

---

## ZONAS de AMORTIGUACIÓN<sup>1</sup>AGROFORESTALES: DISEÑOS AGROECOLÓGICOS PARA EL CUIDADO DEL AGUA.

---

Coord. Federico Bizzozero, Ing. Agr. Forestal Gastón Carro.  
Programa de Agroecología, Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas.(CEUTA).

---

COLABORADORES:  
Ing. Agr. Alberto Gómez Perazzoli, Dr. Marcel Achkar, Geógrafo. Ing. Agr. María José Guazelli

---

- Intensificación agropecuaria, impacto en ecosistemas riparios, cuencas hidrológicas y calidad hídrica.
- Cuenca del Plata y Acuífero Guaraní.
- Cuencas estratégicas del Bioma pampa
- Situación hídrica, ambiental y agropecuaria del Bioma Pampa.
- Situación Rio Grande do Sul
- Situación Uruguay
- Zonas riparias
- Marco legal Brasil y Uruguay
- Agroecología
- Zonas de Amortiguación Agroforestales (Zas)
- Eficiencia de depuración de las Zas
- Zas agroecológicas gestionadas por familias de productores
- Emplazamiento de las Zas
- Estudio de caso: Cuenca de la Laguna del Cisne
- Enfoque de Cuenca
- Enfoque de sucesión ecológica
- Enfoque predial (agroecosistema)
- Marco territorial
- Lista participativa de especies y potencial multifunción

---

<sup>1</sup> 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.

- Intensificación agropecuaria, impacto en ecosistemas riparios, cuencas hidrológicas y calidad hídrica.

Las fuertes presiones ejercidas por las prácticas productivas de las sociedades humanas sobre los recursos naturales han causado el deterioro de los distintos ecosistemas. Las tallas para extracción de leña y las actividades agrícola-ganadera, industriales y agroindustriales son las principales responsables del deterioro del bosque nativo de galería, y de todas las formas de vegetación asociada a los cursos y cuerpos de agua, y, concomitantemente, del aumento de aportes de nutrientes, sustancias químicas y partículas de suelo a los cuerpos de agua.

Uno de los impactos directos es la disminución de la calidad del agua. La intensificación sostenida de los sistemas agrarios extensivos 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, Chapin *et al.* 1997).



Fuente: Blog ecoperonismo. Siembra soja y cosecharas inundaciones, año2014.

El Cono Sur de América es la segunda región con mayor área de cultivos transgénicos después de Norteamérica. Sumando a Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay y Bolivia se sembraron cerca de 79 millones de hectáreas de cultivos transgénicos durante el año2016 (cerca de cinco veces el área total de Uruguay).

Uno de los motivos del desmonte es el avance del modelo transgénico (principalmente soja). En el año 2000, en Salta existían 210 mil hectáreas con soja. La última campaña fue de 600 mil hectáreas. Con el maíz transgénico pasó algo similar: 61 mil hectáreas en 2000. En 2013 abarcó 162 mil hectáreas. (Aranda, 2010)

La expansión agrícola industrial implica el uso intensivo de insumos (energía, maquinaria, fertilizantes 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, fosforo y nitrógeno, las emisiones de gases con efecto invernadero, la biodiversidad y el balance hídrico (Houghton, 2001; Lal, 2005).

Por otra parte, el crecimiento de las actividades económicas demanda cada vez más agua de buena calidad, pero su disponibilidad se ve amenazada –y reducida– por múltiples fuentes de contaminación. A esto se agregan los efectos de la variabilidad climática y el cambio climático, los cuales inciden de manera notable en los ciclos hidrológicos, en la distribución territorial, en la distribución 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 se encuentran en función de las características físicas de la cuenca (tipos de suelo, formas de relieve, pendiente etc.) y de la cobertura y usos del suelo (tipo de vegetación, suelo descubierto, aplicación de herbicidas) (Holloway et al. 1998, Xie et al. 2005). Excesivos aportes de nutrientes a cuerpos de agua procedentes de fuentes no puntuales (usos agrícolas, pecuarios, forestales, silvo-pastoriles), (Sharpley et al. 1994, Carpenter et al. 1998), se han convertido en un problema que afecta a diversas regiones del mundo (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 pérdida de biodiversidad (Leonard et al. 1979, Karr&Chu 2000, Olli et al. 2008, Jeppensen et al. 2010).

- Cuenca del Plata y Acuífero Guaraní.

La cuenca del plata, es la segunda cuenca de agua dulce más grande de Sudamérica, (quinta en el mundo) solo después de la cuenca del Amazonas y se extiende en 5 países ocupando 3.170.000 km<sup>2</sup>, lo cual es el 17 % de la superficie de Sudamérica, genera dos grandes ríos, el Uruguay y el Paraná, que luego desembocan en el río de la Plata y a su vez desemboca en el océano Atlántico. Este sistema alimenta una población de 150.000.000 de personas, destacándose más del 80 % de la población uruguaya y más del 50 % de la población brasileña (Achkar et al, 2016). Además este sistema alimenta la recarga del acuífero Guaraní, una de las reservas de agua dulce más grandes del planeta, la cual le confiere la problemática de la gestión conjunta y el cuidado de los impactos de los diferentes usos a lo largo de los ríos tributarios.

