

Zonas de Amortiguación Agroforestales

Diseños agroecológicos para el cuidado del agua



FICHA TÉCNICA:

Producción: CENTRO URUGUAYO DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS

Elaboración: Coord. Prog. Federico Bizzozero¹, Ing. Agr. Forestal Gastón Carro A.²

Colaboración contenidos: MSc. Ing. Agr. Alberto Gómez Perazzoli³, Dr. Marcel Achkar, Geógrafo⁴. Dr. Guillermo Goyenola, Ecólogo⁵, Dr. Ing. Agr. Matías Carámbula⁶

Corrección de estilo: Lic. Virginia Matos

Ilustraciones: Los dibujos y diseños fueron realizados por Rosana Greciet, salvo la imagen 11, y esquema 3 realizados por Gastón Carro.

Fotos: Acervo de CEUTA

Tapa: Rosana Greciet

Diagramación: CEUTA

Título: ZONAS DE AMORTIGUACIÓN⁷ AGROFORESTALES: DISEÑOS AGROECOLÓGICOS PARA EL CUIDADO DEL AGUA.



¹ Coordinador de Programa de Agroecología, Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas (CEUTA).

² Programa de Agroecología, Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas (CEUTA).

³ Integrante del grupo asesor de la RAU (Red de Agroecología de Uruguay).

⁴ Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio-Geografía. Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales- Facultad de Ciencias. Universidad de la República.

⁵ Departamento de Ecología y Gestión Ambiental Ecología y Rehabilitación de Sistemas Acuáticos. Centro Universitario Regional Este-Facultad de Ciencias. Universidad de la República

⁶ Director general de la Agencia de Desarrollo Rural. Gobierno de Canelones. Uruguay.

⁷ Se opta por utilizar el término *amortiguación*, traducción al español del término inglés *buffer*, que ha sido extensamente adoptado para referirse a los sistemas en cuestión

1. RESUMEN	5
2. INTRODUCCIÓN	5
3. PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y SUS IMPACTOS EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	7
4. ENFOQUES PARA GESTIÓN SUSTENTABLE DE CUENCAS	8
Enfoque y gestión de cuenca como elemento clave	8
Zonas riparias: funcionamiento e importancia	10
Agroecología	10
5. SITUACIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO Y LA GESTIÓN DEL AGUA	12
Gestión y uso del agua: Marco legal y medidas actuales	13
Medidas específicas para la conservación de la calidad del agua y Zonas <i>Buffer</i>	15
Plan Nacional de agroecología	15
Lineamientos para el Plan Nacional de Producción con Bases Agroecológicas	16
6. ZONAS DE AMORTIGUACIÓN AGROFORESTALES(ZAAS)	17
Definición, enfoque, funcionamiento y características de las ZAAs	17
Conceptos claves y metodología para instalación de ZAAs	21
7. IMPLEMENTACIÓN DE ZAAS: EXPERIENCIAS LOCALES	26
Características y situación normativa en Laguna del Cisne	26
Enfoque de cuenca aplicado	26
Capacitación de los productores	27
Caracterización predial	28
8. LÍNEAS DE ACCIÓN, AJUSTE E INVESTIGACIÓN NECESARIAS	35
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
Glosario	44

1. RESUMEN

Existe un volumen importante de información que corrobora que en nuestro país el estado de los sistemas hídricos y la calidad de las aguas en zonas rurales sufren crecientes procesos de degradación. Esta degradación es consecuencia, en gran medida, de los impactos de la intensificación agropecuaria. El presente trabajo tiene por objetivo brindar un marco teórico, normativo, metodológico y tecnológico para la implementación de Zonas de Amortiguación (*Buffer*) Agroforestales (ZAAs) anexas a sistemas hídricos, basadas en un enfoque agroecológico.

Las ZAAs buscan mitigar los impactos negativos de la actividad agropecuaria sobre cuerpos de agua. Estos sistemas consisten en áreas cuidadosamente diseñadas que, junto con manejos prediales, se acoplan a las zonas linderas de los cuerpos de agua para filtrar y disminuir los aportes de agroquímicos, materia orgánica, nutrientes y sedimentos provenientes de actividades agropecuarias, manteniendo y mejorando así la salud y calidad de las cuencas hidrográficas. Se han llevado a cabo experiencias piloto en predios de agricultura familiar ubicados en las cuencas del Río Santa Lucía y en la Laguna del Cisne, en el departamento de Canelones. Este trabajo sistematiza sus resultados y, además, desarrolla la importancia del enfoque agroecológico, el ordenamiento territorial y el enfoque de cuenca y su gestión integrada como herramientas conceptuales y prácticas para lograr los objetivos esperados.

Palabras clave: Zonas de Amortiguación Agroforestales, Sistemas agroforestales, calidad del agua, enfoque de cuencas, agroecológico, ordenamiento territorial.

2. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la Ley de Política Nacional de Aguas de 2009 (Ley N.º 18.610) reconoce y defiende el acceso al agua como un derecho humano fundamental. El agua es esencial para la vida humana y para la de todas las especies que habitan el planeta, y un elemento clave en buena parte de las actividades que se desarrollan. Es un recurso limitado y por esa razón necesita un tratamiento especial. El Estado y las poblaciones tenemos responsabilidades ineludibles en relación con el agua: proteger su calidad, garantizar su cantidad y asegurar el acceso, bregando por un equilibrio entre los derechos de uso actuales y los de las generaciones futuras, de forma de asegurar un uso sustentable.

El compromiso con la sustentabilidad en el uso del agua se expresa y refleja en aquellos asumidos internacionalmente por nuestro país en las convenciones marco de Biodiversidad, Cambio Climático y Desertificación y Degradación del Suelo⁸, así como en los Objetivos de Desarrollo Sostenible⁹, que ponderan la importancia del agua para la vida en su conjunto.

Tal y como se expresa claramente en la introducción del Plan Nacional de Aguas (2017), acordamos que para “gestionar los recursos hídricos de manera responsable y sostenible es necesario mantener una visión integral sobre todas las actividades involucradas, el mantenimiento de los ecosistemas asociados, los paisajes e incluso la cultura. Es necesario cambiar el paradigma de planificación sectorial que prevaleció históricamente y pasar a una visión integral que reconozca la interacción e influencia de las

⁸Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Convenio de Diversidad Biológica y Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación

⁹<http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

diversas actividades” (MVOTMA, 2017, p. 12).

El cuidado de los cuerpos de agua naturales y construidos, y de las cuencas a las que pertenecen es prioritario. Como es evidente, se trata de un tema político y social, además de ambiental. Los fundamentos y orientación de este trabajo buscan equilibrios con los sistemas ambientales y sociales, y se enmarcan en el fortalecimiento de la soberanía de las comunidades en sus territorios. Su objetivo específico es brindar un marco teórico y un contexto para la implementación de medidas concretas que disminuyan los aportes de agroquímicos, materia orgánica, nutrientes y sedimentos provenientes de actividades agropecuarias en cuencas hidrográficas especialmente vulneradas y de interés estratégico. Mediante su concreción se pretende contribuir con el objetivo general de escalar experiencias agropecuarias agroecológicas que inicien transiciones de modelo agropecuario en el territorio nacional.

En primer lugar se exponen los enfoques conceptuales considerados apropiados para abordar estos problemas de gran complejidad: enfoque agroecológico y enfoque de cuenca. Se presenta la importancia del enfoque agroecológico como alternativa productiva y social para la gestión integrada de cuencas. Estos enfoques son imprescindibles para complementar y articular integralmente la propuesta de implementación de Zonas de Amortiguación (*Buffer*) Agroforestales (de ahora en más ZAAs) anexas a sistemas hídricos, como estrategia inicial de una transición hacia un modelo sustentable. A continuación, el documento detalla cuáles son los principales componentes de las ZAAs, sus funciones, rasgos de eficiencia, etapas de implementación y algunos resultados obtenidos en relación con las listas de especies incorporadas, metodologías de implementación y tecnologías apropiadas utilizadas.

Por último se presentan las principales limitantes existentes para el desarrollo de las ZAAs. Se reflexiona entorno a la potencialidad de incluirlas como herramienta de gestión sustentable del territorio, así como su coherencia y pertinencia con los principales planes de gestión ambiental de Uruguay.

Las experiencias locales sistematizadas, claves para este documento, surgen de la implementación de ZAAs en predios de agricultura familiar ubicados en las cuencas del Río Santa Lucía y de la Laguna del Cisne. Estas experiencias fueron desarrolladas bajo la coordinación de CEUTA en los proyectos “Zonas Buffer productivas para agroecosistemas familiares de la Cuenca de la Laguna del Cisne”¹⁰, y “Zonas Buffer multipropósito en la cuenca del Río Santa Lucía”¹¹, conjuntamente con la Sociedad de Fomento Rural de Melgarejo. Ambos proyectos fueron ejecutados en sociedad con la Agencia de Desarrollo Rural (ADR) de la Intendencia de Canelones, contando con el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE) como centros de investigación asociados.

La articulación de los colaboradores de los proyectos y de este documento — investigadores con experiencia en distintas ramas de las ciencias, técnicos de campo, gobiernos locales, agentes territoriales, sociedades de fomento rural, instituciones de investigación, y especialmente las familias de productores pioneros en este tipo de experiencias— es condición *sine qua non* para la construcción de métodos, tecnología y técnicas de una agropecuaria sustentable y soberana. Sin el conocimiento, aprobación y

¹⁰Proyecto Más Tecnologías para la agricultura familiar 2.ª edición –Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca– (MGAP).

¹¹Programa Pequeñas Donaciones – Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-Fondo para el Medio Ambiente Mundial-Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (PNUD-FMAM-MOTVMA).

compromiso de las familias de productores involucradas, estas experiencias no hubieran sido, ni serán posibles.

3. PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y SUS IMPACTOS EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Las fuertes presiones ejercidas por las prácticas productivas de las sociedades humanas sobre los sistemas naturales han causado el deterioro de los distintos ecosistemas. Las talas para extracción de leña y la actividad agrícola-ganadera, industrial y agroindustrial son los principales responsables del deterioro del bosque nativo de galería y de todas las formas de vegetación asociada a los cursos y cuerpos de agua. Como consecuencia, estos agentes determinan el incremento de los aportes de nutrientes, plaguicidas y partículas de suelo a los cuerpos de agua.

La intensificación sostenida de los sistemas agrarios se identifica como el principal factor de cambio en el uso de la tierra que genera alteración de la cobertura vegetal y tiene consecuencias ambientales que exceden el ámbito local o regional y se manifiestan a escala global. Se reconoce que el cambio de uso y cobertura del suelo es el componente más importante del llamado “cambio global” (Vitousek 1994 y Chapin *et al.*, 1997). La expansión agrícola industrial implica el uso intensivo de insumos (energía, fertilizantes, maquinaria y plaguicidas), la concentración del control sobre los medios de producción y la segregación de los productores familiares. Además, genera crecientes consecuencias sobre el clima; el balance de carbono, fósforo y nitrógeno; las emisiones de gases con efecto invernadero; la biodiversidad y el balance hídrico (Houghton, 2001; Lal, 2005).

Esta cadena industrial suministra del 30% al 40% de los alimentos agrícolas, y usa del 70% al 80% de la tierra cultivable. Utiliza más del 80% de los combustibles fósiles y el 70% del agua destinada al uso agrícola, mientras que representa entre el 44 y el 57% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Controla casi todos los alimentos que circulan en el comercio internacional, que representa el 15% de los alimentos producidos a nivel mundial y, a pesar de dominar los casi siete mil millones de dólares del mercado mundial de alimentos, deja a más de 3,4 mil millones de personas desnutridas, hambrientas u obesas. Mientras tanto, la producción local y regional de agricultura familiar a nivel mundial proporciona más del 70% del total de alimentos consumidos por la humanidad. Cosecha del 60 al 70% de los cultivos alimentarios utilizando del 20 al 30% de la tierra cultivable; usa menos del 20% de los combustibles fósiles y el 30% del agua destinada al uso agrícola. Además, cuida y utiliza la biodiversidad de forma sostenible (CETAP, 2015).

