



Programa Marco para la gestión sostenible de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático
Programa Marco para gestão sustentável dos recursos hídricos da Bacia do Prata, considerando os efeitos decorrentes da variabilidade e mudanças do clima



Buenas prácticas en el uso del suelo en la Cuenca del Plata



CIC
Cuenca del Plata



FONDO PARA EL MEDIO
AMBIENTE MUNDIAL



Programa de las Naciones
Unidas para el Medio Ambiente



Organización de los
Estados Americanos
Mas derechos pero mas gente

Buenas prácticas de uso y manejo del agua y suelo en la Cuenca del Plata

Diciembre de 2016



Buenas prácticas de uso y manejo del agua y suelo en la Cuenca del Plata

Índice

15	PREFACIO
19	CAPÍTULO 1: SOBRE ESTA PUBLICACIÓN
19	1.1 INTRODUCCIÓN
20	1.2 ANTECEDENTES
21	1.3 OBJETIVOS
23	CAPÍTULO 2: BUENAS PRÁCTICAS DE USO Y MANEJO DE SUELOS EN CUENCAS DE ARGENTINA
23	2.1 ANTECEDENTES
24	2.2 MARCO JURÍDICO
25	2.3 DEGRADACIÓN DE SUELOS
26	2.4 PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SOSTENIBLE
27	2.5 EL AGUA EN LA AGRICULTURA Y SU CONSERVACIÓN
28	2.6 CONTROL DE EROSIÓN EN ÁREAS CRÍTICAS
28	2.6.1 Técnicas de bioingeniería
33	2.6.2 Técnicas de manejo agronómico
36	2.6.3 Técnicas de manejo del relieve
41	2.6.4 Mecanización
41	2.6.5 Recuperación de suelos afectados por inundaciones
42	2.6.6 Recuperación de los suelos salinos en áreas con problemas
43	2.6.7 Prácticas de manejo sustentable de tierras secas
48	2.7 CONCLUSIONES
51	CAPÍTULO 3: BUENAS PRÁCTICAS DE USO Y MANEJO DE SUELOS

EN CUENCAS DE BOLIVIA

51	3.1 ANTECEDENTES
52	3.2 MARCO JURÍDICO
52	3.3 ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN.
53	3.4 TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS
54	3.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERVENCIÓN
55	3.6 CRITERIOS PARA SU IDENTIFICACIÓN
56	3.7 MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
60	3.8 MANEJO Y CONTROL DE ÁREAS DEGRADADAS
64	3.8.1 Control de cárcavas
65	3.8.2 Manejo de aguas
66	3.9 CONTROL HIDRÁULICO
69	3.10 MEDIDAS AGRONÓMICAS
70	3.11 CONCLUSIONES

73 CAPÍTULO 4: CONSERVACIÓN DEL AGUA Y SUELO EN CUENCAS DEL BRASIL

73	4.1 ANTECEDENTES
73	4.2 DEGRADACIÓN DE TIERRAS EN BRASIL
74	4.3 CONSERVACIÓN DEL AGUA Y SUELO EN LA PRODUCCIÓN
75	4.4 USO Y CONSERVACIÓN DEL AGUA
75	4.5 CONSERVACIÓN DEL SUELO
79	4.6 PROCESO DE DEGRADACIÓN DE PASTURAS
80	4.7 MANEJO DE PASTIZALES
81	4.8 RECUPERACIÓN DE PASTOS DEGRADADOS

82	4.9 INTEGRACIÓN DE LA AGRICULTURA, GANADERÍA Y SILVICULTURA
87	CAPÍTULO 5: USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL SUELO Y AGUA EN CUENCAS DEL PARAGUAY
87	5.1 ANTECEDENTES
89	5.2 REGIÓN ORIENTAL DE PARAGUAY
89	5.3 EL CHACO PARAGUAYO
89	5.4 BUENAS PRÁCTICAS DE USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS EN PARAGUAY
90	5.5 SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA
91	5.6 MANEJO DE CULTIVOS DE COBERTURA E IMPACTO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO
94	5.7 SIEMBRA DIRECTA O LABRANZA CERO
97	CAPÍTULO 6: USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL SUELO Y AGUA EN CUENCAS DEL URUGUAY
97	6.1 ANTECEDENTES
98	6.2 DEGRADACIÓN Y EROSIÓN DE SUELOS
99	6.3 ANTECEDENTES PARA EL INICIO DE PRÁCTICAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
100	6.4 BUENAS PRÁCTICAS DE USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
107	6.5 USO Y PROTECCIÓN DEL AGUA
108	6.6 USO DE SUELOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA FORESTACIÓN INDUSTRIAL
109	6.7 ACTIVIDADES DE MANEJO PECUARIO
109	6.8 POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN URUGUAY
110	6.8.1 Normas legales

115	6.8.2 Adaptación y validación del modelo en Uruguay
117	6.8.3 Estrategia de control
117	6.9 CONCLUSIONES
119	CAPÍTULO 7: IMPACTOS LOGRADOS POR LA COMISIÓN TRINACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA CUENCA DEL RÍO PILCOMAYO
119	7.1 ANTECEDENTES
121	7.2 EROSIÓN Y PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA ALTA
121	7.3 MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS (MIC)
123	7.4 BUENAS PRÁCTICAS DE USO Y MANEJO DE SUELO Y AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO PILCOMAYO
123	7.4.1 Metodología de intervención
124	7.4.2 Resultados
127	7.4.3 Asistencia técnica y transferencia tecnológica
127	7.4.4 Medidas agronómico–culturales
130	7.4.5 Medidas agroforestales
130	7.4.6 Métodos de riego
131	7.5 HUMEDALES DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO PILCOMAYO
132	7.6 CONCLUSIONES
135	CAPÍTULO 8: IMPACTOS LOGRADOS POR EL PROGRAMA ESTRATÉGICO DE ACCIÓN PARA LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO BERMEJO
135	8.1 ANTECEDENTES
137	8.2 PROCESO DE DEGRADACIÓN DE SUELOS EN LA CUENCA DEL RÍO BERMEJO
138	8.3 ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y AMBIENTAL
139	8.4 MODELOS PRODUCTIVOS IMPLEMENTADOS EN LA CUENCA DEL RÍO BERMEJO
141	8.4.1 Proyectos ejecutados en ecorregiones de la Cordillera Oriental
141	8.4.2 Proyectos ejecutados en Sierras Subandinas
143	8.4.3 Proyectos ejecutados en ecorregiones del Chaco Semiárido

143	8.4.4 Proyectos ejecutados en el Chaco Subhúmedo Oriental o Chaco Central
143	8.4.5 Proyectos ejecutados en ecorregiones del Chaco Húmedo
148	8.5 MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y REHABILITACIÓN AMBIENTAL DESARROLLAS EN EL PEA BERMEJO
149	8.5.1 Obras para el control de la erosión
151	8.5.2 Obras para la protección de márgenes
152	8.5.3 Obras de consolidación de cauces.
157	8.6 CONCLUSIONES
161	CAPÍTULO 9: IMPACTOS LOGRADOS EN EL PROYECTO MANEJO SUSTENTABLE DE BOSQUES EN EL ECOSISTEMA TRANSFRONTERIZO DEL GRAN CHACO AMERICANO
161	9.1 ANTECEDENTES
162	9.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO EN EL PUNTO FOCAL BOLIVIA
163	9.3 CLIMA Y PRECIPITACIÓN
163	9.4 SUELOS
164	9.5 PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA EN EL ÁREA DEL PROYECTO
166	9.6 PRINCIPALES RESULTADOS
167	9.7 ÁREAS DEMOSTRATIVAS
169	9.8 BUENAS PRÁCTICAS DE USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
172	9.9 CONCLUSIONES
175	CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES
176	10.1 RECOMENDACIONES
179	GLOSARIO

183	REFERENCIAS
189	LISTADO DE FIGURAS
191	LISTADO DE TABLAS
193	CRÉDITO DE FOTOGRAFÍAS
195	LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS
199	REFERENCIAS INSTITUCIONALES
208	LISTADO DE PUBLICACIONES

Prefacio

La Cuenca del Plata es una de las más importantes del mundo, tanto por su extensión como por sus características socioeconómicas. Es un área de más de tres millones de kilómetros cuadrados, habitada actualmente por más de 110 millones de personas y que produce más del 70% del PBI de los cinco países que la integran.

La Cuenca constituye un sistema hídrico con una notable diversidad y productividad en materia biológica, alberga el mayor corredor de humedales de América del Sur y es reconocida como una de las más importantes cuencas del mundo por la cantidad, variedad y endemismo de su ictiofauna. No obstante su riqueza, es una de las cuencas más afectadas en lo social y económico por las cíclicas inundaciones y los persistentes periodos de sequías. La relación entre la hidrología, las modificaciones en el uso del suelo y las incertidumbres respecto del clima futuro, plantea una serie de desafíos para disminuir la vulnerabilidad a los desastres naturales y atender la gestión ambiental y las necesidades de la población en condiciones de pobreza y marginalidad. En este escenario, el desarrollo económico y social requerido, dentro del marco de integración regional que lo contiene, plantea la

necesidad de un gran esfuerzo en la valoración, conciencia y educación respecto de la naturaleza.

En 2001, los gobiernos de los cinco países que integran el Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata (CIC) decidieron incorporar al organismo capacidades técnicas para atender estos desafíos y concertar un Programa de Acción como guía para una gestión, donde los recursos hídricos juegan un papel clave, incluyendo las relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas y sus vínculos con el uso del suelo y el clima. En este esfuerzo, que desarrolló por primera vez un enfoque integrado, las instituciones participantes coincidieron en la necesidad de fortalecer una visión común de la Cuenca, buscando identificar y priorizar problemas comunes y sus principales causas, de manera de enfrentarlos en forma conjunta y coordinada en un proceso participativo.

En base a estos antecedentes, se llevó a cabo el *Programa Marco para la gestión sostenible de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático* (Programa Marco), que fue concebido como un proceso de gestión de

largo plazo, a ser ejecutado en forma coordinada por los cinco países, en el marco del CIC. La Etapa 1 del Programa Marco –ejecutada entre 2011 y 2016– permitió profundizar los trabajos de diagnóstico para caracterizar de forma más precisa y detallada los problemas de la Cuenca, obteniendo una visión integral del estado de los sistemas hídricos. A partir de este mejor conocimiento, se formuló el Programa de Acciones Estratégicas (PAE), como documento de políticas y acciones prioritarias consensuadas por los cinco países para resolver los principales problemas identificados, particularmente aquellos de carácter transfronterizo.

Los trabajos fueron desarrollados con la activa participación de las instituciones nacionales de cada país, a través de especialistas designados para conformar Grupos Temáticos, que actuaron como instancia de planificación y consenso técnico en la implementación de las distintas subcomponentes en que se estructuró la ejecución del Programa Marco. Los productos de este esfuerzo se sintetizan en una serie de publicaciones –de la cual el presente documento forma parte– que dan muestra de los resultados obtenidos.

El Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Pla-

ta, agradece el compromiso y esfuerzo de cada una de las personas e instituciones que apoyaron y participaron de la ejecución del Programa Marco. Asimismo, reconoce la valiosa cooperación y aporte de la Organización de los Estados Americanos (OEA), a través de su Departamento de Desarrollo Sostenible, quien colaboró y apoyó al CIC en la ejecución del Programa, y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), quien actuó como agencia de implementación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

El trabajo desarrollado durante esta primera etapa del Programa Marco representó una experiencia pionera para más de 80 instituciones y 700 especialistas de la región, que han logrado articular los intereses y voluntades de cada país en la búsqueda de un objetivo común orientado a la gestión integrada de los recursos hídricos, en el marco de la variabilidad y el cambio climático. Se espera que la experiencia de gestión y las herramientas técnicas desarrolladas cimenten y fortalezcan la voluntad de cooperación e integración regional, buscando avanzar hacia el objetivo de lograr un desarrollo sostenible en cada uno de los países de la Cuenca del Plata y el bienestar de sus habitantes.

Capítulo 1:

Sobre esta publicación

1.1 INTRODUCCIÓN

La erosión de suelos es un proceso físico de remoción del material superficial por acción del agua en forma espontánea, cuya intensidad varía de un escenario a otro de acuerdo con las condiciones del medio y el impacto de la intervención del hombre en el mismo, a través de procesos de aprovechamiento de los recursos naturales (uso de la tierra, riego, etc.). Como todo proceso de degradación ambiental, los problemas de erosión se originan a partir de una combinación de factores de orden natural (o biofísico) y socioeconómicos; es decir, que existe una interdependencia entre las características propias de la zona (geología, geomorfología, régimen hidrológico e hidráulico) y las formas de uso y aprovechamiento de los recursos naturales por parte de la población asentada en la cuenca, tanto a través de la agricultura como de la ganadería.

La problemática de erosión y degradación ambiental que se evidencia en la Cuenca del Plata es de gran significación para la población que está directamente relacionada con la cuenca. A la hora de identificar sus causas, conviene señalar que la cobertura vegetal de la Cuenca del Plata ha su-

frido cambios extremos por el inadecuado uso y aprovechamiento de los recursos naturales existentes en ella, que han conducido a la degradación de extensas áreas, dando paso a la formación de procesos erosivos. Otro factor influyente ha sido la ocupación de espacios para la producción agrícola, sin tomar en cuenta elementos de planificación sobre el uso adecuado de los suelos, como el empleo de terrenos en pendientes fuertes y la deforestación.

En este marco, se justifica la intervención mediante obras e infraestructura de manejo y conservación de suelos en zonas de alta fragilidad, con el propósito de mitigar las pérdidas y los efectos negativos originados por los procesos erosivos que se manifiestan en la reducción de áreas agrícolas.

Por lo tanto, para enfrentar la problemática se requiere, además de un enfoque integral y de mediano a largo plazo, la articulación de factores técnicos y sociales, y la implementación secuencial de los diferentes componentes de un plan de manejo integral. Es importante tener en cuenta que, en todas partes del mundo, la conservación del suelo depende del uso apropiado de sus diversas clases, tratando a cada uno en función

de sus limitaciones y potencialidades, de la disponibilidad económica de los agricultores, y considerando que los suelos agrícolas son la base del sustento y la seguridad alimentaria del hombre, por lo que constituyen su principal recurso natural (Gutiérrez, 2013).

1.2 ANTECEDENTES

Este documento tiene como objetivo la integración de los resultados de proyectos e iniciativas de la región relacionadas con la temática, buscando así armonizar y diseminar mejores prácticas de conservación de suelos a nivel de

Figura 1.3.1

Mapa general de la Cuenca del Plata



Fuente: Instituto Nacional del Agua de Argentina (INA). Recuperado de: www.ina.gov.ar

la cuenca, y promoviendo la creación de una plataforma de información útil para evaluar el proceso de degradación y erosión de tierras.

Las actividades de sistematización comprenden una revisión exhaustiva de documentos, libros, artículos y publicaciones en internet, basadas en las buenas prácticas de manejo del recurso suelo desarrolladas en la Cuenca del Plata con el fin de obtener una visión integral de las acciones conservacionistas, orientadas a atender la mitigación de la erosión de suelos en las cuencas transfronterizas, y de relacionar los logros que se destacan en cada región.

1.3 OBJETIVOS

Esta publicación pretende identificar y sistematizar buenas prácticas sobre ma-

nejo y uso de suelos con énfasis en la producción de sedimentos por la acción antrópica, identificando aquellas que sean de interés común en la Cuenca del Plata.

De este modo, se describen las acciones de buenas prácticas de manejo que se vienen desarrollando en los cinco países que integran el CIC (**Figura 1.3.1**), colocando el énfasis en el uso y manejo sostenible del recurso suelo y en las acciones técnicas realizadas para la mitigación y recuperación del mismo. Así, se busca establecer un punto de partida para fomentar la conservación de este valioso recurso natural, con el fin de concientizar a la sociedad en general sobre la importancia del uso, manejo, conservación y recuperación del suelo en la Cuenca del Plata.

Capítulo 2:

Buenas prácticas de uso y manejo de suelos en cuencas de Argentina

2.1 ANTECEDENTES

Argentina es un país situado en el extremo suroeste de América del Sur. Limita al norte con Bolivia y Paraguay, al nordeste con Brasil, al este con Uruguay y el océano Atlántico, y al sur y oeste con Chile. El clima es templado, aunque podemos encontrar también un clima subtropical en el norte y subpolar en el extremo sur. Las características orográficas de la Argentina son la presencia de montañas en el oeste y de llanos en el este, configurando una planimetría que disminuye en altitud de oeste a este.

Los usos principales del suelo son: pastos (40%), tierra arable (12%) y zonas forestales (11%). Argentina es un país de marcados contrastes geológicos, geomorfológicos y climáticos, por lo que existe una gran diversidad de suelos.

Si bien se suele conocer al país por sus amplias planicies de suelos fértiles y clima húmedo, estas condiciones solo se presentan en menos de un tercio de su superficie, siendo el área restante dominada por condiciones áridas y semiáridas.

La llanura chaco-pampeana es una extensa planicie con pendientes muy suaves, en la que

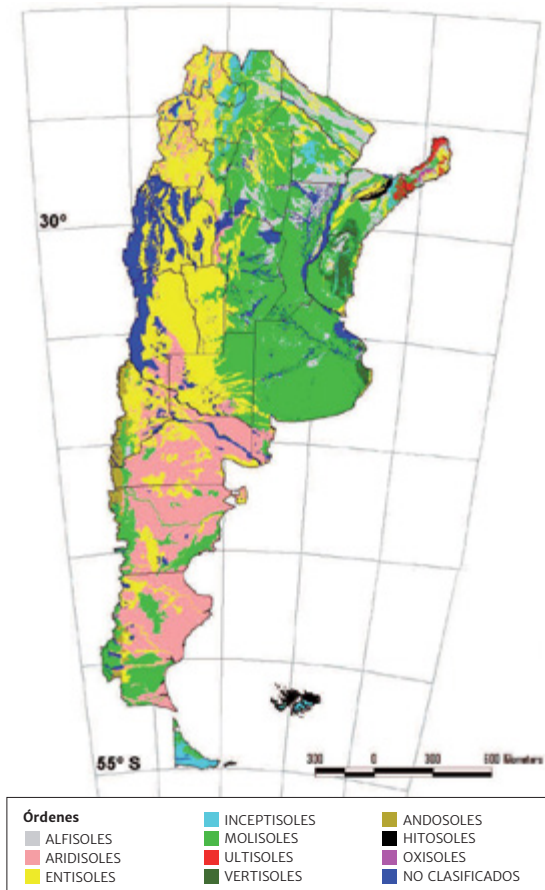
predominan los suelos bien desarrollados, con buenos valores de materia orgánica y elevada fertilidad natural. La **Figura 2.1.1** nos indica que el orden dominante en la región pampeana es el mollisol, caracterizado por suelos húmidos y fértiles. Sin embargo, la cordillera de los Andes se caracteriza, en el sector norte-centro, por sus marcadas pendientes y su clima seco, y por los suelos de textura gruesa y escaso desarrollo que aparecen entre amplios afloramientos rocosos. El sector sur, por su parte, se define por su clima frío y húmedo, la vegetación boscosa y los suelos de mayor desarrollo, algunos de ellos evolucionados sobre materiales volcánicos y de marcada fertilidad. Las sierras pampeanas presentan suelos con algún grado de desarrollo, de textura media a gruesa y de uso ganadero.

Según Gardi *et al.* (2014), la erosión hídrica afecta a los suelos de la mayoría de las provincias argentinas, comprendiendo una superficie total estimada en 25 millones de hectáreas, que se incrementa a razón de 250.000 hectáreas por año.

En las llanuras húmedas de la Argentina ocurren fenómenos de anegamiento e inundaciones periódicas que conducen a severos procesos de hidromorfismo y sa-

Figura 2.1.1

Mapa taxonómico de la República Argentina



Fuente: Inst. Nac. de Tecnología Agropecuaria (INTA).

linización de las tierras, perjudicando sus propiedades físicoquímicas y produciendo enormes pérdidas económicas. Más de 60 millones de hectáreas están sujetas a procesos erosivos, de moderado a grave, y cada año se suman unas 650.000 más que presentan diversos grados de erosión.

Por grado moderado se entiende una pérdida o alteración superior al 25% del horizonte superficial (el más fértil y productivo). Cuando el arrastre del suelo o la alteración intensa exceden el 50% de la misma capa, la erosión se denomina severa o grave.