- Cuencas estratégicas del bioma pampa

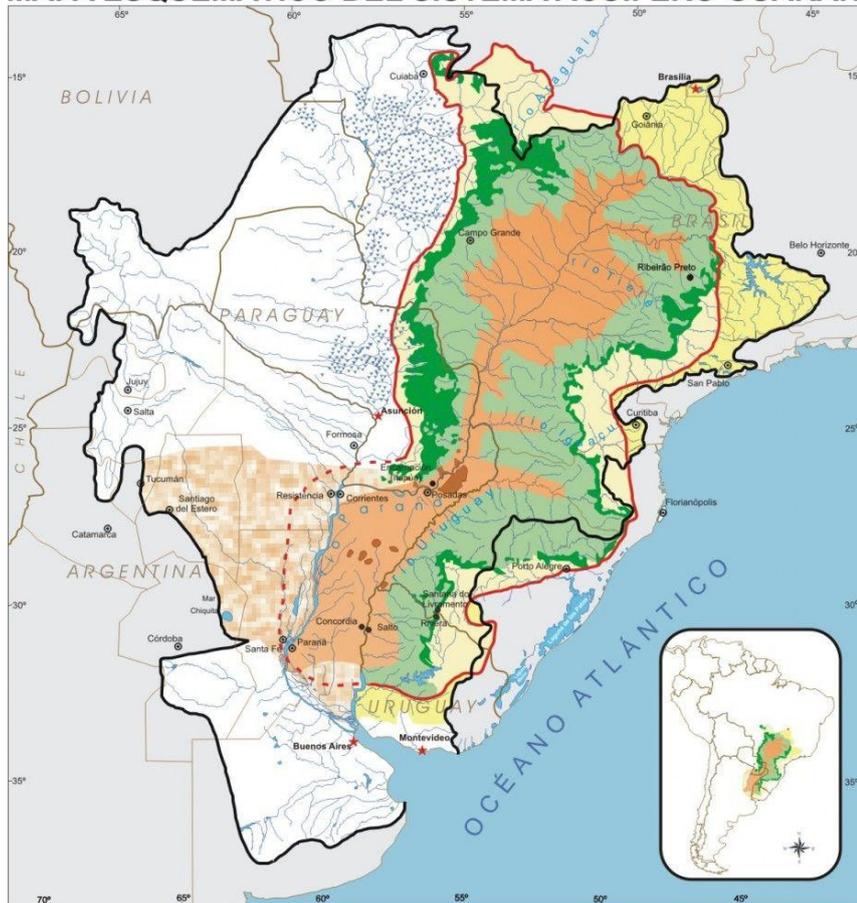
El Bioma Pampa ocupa un área de 176500 km<sup>2</sup> (cerca del 2% de Brasil) y está constituido por paisajes planos dominados por gramíneas, herbáceas y árboles. (Instituto Brasileiro de Florestas, 2007). En Brasil, El Bioma está presente en Río Grande do Sul, ocupando el 63% del territorio gaúcho y en Uruguay, este ocupa la totalidad de su territorio.

La cuenca del Plata está integrada por 4 subcuencas, la cuenca del río Paraná, la cuenca del río Paraguay, la cuenca del río Uruguay y la cuenca del río de la Plata. A los efectos de este trabajo se enmarca como cuencas estratégicas, las cuencas del río Uruguay por ser el segundo río en cuanto a tamaño de caudal y por recorrer parte del bioma pampa compartido por Brasil y Uruguay, esta zona a su vez constituye la zona

de recarga del Acuífero , Guaraní, acuífero que constituye una reserva de agua dulce que abarca a 4 países, Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, ocupa 1.200.000 km<sup>2</sup>, y se estima que tiene una capacidad de almacenaje estimada de 45.000 km<sup>3</sup>

Para sostener su preservación, el volumen de líquido que se puede extraer es menor a la recarga y debe considerar el mantenimiento de sistemas que dependan del agua subterránea, por ejemplo, ríos y humedales.

**MAPA ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ**



- Situación hídrica, ambiental y agropecuaria del Bioma Pampa.

La localización geográfica de la cuenca del Plata determina varios paisajes, ambientes naturales y culturales. Debido a su extensión, tiene diversidad geológica,

geomorfológica y climática, lo que incide en su comportamiento hídrico y tiene como resultado múltiples biomas.

Un bioma es una comunidad de plantas y animales con formas de vida y condiciones ambientales específicas, e incluye varias comunidades y estados de desarrollo.

De los biomas que ocupan la cuenca, el bioma pampa, ocupa el sur oeste de Brasil, norte de Uruguay y noroeste del territorio argentino. Está caracterizado por praderas diversas que han sido modificadas por las actividades agropecuarias practicadas hace siglos.

### Situación Rio Grande do Sul

A partir de los años 80, Rio grande del sur, (RS) fue uno de los estados escogidos para las inversiones forestales, las empresas que se establecieron o estaban expandiendo sus agronegocios fueron atraídos principalmente por los incentivos fiscales dados por el gobiernos estatales de la época, por el menor costo de producción, disponibilidad de mano de obra, características climáticas adecuadas para el crecimiento de las especies arbóreas, disponibilidad de grandes extensiones de áreas, precio bajo de tierras y también por la infraestructura vial ( rutas, ferrocarriles y puertos), entre otros.

Casi todas las regiones de RS presentaban actividades forestales, particularmente en la producción de pino, acacia y eucalipto.

En términos económicos, la mitad sur está fuertemente basada en producción agropecuaria, principalmente en cultivos anuales y cría de animales extensiva y familiar. Entretanto existe una serie de críticas sobre los cambios sociales, ambientales y productivos que pudieron ser generados en esta región a partir de la expansión de la silvicultura. Estarían en juego por lo tanto, cambios en las relaciones sociedad-naturaleza en determinados espacios rurales y urbanos que pasaron a adoptar o expandir este tipo de actividad forestal. Entre los argumentos sobre los cambios ambientales en la región está la reducción de la diversidad biológica local, la contaminación de ríos y fuentes de agua, la degradación de los suelos, la reducción de la disponibilidad hídrica, entre otros que provocaría desequilibrios en los ecosistemas locales (Binkowski, 2009) En otro estudio, Lerner y Diesel (2008) concluían que los plantíos de eucalipto realizados en la mitad sur de RS, influyen en los cambios del uso del suelo, como también la reducción de las áreas de pastoreo naturales que constituyen hoy la base de la producción animal y que por lo tanto, la actividad forestal habría llegado a restringir en ciertas localidades las actividades agropecuarias como la producción de soja y arroz.