Por otra parte, el crecimiento de las actividades económicas demanda cada vez más agua de buena calidad, pero su disponibilidad se ve amenazada por múltiples fuentes de contaminación. A esto se agregan los efectos del cambio climático y la variabilidad climática, los cuales inciden de manera notable en los ciclos hidrológicos, en la distribución territorial y temporal y, por ende, en el acceso oportuno al recurso. La agricultura es el principal consumidor de agua dulce captada por el ser humano: mundialmente: el 70% del agua dulce es utilizada para fines de riego en extensas áreas de cultivo (Gómez Perazzoli, 2015).

Los aportes de nutrientes desde una cuenca hidrográfica hacia un sistema acuático están en función de las características físicas de la cuenca (tipos de suelo, formas de relieve y pendiente, entre otros) y de la cobertura y usos del suelo (tipo de vegetación, suelo descubierto, aplicación de herbicidas) (Holloway *et al.*, 1998 y Xie *et al.*, 2005). Los aportes excesivos de nutrientes a cuerpos de agua procedentes de fuentes difusas (usos agrícolas, pecuarios, forestales y silvopastoriles) (Sharpley *et al.*, 1990,2003, y Carpenter *et al.*, 1998) se han convertido en un problema que afecta a diversas regiones del mundo (Meijer&Hosper, 1997). Estos aportes pueden generar procesos de eutrofización,

comprometer la calidad de agua, el suministro de agua potable, afectar a la salud humana y provocar la pérdida de hábitats naturales y de biodiversidad (Leonard *et al.*, 1979, Karr, 1999, Olli *et al.*, 1998 y Jeppensen *et al.*, 2004).

Según un trabajo llevado adelante en la cuenca del Santa Lucía por investigadores de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) y estudios de investigadores de la Universidad de la República (Udelar), se estima que el 80% de la contaminación con nutrientes (eutrofización) y de demanda biológica de oxígeno se debe a fuentes difusas: las provenientes de actividades agropecuarias, entre las que se destacan las de explotaciones lecheras (tambos). El restante 20% proviene de fuentes puntuales, constituidas por los efluentes de industrias y las aguas servidas de ciudades y poblaciones (Udelar, 2013).

4. ENFOQUES PARA GESTIÓN SUSTENTABLE DE CUENCAS

Enfoque y gestión de cuenca como elemento clave

La cuenca hidrográfica es una unidad espacial que contiene una gran diversidad de componentes bióticos y abióticos que están relacionados de forma diversa y compleja, interactuando entre sí. Los elementos son sistemas que reciben energía, materia e información que son transformadas en biomasa y otras sustancias o partículas que constituyen salidas de acuerdo a su estructura y actividad, que a su vez constituirán entradas y constitución del ambiente de otros elementos vivos o no. En este complejo tejido de interacción interdependiente del ecosistema cuenca cualquier alteración incidirá tanto en el funcionamiento global como en el de los subsistemas que la componen. La aproximación ecosistémica es indispensable para entender e incidir en los problemas identificados, con una perspectiva integral de restauración y manejo (Hosper, 1997). Las características biogeofísicas tienden a formar sistemas hidrológicos y ecológicos relativamente coherentes y homogéneos, por lo que, la identificación de las unidades paisajísticas diversas presentes en el territorio de la cuenca permite comprender el funcionamiento del sistema ambiental y sus potencialidades a los efectos de diseñar escenarios cuya meta sea alcanzar la sustentabilidad. (Achkar *et al.*, 2014).



Fuente: Acervo de Ceuta, 2018

Al ser las principales formas terrestres que concentran la disponibilidad de agua proveniente de las precipitaciones, las cuencas hidrográficas son unidades territoriales pertinentes para lograr una gestión sustentable del agua. (Achkar *et al.*, 2014). A modo de ejemplo, el enfoque de cuenca para la gestión y planificación de los usos del suelo y las actividades que se desarrollan en la cuenca alta afectan los usos de la cuenca media y baja, no solamente en lo que refiere a la cantidad de agua disponible, sino también a su calidad, como consecuencia de la extracción, desvío, almacenamiento o regulación de su movimiento. (Achkar *et al.*, 2014).

Para lograr una gestión ambiental del territorio que incorpore la gestión integral de las cuencas hidrográficas es necesario garantizar determinados elementos reguladores tales como la protección de las áreas de captación de aguas pluviales, la conservación de los ecosistemas en las áreas de recarga de las aguas subterráneas, y la promoción del uso sustentable de los sistemas ambientales en las áreas de amortiguación de las zonas protegidas y de los sistemas naturales de drenaje, además del control de las áreas de inundación permanentes o semipermanentes y de las áreas ecológicamente relevantes. (Achkar *et al.*, 2014).

Zonas riparias: funcionamiento e importancia

Las áreas riparias son zonas prioritarias para la gestión dentro de las cuencas hidrográficas. Una de las razones es que su ocupación aumenta los riesgos de inundación, afectando a la población que en ellas habita, y degradando su calidad de vida. Obras como la construcción de áreas urbanas o caminería impermeabilizan considerables superficies del territorio, lo que implica el aumento de las aguas de escorrentía y la disminución de las aguas de infiltración. También la degradación de la vegetación natural (disminución de los bosques ribereños o serranos) afecta los niveles de escurrimiento o de infiltración de las aguas (Achkar *et al.*, 2014).

El término *zona riparia* designa la región de transición y de interacciones entre los medios terrestre y acuático (Granados-Sánchez *et al.*, 2006). Las zonas riparias son capaces de retener nutrientes (Lowrance *et al.*, 1997 y Mayer *et al.*, 2007) y contaminantes (Aguar *et al.*, 2015) provenientes de zonas altas de paisaje, contribuyen a mitigar las consecuencias de los procesos erosivos en suelos (Castelle *et al.*, 1994), estabilizan los márgenes del curso (Naiman *et al.*, 2005) y permiten el almacenaje y reciclaje de materia orgánica y nutrientes (Barling y Moore, 1994).

Dentro de las áreas riparias, los bosques de ribera juegan un papel particularmente importante porque retienen parte del nitrógeno y el fósforo transportados por la escorrentía desde los cultivos hasta los cursos de agua. (D. Granados-Sánchez *et al.*, 2006). En este sentido, Brazeiro *et al.* (2012) define a los bosques riparios como ecosistemas prioritarios para la conservación, en función de los servicios ecosistémicos brindados (entre los cuales figura la calidad del agua) para las zonas de la cuenca media y alta del Santa Lucía.

Según el Informe Estratégico Ambiental de Canelones (Goyenola *et al.*, 2017) los bosques fluviales asociados a los cursos de agua y sus bañados o planicies de inundación asociados constituyen sistemas naturales de interés para la conservación como corredores biológicos, y asimismo, son parte fundamental que complementa el Plan Estratégico Departamental de Calidad de Agua (PEDCA). Estos son dos de los ecosistemas que proveen más servicios ecosistémicos (Soutullo *et al.*, 2012). En un estudio reciente se constató que el estado de conservación de la zona riparia en Canelones (bosques fluviales y humedales asociados) se vincula significativamente con la disminución de las concentraciones de nutrientes totales y partículas en el curso de agua, en el caso de que no existan fuentes puntuales de vertidos (Díaz, 2013).

Agroecología

La agroecología se define como un enfoque científico que aplica conceptos y principios ecológicos en el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables (Gliessman, 2001). Ha surgido como un campo técnico en ascensión en las últimas décadas, pero sobre todo como un campo político en la disputa entre distintas propuestas de desarrollo para la ruralidad. Su propuesta supera el desafío de construcción de alternativas de producción con bases sustentables para, dentro de su praxis, exponerlas fragilidades y los efectos negativos del modelo de agricultura convencional (agronegocio) y proponer un rediseño de los sistemas agroalimentarios como un todo, repensando los modelos de organización social, producción, industrialización, comercialización y certificación de productos ecológicos (Casarino, 2018).

También entendemos a la agroecología como el enfoque que recoge el flujo dinámico de conocimientos interdisciplinarios, saberes y tecnologías apropiados por las sociedades, comunidades, grupos, familias y personas, en sus contextos concretos, en

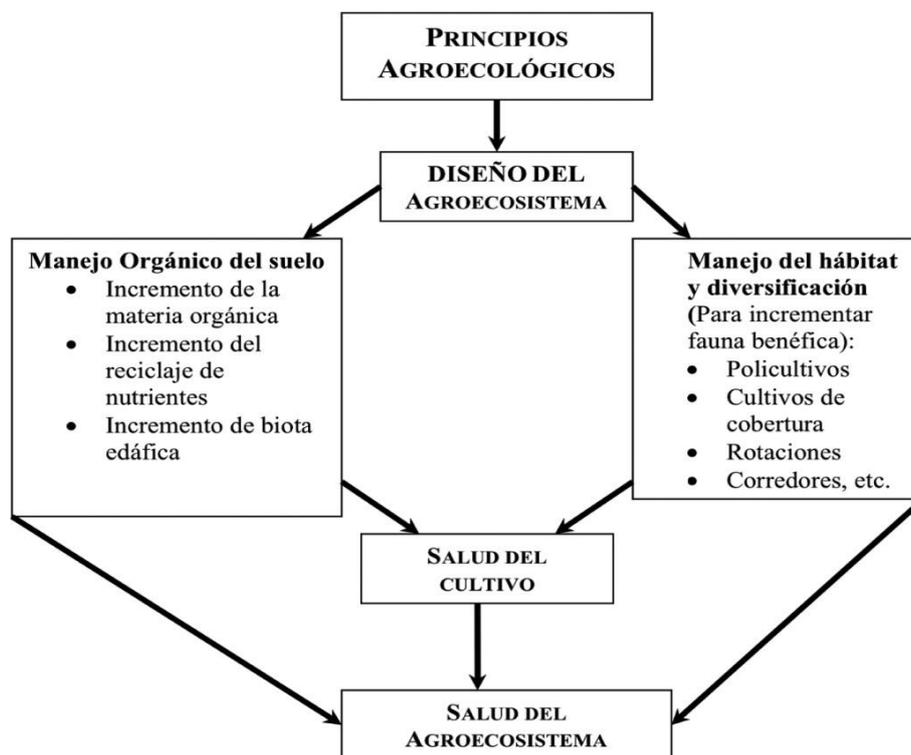
sintonía con los principios de la ecología de los sistemas vivos, y en un proceso continuo de innovación y coevolución, para contribuir a la soberanía alimentaria sustentable de los pueblos en los territorios (Bizzozero y Carro,2018).

La agroecología reconoce la necesidad de trabajar interdisciplinariamente para abordar problemas complejos y multidimensionales. Además, promueve el diálogo de saberes para encaminar respuestas, así como la investigación participativa, como senderos metodológicos apropiados para implementarlas. Entendemos que dichos atributos son clave para contribuir a la restauración de la salud de las cuencas hidrográficas, así como aportar a su gestión sustentable.

Este enfoque prioriza la integración de saberes, permitiendo el diálogo entre el saber científico académico, el saber tradicional o el empírico de los productores. La agroecología promueve la investigación participativa y el desarrollo tecnológico apropiado, que puedan brindar alternativas en el contexto local y con enfoque de cuencas, pero también con un posicionamiento regional y global ante el actual marco de escasez energética, pérdida de biodiversidad, y degradación de los recursos naturales, atendiendo las necesidades económicas de los agricultores, entre muchos otros desafíos.

La experiencia acumulada de más de 20 años en Uruguay muestra que para la agroecología, “la conservación de los bienes naturales es un aspecto central vinculado al objetivo de producir y abastecer de alimentos sanos a la población, las estrategias productivas y comerciales de los productores agroecológicos integran estos fundamentos y se relacionan también con formas de mejorar los ingresos y medios de sustento de la población rural, aumentando la resiliencia de los sistemas productivos y disminuyendo el riesgo frente a condiciones ambientales y de mercado” (Gazzano y Gómez,2015).

La agroecología puede contribuir a mejorar la calidad del agua en la cuenca porque su estrategia de diseño y manejo de agroecosistemas se basa en la reactivación de los mecanismos ecológicos de autorregulación del sistema centrado en dos bases principales: el manejo de la biodiversidad y el cuidado y mejoramiento del suelo. Ello tiene como consecuencias directas la necesidad de reducir el uso de agroquímicos (fertilizantes, fungicidas, herbicidas y plaguicidas) y a la vez brindar una mayor protección al suelo (evitando procesos de degradación y erosión, disminuyendo el arrastre de partículas y la sedimentación y eutrofización de cuerpos de agua), y como consecuencias indirectas, la generación de una mayor resiliencia y capacidad de adaptación al cambio climático. En suma, se reduce el riesgo asociado a las actividades y dinámicas inherentes en los sistemas agrícolas en base a procesos naturales.