La principal forma de degradación es la deforestación o el reemplazo de los bosques por la agricultura (principalmente por monocultivos de soja).

2.2 MARCO JURÍDICO

La generación y adopción de políticas agropecuarias y forestales sustentables es una necesidad en todo el mundo y en particular en Argentina, cuyo sector agrícola-ganadero presenta un marcado dinamismo. Por este motivo, han surgido normas regulatorias para la conservación de suelos, entre las que podemos destacar al Programa Provincial de Conservación de Suelos de la provincia de Córdoba.

Los objetivos del programa derivan de las obligaciones definidas en la legislación vigente en materia de suelos (Ley N°8936 de Conservación de Suelos y Ley N°8863 de Consorcios de Conservación de Suelos), de los respectivos decretos reglamentarios y de las competencias del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos de dicha provincia en lo referido a “contribuir al máximo desarrollo sustentable de todos los sectores productivos de la Provincia, con especial énfasis en la conservación de los recursos naturales y la viabilidad económica de las empresas agropecuarias”.

Específicamente, sus objetivos son:

- Controlar y prevenir los procesos de degradación de los suelos.
- Recuperar, rehabilitar y mejorar los suelos parara la producción.
- Difundir prácticas de manejo sustentable de los suelos.
- Promover la educación conservacionista.

- Promover el asociacionismo a través de la conformación de consorcios de conservación de suelos y de asociaciones de consorcios.

En relación a ellos, se establecen las siguientes obligaciones:

Elaborar un diagnóstico general del estado de los suelos del territorio provincial, declarar los distritos de recuperación de suelos y establecer el catálogo de prácticas conservacionistas a aplicar en aquellos distritos.

Integrar y presidir el Consejo Central de Protección de los Suelos.

Ejercer la aplicación de la Ley de Creación y Funcionamiento de los Consorcios de Conservación de Suelos (Ley 8863 del 2000), reglamentada mediante el Decreto 151/04, que define las normas de funcionamiento de los consorcios.

Cabe mencionar que cada 7 de julio se conmemora el Día de la Conservación del Suelo, instituida a través del Decreto N° 1574 de 1963, durante la presidencia de Arturo Illia, cuyo fundamento expresa: “El suelo agrícola configura el soporte más sólido de la economía argentina así como de su expansión futura y, consecuentemente, la conservación de nuestro recurso natural básico es imprescindible para garantizar el bienestar de todos los habitantes de la Nación”.

2.3 DEGRADACIÓN DE SUELOS

En la Argentina, un 20% del territorio (unas 60 millones de hectáreas) está afectado por procesos de erosión hídrica y eólica. A su vez, las regiones áridas y semiáridas del país, que cubren alrededor del 75%, albergan ecosistemas frágiles vulnerables a la desertificación. Estas regiones, que abarcan el oeste y sur del territorio nacional, se ven afectadas



Erosión en cárcavas en Colanzulí, Iruya, Salta, Argentina.

en un 10% de su superficie por una desertificación clasificada como muy grave, mientras que en un 60% ésta es de moderada a grave, a causa del pastoreo excesivo y del sobreuso de los recursos naturales.

La expansión del sistema de labranza cero o siembra directa en la llanura pampeana, cuyos suelos se ubican entre los más productivos del mundo, ocurrió en forma exponencial desde principios de la década de 1990. Esto permitió mejorar la calidad de los suelos gracias a un efectivo control de la erosión, el incremento de la materia orgánica del suelo y un mejor aprovechamiento del agua pluvial. Asimismo, en los últimos años se ha producido una simplificación de los sistemas productivos pampeanos y extrapampeanos con un paulatino reemplazo de las rotaciones tradicionales por el monocultivo de soja, lo cual genera preocupación debido a su impacto desfavorable sobre las funciones del suelo y la sostenibilidad del agroecosistema.

En las regiones áridas y semiáridas de la Argentina, la desertificación es un problema ambiental y socioeconómico que se desarrolla bajo climas con una severa escasez de agua, afectando negativamente a regiones con recursos naturales muy limitados en materia de suelo, agua y cobertura ve-

getal. A su vez, es muy notable la degradación de los recursos naturales de la región centro-oeste del país, que afecta a las provincias de La Rioja, San Juan, Mendoza, San Luis y el oeste de La Pampa.

El desmonte de los bosques secos, el sobrepastoreo extensivo de bovinos, ovinos y caprinos, y el uso del fuego sobre las formaciones del monte y el espinal, han provocado la destrucción de la cubierta vegetal, con incremento de los procesos de erosión y desertificación. La expansión de la frontera agropecuaria hacia zonas marginales de fragilidad ecológica ha ocasionado la degradación de los recursos naturales, con pérdidas cuantiosas de biodiversidad.

El manejo integrado de los recursos naturales aparece hoy como el sistema más apropiado y seguro para la empresa agropecuaria, tanto desde el punto de vista productivo como del impacto sobre los ecosistemas de la región.

2.4 PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SOSTENIBLE

En Argentina, el denominado proceso de “agriculturización” tiene dos ejes principa-



Cultivo de soja (región pampeana, Argentina).

les: la intensificación del uso de la tierra en las áreas tradicionalmente explotadas, como La Pampa, y la incorporación de nuevas áreas, particularmente del centro, noroeste y noreste, por lo general mediante el desmonte y la deforestación (Moscatelli y Pazos, 2008). La región pampeana presenta suelos fértiles y profundos bajo un clima templado-húmedo, constituyéndose en un ámbito poco frágil y con alta capacidad de recuperación o resiliencia. No obstante, se registran problemas de degradación cuando los suelos son manejados en forma irracional.

En los biomas de selvas y monte y de estepas arbustivas bajo condiciones subtropicales y áridas, respectivamente, se presentan suelos con baja acumulación de materia orgánica, poco fértiles, que resultan muy vulnerables (con escasa capacidad de recuperación). Esto propicia procesos de erosión hídrica y eólica y, en consecuencia, de desertificación, lo que se considera una situación difícil de revertir.

Así, los ecosistemas argentinos, y sus suelos en particular, se enfrentan principalmente a tres amenazas y oportunidades: la expansión de la frontera agropecuaria, el cambio de paradigma productivo y el impacto del cambio climático. A ello se le suman los aspectos socioeconómicos vinculados con el uso y la tenencia de la tierra, la integración de las cadenas productivas y las cuestiones derivadas de las políticas nacionales de desarrollo agroindustrial.

El cambio de paradigma productivo supone una modificación conceptual de los objetivos, las prácticas y la tecnología de los cultivos. En este sentido, en Argentina se ha comenzado a adoptar el sistema de siembra directa, alcanzando en la actualidad unas 19 millones de ha, lo cual representa más del 50% del área total cultivada. Además, se destaca el empleo de variedades transgé-

nicas y el aumento del uso de fertilizantes (aunque esto no siempre implica una verdadera reposición de nutrientes).

En lo que se refiere al cambio climático, se estima que se registrarán modificaciones en los patrones de distribución de las lluvias e incrementos de las temperaturas. En Argentina, durante los últimos 40 años han aumentado las precipitaciones estivales, observándose su desplazamiento hacia el oeste, lo que ha permitido el ingreso de cultivos como soja y maíz en áreas tradicionalmente ganaderas o de cultivos de invierno. Es importante poder predecir estos cambios e identificar los procesos que afectarán las funciones de los suelos dentro del ecosistema, mediante estudios agroclimáticos continuos y el incremento de las estaciones de observación y monitoreo.

Durante las próximas décadas, los productores agropecuarios, el sistema científico tecnológico y los países agroexportadores, como Argentina, enfrentarán los desafíos de aumentar la productividad de los suelos; disminuir los impactos negativos de las actividades sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; recuperar áreas degradadas e implementar prácticas de uso sostenible de las tierras, con vistas a proveer alimentos suficientes a la población mundial y mantener la calidad ambiental.

Moscatelli y Pazos (2008) mencionan que para prevenir y controlar los procesos de degradación se deberían aplicar diferentes prácticas alternativas de recuperación y conservación de la tierra y el agua. Precisamente, un sistema efectivo para prevenir la erosión y mantener la estructura del suelo, que ha sido ampliamente incorporado en la región pampeana, es la ya mencionada siembra directa. En términos relativos, Argentina queda colocada como el país con la mayor superficie que ejerce esta prácti-

ca. Cabe destacar, en este marco, el trabajo permanente de la Asociación Argentina de Productores de Siembra Directa (AAPRESID), una institución privada que ha contribuido con la difusión del sistema. Dicha organización tiene proyectos en conjunto con centros de investigación, tecnológicos, universidades y organismos de extensión y experimentación, orientados a evaluar las ventajas y desventajas del sistema en diferentes regiones ecológicas.

2.5 EL AGUA EN LA AGRICULTURA Y SU CONSERVACION

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTA) (2008) menciona que en muchas áreas agrícolas del país, el déficit de agua no radica únicamente en la escasez de las precipitaciones sino en el insuficiente almacenaje de agua en el suelo, a causa de un inadecuado manejo de la infiltración y el escurrimiento.

Mediciones realizadas por este instituto indican que, muchas veces, se pierde por escurrimiento más del 40% del agua de lluvia: “Si un 1 mm de agua de lluvia equivale a 1 litro por m², la lluvia caída en una hectárea equivaldrá a 10.000 litros de agua. Tomemos a modo de ejemplo un campo de 100 hectáreas que pierde un 30% del agua por escurrimiento. Esto significará que si llueve 1 mm se escurrirán por la superficie del terreno 300.000 litros de agua. Si se considera la totalidad de las lluvias que ocurren durante 1 año y la cantidad de campos existentes en una zona determinada o cuenca, nos encontraríamos con valores sorprendentes” (INTA, 2008).

Aplicando algunas prácticas conocidas de manejo de los cultivos y técnicas de conservación del suelo y el agua, se puede aumentar la cantidad de lluvia infiltrada y almacenada en el suelo y mejorar tanto el uso del

agua como la conservación del suelo, además de lograr una mayor producción, tanto en cantidad como en calidad.

Una manera muy práctica y efectiva de mejorar el aprovechamiento de las lluvias es protegiendo la superficie del suelo con los residuos vegetales de la cosecha anterior (rastreo), principalmente los de aquellos cultivos que dejan grandes volúmenes de materia orgánica como el maíz y el sorgo. Estos residuos protegen la superficie de la tierra debido a que absorben la energía erosiva de las gotas de lluvia, evitan la destrucción de los terrones y la estructura del suelo y, por lo tanto, contribuyen a limitar o anular la formación de costras que dificultan la infiltración del agua y la entrada de aire al suelo.

Estas prácticas deben ser complementadas o integradas con labranzas conservacionistas, entre las que se destaca la siembra directa, ya que se basa en un mínimo número de labores, en el uso de herramientas específicas y en la protección del suelo con cobertura vegetal. Estas técnicas de manejo del suelo, en conjunto con otras de manejo de cultivos (adecuada fecha de siembra, densidad de plantas, selección de variedades y rotaciones, fertilización, manejo integrado de plagas), deben ser consideradas y puestas en práctica para optimizar el uso del agua en un marco de producción sostenible y sustentable (INTA, 2008).

Existe una demanda constante y creciente de alimentos, tanto en cantidad como en calidad, para una población que crece progresivamente y se reconoce que el agua es la principal limitante para facilitar la producción. Por lo tanto, el desafío es hacer un uso lo más eficiente y racional posible de ella, apuntando a conservar los recursos naturales para garantizar la seguridad alimentaria local, regional y mundial.

2.6 CONTROL DE EROSIÓN EN ÁREAS CRÍTICAS

El presente trabajo centrará su análisis en las medidas de uso, manejo y conservación de suelos y cultivos, enfocadas principalmente en las tierras que corresponden a la Cuenca del Plata, por ser las más afectadas tanto en intensidad como por recurrencia del fenómeno de erosión. Así, se buscará realizar un análisis sintético de las medidas preventivas y correctivas que actualmente se llevan a cabo en la Cuenca.

2.6.1 Técnicas de bioingeniería

Se entiende por bioingeniería al uso de la vegetación para la estabilización de laderas, riberas de cursos de agua y control de la erosión hídrica y eólica en áreas críticas. Conceptualmente, se utiliza el término bioingeniería para referirse a aquellas técnicas que usan cualquier forma de vegetación, ya sea una simple planta o una colección de ellas como material de ingeniería; es decir, aquel material con características y comportamientos cuantificables. Por su parte, el término ingeniería biotécnica se refiere a aquellas técnicas en las cuales la vegetación se combina con estructuras inertes, tales como muros de piedra o gaviones, de modo de combinar los beneficios estructurales de los componentes vegetativos y no vegetativos (Morgan y Rickson, 1995).

Según Cisneros *et al.* (2012), las técnicas de bioingeniería permiten soluciones efectivas y sustentables, tanto desde el punto de vista económico como ambiental, ya que son tecnologías dinámicas y de acción creciente por el propio desarrollo del vegetal con el transcurrir del tiempo. No obstante, para su aplicación, es necesario entender la dinámica de los procesos a estabilizar y las propiedades de la vegetación, en relación con los procesos

Tabla 2.6.1.1

Sumario de técnicas de bioingeniería para el control de la erosión en áreas críticas

Técnica de bioingeniería	Función/Ubicación	Tipo de vegetación utilizada
Fajas buffer	Control de descarga de sedimentos y contaminantes. Márgenes de ríos y arroyos, bordes de canales de desagüe empastados, cabeceras de lotes.	Herbácea, arbustiva.
Fajas forestales de riberas	Control de erosión en márgenes de ríos y arroyos. Control de sedimentos y contaminantes. Protección de biodiversidad.	Combinada: herbácea, arbustiva, arbórea.
Canales de desagüe	Conducción de escurrimiento, control de cárcavas.	Herbácea
Forestación de cárcavas	Control de erosión del piso de cárcava.	Arbórea, arbustiva.
Rastrillos de retención	Control de erosión de cabecera y piso de cárcava, captura de sedimentos y contaminantes.	Arbustiva, herbácea.
Estacas vivas	Control de erosión en laderas, márgenes de ríos y arroyos	Arbórea.
Atado de ramas vivas	Control de erosión en laderas, márgenes de ríos y arroyos.	Arbórea, arbustiva.
Colchón de ramas	Control de erosión en laderas, márgenes de ríos y arroyos.	Arbustiva.
Capa de ramas y estacas vivas	Control de erosión en laderas, márgenes de ríos y arroyos.	Arbustiva.
Gavión de roca vegetado	Control de erosión en laderas, márgenes de ríos y arroyos.	Gavión, arbustiva.
Pared de piedra vegetada	Control de erosión en laderas, márgenes de ríos y arroyos.	Gavión, arbustiva.
Capa de rocas y estacas vivas	Control de erosión en laderas, márgenes de ríos y arroyos.	Roca, arbórea, arbustiva.
Espigones	Estabilización de márgenes de ríos y arroyos.	Arbórea, arbustiva, gavión, rocas.
Revestimientos de orilla	Estabilización de márgenes de ríos y arroyos.	Mantas, geotubos, herbácea, arbustiva.

Fuente: Cisneros *et al.* (2012).

de estabilización/desestabilización de suelos y laderas sobre las que se actúa.

A continuación, se describe un conjunto de técnicas de bioingeniería que utilizan vegetación herbácea, arbustiva o arbórea, dando cuenta de su función o ubicación y del tipo de vegetación utilizada. Algunas técnicas están discutidas en otras partes de la obra, por ejemplo, los canales de desagüe empasados o las fajas de cultivos a nivel.

a) Fajas buffer

Esta técnica, también llamada fajas filtro, consiste en la localización de una franja de pastura densa, aledaña a canales o cursos de agua, cuya función es la captura de sedimentos y contaminantes provenientes de tierras agrícolas. Las fajas buffer permiten mejorar la calidad de las aguas superficiales y aumentar la biodiversidad de las cuencas. Esta técnica puede usarse en combinación con otras vinculadas con los cursos de agua o con el control de cárcavas. El ancho de la faja buffer es variable según la importancia del curso a la que está asociada, oscilando entre 6 y 30 m.

Para la implementación de esta técnica deberá analizarse la proximidad de la franja al curso de agua, la profundidad de

la capa freática, la salinidad de la misma y del curso, como así también la altura y el ritmo de oscilación de la corriente. Las características de implantación definirán el uso de especies glicófitas, halófitas, hidrófilas o freatófitas, prefiriéndose el uso de aquellas de origen nativo por su adaptación ecológica y paisajística.

Las fajas buffer también pueden estar ubicadas en las cabeceras de lotes agrícolas, cumpliendo la misma función de captura de sedimentos y contaminantes. Son especialmente adecuadas para las zonas de salida de escurrimiento del lote o aguas arriba de embalses reguladores o represas (trampas de sedimento).

b) Fajas forestales de riberas

Se trata de áreas de forestación o arbustización localizadas de modo adyacente a los cuerpos de agua, cursos permanentes o intermitentes, lagos, represas, mallines, depresiones y áreas con recarga de la napa freática. Entre sus funciones, se pueden mencionar las siguientes:

- Evitar la erosión de las márgenes debido al efecto sobre la cohesión y al efecto mecánico de las raíces.



Faja buffer en el arroyo Cipión.



Construcción de faja forestal sobre el río.

- Retener sedimentos y contaminantes que circulan con el escurrimiento por disminución de la velocidad de flujo.
- Mantener ambientes de humedales.
- Mejorar las condiciones hidrológicas por reducción de la velocidad de flujo y mantenimiento del régimen.
- Mejorar la estética de los corredores de los ríos.

c) Reguladores de escurrimiento

Cisneros *et al.* (2012) indican que los reguladores de escurrimiento, también conocidos como microembalses, son pequeñas obras hidráulicas ubicadas de modo transversal a las vías naturales de escurrimiento, consistentes en un murallón de tierra, una salida o descarga principal, un área de embalse y una salida o vertedero de emergencia.

La función de los reguladores de escurrimiento consiste en disminuir los caudales máximos; es decir, producir la laminación del hidrograma de escurrimiento aguas abajo de la estructura de regulación. Los embalses adecuados para zonas agrícolas y llanuras tienen una altura máxima no superior a los 5 m.



Embalse de retención.

d) Canales de desagüe

Son estructuras hidráulicas encargadas de conducir los excesos de escurrimiento en forma no erosiva. Su función es la de consolidar las vías naturales o artificiales de escurrimiento e impedir la erosión lineal (surcos o cárcavas). En áreas bajo riego, su función es la de transportar el agua a los lugares de utilización con la mayor eficiencia posible y se utilizan también para la provisión de agua potable a poblaciones. En las áreas con problemas hidrohalomórficos se construyen además canales de drenaje, con el objetivo de deprimir los niveles freáticos además de desaguar excesos de escurrimiento.

El canal de desagüe cumple la función de conducir controladamente escurrimientos superficiales que normalmente tienen baja carga salina y alta concentración de sedimentos, mientras que el canal de drenaje cumple la función de deprimir los niveles freáticos. Esto se debe a que este último canal es construido con una sección diferente, siendo angosto y profundo, lo que le permite transportar agua con alta carga salina y menor contenido de sedimentos. Como puede observarse, en este caso, se emplean criterios de diseño y construcción diferentes a los habitualmente usados en conservación de suelos Cisneros *et al.* (2012).

e) Espigones

Son estructuras transversales ubicadas en el lecho de cauces permanentes, ancladas en la margen y cuya dirección puede estar orientada aguas abajo o aguas arriba del curso de agua. El principio de funcionamiento de los espigones es el de desviar los filetes de la corriente hacia el centro del cauce para evitar su acción erosiva contra las márgenes, logrando estabilizar las márgenes en cauces meandrosos, reducir la erosión de fondo y de márgenes, así como la

carga de sedimentos de los cursos permanentes. La técnica se aplica en ríos de régimen torrencial o de llanura, con sectores donde las técnicas de bioingeniería no son suficientes para estabilizar los márgenes.