- Situación Uruguay

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%. El aporte del sector agropecuario a la economía nacional es importante y en este periodo se ha diversificado y aumentado sus niveles de productividad. Sin embargo esto se ha realizado mediante el avance del modelo concentrador de los bienes de la naturaleza y de la riqueza, que comienza a profundizarse en el Uruguay en la década de 1960 y se consolida progresivamente. Estos sistemas de producción se caracterizan por ser intensificadores en el uso del suelo y presentan efectos negativos que son propios al 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), dependencia de la producción 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 del modelo productivo en las cuencas del Uruguay, constituye una de las principales presiones que amenaza la calidad de agua superficial y contribuye al cambio climático global. Ello 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 la calidad. Pero también constituye un importante riesgo, cuando el agua superficial es la principal fuente para otras actividades productivas como en el caso de la ganadería. Esta situación está dramáticamente retratada debido a su complejidad, en el área metropolitana de Montevideo, en relación al funcionamiento de las cuencas del Río Santa Lucía y de la Laguna del Cisne, y en la Laguna del Sauce (Maldonado), pero no es una realidad ajena al resto de las cuencas del país.

- Zonas Riparias

El uso intensivo del suelo rural y la creciente utilización de fertilizantes agrícolas genera acumulaciones de nutrientes en la superficie del suelo (Cassol et al. 2002), potencialmente drenados por escurrimiento (Kimmell et al. 2001). Además limita los procesos y funciones de retención de nutrientes (de Groot et al. 2002, Rótolo & Francis

2008), especialmente en los sistemas riparios asociados a los cursos fluviales (Zaimes et al. 2008). Ya que, las zonas riparias presentan la capacidad de retención de nutrientes (Lowrance et al. 1997; Mayer et al. 2007) y contaminantes (Vidon et al. 2010) provenientes desde zonas altas de paisaje, contribuyen a mitigar 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).

Brazeiro et al. (2012) define a los bosques riparios como ecosistemas prioritarios para la conservación, en función de los servicios ecosistémicos brindados estos, para las zonas de la cuenca media y alta del Santa Lucía. La definición se estableció en base al uso de una pauta valoración de los servicios ecosistémicos; relacionándolo con el mapeo de los mismos según ecosistema (Soutullo et al. 2012). Se clasificaron los servicios ecosistémicos según características de provisión y regulación, entre los cuales figuró la calidad del agua. Se jerarquizaron los mismos de acuerdo a criterios espaciales, utilizando los ambientes definidos por Achkar et al. (2012) (Brazeiro et al. 2012b).

Según el Informe Estratégico Ambiental de Canelones, (IEA, 2017), los bosques fluviales asociados a los cursos de agua y sus bañados y/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 (Goyenola et al. 2011a). Son por cierto, dos de los ecosistemas que proveen de 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 que no existan fuentes puntuales de vertidos (Díaz, 2013).

- Marco legal Brasil y Uruguay

Respecto a la protección de cuencas, el modelo de protección de cuencas plasmado en el código forestal Brasileño constata un avance mayor respecto al Uruguayo. Las Áreas de Preservación Permanente (APPs) son espacios territoriales especialmente protegidos de acuerdo con lo dispuesto en el inciso III, del art 1º, De la Constitución Federal. El Código Forestal (Ley Federal no 4.771, de 1965 - y modificaciones posteriores) trae un detallado preciso de las Áreas de Preservación Permanente (aplicable a las zonas rurales y urbanas), de la Reserva Legal (aplicable a las áreas rurales) además de definir otros espacios de uso limitado.

Las APP son aquellas áreas protegidas en los términos de los arts. 2º y 3º del Código Forestal. El concepto legal de APP relaciona estas áreas, independientemente de la

cobertura vegetal, con la función ambiental de preservar los recursos hídricos, el paisaje, la estabilidad geológica, la biodiversidad, el flujo génico de fauna y flora, la protección del suelo y el bienestar de las poblaciones humanas.

El Código Forestal prevé franjas y parámetros diferenciados para las distintas tipologías de APPs, de acuerdo con la característica de cada área a ser protegida. En el caso de las bandas mínimas que deben ser mantenidas y preservadas en las márgenes de los cursos de agua (río, nacimiento, vereda, lago o laguna), la norma considera no sólo la conservación de la vegetación, sino también la característica y la anchura del curso de agua, independiente de la región de localización, en el área rural o urbana.

Para las nacientes (perennes o intermitentes) la ley establece un radio mínimo de 50 metros en el entorno independientemente de la ubicación, sea en el Estado de Amazonas o en Santa Catarina, sea en la pequeña o en la gran propiedad, en el área rural o urbana. Tal banda es el mínimo necesario para garantizar la protección e integridad del lugar donde nace el agua y para mantener su cantidad y calidad. Los manantiales, aunque intermitentes, son absolutamente esenciales para la garantía del sistema hídrico, y el mantenimiento de su integridad muestra estrecha relación con la protección conferida por la cobertura vegetal nativa adyacente.

Las APPs buscan recomponer la función ambiental, con su cobertura vegetal protegida ejercen un efecto “tampón” reduciendo el drenaje y la carga de sustancias y elementos para los cuerpos de agua. (Tundisi et al, 2008). Por su parte, los bosques riparios ofrecen el sombreado del agua que controla la temperatura y mejorando el hábitat para las comunidades acuáticas, funcionan como fuente de suministro adecuado de nutrientes para las poblaciones de organismos acuáticos y silvestres y actúan como filtros de sedimentos, material orgánico, fertilizantes, pesticidas y otros contaminantes que pueden afectar de forma adversa los cuerpos de agua y las aguas subterráneas. Cada una de estas funciones ejercidas por los bosques riparios está asociada a una zona del bosque ya las características propias del bosque (USDA, Natural Resources Conservation Service, 2008). Las áreas inundadas que también pueden tener un efecto tampón importante en la cuenca hidrográfica (Tundisi et al. 2008) quedan comprometidas por la deforestación indebida de las APPs asociadas a ellas. La ocupación de los márgenes de manantiales y ríos, también llamados áreas ciliares o riparias, por actividades agropecuarias ejerce efecto negativo sobre la calidad y cantidad de agua disponible para consumo según lo demuestra estudio de caso realizado por los investigadores Oscar Sarcinelli, Joao F. Marques y Ademar R. Romeiro<sup>2</sup>:

(...)