Fuente: Contribuciones agroecológicas para renovar las fundaciones del manejo de plagas. Nicholls, C. (2010).

Los agroecosistemas requieren de un manejo integral que involucre el agua, los animales, la biodiversidad, los cultivos e insumos, el suelo, y, por supuesto, a los agricultores.

Si se los compara con la agricultura convencional, los sistemas ecológicos (orgánicos) de producción reducen los impactos ambientales por unidad de superficie, bajando la carga de contaminantes que afectan aguas subterráneas y superficiales (Cambardella, Delate & Jaynes, 2015), (Rodale Institute, 2011). Esto se explica por el no uso de plaguicidas y fertilizantes de síntesis química y la mejora de la calidad de los suelos, que inciden en la mejora de la infiltración y retención de agua y nutrientes en el suelo.

5. SITUACIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO Y LA GESTIÓN DEL AGUA

Desde el año 2005, Uruguay registra un importante crecimiento económico vinculado al desarrollo del conjunto de los sectores productivos. En particular, el sector agropecuario contribuye en forma sostenida con el crecimiento en un porcentaje estabilizado en torno al 7% anual. El aporte del sector agropecuario a la economía nacional es importante y en este periodo se ha diversificado y han aumentado sus niveles de productividad. Sin embargo, esto ha ocurrido mediante el avance del modelo concentrador de los bienes de la naturaleza y de la riqueza, que comenzó a profundizarse en el Uruguay en la década de 1960 y se consolidó progresivamente. Estos sistemas de producción se caracterizan por ser intensificadores en el uso del suelo y presentan efectos negativos que son propios del modelo aplicado globalmente: concentración de la tierra, expulsión de los pequeños productores, degradación ambiental (erosión de suelos, alteración del ciclo hidrológico, aportes al cambio climático) y dependencia de la producción respecto al

comportamiento del mercado (Gómez Perazzoli, 2015).

El estilo de crecimiento productivo del sector agropecuario trae consigo un aumento de emprendimientos que, por sus características, generan impactos y efectos ambientales que afectan las posibilidades de construcción de un desarrollo sustentable. El avance de este modelo productivo en las cuencas del Uruguay constituye una de las principales presiones que amenazan la calidad de las aguas superficiales y contribuye al cambio global. Esto genera un incremento en los niveles de riesgo, en especial sobre las fuentes hídricas para el abastecimiento de agua potable a poblaciones humanas en todo el país, tanto por la disponibilidad de agua como por su calidad. Otra presión importante sobre los ecosistemas hídricos es generada por la ganadería, a partir de los efluentes de tambo y del abrebaje directo del ganado sobre los cuerpos de agua. Todas estas situaciones están claramente presentes en la totalidad de las cuencas del país.

Gestión y uso del agua: Marco legal y medidas actuales

La Constitución de la República Oriental del Uruguay, establece que el agua es “un recurso natural esencial para la vida” y a través de la Política Nacional de Aguas establece que la gestión del recurso estará basada a grandes rasgos en: el ordenamiento territorial, la gestión sustentable del recurso y el establecimiento de prioridades de uso por regiones. Su uso es de interés social y prioritario sobre otros intereses (por ejemplo económicos) (Artículo 47 de la Constitución, Inciso 1.d, 2004). Además, en el capítulo de principios que rigen la política nacional de aguas (ley N.º 18.610) se establece en el apartado G) “Que el abastecimiento de agua potable a la población es la principal prioridad de uso de los recursos hídricos”.

La Política Nacional de Aguas cita otros aspectos relevantes para la gestión del recurso. El artículo 8 refiere a:

A) La gestión sustentable, solidaria con las generaciones futuras, de los recursos hídricos y la preservación del ciclo hidrológico, que constituyen asuntos de interés general.

B) La gestión integrada de los recursos hídricos—en tanto recursos naturales—deberá contemplar aspectos sociales, económicos y ambientales.

C) Que la falta de certeza técnica o científica no podrá alegarse como eximente ante el riesgo de daño grave que afecte los recursos hídricos para la adopción de medidas de prevención, mitigación y recomposición.

D) Que la afectación de los recursos hídricos, en cuanto a cantidad y calidad, hará incurrir en responsabilidad a quienes la provoquen.

E) El reconocimiento de la cuenca hidrográfica como unidad de actuación para la planificación, control y gestión de los recursos hídricos, en las políticas de descentralización, ordenamiento territorial y desarrollo sustentable.

El enfoque del Plan Nacional de Aguas promueve, además, la participación activa de los agentes territoriales (en especial de los productores y habitantes), utilizando el enfoque de cuencas e incluyendo la gestión y el cuidado de los recursos naturales.

IMAGEN 2: Marcel Achkar muestreando suelos en predio de Cristina Ramos. Laguna del Cisne



Fuente: Acervo de CEUTA, 2018

Según la Ley N.º 18.610 el mecanismo para la gestión del recurso agua debería realizarse a través del Consejo Nacional de Agua, Ambiente y Territorio, presidido por representantes del Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), y su vicepresidencia será ejercida anualmente y de forma alternada por representantes del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) y Ministerio de Defensa Nacional (MDN), a través de unidades que tengan competencias en agua, biodiversidad, energía, meteorología y suelo, además de incorporar el enfoque de cuenca en la gestión del recurso. Los Consejos Regionales deberán promover y coordinar la formación de comisiones de cuencas y de acuíferos para permitir dar sustentabilidad a la gestión local de los recursos naturales y administrar los potenciales conflictos por su uso. Dichas comisiones funcionarán como asesoras de los Consejos Regionales y su integración asegurará una representatividad amplia de los actores locales con presencia activa en el territorio (artículo 29, ley N.º 18.610). Sin embargo, el Consejo Nacional de Agua, Ambiente y Territorio y los Consejos Regionales no fueron conformados ni estuvieron operativos al momento de la redacción de este documento.

Medidas específicas para la conservación de la calidad del agua y Zonas Buffer

Con respecto a las medidas para la conservación de la calidad del agua, el MVOTMA propone, a través de la medida 8 de control para la Protección de la Calidad Ambiental y la Disponibilidad de las Fuentes de Agua Potable en la Cuenca del Río Santa Lucía (MVOTMA, 2015), la conservación de una franja *Buffer* de aproximadamente 40 metros a cada lado del río, variando su espesor según el tramo. Se establece la prohibición de modificar el tapiz vegetal, realizar laboreo del suelo y aplicar agroquímicos, tanto en el alvéolo de agua como en la zona de exclusión. Dicha medida se basa en “conservar” las zonas delimitadas, con el fin de mantener la función depuradora de sustancias de la interfase suelo-cobertura vegetal, protegiendo el cuerpo de agua. Esta medida adoptada especialmente frente a los agroquímicos provenientes de la agricultura y sedimentos de suelo no incluye medidas activas de restauración.

El MVOTMA regula estas medidas con la colaboración del MGAP en la implementación de los planes de manejo, uso y conservación del suelo, y a través de la evaluación de las solicitudes de tala de bosque, en las zonas previamente definidas como de conservación. En la cuenca hidrográfica de la Laguna del Sauce se promueve instaurar una zona de amortiguación sin laboreo de la tierra y uso de agroquímicos, para la conservación del tapiz natural y la restitución del monte ribereño en franjas de 40 metros a ambos lados de los principales arroyos tributarios directos a la laguna (A. del Salto del Agua, A. del Sauce, A. Mallorquina, A. Pan de Azúcar y A. Pedregosa), de 20 metros de los tributarios de estos principales y de 150 metros entorno al perímetro del sistema de Laguna del Sauce (MVOTMA, 2016). Además, se prohíbe el ingreso de ganado para abreviar a la laguna y a los cursos señalados como tributarios directos. También se establece que el Plan de Acción debe contar con *medidas de control complementarias* que disminuyan y contengan en el tiempo el proceso de transporte de partículas mediante la utilización de una barrera natural en la faja de suelo próxima a los cursos principales de la cuenca.

En el año 2015, el Gobierno Departamental de Canelones emitió las medidas cautelares para la protección de la Laguna del Cisne, afectando a un área de aproximadamente 5000 hectáreas. En esta cuenca CEUTA ejecutó el proyecto “Zonas Buffer Productivas en Agroecosistemas Familiares en la Cuenca de Laguna del Cisne”, junto con la ADR de Canelones, experiencia que se recoge en este documento¹².

Plan Nacional de agroecología

En Uruguay, el desarrollo de la agroecología está teniendo una tendencia contrahegemónica al modelo agropecuario dominante. Mientras en el país desaparecen 1112 explotaciones agropecuarias por año, y 21% de los agricultores han abandonado el campo en los últimos 10 años (Gazzano I., 2018), el número de agricultores agroecológicos se incrementó un 127 % entre 2012 y 2015.¹³

En noviembre de 2018 se presentó en la Cámara de Senadores el proyecto de ley Plan Nacional para el Fomento de la Producción con Bases Agroecológicas, propuesta que

¹² Para más información sobre las cautelares ver capítulo de emplazamiento e instalación de las ZAAs, estudio del caso, Laguna del Cisne (página 16).

¹³ Taller de Presentación de Indicadores de sustentabilidad en sistemas agroecológicos. Actividad del Núcleo Interdisciplinario Colectivo TA, agosto de 2018. Montevideo, Uruguay.

fue aprobada por unanimidad. En junio de 2019 quedó formalmente vigente el decreto reglamentario para la instrumentación de la ley N.º 19.717 de Promoción y desarrollo de sistemas de producción, distribución y consumo de productos de base agroecológica. En setiembre de 2019 empezó a funcionar la Comisión Honoraria para la elaboración del Plan Nacional, presidida por la Dirección General de Desarrollo Rural, con amplia participación de instituciones públicas (ministerios, INIA y Udelar), y con participación de organizaciones de la sociedad civil como la Red de Agroecología, la Red de Semillas Criollas, la Asociación de Fruticultores de Producción Integrada (AFRUPI), la Red de Mujeres Rurales, la Red de Huertas Urbanas y la Asociación de Productores de Leche.

Lineamientos para el Plan Nacional de Producción con Bases Agroecológicas

Los lineamientos se detallan en el artículo 9 de la ley N.º 19.717:

A- Fomentar y facilitar la incorporación de prácticas agroecológicas y los procesos de transición a sistemas de producción agroecológicos, el acceso a mercados y fortalecer los sistemas ya existentes, como contribución al desarrollo sustentable y a la mejora de la calidad de vida de la población.

B- Impulsar la oferta accesible de alimentos inocuos y de calidad, contribuyendo a una alimentación adecuada y saludable, para el afianzamiento de la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de la República.

C- Promover el uso sustentable de los recursos naturales y la conservación de ecosistemas y su biodiversidad.

D- Fomentar la conservación y el uso de recursos genéticos autóctonos y reconocer los derechos de los agricultores a reproducirlos y asegurar su disponibilidad.

E- Promover un aumento en el número de productores bajo sistemas de producción, distribución y consumo de productos alimentarios de base agroecológica.

F- Fomentar mercados locales y de cercanía para productos de base agroecológica, favoreciendo la interacción entre productores y consumidores, y fortaleciendo una cultura de consumo responsable.

G- Impulsar la formación e investigación en agroecología.

H- Fomentar sistemas integrales de extensión y asistencia técnica con enfoque de sistemas y base agroecológica.

I- Presupuestar las actividades de los programas del Plan Nacional e identificar posibles fuentes de financiamiento.

J- Coordinar e integrar todos aquellos planes e instrumentos de la política pública que puedan favorecer el logro del cometido expresado en el artículo 4 de la ley 19.717, articulando los mismos en función de las especificidades y considerando criterios de equidad para jóvenes y mujeres.

K- Identificar las barreras arancelarias y paraarancelarias nacionales e internacionales de acceso a mercados para la producción agroecológica y promover su remoción.

