búsqueda de la sostenibilidad, requiere de esfuerzos individuales, colectivos, creativos y comprometidos con la sociedad en su conjunto.

La articulación del nuevo pensamiento sugiere una percepción constructivista y responsable involucrando la visión comunitaria, institucional, política y académica.

Teniendo en cuenta las motivaciones que llevaron a realizar este proceso de investigación, creemos, en primer lugar, que el mayor aprendizaje ha pasado con la propia construcción de la experiencia, la "investigación" que aquí se comparte.

La ciencia que libera no puede atraparse, es decir, el potencial debe ser beneficioso y no destructivo, para esto es necesario que se instaure el diálogo crítico y reflexivo de las interrelaciones entre ciencia, sociedad y política (Petraglia & Morin, 1995).

Bibliografia

Almeida, E.M. 2003. O processo histórico e uso e ocupação do solo e sua relação com a água em Alfredo Wagner: experiência

interdisciplinar de uma construção participativa local. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Almeida, E.M. 1997. Águas e Homens, encontros e desencontros. Projeto de Conclusão de curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Baptista, M.V. 1981. Planejamento: Introdução à Metodologia do Planejamento Social. 4ª ed. São Paulo: Ed. Moraes, Brasil.

Bardin, L. 1977. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70. Brasil.

Freire, P.. 1987. Pedagogia do Oprimido, 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, Brasil.

Freire, P. 1996. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, Brasil.

Holliday, O. J. 1996. Para sistematizar experiências. João Pessoa: Ed. Universitária. Brasil.

Masson, I. 2004. A gestão ambiental participativa: possibilidades e limites de um processo de múltiplas relações. Florianópolis SC: PPGEA – UFSC. Brasil.

Mattar, F.N. 1999. Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento. 5ª ed. São Paulo: Atlas, Brasil.

Minayo, M.C.S. 1994. Pesquisa social: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, Brasil.

Minayo, M.C.S. 2002. Pesquisa Social: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, Brasil.

Petraglia, I.C. & Morin, C.E. 1995. A educação e a complexidade do ser e do saber. Petrópolis, RJ: Vozes, Brasil.

NEA - Núcleo de Estudos da Água. 2001. Controle de Enchentes e Gestão Ambiental Participativa em Alfredo Wagner, SC. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Patricio, Z.M. 1999. Qualidade de vida do ser humano na perspectiva de novos paradigmas: possibilidades éticas e estáticas nas interações ser humano-natureza-cotidiano-sociedade. p. 19-90. En: Patricio, Zuleica M.; Casagrande, Jacir L. & Araujo, M.F. Qualidade de vida do trabalhador: uma abordagem qualitativa do ser humano através de novos paradigmas. Florianópolis: Ed. Do Autor, Brasil.

Schmitz, J.T.M. 2003. Olhares e trajetórias na educação: entrecruzando saberes interdisciplinares e práticas pedagógicas no município de Alfredo Wagner. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Seibt, C.R. 2002. As Práticas Rurais, Água e O Processo Participativo no Município de Alfredo Wagner – SC. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambientalda Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Triviños, A.N.S. 1987. Introdução à pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, Brasil.

Weberling, N. 1986. Desenvolvimento comunitário no Morro do Queto e influência do serviço social no processo. Monografia

de Graduação em Serviço Social, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.