"La invasión de las áreas de preservación de la vegetación riparia por sistemas agrícolas es una de las principales causas de la pérdida de los servicios ambientales prestados por este ecosistema. La proximidad extrema de las áreas de cultivo junto a los cuerpos de agua potencia los efectos negativos de la erosión sobre la hidrología del

<sup>2</sup> *Custo de Adequação Ambiental das Áreas de Vegetação Ripária: estudo de caso na Microbacia do Córrego Oriçanguinha* – Revista Informações Econômicas, SP, v.38, n.10, out. 2008.

arroyo, al mismo tiempo que reduce su capacidad de caudal, la calidad y la cantidad de agua disponible para el consumo".

Sin embargo el éxito de las APPs depende de la gestión y control efectivo de las prácticas realizadas en ellas, por lo que se convierte en un instrumento difícil de regular con resultados inciertos.

En cuanto a Uruguay su constitución, 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, el establecimiento de prioridades por uso por regiones, y su uso es de interés social y prioritario sobre otros intereses (ej.: económicos) (Modificación de Artículo 47 de la Constitución. Inciso 1.d, 2004). Además en el capítulo de principios que rigen la política nacional de aguas (ley Nº 18.610) establece en el apartado G) "Que el abastecimiento de agua potable a la población es la principal prioridad de uso de los recursos hídricos".

En cuanto a las medidas para la conservación de la calidad del agua, 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 Rio Santa Lucia, la conservación de una franja "Buffer" de aproximadamente 40 metros a cada lado del rio, esta franja varía su espesor según el tramo y se establece la prohibición de la modificación del tapiz vegetal, laboreo del suelo, y la aplicación de agroquímicos, tanto en el alveolo de agua como la zona de exclusión. Dicha medida se basa en "conservar" la función depuradora de los agroquímicos provenientes de la agricultura, y se basa solo en el mantenimiento de dichas zonas, sin incluir medidas de restauración. MVOTMA regula esto con la colaboración de MGAP en la evaluación de los planes de manejo, uso y conservación del suelo y a través de la evaluación de las solicitudes de tala de bosque, ambos en las zonas previamente definidas como de conservación. Para la laguna del Sauce se promueve instaurar en la cuenca hidrográfica, una zona de amortiguación sin laboreo de la tierra y uso de agroquímicos (para la conservación del tapiz natural y restitución del monte ribereño), en franjas de 40 mts a ambos lados de los principales arroyos tributarios directos a la laguna ( A. Pan de Azúcar, A. del Sauce, A del Salto del Agua, A. Pedregosa, A Mallorquina), 20 mts de los tributarios de estos principales y 150 mts entorno al perímetro del sistema de Laguna del Sauce. (Resolución Ministerial 58/2016). Además se prohíbe el ingreso del ganado para abreviar a la laguna y a los cursos señalados como tributarios directos. También en la medida 5 en lo que respecta a medidas de control 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 del rio santa lucia.

- 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).

Tiene como base la integración de saberes, permitiendo el diálogo entre el saber científico y el saber tradicional y/o empírico de 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 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 la biodiversificación de los agroecosistemas. Ello tiene como consecuencias directas; la posibilidad de reducir el uso de agroquímicos (fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, funguicidas) 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 y a la vez una mayor capacidad de disminuir el riesgo en los sistemas agrícolas

Los agroecosistemas requieren de un manejo integral que involucre el suelo, los animales, cultivos, insumos, el agua, biodiversidad y por supuesto los agricultores. Por lo tanto es necesario dejar claro que no basta diseñar zonas de amortiguación sin integrar un enfoque integral de predios y de cuenca. No será suficiente, por ejemplo, el diseño e instalación de zonas de amortiguación agroforestales, frente a las multidimensionales problemáticas ambientales y sociales del agronegocio sojero.

- Zona de Amortiguación Agroforestales

Las zonas buffer o zonas de amortiguación (ZA) mixtos (herbáceas y leñosas) son sistemas agroforestales (SAFS) diseñados para captar los excesos de nutrientes, sustancias químicas y sedimentos provenientes de la actividad agrícola en una cuenca. Su diseño e instalación debe incluir plantas perennes que se adapten al ecosistema ripario específico (régimen de inundación, suelos y topografía), así como a las necesidades del productor (Centro de Agroforestería de Missouri, USA, 2005)

El mantenimiento y diseño de ZA pueden ser una herramienta, efectiva para mejorar la calidad de agua. Mediante el diseño agroecológico adecuado, además de ofrecer funciones ecosistémicas, las ZA pueden actuar como refugio y forraje para ganado, producción de frutos y otros productos, lo que aumenta la posibilidad de adopción por parte de los agricultores. No es suficiente una estrategia pasiva (dejar de intervenir) para conservar y/o restaurar estas zonas, los casos de invasión de especies exóticas agresivas ejemplifica la necesidad de manejo. Para reducir la contaminación difusa<sup>3</sup> el establecimiento de estas áreas de vegetación deben ser complementadas con un manejo sustentable en toda la cuenca. (Committee on Riparian Zone Functioning and Strategies for Management. National Research Council, 2002)

- Restauración ecológica

Las ZA no equivalen a zonas rehabilitadas con técnicas de restauración ecológica, si bien están muy relacionadas. En las ZA no se intenta restaurar el ecosistema original, sino propiciar el desarrollo de uno nuevo con similares relaciones, funciones y morfología, pero donde se integra la gestión y uso del mismo. La ZA promueve 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, mediante procesos ecológico-productivos.