6. ZONAS DE AMORTIGUACIÓN AGROFORESTALES(ZAAS)

Definición, enfoque, funcionamiento y características de las ZAAs

Definición

Las zonas buffer o zonas de amortiguación son sistemas diseñados para captar los excesos de nutrientes, sustancias químicas y sedimentos provenientes de la actividad agrícola en una cuenca. Cuando su diseño e instalación incluye plantas perennes que se adaptan al ecosistema ripario específico (régimen de inundación, suelos y topografía), así como a las necesidades del productor (University of Missouri Center for Agroforestry, 2005)¹⁴, consideramos a estos, sistemas agroforestales. Los sistemas agroforestales (SAFs) son agroecosistemas en los que se ha incluido en su diseño y manejo, comunidades de árboles y arbustos con diversos criterios, y cumpliendo múltiples funciones que involucran lo ambiental, lo económico y lo sociocultural (Bizzozero y Carro, 2018).

IMAGEN 3: Zonas de amortiguación para conservación en un paisaje agrícola



Fuente: USDA Zonas de Amortiguación, 2008

Dentro de la definición de zonas de amortiguación existen una variedad de propuestas con diferentes enfoques y con distintas aplicaciones. El que más se adapta a los objetivos de esta propuesta, que combina propósitos ambientales y productivos, es un sistema conformado por árboles, arbustos y pastos perennes, combinados.

¹⁴Existen otros sistemas *buffer* basados exclusivamente en plantas herbáceas; sin embargo, este trabajo se centra en sistemas mixtos que trabajan herbáceas junto con leñosas perennes

ZAAs agroecológicas gestionadas por productores con enfoque de cuenca

Para reducir la contaminación difusa¹⁵ el establecimiento de estas áreas de vegetación debe ser complementada con un manejo sustentable en toda la cuenca (Committee on Riparian Zone Functioning and Strategies for Management. National Research Council, 2002). Por lo tanto, el objetivo específico de las ZAAs operadas por productores es contribuir a la calidad hidrológica del efluente predial y, por ende, a la salud hidrológica de la cuenca.

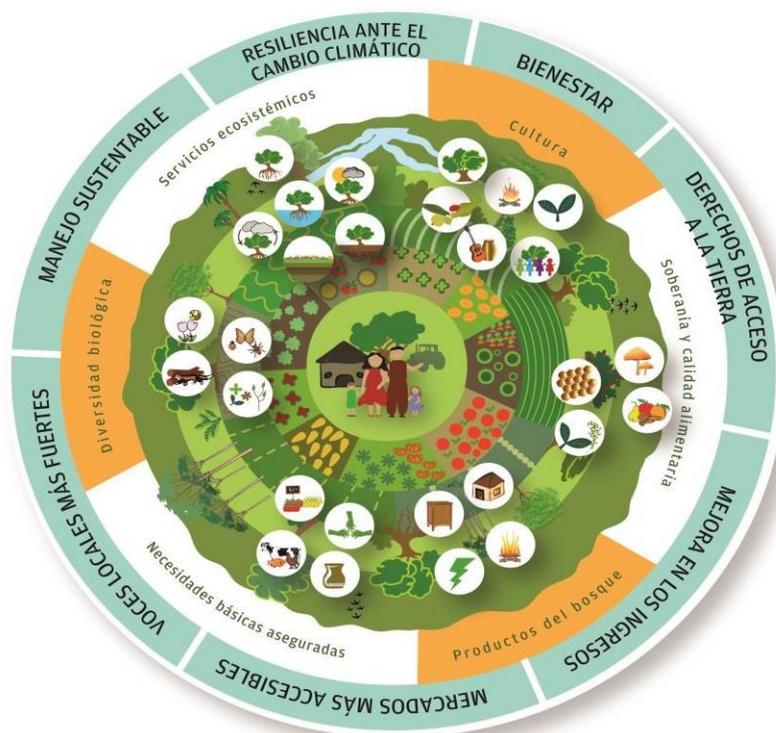
La implementación de ZAAs en los predios, entonces, debe complementarse con el diseño de planes de ordenamiento territorial a nivel de las cuencas hidrográficas que integren la diversificación en el uso de los recursos y que establezcan que en las partes altas y medias se practique una agricultura diversificada junto a prácticas agroforestales, manejo racional del ganado y programas efectivos de conservación del suelo. Además, dichos planes deberían ser implementados con planes específicos de gestión en las planicies bajas de las cuencas, con especial atención en el mantenimiento de la productividad vegetal de las zonas inundables y zonas de bordes de los cursos de agua, así como con programas de transición hacia la agroecología y su promoción, lo que permitirá, por una parte, la disminución del uso de insumos externos, el aumento de la producción y mayores niveles de conservación de los recursos naturales. Se deberá prestar especial atención a la recuperación de suelos y a la disminución del transporte de residuos de agrotóxicos y nutrientes a los cuerpos de agua.

¿Cómo funcionan las ZAAs?

Según Araújo *et al.* (2011), los SAFS implican la combinación de al menos una especie leñosa perenne con un cultivo, produciéndose interacciones ecológicas y económicas entre los componentes. Estos sistemas conservan y mejoran la calidad del suelo por aportes continuos de biomasa y aumentan la materia orgánica por la deposición de hojarasca y por los exudados de las raíces que profundizan en el suelo. En muchos casos los SAFs incrementan la biomasa y la diversidad microbiana del suelo, lo cual es fundamental para la productividad de los ecosistemas. Los microorganismos de suelo cumplen funciones claves para el ciclado de nutrientes y la degradación de contaminantes como plaguicidas, desechos urbanos e industriales. Según Tapia y Villavicencio (2007) los microorganismos del suelo juegan un rol muy importante en la degradación de los plaguicidas; afirman que, antes de que alcancen las aguas subsuperficiales, la intensa actividad radicular y las mejores condiciones de infiltración de agua, contribuyen a que poblaciones de microorganismos habitantes del suelo se desarrollen en mejores condiciones, capturen nutrientes y utilicen cadenas carbonadas de las moléculas de los plaguicidas como fuente de energía para sus procesos biológicos; esto también ayuda a eliminar dichos contaminantes del medio.

¹⁵Se define como contaminación difusa a los nutrientes y sedimentos provenientes de actividades no puntuales, se caracterizan por ser difíciles de detectar, dispersas y de gran variabilidad temporal.

Esquema 2: Los roles de los SAFS y sus aportes a la agricultura, los servicios ecosistémicos, cultura, territorio y biodiversidad



Fuente: CEUTA 2015, adaptado de *Forest and farm facility*, 2014

En cuanto a las ZAAs, el crecimiento profundo de las raíces y una mejor estructura del suelo probablemente explica el aumento de la infiltración de agua observada (USDA, 2000). Este crecimiento de raíz también aumenta la actividad biológica mediante el suministro de una fuente de carbono orgánico (materia orgánica) utilizada como energía por los microorganismos del suelo. Estos microorganismos, a su vez, son responsables de la degradación de plaguicidas y de la desnitrificación (USDA, 2000). Los plaguicidas también son absorbidos por las raíces y pueden ser metabolizados en las plantas, además, los restos vegetales en la superficie del suelo absorben plaguicidas durante los eventos de escorrentía. (USDA, 2000).

Eficiencia de depuración de las ZAAs

En cuanto a la capacidad de depuración, se encontró que una franja de pastos estivales de 8 metros de ancho de una zona *buffer* (amortiguación) es capaz de remover del 75 al 80 % de atrazina, glifosato y metalocloro transportados por el agua de escorrentía (Lin *et al.*, 2004). Los resultados de un proyecto desarrollado por INIA Chile, citado por Tapia y Villavicencio (2007) indican que zonas *buffer* de 8 metros de cobertura herbácea y 7 metros entre arbustos y árboles son capaces de retener hasta un 80% de sólidos sedimentables y 40 a 44% de residuos de plaguicidas como metalocloro y clorpirifos, respectivamente. Esta asociación vegetal tiene también un alto grado de eficiencia en la remoción de nitratos en agua subsuperficial, alcanzando eficiencias del orden del 70%. Otros estudios en zonas *buffer* demostraron reducciones en aportes de fósforo, de 22 a 24 %, comparados con la parcela control, y una reducción en la erosión del orden del 28 % en un periodo de cinco años (Udawatta *et al.*, 2002).

IMAGEN 4: Avena negra implantada en zona aledaña a la ZAA. Predio Alexis Machín



Fuente: Acervo de CEUTA, 2017

Los trabajos de evaluación de las funciones ecosistémicas cumplidas por las ZAAs son muy escasos o inexistentes. Aunque en la literatura se informa de varios beneficios de las prácticas agroforestales para el suelo y los microorganismos, es necesaria más investigación para llenar los vacíos claves de conocimiento para una comprensión de los efectos de las zonas de amortiguación en el medio ambiente en general (Lowrance *et al.*, 2002 y Sullivan *et al.*, 2004). Uruguay no escapa a esta realidad. Son necesarios trabajos a nivel nacional para estudiar su desempeño con más precisión, y los criterios de diseño y variaciones según contextos locales.

Características y beneficios de las ZAAs

Resumiendo, según sus características de diseño, las especies incluidas, el tipo de suelo, el ancho, la dinámica riparia y el sistema productivo del predio las ZAAs pueden otorgar los siguientes beneficios potenciales:

- 1) Protegen la calidad del agua a través de
 - La filtración del exceso de nutrientes
 - La retención de partículas desuero
 - La filtración y desactivación de sustancias químicas (agrotóxicos)
- 2) Posibilitan un amplio rango de producciones:
 - Fruta, flores, miel, forraje, sombra, abrigo, aceites esenciales y leña
- 3) Reestablecen funciones y refuerzan procesos en los agroecosistemas y zonas adyacentes
- 4) Crean o mejoran hábitats para animales silvestres
- 5) Secuestran carbono, mitigando el efecto invernadero

Conceptos claves y metodología para instalación de ZAAs

Restauración, rehabilitación y sucesión ecológica

Las ZAAs son áreas de restauración de funciones ecológicas. Si bien siempre y cuando sea posible se adoptará el uso de germoplasma local y nativo, no es el propósito ni el objetivo de las ZAAs restaurar el ecosistema original, sino rehabilitar sus funciones propiciando el desarrollo de un agroecosistema con similares relaciones, funciones y morfología, y patrones sucesionales, integrando su gestión y uso. Esto no excluye el manejo de arvenses y exóticas domesticadas en los agroecosistemas, lo que es habitual en los predios, y constituye el manejo de la agrosociobiodiversidad. Mediante procesos ecológico-productivos, las ZAAs promueven la mejora y potenciación de la capacidad de intercepción de partículas de suelo, la captura y desactivación de moléculas complejas y la absorción de nutrientes provenientes de la agricultura.

Esta función es una de las que naturalmente cumplen los bosques de galería asociados a los cursos fluviales, así como también, los humedales. Sin embargo, es necesario que en el diseño de las ZAAs sea considerado el enfoque de la sucesión ecológica natural del área en cuestión.

Según Brazeiro (2015) el bosque fluvial (ribereño) de nuestro país ocurre asociado a cursos de agua como ríos y arroyos y se caracteriza por una alta cobertura de dosel, de forma continua de 5-10 metros de altura, con tres estratos verticales (arbustivo, sotobosque y dosel) y con una zonificación horizontal en tres franjas (interior, media y exterior), con gradiente de especies según condiciones de hidromorfismo. Presenta, además, especies epífitas y trepadoras.

Cuadro 1: Ordenamiento de la composición específica típica en monte de galería

Zona del bosque ribereño	Especies (nombres comunes)
Interior (cerca del agua)	Sarandí, Sauce, Ceibo, Matajojo, Blanquillo
Medio	Laurel, Azota Caballo, Tarumán, Tembetarí
Exterior(lejos del agua)	Arrayán, Molle, Aruera, Canelón

Fuente: Curso “Ecología de bosques del Uruguay” (Brazeiro *et al.*, 2016)

Esta descripción nos da la pauta de cómo se ordenan las especies según las condiciones y sus funciones principales. Esto constituye el marco de ordenamiento ecológico necesario para el diseño de las zonas de amortiguación, pero, como se verá más adelante, no es el único criterio utilizado.

Emplazamiento e instalación de las ZAAs

Para el emplazamiento de las zonas se recomiendan tres enfoques principales: 1- el enfoque de cuenca o de macroambiente, 2-la sucesión ecológica, y 3-el enfoque predial agroecológico.