Este tipo de infraestructuras son construidas especialmente en curvas y contracurvas de los cursos de los ríos, donde los materiales son muy susceptibles a la erosión por la corriente. La técnica constructiva consiste en emplazar los espigones directamente sobre el margen, lo que acaba resultando más económico aunque se deban reparar algunos pocos espigones dañados por la primera crecida. Asimismo, es necesario verificar que la línea de unión entre ribera/gavión no erosione la ribera, lo que haría colapsar la infraestructura.

f) Atado de ramas vivas

Esta técnica consiste en el uso de un conjunto de ramas de especies de fácil brotación y enraizamiento atadas a modo de largos cilindros. Las ramas deben provenir de brotes jóvenes y ser lo suficientemente rectas y largas para armar los atados. Estos, son enterrados en pequeñas trincheras cavadas en dirección perpendicular a la pendiente y afirmados al terreno con estacas de madera viva o muerta. Como resulta-



Espigones de gavión.

do, se logra la contención del deslizamiento ya que la longitud de las pendientes disminuye al reducir la distancia entre trincheras. Además, los atados funcionan atrayendo partículas del suelo.

Se trata de una práctica adecuada para zonas con pendientes rocosas, en las que se presentan dificultades para cavar trincheras de mayor profundidad. Vale destacar, además, que esta metodología crea un microclima propicio para el establecimiento de otros tipos de vegetación.

g) Estacas vivas

La técnica consiste en la inserción y cubrimiento de estacas enraizables en el suelo. Así, el sistema de estacas vivas crea un entramado de raíces que estabilizan y refuerzan la masa del suelo al unir las partículas y aumentar la cohesión del mismo por desecamiento. Es por esto que se la consi-



Colocación de atado de ramas (arriba). Prendimiento y brotación (abajo).

dera apropiada para reparar deslizamientos o pequeños derrumbes en zonas frecuentemente húmedas, meandros y bordes de ríos o arroyos con pendiente excesiva, dado que mejora las condiciones para el establecimiento de otras especies naturales del lugar y puede ser utilizada en conjunto con otras técnicas de bioingeniería, tales como la de atados de ramas vivas.

h) Gavión de roca vegetado

Los gaviones son contenedores rectangulares, fabricados con alambre galvanizado con triple torsión en una malla hexagonal, rellenos con piedras y tierra, y unidos unos con otros mediante costuras del mismo alambre. Los gaviones de roca vegetados se utilizan para la contención de derrumbes mediante la construcción de pequeños muros en la base de las laderas, lo que produce una disminución de la pendiente. Entre un gavión y otro, se coloca un entramado de ramas vivas que, luego de enraizadas y brotadas, ayudan a la estabilización de la estructura. El gavión incluye los canastos de alambre y la piedra para el relleno, y su construcción debe realizarse de tal manera que las piedras más grandes se coloquen en la periferia y las más pequeñas en el centro, mezcladas con tierra para mejorar el enraizamiento de las estacas.



Estabilización de laderas con base de piedras, forestación y vegetación.

i) Pared de piedra vegetada

Esta técnica es una combinación de rocas y ramas de arbustos, usadas para estabilizar y proteger la base de pendientes pronunciadas e inestables. Las paredes de roca vegetada difieren de las estructuras convencionales de apoyo de laderas, dado que están apoyadas en suelo no disturbado y no fueron diseñadas para resistir altas presiones de apoyo laterales (Cisneros *et al.* 2012).

Se trata de una técnica apropiada para reducir la pendiente y estabilizar laderas con una pared relativamente baja, cuando la disponibilidad de rocas sea alta. De este modo, se utilizan trozos de ramas vivas de un diámetro de entre 2 y 4 cm, con longitud suficiente como para sobresalir de las rocas y quedar enterradas en la tierra de la ladera. Las rocas deberán tener un diámetro de entre 25 y 50 cm, considerando que las mayores irán ubicadas en la base o fundación de la pared.

2.6.2 Técnicas de manejo agronómico

a) Asociación de cultivos

Es técnica ofrece una alternativa para la protección del suelo al producirse una ocu-



Cultivos intercalados de soja y sorgo.

pación simultánea del terreno de cultivos que ejercen protección hacia otros de menor velocidad de crecimiento o en diferente estadio de desarrollo. Asimismo, la diferencia en cuanto al aporte de materia orgánica que realizan cultivos de gramíneas y leguminosas produce un incremento de la estabilidad estructural superficial en los sectores que reciben un mayor aporte de residuos y de mejor calidad, lo que hace necesaria una adecuada planificación de las rotaciones de los cultivos dentro del lote.

b) Rotación de cultivos

El INTA (2011) destaca que un problema habitual en la búsqueda de prácticas conservacionistas para los sistemas agrícolas de los pequeños productores es la inclusión, junto con los cultivos de renta de la zona, de otros cultivos mejoradores de suelos (abonos verdes y/o cultivos de cobertura), de manera tal que estos últimos no interfieran con el desarrollo de los primeros y, por el contrario, generen ventajas productivas y económicas claramente visibles a corto y mediano plazo.

La alternancia de diferentes cultivos en tiempo y espacio, conocida como rotación de cultivos, permite una diversificación de los riesgos productivos, de tal manera que si las condiciones ambientales resultan desfavorables para un cultivo determinado, es poco probable que lo sean para los demás cultivos integrantes en la rotación, sembrados en otros lotes. De este modo, se logra disminuir el riesgo medio de la actividad, especialmente si ello se combina con estrategias de coberturas de precio y climáticas (Lorenzatti, 2003).

En síntesis, la rotación de cultivos consiste en alternar en campañas sucesivas en un mismo lote, los cultivos que crecen en la misma estación. El monocultivo, por el con-

trario, es la siembra de la misma especie, en un mismo lugar, durante varios ciclos consecutivos. El caso intermedio lo constituye la sucesión o secuencia de cultivos, en la que se repiten en un mismo lugar dos cultivos que crecen en diferente momento.

Como la rotación de cultivos es una práctica simple que trae muchos beneficios y no implica más inversión que el tiempo dedicado a la planificación, se convierte en una herramienta esencial para mantener la productividad de las chacras, mejorar su rentabilidad y contribuir con la sustentabilidad del sistema.

c) Abonos verdes y cultivos de cobertura

La producción y mantenimiento de una biomasa residual alta es importante para lograr una agricultura sustentable. Sin embargo, esta cobertura es difícil de conseguir en sistemas con baja presión de uso de la tierra, basados en un solo cultivo al año. En estos casos, la utilización de abono verde durante el período entre cultivos de renta genera un ingreso extra de rastrojos al sistema.

El uso de abonos verdes consiste en la incorporación al suelo de masa vegetal no descompuesta con la finalidad de mantener y/o recuperar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Un cultivo de cobertura, por otro lado, se define como una cobertura vegetal viva, temporal o permanente, que cubre el suelo y puede estar cultivada en asociación con otras plantas. Ambas prácticas admiten el cultivo de la especie en rotación, sucesión y asociación con los cultivos de renta o autoconsumo, pero se diferencian en que, si los abonos verdes pueden ser cultivados en otro sitio para ser incorporados luego al suelo a abonar, los cultivos de cobertura son sembrados directamente, *in situ*, en lugar de ser incorporados con posterioridad (INTA, 2011).

Cabe destacar que los cultivos de cobertura tienen valor por su efecto sobre la fertilidad del suelo o como forraje para el ganado. En las regiones donde las cantidades de biomasa producidas son muy pequeñas, como las áreas secas y los suelos erosionados, los cultivos de cobertura son especialmente beneficiosos por los siguientes motivos:

- Protegen el suelo en los períodos de barbecho.
- Evitan la pérdida de nutrientes, los movilizan y reciclan.
- Mejoran la estructura del suelo y rompen las capas compactadas.
- Permiten una rotación más intensiva con mayor aporte de rastrojo.
- Pueden ser usados para el control de malezas y plagas.

Los residuos de rastrojo también actúan como una cubierta protectora que atenúa la presión ejercida sobre la superficie del suelo por los tractores y los equipos de cosecha, evitando así problemas de compactación. Hay varias especies de cultivos que pueden ser usadas como cobertura vegetal como los cereales, las leguminosas y los cultivos de oleaginosas. Si bien todas ellas son de gran beneficio para el suelo, algunos cultivos presentan ciertas ventajas que conviene contemplar al planear el esquema de rotación. Por ejemplo, los cultivos de leguminosas enriquecen el suelo con nitrógeno y se descomponen rápidamente debido a su baja relación C/N (Lorenzatti, 2003).

d) Siembra directa

La siembra directa consiste en depositar la semilla en el suelo sin labrar con cobertura superficial. Es un método de siembra

conservacionista que le permite al productor mantener la productividad de sus suelos y, por lo tanto, obtener mayores ingresos económicos. No debe ser considerada como única práctica aislada y suficiente, sino complementaria con otras como el empleo de abonos verdes y la rotación de cultivos.

La superficie bajo siembra directa se ha incrementado en los últimos años: actualmente supera las 70 millones de hectáreas en todo el mundo, la mitad de las cuales corresponde a países de América Latina. De ellas, a su vez, el 50% están en Argentina, donde diversos organismos oficiales calculan casi 20 millones de hectáreas, o sea, el 70% de la superficie argentina (Lorenzatti, 2003).

Esta práctica ha puesto en marcha un nuevo paradigma en la agricultura, ya que permite superar el problema de la erosión y la degradación de los suelos. La fragilidad de los agroecosistemas trabajados bajo siembra directa es muy inferior a la del sistema de labranzas, lo que permite ampliar las superficies productivas sin los riesgos conocidos. Combinada con una adecuada secuencia y fertilización de cultivos, permite mejorar la fertilidad física y química, hacer un uso más eficiente del agua e incrementar la productividad de los suelos.

Además de los beneficios mencionados, se obtienen rindes productivos altos con estabilidad temporal y en armonía con el ambiente. De este modo, su utilización produce:

- Una reducción del 96% en la erosión del suelo.
- Un descenso del 66% en el uso de combustible.
- Menor emisión de carbono.
- Mayor calidad de agua.

- Mayor actividad biológica.
- Aumento de la fertilidad del suelo.
- Mayor estabilidad de producción y rendimiento.
- Incorporación de nuevas áreas para la producción.
- Menores costos de producción.

e) Conservación de forrajes

Debido a las características de los pastizales de la región, en invierno suele existir una escasez en la producción de pasto, mientras que el disponible es de muy baja calidad nutritiva, sobre todo por la falta de proteína. Una de las alternativas para cubrir ese faltante de pasto invernal es cortar el excedente de producción (natural o cultivado) para conservarlo como heno o silo, y disponer de forraje. De esa manera, si bien se dispondría de mayor cantidad durante las épocas frías, el contenido proteico se podría mejorar realizando mezclas con materiales de alto valor nutritivo, como por ejemplo, los llamados abonos verdes (INTA, 2011).

La utilización de leguminosas difundidas en la región como aporte de proteínas en forrajes conservados es el nuevo desafío a trabajar para la agricultura familiar del nordeste argentino.

2.6.3 Técnicas de manejo del relieve

Cisneros *et al.* (2012) manifiestan que las técnicas de manejo del relieve (también llamadas prácticas de conservación, prácticas estructurales o de sistematización) abarcan desde la simple ordenación de las líneas de cultivo, hasta prácticas muy complejas como la nivelación completa de terrenos

muy inclinados, con fines de implementar el uso agrícola. Estas técnicas se basan en diferentes principios de ordenamiento hidrológico como:

- Acortar la longitud de la pendiente con el objetivo de reducir la velocidad del escurrimiento o directamente de detenerlo.
- Generar microrrelieves superficiales que permiten incrementar la retención y el detenimiento superficial del agua en superficie y, de ese modo, mejorar la captación del agua en el lugar donde cae.
- Atrapar los sedimentos que se mueven con el escurrimiento, por el efecto de “filtro” que pueden tener los residuos en superficie siguiendo líneas en contorno.
- Controlar el movimiento de partículas por el viento (saltación), cuando la dirección de los microrrelieves o las fajas de cultivos cortan la dirección del viento predominante.
- Conducir controladamente los escurrimientos que no pudieron ser manejados por otras técnicas a lugares predeterminados, sin que causen erosión.

Las prácticas de manejo del relieve que se analizarán a continuación en orden de complejidad son:

- Cultivos cortando la pendiente.
- Cultivos en curvas de nivel o cultivos en contorno.
- Cultivos en fajas a nivel, cultivos intercalados a nivel.
- Cultivos en terrazas (banco o bancales, banco de conservación, de absorción o a nivel y de desagüe de escurrimiento o a desnivel).

Las tres primeras técnicas implican solamente un direccionamiento de las líneas de siembra en forma perpendicular a la pendiente del lote. En los cultivos en fajas, además, se intercalan cultivos con pastos o distintos tipos de cultivos. Los cultivos en terrazas implican movimientos de suelo en el lote, de ahí que suelen denominarse prácticas estructurales de conservación. Las terrazas de absorción o desagüe se basan en la construcción de pequeños bordos, mientras que las terrazas de banco implican el movimiento de grandes volúmenes de suelo, hasta generar superficies casi planas.

Los principales criterios para la selección de una técnica de manejo del relieve son los siguientes:

Potencial de escurrimiento y riesgo de erosión: Este es un criterio general que indica el grado de complejidad del lote a tratar. Incluye pendiente (gradiente, longitud y, especialmente, complejidad), agresividad del clima, erodabilidad del suelo, etc. Los suelos más permeables requerirán técnicas más sencillas que aquellos con dificultades para la infiltración. Cuanto mayor sea el potencial de escurrimiento/erosión, mayor complejidad tendrá la técnica de sistematización.

Tipo de sistema de producción: Incluye los sistemas mixtos ya que permiten la elección de técnicas que implican un uso diversificado del lote, como los cultivos en fajas con pasturas. Contrariamente, los sistemas de producción agrícola puros tenderán a adoptar técnicas que permitan un uso con un solo cultivo.

Forma de tenencia de la tierra: Una limitación a la adopción de estas técnicas son los sistemas de tenencia bajo arrendamiento de corto plazo, los que se inclinarán, a lo sumo,

por las técnicas más sencillas que no impliquen complicaciones de manejo y que no interfieran con maquinarias de grandes dimensiones, como sembradoras y pulverizadoras.

Costos: Cuanto mayor es el movimiento de suelo, mayores son los costos de la sistematización. Los métodos que no implican movimiento de suelo tienen un costo relativamente menor.

a) Cultivos cortando la pendiente

Este tipo de práctica conservacionista consiste en trazar una línea perpendicular a la pendiente principal de un lote, a fin de utilizarla como línea base para la siembra de cultivos (línea guía). Esta técnica es la más sencilla de implementar y se utiliza en condiciones de bajo potencial erosivo del sitio (pendientes uniformes y de bajo gradiente). A su vez, puede aplicarse a cualquier sistema de producción, ya que sólo implica la orientación de las líneas de siembra, tanto de cultivos como de pastos. Su efectividad para el control de la erosión dependerá de la rugosidad superficial generada por las labores, o por el rastrojo, y manejo de las condiciones de infiltración del suelo. Además, la línea guía trazada puede usarse para la implementación de cultivos en fajas cortando la pendiente.

b) Cultivos en curvas de nivel

Son prácticas agrícolas en las cuales los surcos se realizan a través de una línea guía trazada en el terreno que une puntos de igual altura sobre el nivel del mar. El cultivo en curvas de nivel, o en contorno, es aquel en el que las operaciones de labranza y siembra se realizan siguiendo esa línea. El efecto de esta práctica sobre la escorrentía es cortar la pendiente, de forma tal que cada surco o cada planta represente un obstáculo al avance del agua, aumentando la retención y

el detenimiento superficial de partículas de suelos como muestra la imagen.



Cultivo en curvas de nivel o en contorno.

Su aplicación se realiza en condiciones de relieve más complejo y pronunciado que la técnica de cultivos cortando la pendiente. Los riesgos de erosión son mayores y no pueden ser adecuadamente resueltos con una simple línea, siendo necesario cortar todas las direcciones de la pendiente. Las curvas guía para este tipo de cultivo pueden servir de base para la realización de cultivos en fajas a nivel.

c) Cultivos en fajas o franjas a nivel

En este tipo de prácticas, los cultivos son sembrados en fajas alternados con pasturas de crecimiento denso (franja de protección) y cultivos anuales en hileras (faja protegida),



Cultivos en franjas a nivel.

de modo perpendicular a la dirección de la pendiente o siguiendo curvas de nivel (cultivos en fajas a nivel o en contorno). Una variante de esta técnica consiste en la siembra en fajas de cultivos anuales, de distinto porte y ciclo de crecimiento, lo que constituye una forma de cultivos intercalados en franjas. Los principios de funcionamiento de los cultivos en fajas son los siguientes:

- Disminución de la velocidad y desorganización del agua de escurrimiento al fluir por la faja de césped denso (aumento del detenimiento y la retención superficial).
- Aumento de la velocidad de infiltración del agua, tanto en la faja de pastura densa como en la cultivada.
- Captura del sedimento procedente de la faja de cultivo, depositado en la faja empastada al disminuir la velocidad del agua de escurrimiento. Este fenómeno se ve promovido por el mayor desarrollo de la faja de pasto en contacto con la franja cultivada, lo que genera un efecto de bordura como se ve en la imagen.
- Protección mutua de los cultivos intercalados. El cultivo más temprano y denso (por ejemplo, maíz o sorgo) protege al cultivo más tardío y ralo (por ejemplo, maní o soja), tanto de la erosión hídri-



ca como eólica. Al año siguiente, el cultivo ralo se siembra en el sector cubierto con rastrojos abundantes (dejados por el maíz o el sorgo), y el cultivo denso se siembra más temprano en el sector con menor proporción de residuos (sector que viene del maní o la soja).

Las operaciones agrícolas en lotes cultivados en fajas se ejecutan en forma similar a las tierras trabajadas en curvas de nivel. Sin embargo, se deben tener en cuenta algunas particularidades:

- La siembra en fajas requiere el establecimiento de la rotación. Como el sistema se basa en la alternancia dentro del mismo lote y en la misma estación de cultivos, es indispensable que, en años consecutivos, las fajas se roten de manera que se conserve un buen nivel de protección en todo el lote.
- Al arar, es necesario evitar la formación de camellones y surcos muertos.
- Siempre deben dejarse vías de desagües perfectamente protegidas con vegetación, ya que facilitan el tránsito de maquinaria para ejecutar labores en las fajas que lo exigen, sin dañar las plantas en aquellas ocupadas por otros cultivos.
- En el caso de las franjas de cultivos anuales, la rotación se produce una vez al año. Por su parte, cuando se trata de las pasturas, deberán respetarse los criterios de vida útil y productividad de las mismas y la recuperación de productividad del sector agrícola del lote.

La técnica del cultivo en franjas, especialmente la que incluye pasturas permanentes, es una de las más seguras y efectivas para el control de erosión y escurrimientos, ya que combina propiedades ingenieriles de

la vegetación con prácticas estructurales. Por esta razón, es aplicable a situaciones con alto potencial de escurrimiento y erosión, y en pendientes de alto gradiente en las que la longitud es controlada por la presencia de la pastura densa.

En razón de la inclusión de pasturas, se trata de una técnica aplicable a sistemas mixtos de producción, en las que se busca hacer un aprovechamiento integrado de pastos y cultivos. De este modo, es una práctica poco aceptada por productores agrícolas puros, debido a que la superficie empastada es considerada un área subutilizada del campo. No obstante, para estos sistemas de producción se puede implementar la práctica de intercultivos, en una relación que generalmente es 50/50, a los fines de simplificar la rotación.

d) Cultivos en terrazas

En los suelos de paisaje ondulado el proceso erosivo se inicia levemente en los sectores altos de la loma y crece acumulativamente a lo largo de las pendientes, para alcanzar su máximo grado cerca de la costa de los arroyos. Para atenuar la degradación de los suelos por erosión hídrica, se desarrollaron y adoptaron sistemas de labranza conservacionistas, como la reducción de laboreos, la utilización de labranza vertical y, más recientemente, la siembra directa. Sin embargo, en algunas regiones, dependiendo del tipo de suelo, pendiente e intensidad de las precipitaciones, la utilización de estos sistemas resulta insuficiente para controlar sus efectos, debiéndose implementar tecnologías como la sistematización de tierras y la construcción de terrazas para el control de la erosión hídrica.