Esta función es una de las que naturalmente cumplen los bosques de galerías asociados a los cursos fluviales así como también los humedales. Sin embargo, es necesaria que en el diseño de las ZA sea considerada la sucesión ecológica natural del área en cuestión. 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) Resulta de la modificación del medio físico por la misma comunidad, aunque el medio físico condiciona el tipo y velocidad del cambio y 3) Culmina con un ecosistema estabilizado en el que se mantiene la máxima biomasa por unidad de energía y el óptimo de relaciones simbióticas entre organismos.

Según Brazeiro. A. (2015) el bosque fluvial (rivereño) de Uruguay ocurre asociado a cursos de agua (ríos y arroyos) y se caracteriza por una alta cobertura de dosel, de forma continua de 5-10 m de altura, con 3 estratos verticales (arbustivo,

---

<sup>3</sup>En base a la información de DINAMA y a estudios de investigadores de la UdelaR se estima que el 80% de la contaminación con nutrientes (eutrofización) y de demanda biológica de oxígeno se debe a fuentes difusas; estas son las provenientes de actividades agropecuarias, entre las que se destaca la 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. (Informe sobre la calidad del agua en la cuenca del Río Santa Lucía: estado de situación y recomendaciones, AÑO 2013.

sotobosque, dosel) y con una zonificación horizontal en tres franjas (interior, media, exterior), con gradiente de especies según condiciones de hidromorfismo. Presenta además especies epífitas y trepadoras.

Algunas especies típicas son:

Interior (cerca del agua) sarandí, sauce, ceibo, mataojo, blanquillo

Medio: laureles, azotacaballo, tarumán, tembetarí

Exterior: (lejos del agua) arrayán, molles, arueras, canelones

Imagen: Vista típica de un bosque de galería fluvial, donde se observan los sarandés y sauces en primera línea.



Fuente: Curso de ecología de bosques del Uruguay, modulo 2. Bosques y flora leñosa del Uruguay, 2015.

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.

- Eficiencia de depuración de las ZAs

Araújo et al. 2011 cita textualmente; “Los SAFS pueden considerarse un sistema alternativo que ayuda a prevenir la degradación de la tierra permitiendo su uso continuo para producir cultivos y ganado de forma sostenible (Cacho 2001; FAO 2005). Los SAFS son una forma de cultivo múltiple que implica combinar al menos una especie leñosa perenne con un cultivo que resulta en interacciones ecológicas y económicas entre los dos componentes (Palma et al. 2007). Dichos sistemas son efectivos en mejorar y conservar la calidad del suelo mediante aportes continuos de la biomasa de las plantas y la deposición de la hojarasca. Ésta proporciona un flujo continuo de material orgánico al suelo (Nair et al., 2008), especialmente debido a las largas raíces de componente forestal que se adentra en el suelo (Albrecht y Kandji 2003; Barreto et al. 2010), aumentando existencias de materia orgánica del suelo (Manley et al., 2007; Fontes et al., 2010) y el potencial de secuestro de carbono (Roshetko et al., 2007; Sharrow e Ismail 2004; Kirby y Potvin 2007; Nair et al. 2009). Las propiedades biológicas también se pueden optimizar en los suelos bajo SAFS (Yan et al., 2000; Udawatta et al., 2008; Yadav, et. al., 2010). Varios autores han informado que la biomasa microbiana del suelo y la diversidad microbiana son mayores en los SAFS debido a los efectos de mejora de árboles y aportes de materia orgánica y las diferencias en la calidad y cantidad residuos de hojarasca y exudados radiculares (Gomez et al., 2000; Myers et al., 2001; Mungai et al., 2005; Sørensen y Sessitsch 2007). La presencia de una comunidad microbiana del suelo grande y diversa es crucial para la productividad de cualquier agroecosistema”.

La biomasa microbiana del suelo tiene funciones importantes, incluido el ciclaje de nutrientes y la degradación de contaminantes (por ejemplo, plaguicidas, desechos urbanos e industriales) (Dick 1997; Haney et al. 2003; Watanabe y Hamamura 2003; Araújo et al. 2003; Araújo y Monteiro 2006).

En cuanto a las ZA el crecimiento profundo de las raíces y una mejor estructura del suelo probablemente explica el aumento de la infiltración de agua observada. 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 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 adsorben plaguicidas durante los eventos de escorrentía. (USDA, 2000). 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 sub superficiales, 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, ello ayuda también a eliminar dichos contaminantes del medio.

En cuanto a la capacidad de depuración, se encontró que una franja de pastos estivales de 8 m de ancho de una zona buffer (amortiguación), es capaz de remover del 75 al 80 % de Atrazina, Metalocloro y Glifosato 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 m de cobertura herbácea y 7 m 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 sub superficial, alcanzando eficiencias del orden de 70%. Otros estudios en zonas buffer demostraron reducciones en aportes de fósforo, de un 22 al 24 %, comparados con la parcela control y una reducción en la erosión del orden del 28 % en un periodo de 5 años (Udawatta et al. 2002).

Las ZA tienen un potencial alto en la captura de nutrientes, (fosforo entre ellos), desactivar moléculas complejas y disminuir la erosión. Sin embargo son muy escasos o inexistentes los trabajos de evaluación de estos servicios, aunque varios beneficios de las prácticas agroforestales para el suelo y los microorganismos se informan en la literatura, más investigación es necesaria 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 y otros, 2002; Loveall y Sullivan, 2006); Uruguay no escapa a esta realidad por lo que son necesarios trabajos a nivel nacional para estudiar más precisamente su performance y criterios de diseño y variaciones según contextos locales.

- ZAs agroecológicas gestionadas por familias de productores, con Enfoque de Cuenca

Entendemos que la implementación de ZAs en los predios, 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, donde en las partes altas y medias se practique una agricultura diversificada con prácticas agroforestales, manejo racional del ganado y programas efectivos de conservación del suelo-. Además 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 y promoción de la agroecología, que permitirán por una parte la disminución del uso de insumos externos, el aumento de la

producción y mayores niveles de conservación de los recursos naturales. Además, 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.