Enfoque de cuenca

El enfoque de cuenca contempla la dinámica hídrica del territorio involucrado, delimitando zonas de vulnerabilidad y de recarga, permitiendo identificar cuáles son las zonas prioritarias. Para poder aproximarnos a estas zonas se realizó un análisis geográfico, topográfico, y de las comunidades vegetales preexistentes, detallando la información de las zonas que ocupan los predios, de forma de seleccionar candidatos de los predios, es decir, aquellos que tengan las condiciones para la instalación de las ZAAs y que además tengan el mayor potencial de filtración de nutrientes según la posición topográfica, caudal afectado y características del suelo.

Para la selección de las zonas prioritarias en la instalación de las tres ZAAs se integra en ambiente SIG, cuatro fuentes de información referidas a la cuenca de la laguna. Previamente se delimita el territorio de la cuenca con nivel de resolución 1:20.000. Las fuentes de información utilizadas fueron:

- a) Tipos de suelos: cartografía de unidades de suelo CONEAT corregidas por teledetección y salidas de campo.
- b) Posición en el paisaje. Se identificará la importancia relativa de las áreas con

relación a la dinámica del escurrimiento superficial del agua, mediante el uso de modelos digitales de terreno, teledetección y salidas de campo

c) Uso actual del suelo. Se utilizarán técnicas de teledetección con imágenes Sentinel 2A y salidas de campo.

d) Procesos de cambio en la cobertura vegetal en las últimas décadas, integrando técnicas de teledetección y fotointerpretación.

A continuación, presentamos, a modo de ejemplo, la metodología utilizada en el emplazamiento de ZAAs en la cuenca de Laguna del Cisne.

Enfoque de sucesión ecológica

Consideremos de forma simplificada y en términos generales, la sucesión ecológica, también llamada sucesión natural de especies, como la estrategia que utiliza la naturaleza para evolucionar en el proceso de cambio dinámico de los ecosistemas. Esta consiste en una sucesión cíclica de consorcios de especies de plantas (y sus microorganismos asociados) con distintas funciones ecológicas y características morfológicas, que en conjunto e interactuando con el clima y el suelo propician las condiciones para que la interacción, multiplicación y reproducción de especies fluya hacia una vegetación clímax. Según Odum (1972), citado por Sarandon (2013), la sucesión ecológica se caracteriza por :1) ser un proceso ordenado y bastante predecible de desarrollo de la comunidad que comprende cambios en su estructura, 2) resultar de la modificación del medio físico por la misma comunidad, aunque el medio físico condiciona el tipo y velocidad del cambio, y 3) culminar con un ecosistema estabilizado en el que se mantiene la máxima biomasa por unidad de energía y el óptimo de relaciones simbióticas entre organismos.

La *sucesión vegetal* es el cambio constante (progresivo, regresivo o estacionario) de las especies de plantas que forman una comunidad y que ocupan un espacio concreto (Clements, 1916). También según Clements (1936), citado por Rivas Martínez (1995, p.3) el *clímax* es "la unidad fisionómica final en el proceso de sucesión". Para Rivas Martínez (1995, p.3), la formación vegetal clímax es un concepto complejo definido como el "conjunto de comunidades vegetales propio de un amplio territorio, delimitado en primer lugar por la fisionomía resultante de la organización espacial conferida por las formas biológicas (biotipos) de las plantas predominantes correspondientes al estadio maduro de la serie o clímax, que tiene en cuenta, además, criterios florísticos, climáticos, edáficos, biogeográficos, paleohistóricos, antropógenos y catenales". Las asociaciones de plantas se suceden unas a otras, en un proceso dinámico y continuo. Como se verá más adelante, las especies pioneras tienen un rol importante en las ZAAs, con especial énfasis en las especies leguminosas pioneras¹⁶.

Si bien este enfoque es extremadamente complejo y tiene múltiples matices, es necesario establecer puntos de anclaje que permitan iniciar procesos de implementación con experiencias concretas para el estudio y ajuste. Su complejidad deriva de:

- 1) El grado de antropización de la zona
- 2) La dificultad de reconstruir la dinámica de sucesión ocurrida en el pasado, ante la falta de registros históricos fehacientes de la zona (com. pers.M. Achkar, 2017)
- 3) Las escalas temporales necesarias para identificar fehacientemente el proceso de sucesión.

¹⁶Las plantas pioneras se reproducen fácilmente; poseen semillas pequeñas, abundantes en cantidad y de fácil dispersión, y tienen la función ecológica de preparar el ambiente para especies más exigentes.

Este procedimiento pretende contribuir a responder a las siguientes preguntas: ¿Es viable la instalación de una comunidad vegetal con las características planteadas por las ZAAs? ¿Es factible y favorable la integración de leñosas en ese lugar? Se intenta responder si tiene sentido plantar árboles ahí, y en caso afirmativo, qué tipo de herbáceas y qué criterios de diseño adoptar.

Enfoque predial agroecológico: el agroecosistema

La escala predial o agroecosistema, entendido como unidad productiva y sistema vivo, es el dominio donde se planifica y lleva a cabo la praxis cotidiana de gestionar la aplicación de energía, trabajo e insumos para obtener productos, generando impactos o cambios en los recursos naturales prediales. La práctica de una agricultura sostenible debería obedecer a principios que permitan al agroecosistema evolucionar dentro de los equilibrios ambientales, económicos y sociales, así como en la preservación de recursos planteados en las definiciones de desarrollo sostenible.

El agroecosistema será considerado como una unidad, un organismo íntegro, con varios subsistemas del cual la ZAA, será un componente. A su vez, formará parte de un macrosistema (cuenca) que deberá ser considerado en el diseño y manejo de la ZAA.

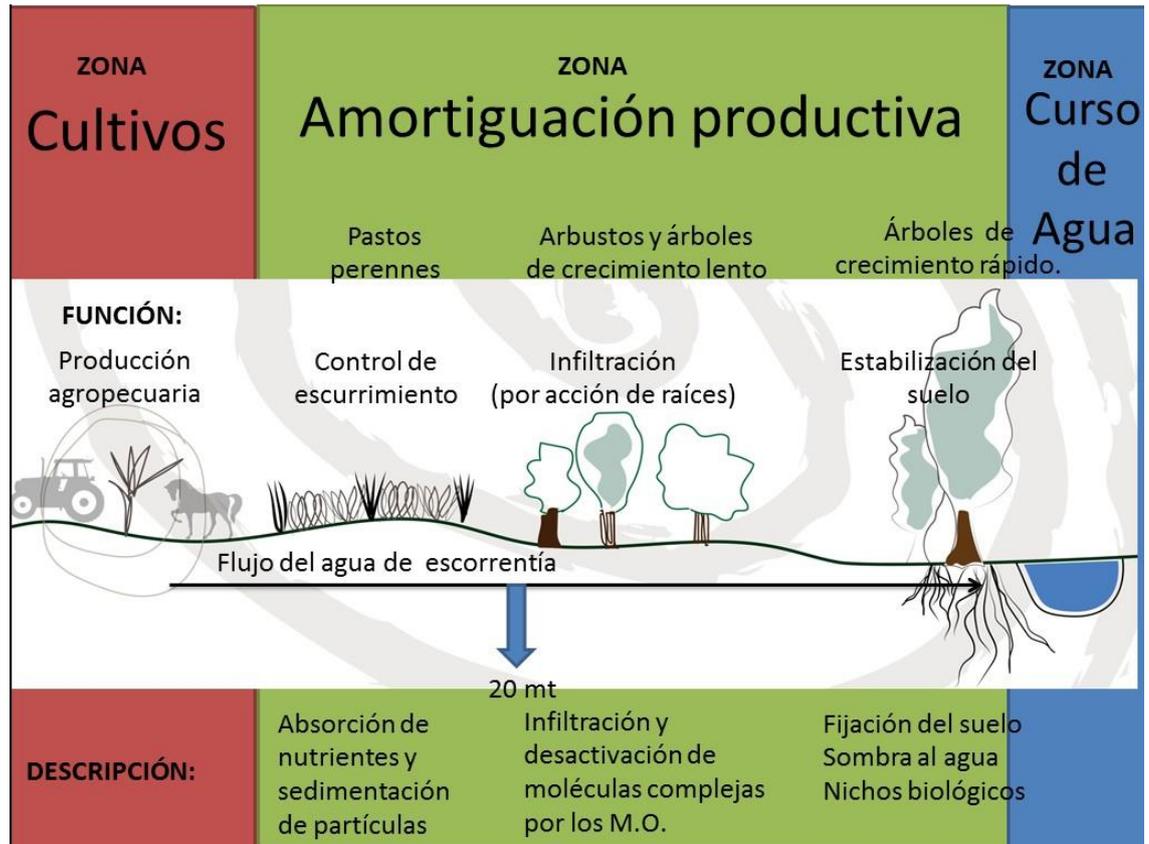
Las ZAAs deben estar emplazadas físicamente entre los sistemas de producción o zona de cultivos (agroecosistema productivo) y el curso de agua (ecosistema ripario), para cumplir correctamente su función de depuración. Desde este punto de vista, las ZAAs se constituyen como un ecotono, que involucra un gradiente de alteración, manejo y conservación.

El diseño de la ZAA estará fuertemente determinado por el rubro productivo del predio, su componente social y el modelo tecnológico aplicado (además de componentes biofísicos ya mencionados). Cada predio deberá tener y actualizar, luego de implementada la ZAA, su plan de manejo, el cual deberá generarse y mantenerse con acompañamiento técnico externo.

Los enfoques y herramientas que se exponen en el próximo capítulo proveen principios para el diseño de las ZAAs, pero no son una receta única: el área óptima de estas y los planes de manejo dependen de las normativas, de los sistemas de producción prediales (tipo, intensidad, superficie, pendiente, tipo de suelos), y las especies a utilizar dependen de las características de los suelos y los regímenes de inundación. A su vez, el enfoque del productor que está instalando la ZAA es determinante, ya que puede priorizar la incorporación de especies frutales, especies forrajeras en caso de poseer producción animal, o bien especies maderables.

Para definir más concretamente la praxis de la aplicación del enfoque predial es necesario describir las herramientas metodológicas que permiten desarrollar participativamente el proceso de diseño, implementación y maduración de las ZAAs. A continuación, describimos algunas de ellas.

Esquema 3: Zona de amortiguación



Fuente: Adaptación propia de "Design of riparian Forest Buffers", Universidad de Minesotta, 2010.

7. IMPLEMENTACIÓN DE ZAAS: EXPERIENCIAS LOCALES

Características y situación normativa en Laguna del Cisne

La Laguna del Cisne es un sistema léntico natural, cuya cuenca está situada enteramente en el departamento de Canelones y forma parte del territorio que drena hacia el Río de la Plata, como subcuenca del arroyo Pando. Es la única laguna natural del departamento y sus principales tributarios son los arroyos Piedra del Toro y Cañada del Cisne. La cuenca tiene una superficie aproximada de 5.000 hectáreas, y es utilizada como fuente de agua potable para un amplio sector de la Costa de Oro desde el año 1970 (más de 130.000 personas). Debido a procesos de intensificación en el uso del suelo se ha visto un aumento en los niveles de concentración promedio de fósforo de 100 µg/P/l (1980) a 700 µg/P/l (2012), (Goyenola *et al.*, 2017), cuando los niveles permitidos son 25 µg/P/l (Decreto 253/79 y modificativos).

Los principales usos del suelo en la cuenca son: agricultura (cerealera, vitivinícola, hortícola y frutícola), ganadería y forestación, con un 15% de la superficie total de la cuenca con desarrollo de agricultura (Achkar *et al.*, 2014).