Según Oszust *et al.* (2014), en Argentina y particularmente en la provincia de Entre Ríos, se define como terraza con pendien-

te de evacuación o conducción, al canal por donde se evacúa el agua excedente de un área de captación perteneciente a un lote. Además del canal, la terraza está constituida por un montículo de tierra o lomo ubicado en la parte inferior del terreno. El canal es diseñado y construido con una pendiente interna para evacuar el agua del área de captación a una velocidad constante y no erosiva. Cada terraza que forma parte de una misma cuenca confluye en un canal colector que tiene por función dirigir el agua excedente hacia la zona de descarga de la cuenca. A este sistema de terrazas y canales colectores se lo denomina sistematización de un lote o cuenca.

El diseño de una terraza consiste en calcular las dimensiones del canal encargado de evacuar el excedente de una lluvia máxima con una recurrencia de N años sin desbordarse. La dimensión depende del área de aporte, la velocidad de escurrimiento dentro del mismo, su pendiente interna y el caudal pico en la desembocadura del canal. Cada terraza se inicia en el sector más alto

del terreno, mientras que su final se ubica aguas abajo respetando la topografía y la pendiente interna del canal diseñado.

Generalmente, el conjunto de terrazas desemboca en un canal colector, diseñado para recibir el excedente hídrico de cada terraza y trasladarlo a una velocidad no erosiva, hacia la parte más baja de la cuenca. En todo proyecto de sistematización se debe contemplar que la construcción de los canales colectores se realice al menos un año antes que la construcción de las terrazas. Esta práctica permite que el canal colector tenga una buena cobertura vegetal al momento de conectar las terrazas al mismo, debido a que el volumen de agua transportado por el canal colector es la suma de todas las terrazas que desembocan en él, siendo el punto de diseño y construcción de la sistematización.

El excedente hídrico transportado por el canal colector de un lote o cuenca sistematizada debe desaguar en el mismo punto que lo hacía naturalmente antes de la sistematización, mientras que el volumen trans-



Disposición de terrazas y canal colector (Entre Ríos, Argentina).

portado debe ser, como máximo, el mismo que se perdería sin la sistematización. La diferencia radica entonces en la velocidad de transporte del agua; en un lote o cuenca sistematizada el agua circula a una velocidad no erosiva, en tanto que, si no se sistematiza, el agua se mueve a una velocidad mayor y erosiva (Oszust *et al.* 2014).

Otra parte constitutiva de la terraza es el lomo. Éste se construye aguas abajo del canal, con el excedente de suelo sacado al terreno para la construcción del mismo. Actualmente, a una terraza se la puede construir con dos tipos de lomos. La diferencia entre ambos radica en su forma; por un lado, se encuentran las terrazas de lomo angosto, no cultivable o vegetado y; por otro, las de lomo ancho, cultivable o no vegetadas (Oszust *et al.* 2014).

e) Terrazas de banco de conservación

Una variante de las terrazas de bancales típicas son las llamadas terrazas de banco de conservación, diseñadas para regiones semiáridas donde se requiere una conservación máxima de la humedad. Este tipo de terraza está formada por un terraplén y un canal plano y muy ancho que se asemeja a un banco horizontal. El área inclinada que se extiende pendiente arriba, hacia el lomo de la siguiente terraza, es el área de contribución de escurrimiento para los canales. La diferencia entre esta terraza y la convencional a nivel radica en el corte transversal y el patrón de almacenaje de humedad.

2.6.4 Mecanización

La utilización de máquinas e implementos adecuados para los pequeños agricultores familiares es imprescindible en el marco de la agricultura sustentable, entendiendo a la sustentabilidad también en términos energéticos y económicos. Esto implica que es-

tén adaptados a los cultivos tradicionales, a las características del esfuerzo de tracción disponible y a las condiciones agroecológicas en las que se desarrollan sus actividades (INTA, 2011).

Al momento de incorporar nuevas tecnologías resulta fundamental considerar el contexto en el cual desarrollan sus actividades los agricultores familiares. Los implementos deben ser culturalmente apropiados, acorde con los aperos usualmente utilizados y con las características de los animales de trabajo empleados. Es importante también que se considere en su diseño y construcción la resistencia de los materiales, la sencillez en su mecánica, y la posibilidad de conseguir repuestos y lograr reparaciones en zonas alejadas. Otro aspecto importante es que sean de fabricación local, fomentando así la mejor utilización de insumos y recursos regionales.

2.6.5 Recuperación de suelos afectados por inundaciones

Una superficie de casi 6 millones de hectáreas de la pampa arenosa carece de una red hídrica superficial de drenaje, siendo una de las subregiones más afectadas por las inundaciones recurrentes. La zona de referencia configura una gran llanura con pendiente regional de oeste a este, con un gradiente promedio de 0,25 por mil. Esta llanura está cubierta por cordones medanosos transversales al norte y médanos parabólicos al sur que entorpecen el drenaje superficial, lo que impide el libre movimiento de las aguas al actuar como barreras o diques naturales que determinan la acumulación en superficie (Casas y Pittaluga, 1990).

El período húmedo que afecta a la región desde 1972 provoca periódicamente el anegamiento de extensas superficies que, por carecer de vías de drenaje natural, determi-

na que las áreas planas o ligeramente deprimidas mantengan el agua en su superficie por mucho tiempo, comportándose como lagunas temporarias. Esta situación conduce al ascenso regional de la capa freática, que lleva disueltas elevadas cantidades de sales ya existentes en profundidad.

La situación impacta negativamente sobre la productividad de los suelos, lo que perdura durante períodos variables en función del grado de afectación.

Si bien el problema de las inundaciones es recurrente y de solución compleja, existen medidas que podrían adoptarse, en el corto y mediano plazo, con el fin de aliviar la situación de los productores agropecuarios y pobladores de la región. Estas medidas se pueden clasificar en tres tipos y apuntan a encarar la problemática de una manera integral:

- Infraestructura básica.
- Infraestructura hidráulica.
- Medidas agronómicas de manejo de suelos y cultivos.

Las medidas de infraestructura básica se relacionan principalmente con la mejora de caminos, mediante el mantenimiento de vías férreas y la protección de ciudades y pueblos.

Por su parte, las obras de infraestructura hidráulica están bien analizadas en el Plan Maestro Integral Cuenca del Río Salado, en que se prevé una serie de canales de drenaje primarios y secundarios, sumado a obras de almacenamiento y regulación de excedentes en lagunas (Unidad Proyecto Río Salado, 2000). Este plan contribuye a mitigar la situación crítica causada por las inundaciones y a acelerar la

evacuación de las aguas, y trae aparejado un incremento general de la producción agropecuaria y mejores condiciones para el movimiento y comercialización de dicha producción. Sin embargo, se estima que el agua no podría ser drenada rápidamente, lo que provoca mermas en la producción en estos sectores.

2.6.6 Recuperación de los suelos salinos en áreas con problemas

La salinización de los suelos se efectúa con la disminución de las lluvias en los sectores planos y deprimidos, al secarse por infiltración y evaporación. Esto produce interrupciones en el ciclo productivo en amplias superficies de la región.

Se pueden reconocer tres fases características de este proceso:

Fase 1: Se relaciona con el ascenso de la solución salina por capilaridad. La evapotranspiración se incrementa con el aumento de las temperaturas y los vientos de primavera, actuando como una verdadera bomba que succiona en forma ascendente a la solución salina a través del espacio poroso del suelo.

Fase 2: Consiste en la concentración salina en el horizonte superficial en función de los factores mencionados anteriormente.

Fase 3: Es la formación de la costra salina en superficie, particularmente visible en épocas calurosas, ventosas y secas. Estas eflorescencias y costras salinas expresan el grado más intenso de salinización, superando los 20 dS m⁻¹ de conductividad eléctrica.

La salinización es un proceso parcialmente reversible. Cuando ocurren ciclos climáticos normales para la región, el agua de lluvia puede lixiviar las sales hacia horizontes

profundos, dando lugar a una lenta recuperación natural. Para que ello ocurra es necesario evitar el pastoreo continuo, que intensifica la denudación del terreno, provocando compactación superficial y disminución de la capacidad de infiltración del suelo. Dadas estas condiciones, es posible observar la revegetación natural del suelo. La primera especie que se instala es la *Salicornia (jume)*, luego aparece *Distichlis sp.* (pelo de chanco) y, cuando se intensifica el lavado de sales, aparecen *Kochia scoparia* (morenita) y *Cynodon dactylon* (gramilla o pata de perdiz). Para acelerar el proceso de recuperación es necesario aplicar prácticas de manejo tendientes a mejorar las condiciones hidrofísicas del suelo, mantener la cobertura vegetal existente y romper la continuidad del espacio poroso del suelo a los efectos de evitar el ascenso capilar de la solución.

El empleo de prácticas agronómicas de manejo del suelo constituye una de las claves para mejorar la situación de la región. Si se parte de la base de que el mayor movimiento del agua es vertical (infiltración y evaporación), el rol que juega el suelo y los cultivos es fundamental para amortiguar y eliminar los excedentes de agua.

El manejo de los cultivos y pasturas adquiere gran importancia en función del incremento de la evapotranspiración. Los cultivos actúan como verdaderas bombas biológicas que eliminan el agua del suelo por transpiración, debiéndose trabajar los bajos con las especies anteriormente mencionadas y las lomas con cultivos agrícolas, alfalfa y pasturas. La implementación de planes masivos de forestación en suelos aptos constituye otra medida muy acertada para contribuir al secado de los suelos (Casas, 2002).

La capacidad de bombeo y secado de los suelos guarda relación con la profundidad del sistema radical y la capacidad de explora-

ción del perfil. Resulta fundamental en este esquema evitar el sobrepastoreo y la compactación del suelo, considerada una de las principales causas de disminución de la infiltración y aumento del escurrimiento hacia los bajos. A su vez, se deberá mantener en buenas condiciones el espacio poroso y los niveles de materia orgánica del suelo. De este modo, se busca incrementar la infiltración del agua, con acumulación en el suelo, y aumentar la evapotranspiración de manera que los excedentes escurran lentamente hacia los bajos y lagunas efímeras, cuya capacidad podrá ser aumentada mediante la construcción de bordos perimetrales.

2.6.7 Prácticas de manejo sustentable de tierras secas

Pietragalla y Corso (2011) indican que las prácticas de manejo sustentable de tierras secas consideradas en el Proyecto LADA (Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas) son de relevancia para la prevención y/o mitigación de los procesos de degradación que afectan los recursos naturales y los servicios ecosistémicos de Argentina.

Las prácticas de manejo sustentable de tierras, mencionadas en la **Tabla 2.6.7.1**, cuentan con diferentes grados de aplicación, extensión y replicabilidad.

Por su parte, las prácticas identificadas como medidas de manejo sustentable de tierras se describen en la **Tabla 2.6.7.2**, a partir de una breve descripción de la buena práctica, su adaptabilidad en otras áreas de la región y su efectividad en cuanto a la respuesta de la práctica aplicada. Se necesita evaluar el impacto de dichas tecnologías sobre las áreas de conservación consideradas y compararlas con las áreas que no presentan algún tipo de conservación (por ejemplo, áreas que están degradadas).

Tabla 2.6.7.1

Prácticas de manejo sustentable de tierras secas por región

Valles áridos	Puna	Centro Oeste	Patagonia - Ingeniero Jacobacci	Patagonia - Colonia Cushamen
• Control de cárcavas • Cortinas rompevientos • Fijación de dunas y médanos • Implantación de pasturas permanentes • Implantación de sorgo de escoba • Instalación de alambrados perimetrales • Manejo de camélidos • Mejora en el uso del agua de riego • Secaderos de pimienta • Siembra directa • Terrazas • Uso eficiente del agua de escurrimiento	• Cortinas rompevientos • Cosecha de agua • Fijación de dunas y médanos • Implantación de pasturas permanentes • Implantación de quinoa • Instalación de alambrados perimetrales • Manejo de camélidos • Siembra directa • Siembra en surco profundo • Uso eficiente del agua de escurrimiento	• Construcción de ramblones o represas • Captación de techos de viviendas • Uso del boyero eléctrico para el manejo del pastoreo en pastizal natural • Construcción de cobertizos para la protección del ganado • Producción de biogás y compost • Pozos mangas y pozos baldes • Aprovechamiento del acuífero freático: jarguel • Forestación y reforestación de zonas áridas	• Riego por curvas de nivel en mallines • Intersiembra de mallines • Estufa a leña de alto rendimiento calórico • Fijación de médanos y dunas • Uso de cobertizos para pariciones • Instalación de montes lecheros • Bomba de sogas • Uso de alambrado eléctrico • Uso estratégico de mallines • Evaluación de campos y ajuste de carga animal	• Intersiembra de mallines • Plantación de montes forrajeros • Montes leñeros y de reparo • Alambrado eléctrico en mallines • Siembra de Elymo • Sedimentación de cárcavas • Protección de áreas ribereñas • Determinación de la receptividad de los campos • Compost para abonar las huertas • Bomba sogas • Manejo de hacienda en año de sequía

Tabla 2.6.7.2

Prácticas sostenibles de tierras en zonas áridas de la República Argentina

Prácticas de manejo sustentable de tierras	Descripción	Adaptabilidad	Efectividad
Cortinas rompevientos (Agrosilvicultura)	Consiste en abrigos vivos en forma de barrera maciza para la protección de la acción erosiva del viento, ya que disminuyen los efectos del viento sobre la erosión del suelo así como la evapotranspiración del cultivo, al tiempo que regulan la humedad ambiental. Varían los espesores y la permeabilidad de las cortinas.	Fácil de adaptar, especialmente cerca de las casas, pero requiere de cuidados intensivos hasta su implantación (control de plagas, riego, etc.).	Alta
Cosecha de agua (Captación de agua)	Permiten diferenciar la capacidad de los distintos geoambientes en la cosecha de agua, con el objetivo de acumular agua en un espacio definido para transferirlo a otro espacio con mayor capacidad productiva. De esta manera, quedarían compensadas las diferencias de receptividad ecosistémica de los distintos ambientes de la Puna.	La utilización de la tierra en relación a su receptividad ecosistémica es adaptable a cualquier región del planeta.	Muy alta
Fijación de dunas y médanos	Ayuda a inmovilizar las masas arenosas costeras o interiores mediante la implantación de vegetación. A su vez, indirectamente, se obtiene un recurso forrajero o forestal y se habilitan áreas con fines de recreación.	Moderadamente fácil de adaptar. Requiere conocimientos técnicos en cuanto a especies apropiadas para la inmovilización de las dunas.	Moderada
Implantación de pasturas permanentes (Cobertura vegetal)	Implantación de distintas especies forrajeras en forma permanente. Tiene como propósito mejorar la infiltración, disminuir la evaporación, proteger de la erosión hídrica o eólica y producir semilla o forraje.	Fácil de adaptar. No requiere mayores conocimientos para la implementación de la misma. Sí requiere asesoramiento respecto de las especies a utilizar.	Alta
Instalación de alambrados perimetrales (Manejo del pastoreo)	Delimitación y restricción de la entrada de animales a determinado predio con el fin de regular la presión de pastoreo en el mismo.	Fácil de adaptar. Requiere un moderado capital monetario pero menores conocimientos técnicos.	Alta

Tabla 2.6.7.2

Prácticas sostenibles de tierras en zonas áridas de la República Argentina (cont.)

Prácticas de manejo sustentable de tierras	Descripción	Adaptabilidad	Efectividad
Siembra directa (Agricultura de conservación)	Sistema de producción que consiste en la remoción del suelo exclusivamente en el surco donde se efectuará la siembra. Tiene como propósito promover la actividad de los grupos funcionales macro y microbiológicos del suelo, evitar la degradación de la estructura y su excesiva pulverización. Se utilizan máquinas adaptadas de pocos surcos para pequeños productores hortícolas.	Práctica fácil de incorporar por los productores, pero su adaptación requiere de un capital y conocimiento de manejo de herbicidas.	Moderada
Siembra en surco profundo	Sistema de siembra que coloca la semilla en la zona húmeda del suelo dejando la superficie rugosa, sin incurrir en excesos de profundidad de siembra.	Alta	Alta
Uso eficiente del agua de escorrentía	Uso eficiente del agua de escorrentía para utilizarla como riego en las producciones. En relación con las prácticas de captación de agua permite un mejor almacenamiento para el uso de las plantas (cultivos o pasturas). También puede destinarse al abrevadero del ganado, a través de interceptores de escurrimientos concentrados (tajares o diques de contención).	Alta. Requiere asesoramiento técnico.	Alta
Mejora en el uso del agua de riego	Se enfoca en efficientizar el uso del agua de riego mediante la aplicación de métodos por goteo o aspersión. Uso de riegos de lavado.	La elección y adecuación del sistema depende de la disponibilidad de capital y de los conocimientos del productor.	Muy alta
Rotaciones	Evitar el monocultivo de pimiento. Rotar con alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), papa (<i>Solanum tuberosum</i>), ajo (<i>Allium sativum</i>). Mantener y favorecer la estructura del suelo.	Muy fácil.	Alta
Terrazas	Instalación de terrazas con gradiente para disminuir la longitud de la pendiente del terreno y conducir en forma no erosiva el agua de lluvia. Se trata de prácticas estructurales de hasta 60 cm de altura de talud, con un canal vegetado aguas arriba de la terraza cuya función es conducir los escurrimientos con velocidades no erosivas hasta un canal colector.	Requiere asesoramiento profesional, de lo contrario una buena práctica puede fracasar. Requiere cálculos de pendientes y caudales para su dimensionamiento y sistematización.	Alta

Tabla 2.6.7.2

Prácticas sostenibles de tierras en zonas áridas de la República Argentina (cont.)

Prácticas de manejo sustentable de tierras	Descripción	Adaptabilidad	Efectividad
Construcción de ramblones o represas	Este tipo de aprovechamiento tiene por objeto almacenar importantes volúmenes de agua, proveniente de lluvias torrenciales de corta duración, en terrenos bajos con cierto nivel de estanqueidad denominados ramblones o reservorios en tierra. Son construcciones que se realizan en zonas topográficamente negativas o depresiones, en donde el terreno tiene alto contenido de arcilla o limos, y que sirve de base impermeable para que el agua no se infiltre rápidamente en el subsuelo. A ese bajo topográfico se dirigen, a través de simples zanjas o bordos, los escurrimientos superficiales que pudieran formarse por efecto de las lluvias. Si bien no son importantes en cuanto a su registro total anual, tienen la particularidad, en algunos casos, de presentarse en forma de tormentas de gran intensidad que generan escurrimientos superficiales en los terrenos con poca capacidad de infiltración. Estas aguas por lo general se aprovechan para abrevadero de animales y ganado, sobre todo en verano cuando es mayor la demanda hídrica, aunque también se generan grandes pérdidas por evaporación e infiltración. Es importante controlar la contaminación y erosión por pisoteo de animales, mediante obras complementarias de protección y manejo. Además, deben considerarse los procesos de agradación y colmatación que limitan su vida útil. Tiene que diferenciarse el ramblón del jagüel a pesar de la similitud morfológica de ejecución, ya que este último, además de aprovechar el agua meteórica, también reciben agua del manto freático o subsuperficial.	Esta práctica es adecuada para regiones con déficit hídrico intenso y se constituye como una tecnología complementaria de accesibilidad al agua para la bebida de animales, ya que garantiza una fuente segura de agua que posibilita el desarrollo ganadero a lo largo de todo el año. Para su ejecución, debe considerarse la existencia de condiciones morfopedológicas básicas, como predominio de texturas limosas y arcillosas, y unidades de relieve negativas y cóncavas que posibiliten el embalsamiento de las aguas, debiendo reconocerse cauces receptores y microcuencas de aporte. Es necesario evitar el impacto sobre la biomasa, que acompaña por lo general a los bajos inundables en zonas áridas, y la posible rotura de los terraplenes, como así también las contingencias generadas sobre la población y el medio.	Moderada, condicionada por la cantidad de precipitaciones. La calidad del agua no es la óptima al ser almacenada sin ningún tipo de material impermeabilizante y sin restricciones de acceso al ganado.

Fuente: Elaboración a partir de información del proyecto Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas (LADA), 2011.

2.7 CONCLUSIONES

A modo de cierre de este capítulo, se considera necesario enfatizar en torno a la necesidad de sensibilizar a los ciudadanos de las grandes ciudades respecto de las diferentes problemáticas que se suceden en áreas rurales, incentivando la toma de conciencia respecto de los problemas generados en el suelo por la intensificación de la agricultura, la ampliación de fronteras y la industrialización de los productos agrícolas.