Los sistemas ecológicos (orgánicos) de producción, reducen los impactos ambientales por unidad de superficie si se los compara con la agricultura convencional, bajando la carga de contaminantes que afectan aguas subterráneas y superficiales. (Cambardella, Delate, & Jaynes, 2015)(Jeffords, 2011) (Stolze, Priorr, Häring, & Dabbert, 2000), (Hass, 2006), (Rodale Institute, 2011). Esto se explica por el no uso de plaguicidas y fertilizantes de síntesis química, la mejora de la calidad de los suelos, que incide en la mejora de la infiltración y retención de agua y nutrientes en el suelo.

Como punto de partida y en base a la experiencia generada por CEUTA, se considera estratégico e imprescindible que las ZAs aporten beneficios y servicios al sistema productivo (Proyectos Buffer productivos PPD/MGAP, 2017-2018, Santa Lucia y Cisne). Cuando se logra generar una apropiación por parte del productor, es que podemos esperar (en el mejor de los casos) un sistema de mutuo beneficio familia-cuenca-sociedad; este es un desafío “cuello de botella” de importancia vital en la instalación de estos sistemas, y es aquí donde la implementación de políticas, herramientas fiscales adecuadas y posibles exoneraciones tributarias pueden contribuir a una adopción creciente de estos sistemas.

El objetivo específico de las ZAs operadas por productores es contribuir a la calidad hidrológica que aporta cada predio y a la salud hidrológica de la cuenca. Conocer las eficiencias de depuración a lo largo de las etapas de maduración de los sistemas permitirá estimar y emular distintas estrategias de escalamiento de los sistemas a escala cuenca.

Las ZAs o Buffer comienzan a ser tenidas en cuenta como una herramienta plausible de ser aplicada por DINAMA pero con naturales vacíos en lo que refiere a diseño, implementación, manejo, conocimiento sobre la efectividad e integración de funciones, e integrar y sensibilizar al productor en la importancia de las ZA<sup>4</sup>. Esto involucra 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 herramienta agroecológica:

---

<sup>4</sup>Expresado 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 MVOTMA, para más información: <http://www.mvotma.gub.uy/portal/sala-de-prensa/item/10009464-desafio-de-la-sustentabilidad-ambiente-y-agro.html>

- Información clara disponible para productores familiares dentro de cuencas vulnerables.
- Mantener y profundizar la continuidad, seguimiento y monitoreo de las experiencias de ZAs instaladas en el marco de proyectos liderados por ONGs con plataformas multidisciplinares.
- Monitoreo. Estos sistemas constituyen valiosos puntos iniciales, con gran potencial para la generación de datos y resultados vinculados a los objetivos establecidos.
- Análisis Económicos. Escala predio: Se debe encarar conjuntamente la problemática económica del “Lucro cesante” de la superficie ocupada por las ZA, los costos de la instalación y seguimiento, y de monitoreo. Escala Cuenca: A su vez es necesario contrastar esto con los costos ambientales, sociales y de salud generados por la degradación de la cuenca.
- Es clave que las distintas experiencias de instalación y gestión de zonas buffer en el marco de la gestión integrada de cuencas dialoguen entre sí. Se deben establecer reuniones de diálogo de saberes (técnicos, productores, y gobiernos locales).

Para su adecuado desarrollo las ZAs deben estar acompañadas tanto del asesoramiento y acompañamiento técnico como de una proyección económica, donde queden implícitos los riesgos que los productores están dispuestos a asumir, esto entendiendo que toda la energía que pongan en el desarrollo de una ZA es energía que le quitan a sus sistemas productivos “clásicos”.

Desde el enfoque de la Agroecología, el aumento de la agro biodiversidad predial con un diseño y enfoque adecuado, puede contribuir al mejoramiento de los sistemas tanto biológicos de sostén, como contribuir a una mejora de los sistemas productivos.

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 del proyecto es el sistema “mixto”, esto es un sistema conformado por pastos perenes, arbustos y árboles, combinados entre sí.

Las zonas de amortiguación agroforestales (ZAs) tienen a nuestro juicio las siguientes potenciales ventajas:

- Rango amplio de potenciales productos, fruta, flores, miel, forraje, sombra, abrigo, aceites esenciales, leña.
- Mejor performance de depuración
- Mejor complementariedad de producciones
- Mayor resiliencia ante eventos climáticos adversos

- Emplazamiento de las ZAs

Para el emplazamiento de las zonas se recomiendan tres enfoques principales, el Enfoque de Cuenca o de Macro ambiente, la Sucesión ecológica y el Enfoque predial.

**Estudio de caso. Cuenca de la Laguna del Cisne.**

La Laguna del Cisne es un sistema lenticó natural, cuya cuenca está 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 la 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  $\mu\text{g}/\text{P}/\text{l}$  (1980) a 700  $\mu\text{g}/\text{P}/\text{l}$  (2012), (Informe Ambiental Estratégico, Sistemas Acuáticos Canarios, 2017), los niveles permitidos son 29  $\mu\text{g}/\text{P}/\text{l}$  (DECRETO 253/79).

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

### Enfoque de cuenca

El enfoque de cuenca contempla la dinámica hidrológica 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 de los predios candidatos, aquellos que tengan las condiciones para la instalación de las ZA 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 3 SAF, se integra en un Sistema de Información Geográfico (SIG) con nivel de resolución 1:20.000, 3 fuentes de información (4 en total) sobre el área buffer de la Laguna:

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 en 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

### Enfoque de sucesión ecológica.

La sucesión ecológica, o también llamada sucesión natural de especies, es la estrategia que utiliza la naturaleza para evolucionar en el proceso de cambio de los ecosistemas. Consiste en una sucesión de especies de plantas con distintas funciones y portes que en conjunto e interacción con el suelo propician las condiciones para que la reproducción, multiplicación e interacción de especies fluya hacia la vegetación clímax. Las asociaciones de plantas se suceden unas a otras, en un proceso dinámico y continuo. Como se verá más adelante tienen un rol importante en las ZA las especies pioneras, con especial énfasis en las especies leguminosas pioneras<sup>5</sup>.