Marco territorial

En el marco de las medidas cautelares para la protección de la Laguna del Cisne, el Gobierno Departamental de Canelones establece 20 metros de exclusión para los arroyos y 100 metros de exclusión para los márgenes de la laguna. En estas zonas se prohíben las siguientes actividades:

- Corta y tala de bosque nativo
- Roturación y movimiento de suelo
- Aplicación de agroquímicos

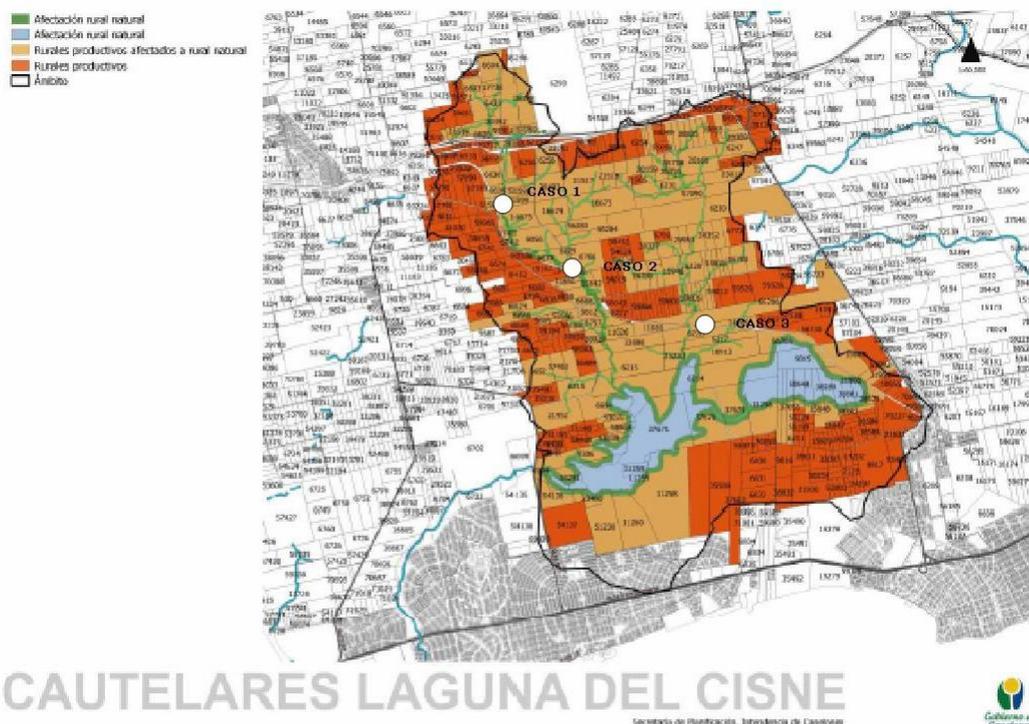
En algunos casos (sobre todo para los productores familiares de pequeñas superficies) estas restricciones pueden significar una disminución significativa en las superficies de producción, del aprovechamiento para servicios de pastoreo, extracción de leña y sombra para ganado, entre otras.

Enfoque de cuenca aplicado

En el marco de este proyecto se evaluó el proceso de cambio en la cobertura vegetal desde 1966 a la actualidad, integrando técnicas de teledetección y fotointerpretación. De esta forma se logró estimar las áreas que históricamente fueron ocupadas por comunidades leñosas. También se georreferenciaron los predios propuestos en las recorridas de campo, los cuales fueron sugeridos con base en la relación previa y el interés de los productores. Además, se determinó la importancia relativa de las principales zonas en las que se propusieron predios, en función del caudal hídrico potencialmente depurado y la ubicación en relación con el espejo de la laguna (cuerpo de agua prioritario).

A partir de la integración espacial de las tres fuentes de información se pretende identificar las áreas con las mejores posibles condiciones biológicas, físicas y sociales para la implantación de las ZAAs, y, la mayor incidencia en la interceptación del flujo superficial del agua de escurrimiento y zonas con mayor nivel de alteración ambiental, degradación de suelos y vegetación.

Esquema4: Ubicación de los predios seleccionados en mapa de padrones afectados por medidas cautelares. Casos 1, 2 y 3



Fuente: Realización propia en base a mapa de padrones de medidas cautelares de laguna del cisne

Capacitación de los productores

Para lograr la apropiación de las ZAAs por parte de los productores es prioritario mostrar las actividades implicadas en su instalación, los beneficios potenciales, los apoyos, los compromisos y las limitantes. Esto puede concretarse a través de la realización de talleres en el territorio en los que participe un equipo multidisciplinario conformado por agrónomos, biólogos, geógrafos, especialistas en frutales, expertos en pastoreo y *chefs* especializados, de forma de abarcar la integralidad de la propuesta. El objetivo es que los productores dispongan de herramientas concretas para incluir en sus sistemas de producción los beneficios y funciones de las ZAAs, integrándolas a la planificación y manejo predial. Estos talleres permiten relevar las principales limitantes y los posibles conflictos territoriales, así como identificar referentes locales.¹⁷

¹⁷En el caso de los proyectos coordinados por CEUTA se ha utilizado este enfoque metodológico.

IMAGEN 5: Afiche lanzamiento de proyectos ZAAs. 5 mayo 2017, SFR Melgarejo. Empalme Dogliotti. Canelones



ZONAS BUFFER PRODUCTIVAS EN PREDIOS DE AGRICULTURA FAMILIAR

VIERNES 5 DE MAYO 17 H

TELEDETECCIÓN PARA EMPLAZAMIENTO
Marcel Achkar, Geografo

LEGUMINOSAS MULTIPROPOSITO
Raúl Platero, IIBCE

FRUTOS NATIVOS
Danilo Cabrera, INIA

BASES DE UN BUEN MANEJO DE PASTURAS
Rodrigo García, PIM

PRESENTACION DE PROYECTOS DE ZONAS BUFFER LAGUNA DE CISNE/SANTA LUCIA
Gastón Carro | Federico Bizzozzero, CEUTA

ENTRADA LIBRE
Por más información:
gastoncarro13@gmail.com / ceuta@ceuta.org.uy TEL: +598 96 220 409.

SOCIEDAD DE FOMENTO RURAL MELGAREJO. INTERSECCIÓN DE RUTA 64 Y 46, EMPALME DOGLIOTTI, CANELONES , 096 417 509

Fuente: Acervo de CEUTA, 2017

Caracterización predial

Para la caracterización predial se realizaron análisis de suelo, descripción topográfica, entrevistas a los productores, georreferenciación satelital, recorridas prediales, y relevamiento de sistemas y subsistemas productivos vinculados a sistemas hídricos. El objetivo es manejar información básica de los sistemas prediales y definir planes de manejo y áreas de amortiguación. Esta tarea es idealmente realizada por un equipo interdisciplinario con el objetivo de que la intervención (instalar ZAAs) tenga una visión integral.

IMAGEN 6: Tareas de instalación de cerco eléctrico para delimitación de área riparia en predio de Cristina Ramos, Laguna del Cisne



Fuente: acervo de CEUTA, 2017

Listas participativas de especies y potencial multifunción

La elaboración de listas de especies es una metodología que busca incorporar los intereses de la familia de productores, con las especies pioneras espontáneas o nativas del lugar, a la vez que se comienza a trabajar en el diseño productivo de las ZAAs.

En el caso de los proyectos, se elaboró una lista de especies candidatas válidas para la instalación junto con los productores y técnicos asociados a aquellos.

La lista está organizada de acuerdo a las tres zonas principales (ver esquema N.º3), pero también hace énfasis en las funciones de cada especie. Así como tenemos especies productivas (como las de frutales nativas o forrajeras), también se promueve incorporar especies de leguminosas pioneras, que son capaces de fijar nitrógeno en el suelo, mejorando las condiciones del sitio para las demás especies. Otras especies se destacan por su capacidad de biofiltración (biofiltrantes) y su capacidad de crecer en condiciones de anegamiento; además, interceptan el flujo de escurrimiento superficial y subsuperficial a través de su sistema radicular.

Imagen 8: Bebederos solares automatizados. Predio Roberto Pedrazzi



Fuente: acervo de CEUTA, 2017

Imagen 9: Estacas de Sauce y Sarandí producidas por Vivero MGAP de Toledo



Fuente: acervo de CEUTA, 2018

Incorporación de biodiversidad funcional

En la plantación de especies biofiltrantes se utilizaron el Sarandí blanco, (*Phyllanthus sellowianus*) y el Sauce criollo (*Salix humboldtiana*). Ambas especies son nativas y están adaptadas para crecer en las zonas más cercanas de los cauces de los arroyos, por eso se las denomina *hidrófilas*. Sus raíces cumplen un rol importante: el de sostener y estabilizar el suelo en los lugares donde antes pisaba el ganado. Además, con el paso del tiempo dichas especies comenzarán a desarrollarse y mejorarán la captación de nutrientes provenientes de la agricultura y proveerán a su vez de nichos ecológicos para aves e insectos. Mientras que el Sarandí es una especie utilizada para el tratamiento de la diabetes el Sauce tiene múltiples usos, desde leña, hasta como enraizador natural para plantas.

Especies frutales y leguminosas nativas: zona de arbustos

Es factible consorciar especies buscando complementariedad, con especial énfasis en la zona radicular. En el marco de los proyectos se plantaron leguminosas nativas como Rama negra (*Senna corymbossa*) y Acacia de bañado (*Sesbania punicea* y *Sesbania virgata*), asociadas a frutales nativas como Arazá amarillo, Arazá rojo y Guayabo del país. Estas últimas especies se plantaron con un doble propósito: retener los excesos de nutrientes y sedimentos provenientes de la agricultura aguas arriba y producir frutos para su posterior consumo en fresco o procesamiento. Es esperable, además, la generación de excedentes y creación de canales comerciales.

Imagen10: Rama Negra leguminosa nativa en plena fructificación

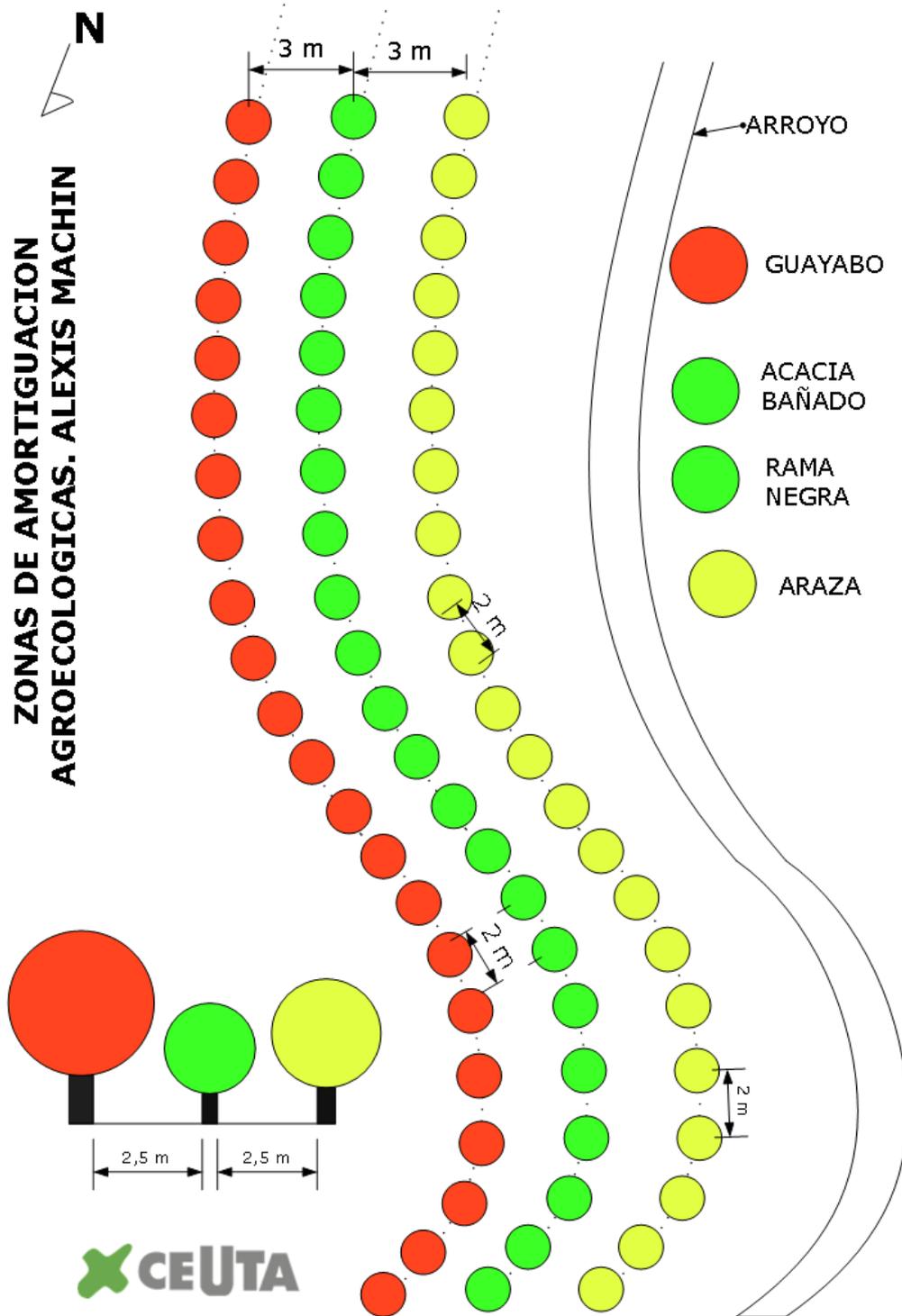


Fuente: acervo de CEUTA, 2018

En el marco de los proyectos se buscó potenciar la función de retención de nutrientes. Para ello se eligieron marcos de plantación de 2m x 2m en la hilera, y con callejones empastados de 3 metros entre ellos. Los arazás se colocaron más cerca de la línea riparia y los guayabos más lejos del agua, ya que están menos adaptados a zonas ribereñas.