En las unidades productivas de los pequeños agricultores familiares, el recurso suelo se constituye como una de las principales bases del ingreso económico para el sustento de las familias. Por este motivo, la conservación del mismo es esencial para la sostenibilidad de su sistema producti-

vo, para lo cual las prácticas agrícolas conservacionistas y, en especial la siembra directa, son fundamentales cuando se busca mantener la calidad productiva.

De este modo, es necesario implementar un sistema para monitoreo y registro de las transformaciones de la tierra, como consecuencia de los cambios en el uso del suelo, así como de las variaciones climáticas de los últimos treinta años. También es fundamental disponer de datos sólidos sobre el impacto y las consecuencias del riego suplementario, una práctica que ha invadido la región pampeana durante los últimos cinco años y puede introducir tanto erosión del suelo como salinización y agotamiento de las reservas de agua subterránea (Moscatelli y Pazos, 2008).

Capítulo 3:

Buenas prácticas de uso y manejo de suelos en cuencas de Bolivia

3.1 ANTECEDENTES

Las cuencas del lado montañoso de Bolivia presentan un relieve heterogéneo y muy accidentado, exhibiendo un paisaje modelado como consecuencia del transporte en ciertas áreas y de la acumulación de material de origen glaciar. Asimismo, presentan paisajes con formaciones denudacionales, estructurales y erosionales, lo que da origen a la formación de relieves con pendientes variadas.

Las estimaciones sobre la erosión de suelos indican que aproximadamente un 47% del territorio nacional presenta problemas de erosión (Rist y San Martín, 1993). La misma suele ser del tipo laminar, ligera a moderada en las zonas agrícolas, y severa en aquellas que no tuvieron la protección oportuna.

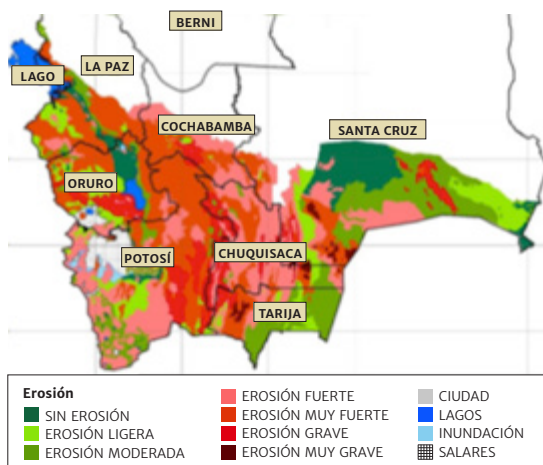
De acuerdo a estudios realizados, este proceso se incrementa, en gran parte, por no llevar a cabo prácticas adecuadas de conservación de suelos. La intensidad y duración de las lluvias, la baja infiltración del agua, la ruptura de canales, el cambio de cultivos, la geomorfología, y las pendientes fuertes, permiten el incremento de los escurrimientos que generan las cárcavas, siendo estos canales producidos por la so-

cavación continua de los terrenos como efecto de la erosión hídrica.

Respecto de su abordaje, vale destacar que, gracias a la disponibilidad de material (piedra) y la accesibilidad del mismo, suele ser posible transportar el material necesario para la construcción de obras de conservación, aunque con cierta dificultad. Principalmente, es importante considerar que para

Figura 3.1.1

Mapa de erosión de suelos en la región montañosa de Bolivia



Fuente: Vilela *et al.*, (2004).

implementar una práctica de conservación de suelos y aguas exitosa, el conocimiento técnico-científico y el conocimiento local son condiciones fundamentales para que las metodologías sean técnicamente apropiadas y tomadas en cuenta por las comunidades.

3.2 MARCO JURÍDICO

La Constitución política del Estado Plurinacional de Bolivia, en el Artículo N° 298, señala que son competencias exclusivas del nivel central del Estado la política forestal y el régimen general de suelos, recursos forestales y bosques. Asimismo, el Artículo N° 299 indica que las competencias se ejercerán en forma compartida entre el nivel central del Estado y las entidades territoriales autónomas.

Asimismo, la Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, afirma que el equilibrio es el derecho al mantenimiento de la interrelación entre los componentes de la madre tierra, de forma equilibrada para la continuación de sus ciclos y la reproducción de sus procesos vitales. Por otra parte, el Decreto Supremo N° 29894, en su Artículo N° 110, destaca que las atribuciones del viceministerio de Tierras son:

- Formular políticas y normas para el manejo sostenible de suelos.
- Establecer políticas de promoción e incentivo para controlar y mitigar efectos de la erosión del suelo.
- Formular y ejecutar políticas para el uso sostenible del recurso suelo y la lucha contra la desertificación.

En ese sentido, el Estado Plurinacional de Bolivia, a través de sus unidades correspondientes, está desarrollando trabajos en cuencas y subcuencas, afrontando la problemática de erosión de suelos a través de obras de protección y de uso y manejo de los recursos naturales, buscando su sostenibilidad. Por lo tanto, se da continuidad a acciones concretas de la política sectorial a través de un Plan Estratégico Institucional a realizarse entre los años 2014 y 2018 para concretar obras de mitigación y recuperación (Tabla 3.2.1).

3.3 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

La estrategia de implementación es un componente del Manejo Integrado de Cuencas

Tabla 3.2.1

Plan estratégico institucional 2014-2018 (Estado Plurinacional de Bolivia)

Política sectorial	Objetivo estratégico	Indicadores/Meta	Programa
Uso y manejo del suelo, agua y cobertura vegetal para la producción agropecuaria y forestal.	Promover el uso y manejo del suelo, el agua y la cobertura vegetal para la producción agropecuaria y forestal.	• 150.000 ha de suelos recuperados con aptitud productiva. • 150.000 ha de suelos conservados para la producción agropecuaria y forestal. • 100.000 ha de servidumbres ecológicas legales restituidas.	Uso y manejo de suelos

(MIC) que presenta una connotación de tipo social, orientado a desarrollar el manejo y conservación de suelos bajo un programa de capacitación que considera talleres participativos en cada comunidad. Asimismo, este componente está acompañado por un programa de asistencia técnica, enfocado en la recuperación y preservación de la capacidad productiva de las tierras de ladera.

Para facilitar la etapa de planificación y elaboración de una estrategia de implementación del manejo y conservación de suelos, se proponen acciones estratégicas simples, coherentes, aplicables, transferibles, sostenibles y adecuadas a las características de cuencas con pendiente fuerte de la zona montañosa.

Bajo este concepto, se delimita la cuenca en base a sus características biofísicas (pendiente, geología, geomorfología, uso, vegetación natural, riesgo de erosión) bajo ciertos criterios de carácter técnico, destacando a la erosión como un factor de suma importancia, cuya relevancia se evalúa de acuerdo con los siguientes indicadores: grado de riesgo, superficie de riesgo, ubicación del riesgo y asociación de riesgos, abarcando desde las cabeceras (divisoria de aguas) hasta la desembocadura.

La instancia considerada para la implementación del manejo y conservación de suelos comprende una serie de medidas, cada una de las cuales contempla un conjunto de acciones en áreas priorizadas para el buen ordenamiento y la rehabilitación de los recursos naturales renovables de la zona de interés. Es así que el trabajo de sensibilización considera las decisiones y niveles de participación de hombres, mujeres, jóvenes y niños como parte integrante del desarrollo familiar y comunal, en las diferentes actividades relacionadas con el uso y manejo de los recursos naturales.

3.4 TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

Las técnicas de manejo y conservación de suelos son actividades concertadas con la población beneficiaria y se agrupan en dos tipos de medidas: las físicas, de protección de suelos, y las agronómicas. Ambos tipos de acciones son complementarias entre sí, de acuerdo con las problemáticas existentes en cada microcuenca. Es importante promover la participación de hombres y mujeres en cada una de ellas, considerando la disponibilidad de tiempo a fin de lograr la adopción y apropiación de las técnicas y el aprovechamiento de sus beneficios.

a) Medidas físicas de protección de suelos

Son elementos fundamentales en la ejecución del manejo y la conservación de suelos, ya que permiten mejorar la infiltración del agua de escorrentía superficial y reducir los procesos de erosión laminar y en surcos que, a largo plazo, mantienen o mejoran la fertilidad de los suelos. Entre las medidas de protección, se encuentran:

- Terrazas de formación lenta con barreras vivas.
- Terrazas de formación lenta con muros de piedra.
- Plantación en linderos.
- Zanjas de infiltración.
- Zanjas de coronación.

Las plantaciones en linderos y barreras vivas de pastos están reforzadas con especies arbustivas y arbóreas, de preferencia nativas del lugar.

b) Medidas agronómicas de producción

Las medidas agronómicas están dirigidas a mejorar la producción bajo un sistema de agricultura orgánica y uso racional de los recursos naturales, contribuyendo así a mejorar la nutrición de las familias por efecto de la diversificación de productos como gramíneas, hortalizas, tubérculos y frutales.

Las prácticas que se realizan para mejorar la producción agrícola son:

- Incorporación de abonos fermentados (Bocashi).
- Aplicación de biofertilizantes.
- Preparación de caldos sulfocálcicos.

- Introducción de semillas mejoradas.

- Plantación de frutales.

- Riego por aspersión.

La extensión y sensibilización comunitaria es una acción transversal a todos los componentes del MIC, debido a que el éxito y la sostenibilidad de todas las obras de infraestructura, mecánicas, biológicas y agronómicas que se realicen en esta área seleccionada, dependerán de la estrategia de extensión que se lleve adelante antes, durante y después de ejecutar las mismas.

3.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERVENCIÓN

La identificación de las áreas de intervención del componente manejo y conserva-

Tabla 3.4.1

Metodología y alcances del componente manejo y conservación de suelos

Método	Actividades	Supuestos
Basado en diagnósticos biofísicos para determinar los niveles de erosión y degradación de suelos. También se considera el diagnóstico rural participativo a través de talleres y reuniones, tomando como áreas de acción las zonas con potencial agrícola de las familias campesinas.	Medidas físicas • Terrazas de formación lenta con barreras vivas. • Terrazas de formación lenta con muros de piedra. • Forestación en linderos. • Zanjas de infiltración.	Se logra el involucramiento y la participación de las familias y comunidades que se encuentran en las cuencas altas de sector boliviano, correspondiente al área de influencia de la Cuenca del Plata.
	Medidas agronómicas • Abonos fermentados. • Biofertilizantes. • Caldos sulfocálcicos. • Semillas mejoradas. • Plantación de frutales. • Riego por aspersión.	

ción de suelos se plantea de acuerdo con la guía metodológica del Plan Nacional de Cuencas y con las necesidades de las poblaciones de la cuenca en la temática de manejo, conservación y recuperación de suelos. Por lo tanto, para garantizar el carácter integral de este componente, se requiere una evaluación de los aspectos sociales y económicos, en interacción con las comunidades campesinas, a fin de conocer los problemas y potencialidades existentes para la implementación del Plan de Manejo y Conservación de Suelos.

La definición de los sitios de manejo y conservación de suelos está basada principalmente en las unidades de tierra de carácter productivo bajo riego y a secano, en las que se enfoca la implementación de prácticas conservacionistas fundamentadas en el uso potencial de la tierra, permitiendo garantizar y diversificar la productividad de la zona. Analizando el diagnóstico biofísico, con énfasis en las zonas de riesgo de erosión, se identifican los sitios de intervención dirigidos a mitigar y atenuar la problemática de deterioro ambiental y degradación existente en las áreas identificadas como prioritarias. De este modo se propicia la regeneración de la cobertura vegetal con pastos nativos en forma de barreras vivas, que facilitan el pastoreo controlado y la incorporación de enmiendas con abonos orgánicos de diferente tipo para regenerar la fertilidad.

De igual forma, se incentiva la forestación en linderos para el fortalecimiento de las laderas y otras zonas susceptibles a procesos erosivos, a fin de prolongar su aprovechamiento de manera sostenible, considerando las actividades agropecuarias.

Finalmente, la implementación de obras es concertada con los involucrados y se adecúa a la disponibilidad de tiempo de los agricul-

tores (mano de obra), así como a su predisposición para realizar los trabajos.

3.6 CRITERIOS PARA SU IDENTIFICACIÓN

Entre los criterios principales para la determinación de áreas priorizadas y de intervención, se encuentran:

- **Uso de la tierra:** Permite asumir que, a partir del uso agrícola y pecuario en la zona de intervención, es posible justificar la realización de medidas de conservación de suelos, orientadas al incremento en la producción y en los ingresos de los agricultores, mediante métodos como la provisión de agua para riego, a través de sistemas presurizados durante la época seca, como también la implementación de terrazas de formación lenta con barreas vivas, etc.
- **Posibilidad de manejo y conservación:** Considera la factibilidad de identificar zonas donde se puedan realizar medidas de conservación de suelos y/o mejorar y fortalecer las ya existentes, según su magnitud y complejidad. A partir del análisis del estado de erosión se definirá la factibilidad de recuperar la zona en cuestión o la irreversibilidad del estado de degradación. Para la toma de estas decisiones es necesario considerar el componente social.
- **Predisposición de la población asentada en las zonas de intervención prioritaria:** Es un criterio relevante para la confirmación de sitios de ejecución de obras y acciones conservacionistas. Por este motivo, a partir de la realización de talleres de concertación, se evalúa el grado de interés y predisposición de la comunidad involucrada para llevar adelante este componente.

3.7 MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

Es de suma importancia para el manejo y la conservación de los recursos la clara identificación de las zonas de riesgo. Para ello, se realizan estudios biofísicos que consisten en la definición de las zonas de intervención, mediante el proceso de caracterización de unidades de mapeo y el análisis de las mismas, permitiendo de esta manera integrar toda la información generada.

Las actividades de manejo y conservación de suelos tienen sus bases en la concertación de trabajos conservacionistas con los directos beneficiarios del estudio: las comunidades involucradas. De este modo, se deberá identificar, junto a cada una de las familias campesinas, el espacio o parcela donde se realizarán las acciones de manejo y conservación de suelos.

Luego, una vez finalizada la etapa de planificación, se ejecutarán las medidas físicas para el control de la erosión laminar y se complementarán con prácticas agro-nómicas para mejorar la fertilidad de los mismos. Las principales medidas consisten en:

- Construcción de terrazas de formación lenta con barreras vivas.
- Construcción de terrazas de formación lenta con muros de piedra.
- Construcción de zanjales de infiltración.
- Implantación de árboles en linderos y cer-cos vivos.
- Implementación de prácticas de labranza mínima.

a) Construcción de terrazas de formación lenta con barreras vivas

Dada la topografía accidentada (región montañosa) y la escasez de forraje en el período de estiaje, se estableció una nueva forma de plantación de barreras vivas con pasto *Phalaris* con el propósito de conservar el suelo y el agua y producir forraje de buena calidad.



Terrazas de formación lenta con barreras vivas.

La misma consiste en la plantación de pastos en líneas dentro de un terreno agrícola que puede, a su vez, ser establecido en combinación con obras físicas de conservación de suelos.

En ese caso, una vez establecida la vegetación, su manejo tendrá como objetivo principal formar un seto o barrera viva que, a mediano y largo plazo, cumplirá la función de una obra mecánica de conservación de suelos.

Los beneficios de las barreras vivas de este tipo son, el incremento del contenido de

materia orgánica en los suelos y una mayor retención de agua de lluvia. El pasto *Phalaris* se adapta sin dificultad a la altitud en que se ubican las unidades de riesgo. El forraje se puede cortar de tres a cuatro veces al año, mientras que también es factible de ser henificado y soporta el pastoreo directo de vacas, ovejas y otros animales. Además, opera como una “planta trampa” para los nematodos que afectan la producción de papa, dado que disminuye su multiplicación, y no muestra competencia con los cultivos, a la vez que siempre permanece verde como se observa en la imagen.

Las barreras vivas con el pasto *Phalaris* emergieron como la opción favorita, al reflejar la adaptabilidad de su empleo y el talento innovador de los agricultores en la conservación de suelos agrícolas, buscando satisfacer las necesidades de los sistemas de producción. Entre los usos alternativos de esta especie, se incluyen:

- Establecimiento de barreras como especies únicas o como mezclas.
- Estabilización de las orillas de acequias de riego y su protección contra material de derrumbes, para reducir la mano de obra necesaria en su limpieza.
- Construcción de cercos linderos.
- Siembra sobre los muros de piedra o zanjas de coronación para mejorar su estabilidad estructural.
- Siembra sobre los bancales o terrazas en asociación con frutales.
- Siembra como fuente de forraje.

Si bien es prematuro establecer el impacto de las barreras vivas en los sistemas de producción, se presume que estas prácticas generan:

- **Diversificación de cultivos.** Se están sembrando cultivos de más alto valor conforme al incremento de la fertilidad del suelo. Dicha intensificación requeriría cercas para controlar la entrada de ganado.
- **Incremento de cultivos asociados.** Entre los que se menciona el maíz, frijol y otras leguminosas, y mayor utilización de rotaciones.
- **Forraje cortado y llevado a los animales.** Se restringe el acceso de animales a las parcelas cultivadas. El pasto *Phalaris* es cortado y llevado a los comederos de los animales.
- **Mejor manejo de ganado.** Surge como resultado del forraje mejorado.
- **Reducción en el empleo de tierra marginal.** Posibilita reducir la labranza de parcelas empinadas de secano, sembrándolas con *Phalaris* u otras especies de pastizales adecuados. Esto permite usar parcelas regadas con mayor eficiencia.

Finalmente, el costo y el esfuerzo de trabajo requeridos para la construcción de este tipo de terrazas es mucho menor que los asociados con la edificación de muros de piedra.

b) Construcción de terrazas de formación lenta con muros de piedra

Las terrazas de formación lenta con muros de piedra son obras implementadas en áreas con pendiente mayor a 20%, cuya finalidad es reducir el escurrimiento de partículas del suelo, mejorar y retener la fertilidad del mismo y permitir una mayor infiltración del agua. Están conformadas por muros de piedra, dispuestos en sentido de las curvas de nivel y perpendiculares a la pendiente. Consisten en estructuras construidas en forma de escalera, con la fina-

lidad de cortar la pendiente de las laderas, transformándolas en plataformas de terreno horizontal, sostenidas por muros de piedra ligeramente inclinadas hacia adentro.

Durante su establecimiento, se dispone sobre éstas una hilera de barreras vivas formada por especies del lugar. Dicha práctica permite una acumulación constante de material superficial escurrido de la parte alta de la cuenca; el cual, a través del tiempo, se constituirá en una terraza que puede ser aprovechada para usos agrícolas en su parte superior.



Construcción de terrazas de formación lenta en base a curvas de nivel.

Ventajas:

- Es una metodología técnicamente válida y socialmente importante para la protección de suelos donde se realizan actividades agropecuarias.
- Constituye una mejor alternativa a nivel familiar que en áreas comunales, debido a que en esos contextos suelen recibir un mejor uso y mantenimiento.
- Combinadas con sistemas agroforestales generan microclimas que contribuyen a reducir los efectos de los grandes cambios climáticos y a diversificar la producción.
- Disminuyen notablemente la erosión laminar en el suelo y evitan la formación

de cárcavas causadas por fuertes lluvias o por la exposición del suelo a labranzas inadecuadas.

Además, generan los siguientes beneficios adicionales:

- Controlan la erosión del suelo en pendientes fuerte (laderas).
- Recuperan áreas de cultivo continuo, garantizando la seguridad alimentaria.
- Permiten dividir una parcela grande en parcelas más pequeñas.
- Facilitan el trabajo del terreno al limpiarlo de piedras.
- Reducen la pendiente de las laderas.
- Retienen los sedimentos transportados por el flujo hídrico (erosión hídrica).
- Mejoran la capacidad productiva de los suelos de la ladera.

Para asegurar el desarrollo de la actividad durante la ejecución del proyecto se prevé incentivar a los beneficiarios suministrándoles herramientas y semillas para la producción en las áreas recuperadas.

c) Construcción de zanjas de infiltración

Las zanjas de infiltración son pequeños canales de sección rectangular o trapezoidal de 50 cm de ancho y de 20 a 50 cm de profundidad. Generalmente son asimétricos y están contruidos transversalmente a la máxima pendiente del terreno, siguiendo las líneas de las curvas de nivel para reducir la velocidad del agua de lluvia que corre en las laderas. Su finalidad consiste en retener el agua de escorrentía que proviene de las partes altas del terreno, de

modo que rompa la velocidad del agua, se capte, se acumule en la zanja y sirva de reserva a los árboles y cultivos. Esta práctica posibilita la infiltración de agua además de asegurar un medio de provisión de agua para la vegetación.