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

- 1) el alto 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 (M. Achkar com. pers.)
- 3) Las escalas temporales necesarias para identificar fehacientemente el proceso de sucesión.

Este enfoque pretende contribuir a responder a la pregunta ¿Es viable la instalación de una comunidad vegetal con las características planteadas por las Z.A? ¿Es factible y favorable la integración de leñosas en ese lugar?, ecológicamente hablando intenta responder si tiene sentido plantar árboles ahí, qué tipo de herbáceas, y en qué criterios de diseño adoptaren 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.

A partir de la integración espacial de estas cuatro fuentes de información se pretende identificar las áreas con las mejores condiciones físicas para la implantación

---

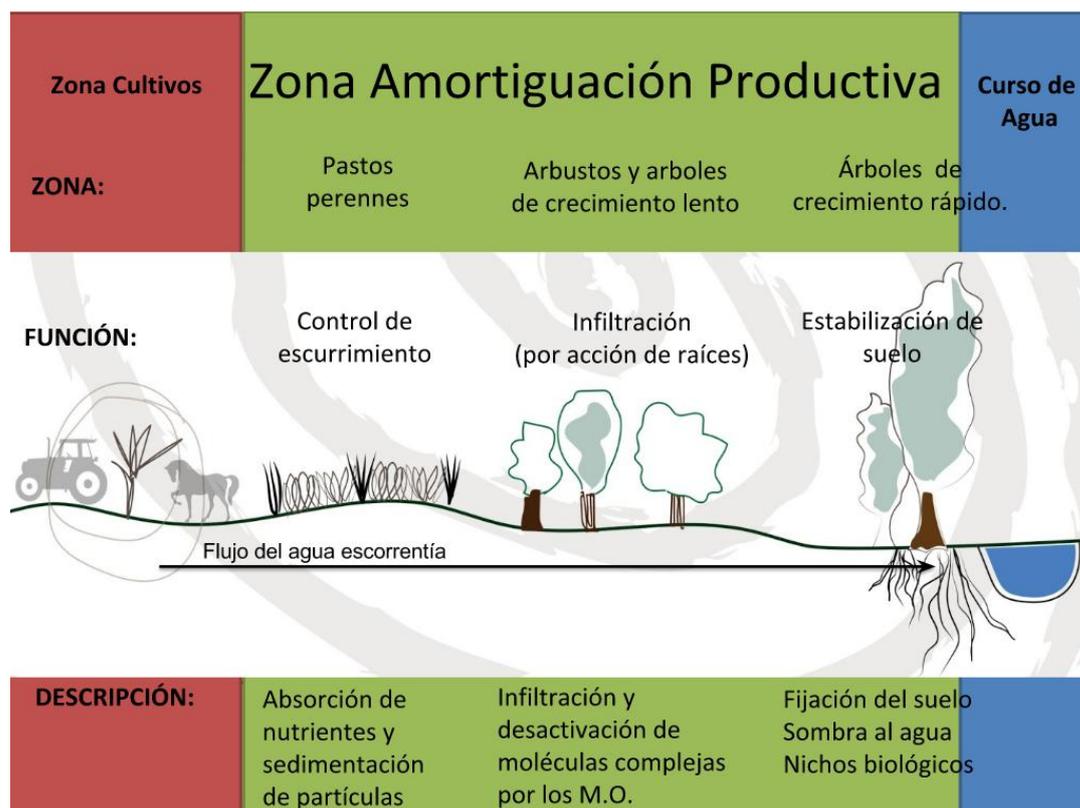
<sup>5</sup> Las plantas pioneras poseen ventajas evolutivas que les permiten prosperar en suelos degradados, y mejorar las condiciones para la llegada de las demás especies. Para ello poseen múltiples mecanismos como sistema radicular profundo, alta competitividad por luz, brotación vegetativa o producir biomasa en sus hojas que luego mejoran el suelo. En este apartado nos referiremos a especies pioneras, leguminosas nativas específicamente.

de los árboles, la mayor incidencia en la intercepción del flujo superficial del agua de escurrimiento y zonas con mayor nivel de alteración ambiental, degradación de suelos y vegetación.

### Enfoque de predio (agroecosistema)

Las ZA deben estar emplazadas físicamente entre los sistemas de producción o zona de cultivos (agroecosistema productivo) y el curso de agua (agroecosistema ripario), para cumplir su función depurativa correctamente.

**Figura1: Esquema de zona buffer** (Adaptación propia de “Design of riparian Forest Buffers”, Universidad de Minesotta, 2010.)



Como se dijo antes las ZA proveen principios para el diseño de las mismas y no son una receta única, el ancho de las mismas depende tanto de los sistemas de producción prediales (tipo, intensidad, superficie) y las especies a utilizar dependen de las características de los suelos y los regímenes de inundación. También según el enfoque del productor que está instalando la ZA priorizará la incorporación de especies frutales o especies forrajeras en caso de poseer producción animal.

## Marco territorial

La ADR (Agencia de Desarrollo Rural) del gobierno departamental de Canelones, en el marco de las medidas cautelares para la protección de la laguna del cisne, establece 20 ms de exclusión para los arroyos y 100 ms de exclusión para los márgenes de la Laguna. Esta declara prohibitiva las siguientes actividades:

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

Estas restricciones en algunos casos (sobre todo para los productores familiares de pequeñas superficies) pueden significar una disminución significativa en las superficies de producción, del aprovechamiento para servicios de pastoreo, extracción de leña, sombra para ganado, etc. Es en estas situaciones donde las ZAs se perfilan como una propuesta válida a incorporar en sus sistemas de producción.