Se elaboraron mapas de plantación con la ubicación de las especies y su distanciamiento.

Imagen 11: Diseño de ZAA predio Alexis Machín. Empalme Dogliotti Cuenca de Santa Lucía



Fuente: CEUTA, 2018

Mingas por el agua

Un aspecto fundamental es la valoración positiva de la comunidad en la instalación y manejo de ZAAs y su apropiación por parte de esta. Para apoyar y potenciar la instalación de las ZAAs en el territorio canario, CEUTA organizó jornadas colaborativas denominadas *Mingas por el agua*. Esta actividad tuvo varios objetivos: por un lado apoyar a los productores en la plantación de árboles, y por otro lado, visibilizar las ZAAs frente a la comunidad cercana, así como integrar instituciones y prensa en tareas concretas. Se logró establecer una actividad que fue marco de aprendizaje e intercambio de saberes desde el predio hacia la comunidad y viceversa.

Imagen 12: Jornada de Mingas por el Agua Predio de Alexis Machín Cuenca del Santa Lucía. Abril 2018



Fuente: acervo de CEUTA, 2018

La palabra *minga* (o *minka*) proviene del quechua y se define como “una antigua tradición de trabajo comunitario o colectivo con fines de utilidad social”. Los pueblos nativos utilizaban esta práctica en aquellas tareas que componían el bien común, ampliando la capacidad y la calidad del trabajo, al tiempo que fortalecían los lazos de la comunidad.

Imagen 13: Jornada de Mingas por el Agua Predio Cristina Ramos. Cuenca de laguna del Cisne. Junio 2018



Fuente: acervo de CEUTA, 2018

Esto constituye en esencia el espíritu de la actividad: cooperar entre todos para culminar la instalación de las zonas de amortiguación agroecológicas que aportan al cuidado del agua, elemento esencial del bien común.

Estas jornadas pueden además ser muy eficientes una vez que las cuadrillas ajustan la dinámica de trabajo. Se han llegado a instalar 600 árboles y 400 estacas en dos jornadas comunitarias.

8. LÍNEAS DE ACCIÓN, AJUSTE E INVESTIGACIÓN NECESARIAS

Las ZAAs son sistemas complejos que para su implementación, desarrollo y apropiación requieren análisis desde múltiples ciencias y saberes. Su desarrollo podría constituir un capítulo específico en el ámbito de las comisiones de cuenca o de la DINAMA.

Las ZAAs comienzan a ser tenidas en cuenta como una herramienta plausible de ser promovida y regulada por las políticas públicas, pero con naturales vacíos en lo que refiere a diseño, implementación, manejo y conocimiento sobre la efectividad e integración de funciones. De la misma manera, es aún incierto cómo lograr sensibilizar al productor en la comprensión de su importancia¹⁸. Esto involucrará la generación y ajuste de tecnologías, técnicas, germoplasma manejado y metodologías de intervención. Se hace necesaria la reflexión sobre distintas dimensiones a atender para propiciar el desarrollo de esta

¹⁸Expresado por Marisol Mallo, Gerente del área de información, planificación y Calidad Ambiental, el 17 de octubre de 2017 en el evento “Desafío de la sustentabilidad, Ambiente y Agro I”, organizado por el MVOTMA.

herramienta agroecológica:

- **DIMENSIÓN SOCIAL:**
 - Detectar cuencas prioritarias, actores involucrados e intereses comunes.
 - Fortalecer las organizaciones de base en el territorio.
 - Generar y difundir información clara y disponible para productores/as (familiares preferentemente) dentro de cuencas vulnerables.
 - Establecer reuniones de diálogo de saberes entre técnicos, productores y gobiernos locales. Es clave que las distintas experiencias de instalación y gestión de ZAAs en el marco de la gestión integrada de cuencas dialoguen entre sí.

- **DIMENSIÓN POLÍTICA**
 - Impulsar políticas para fomento de las ZAAs.
 - Exonerar de tributos inmobiliarios a las superficies implantadas.
 - Financiar sus costos de instalación y mantenimiento a través de líneas de crédito accesibles otorgadas por políticas públicas.

- **DIMENSIÓN PRODUCTIVA**
 - Evaluar los aportes productivos de las ZAAs de los distintos productos, tanto tangibles como no tangibles.
 - Articular y desarrollar cadenas productivas de frutas nativas así como su procesamiento y comercialización.

- **DIMENSIÓN ECONÓMICA**
 - Estudiar costos de implementación ($\$/m^2$) así como los costos por pérdida de oportunidad de uso para producción (lucro cesante). También puede considerarse el costo de potabilización del agua para consumo.
 - Efectuar análisis económicos: a escala predio se debe analizar las posibles pérdidas o costo de oportunidad en la superficie ocupada por las ZAAs, los costos de su instalación, seguimiento y monitoreo. Con un adecuado diseño es posible desarrollar en las ZAAs productos que aporten beneficios al predio, como bancos de forraje no convencionales, leña, frutas nativas y plantas medicinales. A nivel de cuenca es necesario conocer los costos económicos e incluir los costos ambientales, sociales y de salud generados por la degradación de la cuenca. Para que las experiencias actuales sean validadas por los sectores productivos y sus organizaciones de productores, así como en los ámbitos técnicos pertinentes se debe ampliar la implementación de ZAAs hacia diversos sistemas de producción (diversidad de rubros y productores), y, al mismo tiempo, realizar un seguimiento técnico sistemático de las experiencias ya instaladas que permita sistematizar los resultados de sistemas maduros que han alcanzado clímax y por lo tanto la máxima eficiencia de depuración.

- **DIMENSIÓN ECOLÓGICA**
 - Instalar y mantener ZAAs exitosamente.
 - Instalar ensayos a campo de medición de captura de nutrientes, nitrógeno y fósforo, y captura de agrotóxicos. Las mediciones deberían realizarse en un período largo de tiempo, para que puedan ser representativas de las dinámicas de cuenca y productiva
 - Monitorear: estos sistemas constituyen valiosos puntos iniciales, con gran potencial para la generación de datos y resultados vinculados a los objetivos establecidos.



Fuente: www.ceuta.org.uy/publicaciones

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Desde un punto de vista político y de derechos humanos, el aporte de las ZAAs puede constituir una herramienta para aumentar el cuidado de los recursos hídricos prioritarios del territorio nacional, permitiendo su uso racional y aportando así a la calidad de vida de sus habitantes. Las políticas con enfoque territorial coherentes con ello deberían incluir el desarrollo de ZAAs en su ejercicio de ordenamiento del territorio. Las ZAAs constituyen una herramienta que correctamente aplicada no solo pueden mejorar la calidad del agua, sino también contribuir con la mitigación y la adaptación al cambio climático, conservar biodiversidad en agroecosistemas y evitar la degradación de la tierra. Adicionalmente, la apropiación por parte del productor, puede brindar herramientas que aporten a la permanencia de estos en los predios. Sin embargo, los costos de implementación y el “lucro cesante” que, para los productores, deriva a corto plazo de la implementación de ZAAs, constituye claramente la principal barrera para la difusión y escalamiento de esta medida. Para su adecuado desarrollo, las ZAAs deben ir de la mano tanto de asesoramiento y acompañamiento técnico como de una proyección económica donde se incluyan los riesgos que los productores estén dispuestos a asumir. La energía invertida en el desarrollo de ZAAs puede, en algunos casos o etapas del proceso, entrar en competencia con los sistemas productivos prediales existentes en los predios.

Se debe tener en cuenta que hay responsabilidades y consecuencias que corresponden e impactan en la sociedad toda, en tanto asumimos la trayectoria histórica y la evolución del modelo productivo agropecuario más extendido, y también responsabilidades particulares, provenientes de las decisiones y libre albedrío de cada productor. Por lo tanto consideramos que los costos de implementación deben asumirse de

forma compartida entre privados y el sector público. Asumiendo esto, las ZAAs deben formar parte de las políticas públicas ambientales para el manejo sostenible de las cuencas. Pueden y deben desarrollarse múltiples mecanismos y medidas de promoción entre las que destacamos el Plan Nacional de Aguas y del Plan Nacional de Agroecología, el Plan Nacional de Adaptación Agro y la implementación de políticas de Cambio Climático y Estrategia Nacional de Biodiversidad entre otros.

Las ZAAs deben someterse a un análisis minucioso de costos y beneficios desde una perspectiva de economía ecológica. Este debe considerar la internalización de servicios ecosistémicos. En particular estos deben focalizar en que el diseño agroecológico adecuado actuará en dos dimensiones complementarias: como una barrera biofísica que filtra y bioacumula nutrientes, sustancias y sedimentos provenientes de la agricultura a nivel predial; y como un área de captura de carbono y conservación de suelos. Se debe determinar los costos y beneficios no solo para el predio, sino para toda la cuenca. Esto permitirá estimar los costos y beneficios de fomentar el desarrollo de políticas de promoción para la instalación y acompañamiento de estos sistemas; informar y capacitar a los agentes territoriales claves para la instalación de ZAAs, e investigar las funciones ecosistémicas rehabilitadas, las tasas de depuración y filtración de nutrientes, sedimentos y agrotóxicos. La información generada deberá permitir el estudio de instrumentos económicos de la política pública que viabilicen la adopción y escalamiento de ZAAs en las cuencas prioritarias.

Las ZAAs son una herramienta poderosa para apalancar procesos de transición agroecológica, tanto a nivel de cuenca como a nivel predial. En la dimensión predial, además de rehabilitar funciones ecosistémicas, las ZAAs pueden brindar (con el diseño y los planes de manejo adecuados) refugio y forraje para ganado, producción de frutos, leña y madera, aceites esenciales y miel, entre otros productos, lo que aumenta las posibilidades de su adopción por parte de los agricultores. A nivel de cuenca se debe tener en cuenta que para reducir la contaminación difusa el establecimiento de estas áreas de vegetación debe ser complementada con un manejo sustentable en toda la cuenca, trabajando además en las fuentes de contaminación puntuales (agroindustriales y ciudades), entre otras.

La maduración de estos sistemas hará posible desarrollar circuitos turísticos prediales con particularidades como la degustación de productos elaborados con frutos nativos y el diseño de senderos educativos, así como la posibilidad de conocer de primera mano los saberes locales asociados al manejo de los recursos genéticos.