De manera general, las zanjas se consideran apropiadas en zonas de baja precipitación pluvial, escasa vegetación y suelos en laderas con problemas de erosión. La implementación de esta actividad se realiza en áreas con pendientes de 1 a 3% en terrenos secos, con el objetivo de recuperar cobertura vegetal dentro las áreas de cerramiento para la recuperación de praderas nativas.



Zanjas de infiltración.

Al igual que sucede con las terrazas de formación lenta, se trata de prácticas de fácil aplicación ya que no requieren de herramientas complicadas y son adaptadas por los campesinos.

Las zanjas se construyen en el sentido de las curvas de nivel y el espaciamiento entre una y otra está determinado por la pendiente del terreno, el tipo de cultivo, el tipo de suelo y las características de precipitación de la zona, sobre todo en lo referente a la intensidad y la duración.

d) Implantación de árboles en linderos y cercos vivos

La implantación en linderos y cercos vivos, como se observa en la imagen, hace referencia a plantaciones dispuestas en hileras o líneas alrededor de los terrenos. Se distinguen de las cortinas “rompevientos” debido a que la vegetación arbórea-arbustiva se ubica alrededor de las parcelas agrícolas, ya no con el propósito de neutralizar la acción de los vientos o heladas, sino con el fin de delimitar las parcelas, creando condiciones o microclimas agradables. La incorporación de los árboles en estos lugares no implica cambio de uso del terreno.

Para la plantación de árboles en linderos el uso de la especie arbórea-arbustiva debe ser consensuado con la comunidad. Por lo general, se recomienda utilizar especies nativas y plantas frutales que se adapten a la zona, ya que protegerán al terreno de la entrada de animales, además de contribuir con la disminución de la velocidad del viento y mejorar el microclima de la parcela. Asimismo, al someter las prácticas a su evaluación participativa, se delinean una serie de criterios fundamentales que deben seguir las prácticas de conservación de suelos agrícolas:



Terrazas de formación lenta asociadas con barreras vivas.

- Retener el suelo y su humedad e incrementar su fertilidad para aumentar los rendimientos de los cultivos.
- Ser de fácil construcción.
- Materiales de construcción o establecimiento fácilmente disponibles.
- Permitir un riego eficiente.
- No interferir con los trabajos de campo.
- No deben reducir el área disponible para cultivos.
- Podrían emplearse como linderos.

e) Implantación de áreas de labranza mínima

Como su nombre lo indica, en las áreas de labranza mínima, la preparación del terreno se realiza con un nivel mínimo de alteración de la estructura del suelo. El laboreo mínimo es un sistema agrotécnico con el que se disminuye la cantidad de pases de máquina

sobre el campo, reduciendo la compactación del suelo y la destrucción de la estructura. Se trata de un método ampliamente utilizado en el mundo para la conservación de los suelos contra la erosión hídrica que, además, favorece la conservación de la humedad.

3.8 MANEJO Y CONTROL DE ÁREAS DEGRADADAS

Las cárcavas, también llamadas zanjonés, se presentan generalmente en aquellas zonas donde existen pendientes pronunciadas, con un drenaje superficial significativo, y donde los volúmenes de agua drenadas dependen del área total de la cuenca.

La clasificación de las cárcavas se realiza en función de la profundidad de las mismas, definiéndose como poco profundas a aquellas que presentan profundidades menores a los 5 m y como profundas a las que superan este valor. Por otra parte, el control de las cárcavas es evaluado de acuerdo a su tamaño y a los volúmenes de agua que se vierten por las mismas.



Cárcavas severamente activas y en ampliación.

Los objetivos que se persiguen con la implementación del control y protección de áreas degradadas son:

- Disminuir el escurrimiento superficial a través de la construcción de obras de control y regulación del flujo hídrico, asociadas a plantaciones forestales en hoyos.
- Reducir la energía del agua mediante la construcción de estructuras transversales, diques de piedra, madera o combinados.
- Controlar la formación de cárcavas mediante la edificación de diques de piedra y madera, complementadas con medidas biológicas (plantación) que permitan incrementar la cobertura vegetal con especies de rápido crecimiento.

Para el control de las cárcavas es necesario tener en cuenta tres etapas:

- Control en las cabeceras de las cárcavas: También denominado control de origen, refiere a la realización de diversos trabajos como la construcción de canales de

desvío o de diferentes tipos de terrazas, bordos (tierra o piedra), forestación, diques, etc.

- Construcción de pequeños diques (presas): Para controlar las cárcavas es necesario construir presas consistentes en muros de contención (perpendiculares a la dirección longitudinal de la cárcava), realizadas en distintos materiales (ramas, bolillos, malla olímpica, piedra acomodada, gaviones, mampostería, entre otros), con el objetivo de detener las partículas en suspensión (azolves).
- Estabilización de cárcavas: Esta etapa consiste en estabilizar los azolves o sedimentos mediante la siembra de algunas especies que se adapten al medio (no se recomienda la implantación de especies exóticas).

Las acciones desarrolladas para el control de áreas degradadas dependerán del tipo y estado de la cárcava. Generalmente, se realizan prácticas mecánico-estructurales y agronómicas, considerando la metodología que se presenta en la **Tabla 3.8.1**.

Tabla 3.8.1

Metodología y alcances del componente control de áreas degradadas

Acciones	Actividades	Supuestos
Para el control y manejo del escurrimiento de aguas superficiales en las cabeceras de los cauces se implementan zanjas de coronación y control de los inicios del cauce con diques de madera y piedra. También se ejecutan medidas de recuperación y de incremento de la cobertura vegetal en las cabeceras y se refuerzan las obras de control, utilizando especies arbóreas y arbustivas nativas.	Emplazamiento de: • Diques de piedra. • Diques de madera. • Plantaciones arbóreas. • Cunetas de piedra. • Cámaras de distribución. • Alcantarilla de hormigón. • Alcantarillas de piedra. • Zanjas de coronación.	Existe disponibilidad de mano de obra en las comunidades de la cuenca.

a) Zonas de intervención

Para la determinación de las cárcavas prioritizadas se considera las zonas de aporte de sedimentos de formación reciente y aptas para la construcción de obras de mitigación, directamente relacionadas con áreas agrícolas ubicadas en laderas con pendientes pronunciadas, como así también la disponibilidad de material para su construcción (piedra) y la accesibilidad para el transporte del mismo. En base a ello, se evalúan las características de sus sistemas agrícolas, la diversidad agropecuaria, las zonas de pastoreo y los sistemas silvopastoriles con el propósito de seleccionar los sitios más adecuados para la construcción de terrazas de formación lenta, obras de mitigación de caudales, etc. El estado de las cuencas es reflejado en el diagnóstico biofísico, a través de los niveles de erosión y degradación.

b) Criterios para su identificación

Los criterios considerados para la determinación de cárcavas prioritizadas y de intervención son:

- **Grado del riesgo:** Se refiere a la presencia de zonas con riesgo alto y moderadamente alto, abarcando superficies considerables en laderas y llanuras de la cuenca.
- **Concentración del riesgo:** Es la agrupación de riesgos alto y moderadamente alto en sitios particulares (cárcavas, taludes y laderas frágiles).
- **Densidad del riesgo:** Tiene relación con la superficie de riesgos agrupados, el grado de erosión, la litología del material y la estabilidad.
- **Ubicación del riesgo:** Considera riesgo en cárcavas, cabeceras de cárcavas, zonas de cárcavas en ampliación y laderas frágiles.
- **Uso de la tierra:** A partir de un uso agrícola o pecuario en la zona de intervención, es posible llevar adelante obras de mitigación para aumentar la producción y los ingresos de los agricultores, suministrando agua de riego durante la época seca.
- **Ampliación de las cárcavas activas:** Permite considerar la afección en zonas de cultivo, bajo el concepto de pérdida de tierra agrícola, allí donde el escurrimiento desestabiliza taludes e incorpora cada año parte del terreno agrícola a la zona de cárcavas.
- **Aporte de sedimentos:** Está directamente relacionado con áreas degradadas y cárcavas en ampliación.
- **Posibilidad de control:** Considera la factibilidad de identificar zonas donde construir obras de variable grado de magnitud y complejidad para reducir el aporte de sedimentos. A partir del análisis del estado de degradación, se evaluará la factibilidad de recuperar la zona o se definirá que el estado de degradación es irreversible. Este tipo de decisión deberá necesariamente considerar el componente social.
- **Predisposición de la población asentada en zonas de intervención prioritaria:** Es un criterio relevante para la selección de sitios de acción, a partir de la realización de talleres de concertación. Éstos permiten percibir el nivel de interés y predisposición de la comunidad involucrada para llevar adelante el proyecto con todos sus componentes.

Las unidades que se constituyen en las mayores aportantes de sedimentos son las cárcavas altamente activas, en las que se produce un cambio de litología producto de la pendiente fuerte. Las mismas están

conformadas por un material frágil, lo que ocasiona una intensa actividad erosiva.

c) Tipo de degradación (cárcavas activas)

Este tipo de erosión reviste especial atención por las siguientes razones:

- Es difícil y costoso su control si no se interviene con acciones a tiempo.
- Genera elevadas pérdidas de suelo y contaminación de cuerpos de agua.
- Produce impactos negativos en el recurso paisajístico.
- Ocasiona una pérdida de capacidad productiva de las tierras y, con ello, dificultades económicas para los dependientes de ellas.

Para su corrección y control se han diseñado tratamientos integrales que combinan obras hidráulicas y estructuras mecánicas, acompañadas de tratamientos biológicos, con el objetivo de controlar el accionar de los principales agentes erosivos y restaurar las condiciones propicias para la colonización vegetal.

Para caracterizar la cárcava se toman en cuenta sus dimensiones, el tipo y la forma en que se presenta, su pendiente y la constitución del material textural del suelo.

Una vez que se inicia la formación de la cárcava, ésta evoluciona según la consistencia relativa que presentan los diferentes horizontes del suelo. Si la consistencia del material es relativamente uniforme, las paredes de la cárcava son más o menos verticales, en tanto que cuando se presenta un aumento en la resistencia de las capas inferiores, se desarrollan en forma de “V”.

El crecimiento de las cárcavas es resultado de los procesos hídricos, los cuales actúan principalmente en forma lineal y de “U” y “V”. De este modo, su formación debe a:

- Frotamiento en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y las materias abrasivas (partículas de suelo o restos que arrastra el agua).
- Erosión por el agua que se precipita en la cabecera de la cárcava y ocasiona la regresión progresiva de ésta.
- Desmoronamiento en los taludes de la cárcava por acción del agua de infiltración.

Los crecimientos laterales, en la parte alta y en el lecho de la cárcava, se deben a que el agua, a medida que desciende por la ladera y debido a las irregularidades del terreno, se concentra en la parte alta, a lo largo de la misma y en su lecho, originando su crecimiento.

d) Definición de sitios de obra

Para la definición de los sitios de obra se analizan las características biofísicas del terreno y su complementariedad con las obras de control hidráulico, con el fin de garantizar el manejo integral de los procesos erosivos en la zona de aporte. Al llevar a cabo el dimensionamiento de los bordos en contorno para la disipación del escurrimiento, debe considerarse el menor movimiento de material posible dada la fragilidad de la zona. Por lo tanto, el sistema de drenaje, la geomorfología, el uso del suelo y los procesos erosivos en cauces y tributarios son aspectos a considerar a la hora de evaluar la conveniencia de construir diques (en sitios donde exista piedra) y/o de complementarlos con plantaciones asociadas a las obras hidráulicas y en áreas desprotegidas.

3.8.1 Control de cárcavas

Las alternativas para el control y el manejo de cárcavas recogen en mayor medida los resultados de experiencias que han sido catalogadas genéricamente como de bioingeniería. El énfasis en la descripción realizada busca ser técnico, aportando en forma paralela una visión crítica, con la intención de que pueda servir a técnicos y personal no calificado para la toma de decisiones relativas al control de la erosión en cárcavas.



Acciones constructivas del control de cárcavas.

Para evitar la ampliación de las cárcavas, se realiza la construcción de estructuras mecánicas en sentido opuesto a la pendiente. Estas estructuras se construyen teniendo en cuenta las características de la zona (procesos erosivos y pendiente), lo que permite retener el material en deslizamiento de los taludes de la cárcava, reduciendo la velocidad del agua y el aporte de sedimentos al cauce principal.

Entre los diferentes tipos de estructuras aplicadas se encuentran las siguientes:

a) Diques de piedra

Los diques de piedra son construidos con gradones aguas abajo para poder reducir la energía del agua y evitar la caída brusca

que provocaría el socavamiento del fondo por el descenso del agua. En principio, se identifican los sitios para las obras mayores, relacionadas a su vez con zonas de aporte y riesgo de degradación.



Estructuras de control de cárcavas (diques de piedra).

b) Diques de madera

Son obras construidas en sectores carentes de piedra, en cárcavas que presentan problemas de erosión y en tributarios de activación reciente. Estas estructuras son implementadas con bolillos de madera de 5" a 7" de diámetro y de 3 a 4 m de largo.

La construcción de los diques de madera se realiza apoyando las maderas en sentido transversal a los puntales unidos por unos clavos especiales (hierro corrugado de

5/8"). La longitud y altura de estas estructuras se planifica en función de la profundidad y pendiente de las cárcavas.



Estructuras con diques de madera.

c) Zanjas de coronación.

Son estructuras tipo canal que se abren en las partes altas de los terrenos agrícolas con el objetivo de drenar la sobrecarga de agua acumulada en el área de captación, evitando así que los terrenos situados en las partes bajas sean afectados por la fuerza erosiva del agua de escurrimiento (generalmente empleada para la agricultura).

Las zanjas de coronación se implementan conjuntamente con el componente de control de cárcavas, y la extensión de su superficie depende de la longitud de los terrenos agrícolas y de la proximidad de una cárcava controlada. Una vez implementadas las zanjas de coronación, es necesario realizarles mantenimiento, basado en la implantación de pastos y arbustos sobre el bordo de tierra, y limpieza de la zanja luego de lluvias fuertes.

Estas medidas de control son implementadas principalmente en las cabeceras de cárcavas, permitiendo garantizar y proteger los taludes de la inestabilidad ocasionada por la escorrentía superficial del agua, para conducirlas a cárcavas controladas con

medidas mecánicas. Con esta práctica se logran beneficios tales como:

- Favorecer el desarrollo de especies forestales.
- Incrementar los rendimientos del suelo.
- Estabilizar los suelos.
- Disminuir la erosión hídrica.
- Mejorar la infiltración de agua de lluvia.
- Reducir o neutralizar la pérdida de suelo por erosión hídrica.
- Mejorar la capacidad de retención de agua en el suelo.
- Reducir la vulnerabilidad frente a desastres.



Zanjas de coronación.

3.8.2. Manejo de aguas

Las obras realizadas sobre los caminos, tales como puentes, alcantarillas, drenajes, cunetas etc., son fundamentales para el drenaje y la protección de su plataforma. Sin ellas, la vía sería destruida rápidamente por el uso y las inclemencias del clima.

Así, se construyen cunetas y alcantarillas para centralizar el escurrimiento genera-

do por la plataforma del camino, principalmente sobre la vía de acceso que vincula a las comunidades. Estas medidas generalmente son acompañadas por vegetación arbustiva y gramínea al pie de los muros y los camellones de las zanjas.

3.9 CONTROL HIDRÁULICO

Los torrentes se caracterizan por tener fuertes pendientes longitudinales (>5%) e irregulares. Sus cauces están formados por materiales gruesos entremezclados (peñones, cantos rodados, grava y arena).

Durante las crecidas predomina en ellos el arrastre de fondo sobre el transporte en suspensión dado que sus cuencas son poco extensas y de fuertes pendientes, lo que acaba produciendo una respuesta rápida a las precipitaciones. Así, manifiestan crecidas violentas y de corta duración.

El objetivo de la corrección y el control de torrentes radica principalmente en la protección de las áreas de la parte inferior (o área de influencia) de las inundaciones producidas por desbordes, paralelamente a la recuperación de la cobertura vegetal en cárcavas activas y cauces.



Cunetas y caminos de acceso transportando agua y sedimentos en suspensión.



Cunetas controladas para el flujo de agua (izq.). Alcantarillas implementadas (der.).



Control hidráulico en cárcavas activas.

La estabilización de cauces con pendientes fuertes e inestables, a través de obras hi-

dráulicas, constituye una parte importante del Manejo Integrado de Cuencas, dado que implica la regulación total o parcial de los fenómenos dinámicos del cauce.

Las barreras transversales están orientadas a disminuir esos procesos de erosión en el lecho y los contornos del cauce donde la erosión lateral provoca deslizamiento de laderas e incorpora material no deseable a la corriente, como caudal sólido, para luego ser transportado hasta las zonas bajas o a sitios donde la capacidad de arrastre se torna insuficiente para mantener a dichos materiales en movimiento.

Tabla 3.9.1

Condiciones estructurales para su construcción según las características del dique

Condiciones de las estructuras	Dique de gavión	Dique de tierra	Dique de H° A°	Dique de mampostería de piedra
Vida útil (1)	R	R	O	B-O
Mantenimiento	R	R	O	B
Sobreelevación	R-B	O	M	M
Utilización del material del lugar	B	R-B	M	R
Accesibilidad	B	R-B	R	R
Posibilidad de mecanización (2)	M	O	R	B
Tiempo requerido para la construcción	R	O	R-B	B-O
Mano de obra necesaria	B	B	M	R

Fuente: PROMIC, 2008

O = Óptima

B = Buena

R = Regular

M = Mala

(1) Se considera una vida útil de 50 años.

(2) Sólo en cauces donde existe material apropiado para construcción de la obra.

De este modo, los diques están destinados a retener el material sólido en movimiento y, en algunos casos, a disminuir los picos del hidrograma de crecida, ya que permiten la generación de un vaso adecuado para el almacenamiento del material grueso. Su función desaparece virtualmente una vez que se han rellenado completamente. Sin embargo, la colmatación permite el establecimiento de una nueva pendiente menor que da lugar a una reducción de la energía cinética del agua.

Por su parte, para la elección del tipo de dique es fundamental la evaluación económica. No obstante, es necesario tomar en cuenta otras consideraciones como el tiempo de vida útil de las obras, el mantenimiento, la maquinaria y la mano de obra, que permiten definir el elemento principal de corrección del torrente.

En la **Tabla 3.9.1** se presentan algunas consideraciones de los diferentes diques según el material de construcción (página anterior).

a) Dique en mampostería gavionada en cauces

En la práctica resulta dificultoso elegir un tipo de material que se adecue a un caso

particular y, a menudo, es necesario realizar comparaciones técnicas y económicas. Las estructuras conformadas en base a gaviones son ampliamente utilizadas ya que presentan una eficaz solución en la corrección de torrentes, poniendo en evidencia una serie de ventajas técnicas y económicas en comparación con otras posibles. Entre las ventajas más importantes se describen: la simplicidad y facilidad en la ejecución, la utilización de mano de obra no calificada, la disponibilidad de material para el relleno (piedra), la permeabilidad, la flexibilidad, etc. El uso de los gaviones se destaca principalmente en relación a otros materiales por su flexibilidad, ya que permite la adaptación de la estructura a los asentamientos o movimientos de la fundación, por efectos de erosión y otros, sin perder la homogeneidad y la resistencia.



Control hidráulico en cauces principales.



Características de los diques de control hidráulico en cárcavas.

b) Diques de gavión para el control de cárcavas

Para el control mecánico de cárcavas también existen los diques de gavión. Se trata de construcciones de mayor envergadura cuya construcción se recomienda en zonas de alto riesgo, ya sea para la protección de taludes, el control de torrentes y como encauzadores.

3.10 MEDIDAS AGRONÓMICAS

El deterioro de la fertilidad de los suelos en las zonas de producción es continuo debido, principalmente, a la falta de incorporación de materia orgánica, lo que da lugar a la desestructuración y disminución de la capacidad de retención de la humedad. Las prácticas agronómicas están orientadas a la recuperación de la fertilidad de los suelos, a través de medidas que no dañen el medio ambiente en su conjunto, como sucede con el complejo edáfico, para una producción agrícola sostenible.