Figura2: Ubicación de los predios seleccionados en mapa de padrones afectados por medidas cautelares. Pasalacqua, Ramos y De León.



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

## Listas participativas de especies y Potencial multifunción.

Se elaboró junto con los productores y técnicos socios del proyecto una lista de especies válidas para la instalación.

La lista esta arreglada de acuerdo a las 3 zonas principales, pero también hace énfasis en las funciones de cada especie, así como tenemos especies productivas (como las especies 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 son las biofiltrantes, que son las capaces de crecer en condiciones de anegamiento, y interceptan el flujo de escurrimientos superficial y sub superficial a través de su sistema radicular.

Como se ve se hace énfasis en la utilización de especies nativas desde un enfoque multipropósito y funcional a los agroecosistemas.

### Anexo 2. Especies propuestas para las zonas buffer según zona (Elaboración propia en base a búsqueda bibliográfica y experiencia de productores)

Zona de Pastizal	Observaciones:	Zona de árboles y arbustos	Observaciones:	Zona Arboles	Observaciones:
<i>Lotus uliginosus</i> INIA Tainin	Perenne rizomatoso adaptado	Leguminosas pioneras		<i>Salix humboldtiana</i>	biofiltrantes/madera/medicinal
<i>Paspalum notatum</i>	Nativo	<i>Senna corymbosa</i>	arbustivas	<i>Cephalantus glabratus</i>	biofiltrantes/medicinal
<i>Paspalum clandestinum</i>	Nativo	<i>Sebasnia punicea</i>	arbustivas	<i>Sapium haematospermum</i>	biofiltrantes
<i>Bromus auleticus</i>	Nativo, no inundable	<i>Sebasnia virgata</i>	arbustivas		
<i>Lotus corniculatus</i>	Productivos	<i>Caillandria tweedii</i>	arbustivas forrajera		
<i>Trifolium repens</i>	Productivos	<i>Mimosa sp.</i>	arbustivas		
		<i>Inga uruguensis</i>	arbol		
		<i>Parapiptadenia rigida</i>	arbol		
		<i>Eriythyna crista galli</i>	arbol		
		<i>Acce sellowiana</i>	Arbusto frutal		
		<i>Psidium cattleianum</i>	Arbusto frutal		
		<i>Eugenia Uniflora</i>	Arbusto frutal		
		<i>Parkinsonia aculeata</i>	forrajera		
		<i>Prosopis nigra,</i>	forrajera		
		<i>Prosopis affinis,</i>	forrajera		
		<i>Myrsine sp.</i>	forrajera		

## BIBLIOGRAFIA:

- ACHKAR et al. Cuenca del Río Santa Lucía – Uruguay- Aportes para la discusión ciudadana. (2012) IECA- Facultad de Ciencias- UdelaR, REDES, AMIGOS DE LA TIERRA, URUGUAY SUSTENTABLE.
- ADEMIR SÉRGIO FERREIRA ARAUJO, LUIZ, FERNANDO CARVALHO LEITE, BRUNA DEFREITAS IWATA, MARIO DE ANDRADE LIRA, GUSTAVO RIBEIRO XAVIER, et al. (2012). Microbiological processes in agroforestry systems, a review. *Agronomy for a sustainable development*. Vol. 32, Nº 1.
- Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que umacoisatem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro / Wigold Bertoldo Schäffer... [et al.]. – Brasília: MMA, 2011. 96 p. : il. color. ; 29 cm. + mapas. (Série Biodiversidade, 41)
- BIZZOZERO F. Y CARRO G. (2018). *Sistemas Agroforestales Agroecológicos Familiares, Bioma Pampa*. 68p.
- BRAZEIRO A, SOUTULLO A Y BARTESAGHI L, (2012). Prioridades de conservación dentro delas eco-regiones de Uruguay. Informe técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 20p.
- BRAZEIRO A. (2015). Módulo 2 Curso ecología de bosques. Facultad de ciencias.
- Decreto 253/79 normas de calidad de aguas.
- Decreto departamental: Proyecto de reglamentación cautelar laguna del cisne, 18/11/2015. Exp. 2015/14000/16339.
- Informe Ambiental Estratégico, (2017) Sistema acuáticos canarios estado del conocimiento y gestión ambiental, CURE, Universidad de la república, gobierno departamental de Canelones.
- Informe Ambiental Estratégico, (2017) Sistema departamental de áreas de Protección de Canelones, SDAPA, gobierno departamental de Canelones.
- Informe sobre la calidad del agua en la cuenca del Río Santa Lucía: estado de situación y recomendaciones (2013), MOVUS. (Movimiento Uruguay Sustentable).
- Instituto Brasileiro de Florestas. <https://www.ibflorestas.org.br/bioma-pampa.html>
- KRUK. C et al. (2013). Ficha: Análisis de la Calidad de Agua en Uruguay, Vida Silvestre, AAE, UICIN.
- Ley nacional de Aguas (Plebiscito octubre 2004).
- LIN, C.H., LERCH, R.N., GARRETT H.E. AND GEORGE, M.F. 2004. Incorporation of selected forage grasses in riparian buffers designed for the bioremediation of atrazine, isoxafutole (Balance) and nitrate. *Agroforestry Systems*. 63: 91-99.

- LIN, C.H., LERCH, R.N., JORDAN, D., GARRETT, H.E., ANDGEORGE, 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. p. 182-195.
- PERAZZOLI et al. (2015) (citando a Vitousek et al., 1997). Fundamentación y propuesta de desarrollo de la Agroecología en cuencas estratégicas de nuestro país. Red de Agroecología y Red de Semillas criollas. Documento interno.
- Resolución Ministerial 229 año 2015, 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 Río Santa Lucía.
- Resolución Ministerial 58 año 2016, 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.
- TAPIA F. Y VILLAVICENCIO A. (2007). Uso de biofiltros para mejorar la calidad del agua de riego. Boletín INIA, Chile nº 170.
- USDA(2000). Conservation buffers to reduce pesticides losses, 29p.