Fuente: acervo de CEUTA, 2018

El estudio, la promoción, implementación y articulación territoriales de cadenas agroecológicas de producción y venta de productos provenientes de las ZAAs es prioritario para poder viabilizar la multiplicación espontánea de iniciativas.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achkar, M., Domínguez, A. y Pesce, F. (2014). *Cuencas hidrográficas del Uruguay. Perspectivas ambientales y territoriales*. Montevideo: Redes Amigos de la Tierra, Uruguay sustentable.
- Achkar, M., Domínguez, A. y Pesce, F. (2012). *Cuenca del Río Santa Lucía – Uruguay- Aportes para la discusión ciudadana*. Montevideo: IECA- Facultad de Ciencias- Udelar, Redes Amigos de la Tierra, Uruguay sustentable.
- Achkar, M., Gazzano I., y Gómez Perazzoli, A. (2015). *Fundamentación y propuesta de desarrollo de la Agroecología en cuencas estratégicas de nuestro país*: Red de Agroecología y Red de Semillas criollas. Documento interno.
- Aguilar Jr, T., Bortolozzo, F., Hansel, F., Rasesa, K. y Ferreira, M. (2015). Riparian buffer zones as pesticide filters of no-till crops. *Environmental science and pollution research international*. 22. 10.1007/s11356-015-4281-5.
Disponibile en:
https://www.researchgate.net/publication/273146605_Riparian_buffer_zones_as_pesticide_filters_of_no-till_crops/link/54fdf2bf0cf2eaf210b229ff/download.
- Araújo, A., Carvalho, L., Iwata, B., De Andrade, M., Ribeiro G. y Figueiredo, M. (2012). Microbiological processes in agroforestry systems, a review. *Agronomy for a sustainable development*, vol. 32, n.º 1.
- Barling, R. y Moore, I. (1994). Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. *Environmental management*, 18, 543-58.
- Bizzozero, F., Carro, G. y Guazelli, J. M. (2018). *Sistemas Agroforestales Agroecológicos, Bioma Pampa*. Montevideo: CEUTA-CENTRO ECOLÓGICO.
- Brazeiro, A., Soutullo, A. y Bartesaghi, L. (2012). *Prioridades de conservación dentro de las ecorregiones de Uruguay*. Informe técnico. Montevideo: Convenio MGAP/PPR- Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR.
- Brazeiro, A. (2015). *Curso ecología de bosques*. Módulo 2. Material del curso. Facultad de Ciencias. Udelar.
- Cambardella, C., Delate, K., Jaynes, D., (2015). Water quality in organic systems. *Sustainable Agriculture Research*, 4(3), 60-69.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correl, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N. y Smith, V. S. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8(3), 559-568.
- Castelle, A., Johnson, A. y Conolly, C. (1994). Wetlands and stream buffer size requirements. A review. *Journal of environmental quality* 23, 878-82.
- Chapin III F.S., Zavaleta E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L., Hooper, D.U. y Diaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405, 234-242.
- Centro Ecológico. (2014). *Sistemas agrofloretais: produção de alimentos em harmonia com a natureza*: Centro Ecológico.
- CETAP. (2015). *Frutas nativas. Alimentos locais, sabores e ingredientes especiais*: Centro de Tecnologías Alternativas Populares (CETAP).
- Clements, F.E. (1916). *Plant Succession: An Analysis of the Development of Vegetation*. Washington, D.C.: Carnegie Institution of Washington Publication.
- Clements, F.E. (1936). Nature and Structure of the Climax. Source. *The Journal of Ecology*, vol. 24, N.º. 1 (Feb., 1936),. 252-284: British Ecological Society.
Disponibile en: <https://sites.ualberta.ca/~place/Clements%201936.pdf>
- Decreto Departamental: Proyecto de reglamentación cautelar para la Laguna del Cisne,

18/11/2015.Disponible en:

<http://www.comunacanaria.gub.uy/conozca/gobierno/normativa-departamental/secretaria-de-planificacion/medidas-cautelares-de-exclusion-de-actividades-en-el-uso-del-suelo-en-las-cuencas-hidricas-en-canelones>

Decreto 253/79 Normas de calidad de aguas. Uruguay. Mayo de 1979. Disponible en:

https://www.dinama.gub.uy/rlau/index.php?view=document&alias=32-decreto-25379&category_slug=nacional&layout=default&option=com_docman&Itemid=124

Díaz, I. (2013). *Modelación de los aportes de nitrógeno y fósforo en cuencas hidrográficas del departamento de Canelones (Uruguay)*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad de la República (Uruguay).

Gazzano, I., Gómez, A. y Nansen, K. (2016). *Plan Nacional de Agroecología: hacia la construcción de una política pública*. Montevideo: Departamento de Sistemas Ambientales. Facultad de Agronomía-Udelar, Red de Agroecología del Uruguay, Red de Semillas Criollas y nativas. Trabajo presentado en el congreso de ciencias sociales FAGRO, Udelar.

Gliessman S. R., (2001). *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Boca Raton, FL: Book Series Advances in Agroecology, CRC Press.

Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. y López-Ríos, A. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo*, vol. 12, n.º 1.

Goyenola, G., Vidal, N., Acevedo, S., Cabrera, S., Fosalba, C., Teixeira-De Mello, F. y Urtado, L. (2017). *Sistemas Acuáticos Canarios. Estado del conocimiento y gestión ambiental. Informe Ambiental Estratégico*. Canelones: Centro Universitario Regional Este/Universidad de la República, Comuna Canaria.

Holloway, J. M., Dahlgren, R. A., Hansen, B. y Casey, W. H. (1998). Contribution of bedrock nitrogen to high nitrate concentrations in stream water. *Nature* 395: 785-788.

Hosper, H. (1997). *Clearing Lakes. An ecosystem approach to the restoration and management of shallow lakes in the Netherlands*. Wageningen (Thesis): Agricultural University.

Houghton, R., A. (2005). *Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance*. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00955.x>.

Jeppesen, E., M., Søndergaard, E., Kanstrup, B., Petersen, R. B., Eriksen, M., Hammershøj...Hav, A. (1994). Does the impact of nutrients on the biological structure and function of brackish and freshwater lakes differ? *Hydrobiologia*, 275/276(0): 15-30.

Karr, R. (1999). Defining and measuring river health. *Freshwater Biology* 41, 221-234.

Kruk, C., Suárez, C., Ríos, M., Zaldúa, N. y Martino, D. (2013). Ficha: *Análisis de la calidad de agua en Uruguay*. Montevideo: Vida Silvestre, AAE, UICIN.

Lal, R. (2005). Soil carbon sequestration in natural and managed tropical forest ecosystems. *Journal of Sustainable Forestry*, 21, 1-30.

Leonard, E. N., Mattson, V. R., Benoit, D. A., Hoke, R. A y Ankley, G. T. (1993). Seasonal variation of acid volatile sulfide concentration in sediment cores from three northeastern Minnesota lakes. 271(2), 87-95.

Ley Nº 18.610. Política Nacional de Aguas. Disponible en:

http://www.ose.com.uy/descargas/documentos/leyes/ley_18_610.pdf.

Lin, C.H., Lerch, R.N., Jordan, D., Garrett, H.E. and George, M.F. (2004). The effects of herbicides (Atrazine and Balance) and ground covers on microbial biomass carbon and nitrate reduction. *Proceedings of the 8th North American Agroforestry*

- Conference, June 22-25, 2003. Corvallis, Oregon, 182-195.
- Incorporation of selected forage grasses in riparian buffers designed for the bioremediation of atrazine, isoxafutole (Balance) and nitrate. *Agroforestry systems*.63, 91-99.
 - Lowrance, R., Altier, L. Newbold, J., Shnabel, R., Groffman, P., Denver, J., ...y Todd, A. (1997). Water quality functions of riparian forest buffers in Chesapeake Bay Watersheds. *Environmental Management*, 21, 687-712.
 - Mayer, P., Reynolds, S., Mc, Cutchen, M. y Canfield, T. (2007). Meta-Analysis of nitrogenremoval in riparian buffers. *Journal of environmental quality*, 36, 1172-1180.
 - Meijer, M.L. &Hosper, S.H.,(1997). Effects of biomanipulation in the large and shallow Lake Wolderwidjd, The netherlands. *Hydrobiologia* 342-343, 355-349.
 - MVOTMA. (2015). Resolución ministerial 229, Medida 8 del Plan de Acción para la Protección de la Calidad Ambiental y la Disponibilidad de las Fuentes de Agua Potable en la Cuenca del Rio Santa Lucía. Montevideo. Disponible en: <http://www.mvotma.gub.uy/institucional/normativa-asociada/resoluciones/item/10006837-resolucion-ministerial-229-2015>
 - (2016). Resolución ministerial 58, Medida 5 del Plan de Acción para la Protección de la Calidad Ambiental y la Disponibilidad de las Fuentes de Agua Potable en la Cuenca de Laguna del Sauce. Disponible en: <http://www.mvotma.gub.uy/component/finder/search?q=RESOLUCION+MINISTERIA+58&Itemid=1014&b28b8241e720772e9caef6e063b5e063=>
 - (2017). Plan Nacional de Aguas. Montevideo: Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Montevideo.
 - Naiman, R., Décamps, H., Mc Clain, M. y Likens, G, (2005) Naiman, R., Décamps, H., McClain, M. y Likens, G, (2005). Riparia ecology, conservation and management of streamside communities. *Elsevier Academic*, 1-18. Academic Press, 1-18.
 - National Research Council (2002). *Riparian Areas: Functions and Strategies for Management*. Washington, DC: The National Academies Press. Disponible en: <https://doi.org/10.17226/10327>.
 - Nicholls, C. (2010). Contribuciones agroecológicas para renovar las fundaciones del manejo de plagas. *Agroecología*, vol. 5, 7-22.
 - Olli, K., Heiskanen, A.S., y Lohikari, K. (1998). Vertical migration of autotrophic microorganisms during a vernal bloom at the coastal Baltic Sea coexistence through niche separation. En: Tamminen T., Kuosa H. (eds) *Eutrophication in Planktonic Ecosystems: Food Web Dynamics and Elemental Cycling. Developments in Hydrobiology*, vol. 127. Springer, Dordrecht. 363(0), 179-189. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-94-017-1493-8_14.
 - Perez-Cassarino, E. (2018). *Abastecimento alimentar e mercados institucionais*. Disponible en: [https://www.cplp.org/.../DWSDownload.aspx?...Abastecimento-Alimentar...mercados-institucionais-versão-final%20\(4\).pdf](https://www.cplp.org/.../DWSDownload.aspx?...Abastecimento-Alimentar...mercados-institucionais-versão-final%20(4).pdf)
 - Rivas-Martínez, S. (1995). Clasificación bioclimática de la Tierra. *Folia Botanica Matritensis* 16, 1-29.
 - (1996). Geobotánica y fitosociología, en: *Discursos Pronunciados en el Acto de Investidura de Doctor Honoris Causa del Excmo. Sr. D. Salvador Rivas-Martínez*, 23-98: Servicio de Publicaciones (ed.), Univ. Granada.
 - (1997). Syntaxonomical synopsis of the potential natural plant communities of North

- America. *Itineraria Geobotánica*, 10, 5-148.
- Rodale Institute (2011). *The farming systems trial. Celebrating 30 years*: Naccy printing inc.
- Sharpley, A. N., Daniel, T., Sims, T., Lemunyon, J., Stevens, R. y Parry, R. (2003). *Agricultural phosphorus and eutrophication*. 2nd Edition: United States Department of Agriculture. Agricultural Research Services.
- Sullivan, W., Anderson, O. y Lovell, S. (2004). *Agricultural buffers at the rural-urban fringe: An examination of approval by farmers, residents, and academics in the Midwestern United States*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/254398179_Agricultural_buffers_at_the_rural-urban_fringe_An_examination_of_approval_by_farmers_residents_and_academics_in_the_Midwestern_United_States.
- Tapia, F. y Villavicencio, A. (2007). Uso de biofiltros para mejorar la calidad del agua de riego. *Boletín INIA*, Chile N.º 170.
- Udawatta, R., Krstansky, J., Henderson, G. and Garrett, H. (2002). Agroforestry practices, runoff, and nutrient loss: a paired watershed comparison. *Journal of Environmental Quality*, 31,1214–1225.
- Udelar. (2013). *Informe sobre la calidad del agua en la cuenca del Río Santa Lucía, estado de situación y recomendaciones*. Montevideo: Udelar.
Disponible en: <http://www.universidad.edu.uy/prensa/renderItem/itemId/33206>
- University of Missouri Center for Agroforestry (UMCA). (2005). *Agroforestry in action. Establishing and Managing Riparian Forest Buffers*.
- USDA. (2000). *Conservation buffers to reduce pesticides lose*. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.
- Xie, X., Norra, S., Berner, Z. y Stüben, D. (2005). A Gis-Supported Multivariate Statistical Analysis of Relationships Among Stream Water Chemistry. *Geology and Land Use in Baden-Württemberg. Germany. Water Air Soil Pollution*, 167, 39-57. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11270-005-0613-2>

Glosario

AFRUPI: Asociación de Fruticultores de Producción Integrada.

DGDR: Dirección General de Desarrollo Rural, MGAP.

DINAGUA: Dirección Nacional de Aguas, MVOTMA

DINAMA: Dirección Nacional de Medio Ambiente, MVOTMA.

IIBCE: Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable.

INIA Chile: Instituto de investigaciones agropecuarias.

INIA Uruguay: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

MDN: Ministerio de defensa nacional.

MGAP: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

MIEM: Ministerio de Industria, Energía y Minería.

MVOTMA: Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

PEDCA: Plan estratégico departamental de calidad de agua.

Udelar: Universidad de la República.

ISBN: 978-9974-8394-2-7