Tomando en cuenta la necesidad de un enfoque integral para las obras y actividades de uso, manejo y conservación de suelos, se realizan actividades de capacitación en medidas agronómicas que contribuyen con la conservación de suelos. Estas prácticas están enfocadas en las condiciones socioeconómicas de las familias campesinas, el uso de materiales locales y de bajo costo, de manera que se puedan replicar en otros contextos. Se consideran habitualmente las siguientes prácticas agronómicas:

a) Incorporación de abonos orgánicos a los cultivos

Con esta práctica agronómica se mejoran los aspectos físicos, químicos y biológicos de los suelos. Básicamente, refiere a la elaboración y aplicación de compost y estiércol

de los animales, aunque este último se produce en cantidades muy reducidas. El compost es un abono orgánico preparado en base a ingredientes naturales que favorece el suelo, elevando su capacidad de intercambio catiónico, mejorando su fertilidad y, por ende, el rendimiento de la producción.

b) Aplicación de biofertilizantes

Los biofertilizantes son abonos que incrementan la masa foliar de las plantas y la actividad fotosintética. Las plantas de mayor crecimiento y vigor resisten mejor el ataque de las plagas y enfermedades y, de este modo, se aseguran mayores volúmenes de producción.

c) Medidas de control de plagas y enfermedades

En las zonas tradicionales de producción se observa una disminución de la biodiversidad y, por consiguiente, la proliferación de plagas y enfermedades que afectan negativamente la producción.

A partir de la utilización de plaguicidas químicos por parte de las familias campesinas, se ha deteriorado la calidad de los suelos, creando resistencia ante las plagas y enfermedades, y afectado la salud humana, al no protegerse debidamente durante los tratamientos. La aplicación de productos naturales de fácil preparación y elaborados a partir de materiales locales, como los caldos sulfocálcicos a base de azufre y cal, pueden contribuir a revertir procesos de contaminación ambiental.

d) Plantación de especies arbóreas y arbustivas en hoyos

Su objetivo principal es el de acompañar la protección de obras mecánicas que regulan el escurrimiento del flujo del agua y la

estabilización de taludes. Las especies forestales arbustivas recomendadas son las nativas, con características básicas de reproducción por vía vegetativa (esquejes y estacas semileñosas) de 0.5 m a 0.8 m de longitud y con ramificación abundante. El diseño de la plantación a través de la cárcava priorizada se realiza mediante excavaciones de 0.40 x 0.40 x 0.40m. Por su parte, la apertura de hoyos se desarrolla bajo un sistema de tres bolillos para captar el agua de escurrimiento, con un distanciamiento entre plantas de 2 m de desnivel en los taludes, formando así bandas libres para el flujo del agua.

e) Forestación

La ampliación de la frontera agrícola hacia áreas no adecuadas para el desarrollo de la actividad, la indiscriminada recolección de matorrales (arbustos) destinada a la producción de leña para el consumo diario, así como el sobrepastoreo, han ido reduciendo la cobertura vegetal, dando lugar a la emergencia de procesos erosivos en los suelos. Esto ha provocado que la escorrentía superficial y el traslado de sedimentos se incrementen, lo que afecta negativamente a la cuenca baja.



Uso silvopastoril en bosque implantado.

En ese contexto, la forestación tiene por objetivo complementar las acciones de protección y conservación de la cuenca, a partir de la ocupación física de sus alrededores, plantando especies nativas y de protección.

Estas actividades son realizadas generalmente en áreas comunales y propiedades privadas. En el primer caso se definen, en conjunto con los pobladores de la cuenca, las áreas disponibles para la forestación, como así también los usuarios dispuestos a forestar dentro sus propiedades. Usualmente, se eligen zonas que oscilan entre moderadamente escarpadas a muy escarpadas, con limitantes para el uso del suelo relacionados, principalmente, con la topografía (pendiente fuerte) y las condiciones físicas del suelo (porcentaje de rocas en superficie, textura y profundidad).

3.11 CONCLUSIONES

Es evidente que la modificación y transformación de la vegetación original de los Andes bolivianos en la zona de piedemonte y la llanura aluvial al norte de la Cordillera Oriental ha ocurrido de manera acelerada y crítica en las últimas décadas, en las que se ha observado la casi desaparición del bosque original. Asimismo, las actividades humanas han sometido a la región a crecientes presiones de colonización no planificada, explotación selectiva de la madera y habilitación de áreas para la agricultura y la ganadería.

Las prácticas de conservación de suelos están dirigidas a concentrar la agricultura bajo un sistema de rotación de cultivos, acompañado por obras físicas y naturales, con el fin de promover el mejoramiento de la fertilidad de los suelos agrícolas, con incidencia en su productividad. Sin embargo, aunque la propuesta se refiere a una gestión agrícola, no está orientada a la maxi-

mización de los ingresos, sino a favorecer la preservación del recurso suelo en base a su uso sostenible, sin dejar de lado las actividades agropecuarias.

En particular, las prácticas de conservación de suelos agrícolas con barreras vivas sembradas al contorno funcionan bien en un rango amplio de ambientes agroclimáticos y con condiciones de suelo caracterizadas por pendientes pronunciadas. En este sentido, son aptas para los pequeños productores de ladera en los valles semiáridos de la región interandina. El pasto *Phalaris* se ha probado como la especie favorita desde el punto de vista de la facilidad de establecimiento, rapidez de cierre, producción de forraje y retención del suelo. El desarrollo de barreras es lento inicialmente pero es posible que los agricultores observen la acumulación de suelo arriba de ellas.

Respecto de la ejecución de obras de manejo y conservación de suelos, está definido un plazo de entre tres a cuatro años de intervención basado en la implementación de medidas de control orientadas a reducir los problemas ambientales. Durante el primer año se realiza la ejecución de la fase de inversión intensiva en las diferentes obras propuestas en el componente, de manera que los impactos esperados puedan ser ob-

servables y medibles a partir del segundo año de ejecución del proyecto, dependiendo de la tipología del mismo.

Dado que se trata de una propuesta de gestión integral de recursos naturales, no se puede limitar temporalmente el proyecto a la fase de inversión, sino que es necesario considerar la sostenibilidad del mismo. Para ello, es fundamental garantizar, desde la fase de pre inversión, el efectivo involucramiento de las comunidades campesinas asentadas en la cuenca, quienes además de ser beneficiarias directas, son actores relevantes para asegurar su sostenibilidad.

Indudablemente, el manejo y la conservación de suelos a nivel de cuenca determina cambios significativos en el medio y en todo el espacio que, de una u otra forma, se relacionan con la cuenca misma. Por lo tanto, al implementar y construir una obra física u otra actividad, como ser terrazas de banca, terrazas de formación lenta, zanjales de infiltración, zanjales de coronación, zanja de desviación, barreras vivas, cultivos de cobertura y plantaciones, éstas tienden a ocasionar cambios en su entorno de influencia, provocando efectos positivos o negativos en el medio, que deben ser calificados y cuantificados de acuerdo con su magnitud e importancia.

Capítulo 4:

Conservación del agua y suelo en cuencas del Brasil

4.1 ANTECEDENTES

Gardi *et al.* (2014) indican que Brasil presenta seis subtipos climáticos principales: ecuatorial, tropical, semiárido, tropical de altitud, templado y subtropical. El país se encuentra incluido en su totalidad en la plataforma sudamericana, cuyo basamento es de una evolución geológica muy compleja. Los usos más importantes de la tierra son el forestal (62%), los pastos (23%) y el agrícola (8%).

Los suelos de los grupos Ferralsols y Acrisols tienen una amplia distribución en ecoregiones brasileñas, desde la Amazona hasta la Pampa Gaucha, desde el norte hasta el extremo sur del país, a través del Cerrado y la Mata Atlántica. Estos suelos se formaron a partir de materiales diversos como los sedimentos arcillosos, limosos y arenosos del período Terciario, areniscas, rocas básicas e intermedias, calizas, granitos, gneises y migmatitas.

En particular, el sur brasileño es la región de montañas y mesetas, con suelos de media a alta fertilidad. Allí son comunes los Ferralsols, Leptosols y Nitisols. Estos suelos son susceptibles a la erosión hídrica.

Por su parte, en el sureste, aunque los Ferralsols y Acrisols ocupan el 78% de la región, los cultivos son de alta productividad debido a la implementación de formas de manejo tecnificado.

4.2 DEGRADACIÓN DE TIERRAS EN BRASIL

En Brasil, la deforestación y la gestión inapropiada de las actividades agropecuarias son consideradas las principales causas de degradación de la tierra. Estos factores aceleran los procesos de erosión, en particular la erosión hídrica y la salinización, lo que conduce en muchos casos a la desertificación.

En 2012, el área deforestada en la Amazona alcanzó el 15%, según el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). A su vez, la conversión en cultivo del Cerrado había llegado en 2010 al 49%, mientras que datos de 2009 indican que la Caatinga ha perdido ya un 46% de su cobertura vegetal y el Pantanal un 15% de su área total.

El aprovechamiento forestal sin cuidados adecuados y basado frecuentemente en el uso del fuego ha generado la degradación del medio ambiente. También los sistemas

de producción de pastos han incrementado la degradación del suelo por la erosión y, sobre todo, por la pérdida de la biodiversidad.

Asimismo, según datos de 2006, unos 7.890 km² de las tierras en uso en Brasil se encontraban en avanzado estado de degradación y cerca de 60.900 km² ya no podían ser destinadas a la explotación agrícola o ganadera. Se estima que las pérdidas anuales por erosión en zonas de cultivos y pastos son en la actualidad de 970 millones de toneladas.

4.3 CONSERVACIÓN DEL AGUA Y SUELO EN LA PRODUCCIÓN

La sociedad y las instituciones brasileñas han emitido una serie de recomendaciones prácticas dedicadas a técnicas de protección, conservación y recuperación de la fertilidad del suelo; como así también, sobre el acceso del ganado a los ríos y cursos de agua, el manejo y recuperación de pasturas, como sistemas de integración de agricultura, ganadería y silvicultura. Estas prácticas han dado lugar a mejoras en la producción de ganado vacuno y contribuido con la preservación ambiental, especialmente en el Cerrado (WWF-Brasil, 2011).



Grupo de suelos Ferrasols, característico de una amplia distribución en ecorregiones de Brasil.

Las buenas prácticas de conservación del agua y el suelo son fundamentales en las propiedades rurales ya que, cuando la producción cumple con los criterios de sostenibilidad, se contribuye a asegurar el sustento y la calidad de vida de la población allí asentada.

Preservar la vegetación natural en las orillas de los manantiales, ríos, arroyos y en la parte superior de los cerros ayuda a la reducción de la erosión y de las inundaciones. Asimismo, aporta a la purificación del agua consumida por las personas y el ganado, facilita la polinización de los cultivos y mantiene el suelo rico en nutrientes, lo que contribuye a la formación de un hábitat que asegure la supervivencia de la fauna y las plantas nativas. Adicionalmente, las tierras con buen manejo sostenible ofrecen más resistencia a los efectos del cambio climático.

Estos beneficios de preservación se denominan “servicios ecosistémicos”. Las propiedades bien manejadas aprovechan estos mecanismos naturales y reducen los costos de producción, usando prácticas agropecuarias para conservar el suelo, el agua y los pastos, y minimizar los problemas por la demanda excesiva de insumos químicos, plagas y enfermedades, entre otros.



Conservación de la vegetación en los cauces.

Evitar la degradación y el desperdicio de recursos naturales en las propiedades es también crucial para la apertura de espacios en mercados cada vez más exigentes, tanto dentro como fuera de Brasil. Adaptar la pecuaria al medio ambiente, aprovechando y manteniendo los servicios ecosistémicos, ayuda a aumentar el valor de las fincas y su producción.

4.4 USO Y CONSERVACIÓN DEL AGUA

La oferta permanente de agua depende de las características de cada región y del modo en que se la utiliza. En Brasil, los ríos y arroyos son más usados para el suministro, mientras que los pozos artesianos son más caros y deben ser registrados en las agencias ambientales. Por eso, preservar los bosques en las orillas de ríos, arroyos, lagos naturales y artificiales, lagunas y manantiales, ayuda en la protección de esas fuentes y mantiene la calidad y cantidad de agua utilizada en las propiedades (Rodiney de Arruda, 2011).

La construcción de pequeños reservorios de agua (presas) proporciona agua de buena calidad para el ganado y otros usos. Asimismo, estas fuentes necesitan vegetación y rejas en su alrededor para evitar que el re-



Acequia de conducción de agua.

baño beba directamente de ellas. Bebedores y comederos deben ser abastecidos mediante canales, bombas y tuberías. Una acción importante preventiva de la erosión que aumenta la infiltración de agua en la tierra es la construcción de represas para captar lluvia, con la ayuda de terrazas en curva de nivel de base amplia y canales más profundos en la parte superior.

Los agricultores también pueden “producir” agua, por ejemplo, con pequeñas represas. El Proyecto Barraginhas, de la Embrapa Maíz y Sorgo, en Sete Lagoas (estado de Minas Gerais), capta el agua de la lluvia y evita la erosión y las inundaciones. De esa manera, se recupera el suelo y se trae nueva vida a los arroyos y ríos en las comunidades rurales. A su vez, los ganaderos que mejor utilizan el agua en sus propiedades obtienen mejores beneficios económicos, como la apreciación de sus propiedades y beneficios ambientales, tales como la conservación del suelo y la mejora de la sanidad animal.

Brasil tiene leyes modernas sobre los recursos hídricos como la Constitución de 1988 que establece que los Estados administran las aguas superficiales o subterráneas, pero que el Gobierno federal será el gestor si este curso de agua es compartido entre por lo menos dos Estados, o si funciona como frontera con otros países. La Ley de Aguas (Nº 9.433/1997) trajo al país principios vigentes en países avanzados en la gestión del agua, tales como la adopción del concepto de cuencas hidrográficas en la planificación de los múltiples usos del agua. La norma también reconoce al agua como un recurso finito y vulnerable, poseedor de valor económico.

4.5 CONSERVACIÓN DEL SUELO

Si la tierra y los pastos no son tratados con cuidado pronto las propiedades rurales

podrán enfrentar problemas como escorrentía e inundaciones; empobrecimiento del suelo; escasez de agua en los manantiales, ríos y arroyos e incluso extinción de animales y plantas (Sarto, 2011). Asimismo, cuando la tierra es arrastrada por la lluvia y el viento, puede ocasionar erosión a gran escala (cárcavas). Eso causa que el suelo se degrade, produciendo enormes daños a las propiedades y agrandando arroyos y ríos. El agua también puede contaminarse con los agroquímicos arrastrados por las lluvias y causar la devaluación de las fincas.

Debe tenerse en cuenta que los suelos arenosos son más fácilmente arrastrados por las escorrentías, mientras que los arcillosos son más resistentes. Además, algunos productores agravan el problema al utilizar cultivos no adaptados a las características del terreno, plantar de forma incorrecta y/o dejar la tierra desprotegida por la deforestación excesiva. Muchos de ellos tampoco controlan el pisoteo del ganado o el movimiento de maquinaria y vehículos, a la vez que realizan quemas de pastizales con producción de gases de efecto invernadero.

Mientras más empinado sea un terreno más fuertes serán las escorrentías. Sin



Rastrojos de vegetación. Permiten una cobertura protectora de la superficie del suelo.

embargo, si la tierra está protegida por la vegetación y bien cuidada, la lluvia es amortiguada por las hojas. Por eso, para prevenir o controlar la erosión, se recomienda escoger los cultivos adecuados para cada tipo de suelo y terreno, plantar en nivel, utilizar terrazas, proteger los manantiales y cursos de agua, y reforestar los bosques nativos.

En pendientes pronunciadas y en la parte superior de los cerros es necesario mantener la vegetación original o plantar árboles, preferentemente especies nativas. En las laderas y en áreas menos pronunciadas se puede cubrir la tierra con pasturas o cultivos semipermanentes como el café y los árboles frutales, para disminuir la fuerza de las inundaciones. Las partes planas de la propiedad son ideales para los cultivos anuales y semianuales.

Para contener las escorrentías, jamás se debe cultivar en sentido “cuesta abajo”. Las líneas de plantación deben seguir siempre las curvas de nivel. Además, mantener la vegetación alrededor de los manantiales y de los cursos de agua los protegerá de sedimentos cargados por las lluvias y deslizamientos de tierra.

Es importante seguir la vocación productiva de cada suelo en cada región y prepararlo de forma menos agresiva, ya que el laboreo excesivo provoca degradación y aumento de los costos de producción. Asimismo, se recomienda utilizar plantas resistentes y de rápido crecimiento en áreas sujetas a erosión y realizar cultivos que cubran las áreas durante las lluvias, apelando a correctivos y fertilizantes en caso de que sean necesarios para asegurar su desarrollo. También es importante priorizar la rotación de cultivos, evitando plantar una sola especie en un área continua y amplia.

a) Siembra directa

La FAO (2000) menciona que en 1972 en una finca en el sur de Brasil existían 500 hectáreas bajo siembra directa con cobertura de residuos. Inicialmente, la técnica se difundió lentamente entre los agricultores en razón del escepticismo y de la falta de conocimientos, así como de la escasez de equipamiento, de especies para cultivos de cobertura y de técnicas de control de malezas adecuadas. A medida que las ventajas técnicas y económicas de la siembra directa con residuos se hicieron evidentes, la difusión de este sistema se aceleró, especialmente por medio de contactos directos de agricultor a agricultor. En 2001 Brasil contaba con más de 13 millones de hectáreas manejadas bajo este sistema.



Labranza cero con tracción animal (arriba) y sembradora manual de siembra directa (abajo).

En el municipio de Tupanssi, Paraná, Brasil, se informó que después de la adopción de la siembra directa basada en residuos, la turbidez de las aguas del río disminuyó de un índice 8000 a 80 NTU. Un grupo de familias de agricultores, cuyas casas estaban en las laderas de los campos cultivados recientemente transformados por la siembra directa, notaron que el agua de escorrentía y los sedimentos no caían más por las laderas ni entraban a sus casas, evitando así los daños a su propiedad. Si la escorrentía y la erosión son los síntomas del mal uso del suelo, la mayor reducción posible de ambos significa que sus causas están siendo controladas (FAO, 2000).

Hacia fines de la década de 1990 en el estado de Santa Catarina, Brasil, la siembra directa había sido adoptada en 400.000 ha dentro de un programa para su promoción. Esto dio como resultado que algunas o todas las prácticas mejoradas de agricultura de conservación fueran adoptadas espontáneamente en otras 480.000 ha, fuera de la órbita del proyecto que se había iniciado con 120.000 ha entre los años 1993 y 1994.

Los pequeños agricultores de Santa Catarina fueron lo suficientemente hábiles como para diseñar su propio equipo y sus metodologías para satisfacer los requerimientos de la siembra directa en sus casos particulares, lo que se desarrolló en acuerdos conjuntos con el Gobierno y con instituciones no gubernamentales, que brindaron apoyo técnico e institucional (FAO, 2000).

b) Sistemas integrados de cultivos. Ganadería con siembra directa

La siembra directa no es sostenible sin la rotación de cultivos. Las rotaciones comprenden varias sucesiones de especies anuales. En las partes tropicales de Brasil puede ser sembrado un segundo cultivo en la estación

Tabla 4.5.1

Recomendaciones para sucesiones de cultivos en rotaciones con labranza cero o siembra directa

Cultivo anterior		Cultivo principal	Cultivo siguiente	
No recomendado	Recomendado		Recomendado	No recomendado
Rábano forrajero, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.), guandul, vicia villosa, mucuna, dólico, tréboles, girasol.	Maíz, sorgo, mijo africano, trigo, arroz, avena (<i>Avena sativa</i>), maíz + mucuna, maíz + frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.).	SOJA	Maíz, sorgo, mijo africano, arroz, rábano forrajero, avena, vicia villosa, girasol, trigo.	
Sorgo, arroz, mijo africano, trigo.	Soja, avena, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.), mucuna, maíz, girasol, rábano forrajero, vicia villosa, maíz + mucuna, dólico, crotalaria.	MAÍZ	Avena (<i>Avena sativa</i>), rábano forrajero, mijo africano, girasol, trigo, soja.	
Rábano forrajero, vicia villosa, guandul, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.).	Maíz, soja, avena, mijo africano.	ALGODÓN	Avena, trigo, maíz, rábano forrajero, soja, sorgo, arroz, mijo africano.	Girasol, trébol, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.) vicia villosa.
Rábano forrajero, mucuna, vicia villosa, guandul, trébol, dólico.	Rábano forrajero, vicia villosa, mucuna, trébol, guandul, dólico.	GIRASOL	Maíz, sorgo, mijo africano, avena, trigo, forrajero.	Soja, algodón, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.).
Trébol, guandul, rábano forrajero, dólico, vicia villosa, girasol.	Maíz, sorgo, arroz, avena, mijo africano, mucuna.	FRIJOLES (<i>Phaseolus</i> spp.)	Maíz, sorgo, arroz, mijo africano, trigo, avena.	Rábano forrajero, soja, girasol.
Mijo africano, arroz.	Maíz, guandul, rábano forrajero, mucuna, soja, crotalaria.	SORGO	Girasol, avena, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.), soja, trébol, rábano forrajero, mucuna, vicia villosa, guandul, dólico.	Trigo, maíz, sorgo, mijo africano.
Mijo africano, arroz. Trigo, sorgo, mijo africano.	Rábano forrajero, maíz, crotalaria, guandul, mucuna, trébol, avena, girasol, dólico, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.).	ARROZ DE SECANO	Girasol, trébol, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.), soja, vicia villosa, avena, rábano forrajero, mucuna, avena, guandul, dólico.	Trigo, maíz, sorgo, mijo africano.
Arroz, sorgo, mijo africano, avena negra (para grano).	Maíz, soja, crotalaria, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.), girasol, guandul, mucuna, dólico, algodón.	TRIGO	Mucuna, girasol, crotalaria, algodón, maíz, sorgo, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.), mijo africano, soja, dólico, guandul.	Maíz, arroz.
Ninguno.	Cualquier cultivo.	AVENA	Cualquier cultivo.	Trigo después de avena negra (para grano).
Algodón, girasol, sorgo, arroz de secano.	Soja, maíz, avena, mijo africano, frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.).	PASTURAS PERENNES	Frijoles (<i>Phaseolus</i> spp.), soja.	Algodón, avena, arroz, girasol, maíz, sorgo, trigo.

Fuente: Broch *et al.* (1997).

de las lluvias y, cuando éstas son inadecuadas, la tierra queda en barbecho. En la **Ta-bla 4.5.1** se presentan los principales cultivos que pueden seguir a otros, desde el punto de vista de las enfermedades del suelo y la nutrición de las plantas. También se muestran los cultivos siguientes recomendados o inadecuados, ilustrando el principio de las rotaciones de cultivos agrupados por familias.

Una sucesión común es soja-mijo seguida por soja-mijo lo que no constituye una rotación sino una sucesión de cultivos.

Cuanto mayor sea el número y la diversidad de los cultivos, así como los géneros involucrados en la rotación, mayor será la biodiversidad y el potencial de control biológico de enfermedades, plagas y malezas, al cortar el ciclo evolutivo de los inóculos o las poblaciones. Ejemplo de ello son los nematodos, que pueden ser eficientemente controlados por algunas pasturas de gramíneas (Vilela *et al.*, 2004) y por las leguminosas de algunos cultivos de cobertura. Una pastura en la fase de rotación produce materia orgánica para el suelo y mejora su estructura

y la disponibilidad de nutrientes y agua (Vilela *et al.*, 2004).

Por otra parte, nunca se deben quemar las sobras de las cosechas dado que este material ayudará en el crecimiento de las plantas para que produzcan más en la siguiente temporada mientras que, en cambio, su combustión sólo produce efectos negativos al contribuir con la producción de gases de efecto invernadero.

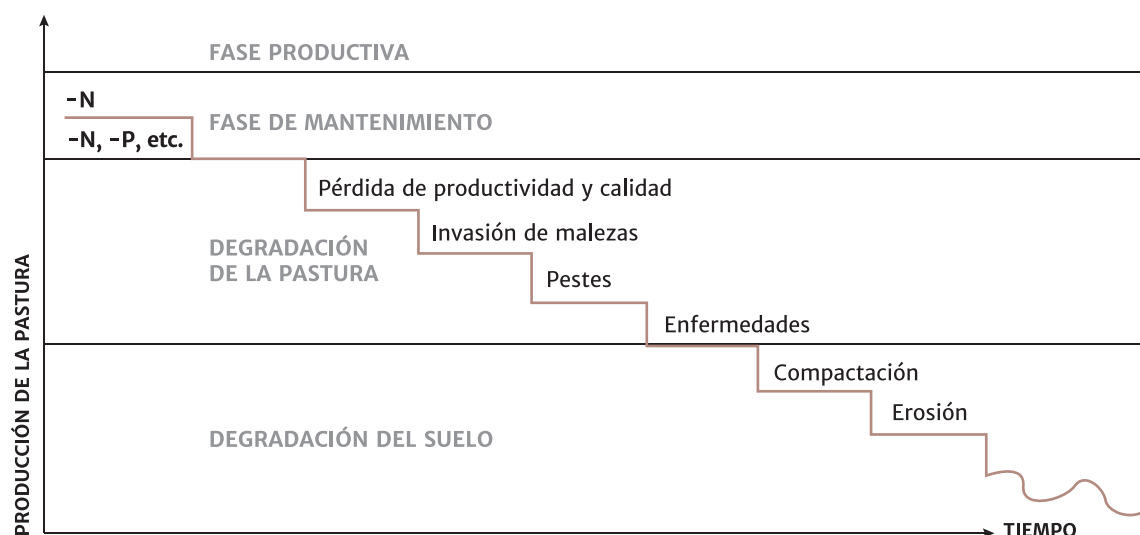
4.6 PROCESO DE DEGRADACIÓN DE PASTURAS

La reposición inadecuada de nutrientes y el exceso de carga animal son las principales causas de la degradación de las pasturas (Vilela *et al.*, 2004). La **Figura 4.6.1** muestra la secuencia general de los procesos de degradación.

Antes de iniciar un sistema integrado de cultivos-pasturas con siembra directa es necesario considerar el grado de degradación de las pasturas, a fin de decidir si es necesaria una preparación completa de la

Figura 4.6.1

Representación esquemática del proceso de degradación del suelo



tierra. Además de la declinación de la fertilidad y del exceso de carga animal, la invasión de malezas y matorrales y el gran tamaño de las parcelas de pastoreo, son las principales limitaciones de la productividad de las pasturas.

La degradación continua causada por un manejo extractivo acarrea sucesivas reducciones de la capacidad de carga del campo. Estas reducciones comienzan con deficiencias en P y N, y culminan con la pérdida de cobertura y la consecuente degradación del suelo a causa de la erosión y la compactación. El sobrepastoreo es la forma más común del mal manejo de las pasturas, mientras que el manejo ideal es aquel que busca mantener las pasturas con una cobertura total del suelo y siempre en la fase productiva, ajustando la cantidad de animales o los períodos de descanso para evitar el sobrepastoreo, y añadiendo fertilizantes y cal cuando es necesario.

Sin embargo, algunos períodos breves con alta población de ganado son tolerables en la fase de mantenimiento. Sobre el final de la fase de degradación de una pastura, antes de entrar en la fase de degradación del suelo, la producción anual de carne podría ser de alrededor de 40–50 kg/ha/año, mientras que la capacidad de carga en la estación seca es menor a 0,5 UA/ha.

Finalmente, cabe destacar que la deficiencia de nitrógeno es el principal factor limitante en las pasturas tropicales de Brasil (Boddey *et al.*, 2004), seguida por el fósforo, el azufre, el calcio, el magnesio y el zinc (Vilela *et al.*, 2004).

4.7 MANEJO DE PASTIZALES

El manejo correcto de los pastos alarga su vida y asegura más forraje para el rebaño. Por lo tanto, es importante ajustar el tamaño

del rebaño a la capacidad del pasto, en cualquier tipo de manejo adoptado. Los animales estarán listos para la faena en menos tiempo cuando se usa la densidad poblacional adecuada. Estos hechos no suelen ser tenidos en cuenta por los productores, ya que ocho de cada diez pasturas en Sudamérica tienen demasiados animales para su capacidad de producción óptima (Amorim, 2011).

La oferta del forraje varía en cantidad y calidad a lo largo del año, razón por la cual es necesario ajustar la población respetando estos límites y aplicar fertilizantes y suplementos en los pastos en momentos estratégicos. Sin embargo, la sustitución de nutrientes debe ser realizada de acuerdo con el análisis de suelo, para que se utilicen los productos en cantidades correctas y se evite el desperdicio.

La quema de pasturas para su renovación aún es común en algunas regiones de Brasil, aunque perjudica la calidad del aire, reduce la fertilidad del suelo y favorece la aparición de erosiones, además de contribuir con la profundización del cambio climático. Asimismo, conlleva la pérdida de nitrógeno y azufre y otros nutrientes lanzados a la atmósfera o que, por la acción de las lluvias, son arrastrados a los ríos y arroyos.



Áreas con erosión laminar y sin vegetación producto del sobrepastoreo.

Por todas estas razones, el fuego debe ser usado sólo con la autorización de los organismos ambientales y en algunos casos especiales. Asimismo, es crucial controlar las hierbas invasoras, ya que son indicadores de la degradación de los pastos cuando se utilizan forrajes inadecuados. También deberá evitarse el exceso de pastoreo (sobrepastoreo) e impulsar la aplicación de abonos.

El bienestar de los animales es cada vez más valorado por los productores y consumidores, ya que los animales sanos producen más y mejor. Es esencial proporcionar al ganado agua potable y suplementos nutricionales de alta calidad, distribuyendo las fuentes de agua en el pasto para facilitar el acceso de los animales y evitar que caminen largos trechos. También es necesario asegurar sombra para el ganado, ya sea en sistemas extensivos o intensivos de producción.

4.8 RECUPERACIÓN DE PASTOS DEGRADADOS

Zimmer y Macedo (2011) manifiestan que la degradación de las pasturas es uno de los principales problemas de la industria ganadera brasileña, lo que afecta directamente a la sostenibilidad del sistema productivo. Debido a la gran superficie ocupada por



Pastizales de alta productividad con alto rendimiento de ganado bobino.

pastos comerciales, los impactos de su degradación causan pérdida de suelo y afectan la calidad y cantidad del agua, además de reducir la capacidad de secuestro y conservación de carbono en el sistema.

En los pastos degradados la producción animal es menos eficiente, lo que aumenta la cantidad final de gas emitido por kilogramo de carne por hectárea al año, incrementando innecesariamente la emisión de gases de efecto invernadero y contribuyendo al calentamiento global.

El proceso de degradación comienza con la pérdida de vigor y disminución de la cantidad de forraje producido, y la consiguiente reducción de la capacidad de densidad poblacional de los pastos y el engorde del ganado. Luego viene la infestación por hierbas malas y plagas, seguida de la degradación del suelo.

Las principales causas de degradación de los pastos son el exceso de población, la mala gestión, las quemas, la falta de modificación del suelo y de reposición de nutrientes, y el uso de especies inadecuadas que no están adaptadas al clima y al suelo.

La degradación de los pastos resulta en una producción reducida de forraje y una disminución de las tasas de engorde de los animales. Además, en casos extremos puede provocar la degradación del suelo y del medio ambiente, mientras que la quema de pasturas puede resultar en pérdidas de más del 50% de su capacidad de producción.

La preparación inadecuada del suelo, la falta de prácticas de conservación, el uso de técnicas de siembra inadecuadas, así como el uso de semillas de mala calidad y de origen desconocido, pueden resultar en una rápida degradación de las pasturas.

La renovación debe ir precedida de una evaluación técnica, a través de un diagnóstico de la propiedad y de los campos de invernada, que considere aspectos del suelo, de los pastos y del rebaño, para indicar las prácticas que deben adoptarse. La renovación o recuperación puede llevarse a cabo directamente mediante la aplicación de correctivos y fertilizantes en la superficie de pastos o, de modo indirecto, a través de cultivos anuales como el mijo, el sorgo de pastoreo y la avena, entre otros. Incluso se puede lograr a través de cultivos de granos como el arroz, el maíz, el sorgo en grano, la soja, etc.

Estos sistemas integrados de agricultura y ganadería resultan en pasturas de alta productividad, con un alto rendimiento de los animales y con beneficios en la producción de granos. Después de la recuperación o renovación de las pasturas es importante no cometer los mismos errores que llevaron a su degradación.

La recuperación de los pastos no es suficiente para mantener la productividad, por lo que se vuelve necesaria la realización de fertilizaciones periódicas para mantener los niveles de fertilidad del suelo. Asimismo, es muy importante manejar correctamente cada forraje, observando la altura de pastoreo de acuerdo con el hábito de crecimiento y el sistema de gestión que será adoptado. Por ejemplo, los pastos *Marandú*, *Xaraes* y *Piata* deben ser mantenidos a una altura entre 20 y 35 cm. La *Brachiaria decumbens* debe estar entre 15 y 30 cm y la *Brachiaria humidicola*, así como la *Tifton*, entre 10 y 25 cm. El pasto *Tanzania* debe ser manejado siempre entre 30 y 60 cm y el *Massai* entre 25 y 40 cm.

Con el manejo adecuado habrá más producción de forraje y la longevidad de la pastura será más larga y con mejor au-

mento de peso. Estas acciones resultarán en menores pérdidas de suelo y agua, la protección de los manantiales y la valoración de las propiedades.

Finalmente, un manejo adecuado de los pastizales aumentará la capacidad de secuestro de carbono mediante el aporte de materia orgánica al suelo. Además, la mejora en el rendimiento de los animales resulta en reducciones de la emisión de metano de sus organismos, lo que contribuye a minimizar el impacto de los gases de efecto invernadero.

4.9 INTEGRACIÓN DE LA AGRICULTURA, GANADERÍA Y SILVICULTURA

Según las consideraciones mencionadas por De Almeida y Laura (2011), se percibe la tendencia al avance de los campos de cultivos y bosques plantados sobre las pasturas, especialmente los más degradados.

En este contexto, se ha hecho hincapié en el desarrollo de sistemas de integración entre agricultura, ganadería y, más recientemente, sistemas integrados de agricultura, ganado y silvicultura o sistemas agroforestales.

Debido a su mayor complejidad, antes de la implementación es esencial conocer las con-



Cultivo protegido con hileras de arbustales en los bordes de la parcela.

diciones del sistema de producción y el mercado local y regional con relación a la disponibilidad de insumos, maquinaria, mano de obra, servicios y condiciones de comercialización de los productos, especialmente los forestales.

Sin embargo, con la aplicación de técnicas adecuadas de manejo, estos sistemas resultan sumamente eficientes en el uso de la tierra y de los recursos disponibles. Por lo tanto, los cultivos deben ser elegidos en base a su importancia y a la adaptación a la economía y el clima regional, así como de acuerdo con la tradición local de cultivos, la disponibilidad y el costo de semillas o plántulas.

Los árboles plantados deben estar adaptados a las condiciones locales, tener un crecimiento rápido que deje su copa fuera del alcance de los animales dentro de los dos años a partir de la siembra, y demostrar un diámetro de tronco suficiente para resistir a los daños mecánicos.

Las hileras de plantación de árboles deben orientarse hacia la conservación del suelo y el agua. Es necesario que los árboles sean colocados en nivel y, si es preciso, utilizar terrazas, plantando en su tercio inferior para evitar daños a las raíces y favorecer la infiltración del agua y el desplazamiento de los animales. En terrenos llanos, la plantación de árboles puede realizarse en hileras simples, dobles o triples, orientadas de este a oeste. La implementación de distancias mayores entre las hileras de árboles favorece el desarro-

llo de forraje y una producción de madera en mayor escala. Además, las hileras permiten la inclusión de cultivos agrícolas por un tiempo más largo ya que disminuye la competencia por espacio, luz, agua y nutrientes. El suelo debe ser bien manejado, asegurando la descompactación y fertilización en las líneas de plantación, y el control de hormigas, termitas y plantas competidoras.

La remoción de las ramas laterales es importante y debe ser hecha antes de que los animales entren al sistema. La tala selectiva tiene la intención de reducir costos, aumentar la entrada de luz para el forraje y los cultivos, y mejorar el crecimiento de los árboles.

Asimismo, la elección de los forrajes para los sistemas integrados debe basarse en la tolerancia a la sombra. Por su parte, la selección de los animales dependerá del sistema pecuario a ser recuperado o intensificado, razón por la cual se recomienda la selección de animales y razas más productivas y adaptadas a la región.

Los principales obstáculos para la adopción de sistemas integrados en la producción de carne son los altos costos iniciales de inversión, especialmente para los productores sin acceso al crédito, y la ignorancia sobre los beneficios que la plantación de bosques puede proporcionar a las propiedades.

En la **Tabla 4.9.1** se sintetizan las prácticas de manejo y conservación de agua y suelo que se vienen ejecutando en Brasil.

Tabla 4.9.1

Resumen de buenas prácticas de manejo y conservación de agua y suelo

Conservación del agua	• Mantener los bosques en las orillas de ríos, arroyos, lagos (naturales y artificiales), lagunas y manantiales. • Construir represas, preservar los bosques a su alrededor y usar canales, bombas y tuberías para abastecer los abrevaderos para el ganado y otros usos. • Construir pozos y terrazas en curvas de nivel para infiltrar el agua de lluvia. • Almacenar agua de lluvia mediante pequeñas represas. • Requerir licencia para usar el agua de ríos o pozos junto a las agencias ambientales. • Usar cultivos adaptados a cada tipo de suelo y plantarlos de forma correcta. • No deforestar más allá de lo permitido por ley y no realizar quemas. Controlar el pisoteo del ganado y el movimiento de maquinaria y vehículos. • Preservar la vegetación en terrenos muy empinados y en las cumbres de los cerros. En las laderas y partes menos empinadas, cubrir el terreno con pasturas o cultivos semipermanentes. • Planificar y mantener los caminos a las plantaciones, seguir la vocación productiva de cada tipo de suelo y región, y preparar la tierra de forma menos agresiva. • Hacer rotación de cultivos, evitar plantar una sola especie en un área continua y amplia, y nunca quemar las sobras de las cosechas.
Manejo y recuperación de pastos	• Ajustar el tamaño del rebaño a la capacidad del pasto en cualquier tipo de manejo. • Aplicar suplementos y fertilizantes en los pastos en cantidades y tipos correctos después de analizar el suelo. • No forzar la renovación de pasturas mediante quemas. • Controlar y evitar la entrada de plantas invasoras, si es posible sin agroquímicos. • Distribuir bebederos, suplementos nutricionales y sombra para el ganado en la pastura, evitando que caminen trechos largos.
Integración de agricultura, ganadería y silvicultura	• Elegir pastos, árboles y rebaños según las condiciones de producción y de mercados locales y regionales. • Plantar árboles en terrazas de nivel en terrenos inclinados mientras que, en terrenos llanos, plantar hileras simples, dobles o triples. • Manejar, descompactar y fertilizar el suelo, controlar la presencia de hormigas, termitas y plantas competidoras. • Remover ramas laterales y hacer talas selectivas de los árboles. • Elegir los forrajes según su tolerancia a la sombra, y los animales según el sistema de producción.

Capítulo 5:

Uso, manejo y conservación del suelo y agua en cuencas del Paraguay

5.1 ANTECEDENTES

Gardi *et al.* (2014) mencionan que la reducción de la cubierta forestal en la región oriental del país ha pasado de aproximadamente 8 a 18 millones de hectáreas en el período comprendido entre las décadas de 1940 y 1990. La causa principal se vincula con el aumento de la superficie destinada a cultivos agrícolas (soja, trigo y pastos para la producción ganadera).

Por su parte, la erosión hídrica y el deterioro químico del suelo se han producido sobre todo en la región oriental del país, debido a la puesta en cultivo de suelos pobres o moderadamente fértiles sin la debida aplicación de abonos orgánicos o fertilizantes químicos. Además, la salinización constituye un proceso de degradación importante en algunas áreas, como el Chaco Paraguayo.

Paraguay es un país ubicado en la parte centro-sur oriental de América del Sur. Limita al sur, sudeste y sudoeste con Argentina, al este con Brasil y al noroeste con Bolivia. La geografía paraguaya contiene tres tipos climáticos: semitropical continental, en el oeste del Chaco; semitropical semiestépico en el área central con eje en el río Paraguay;

Figura 5.1.1

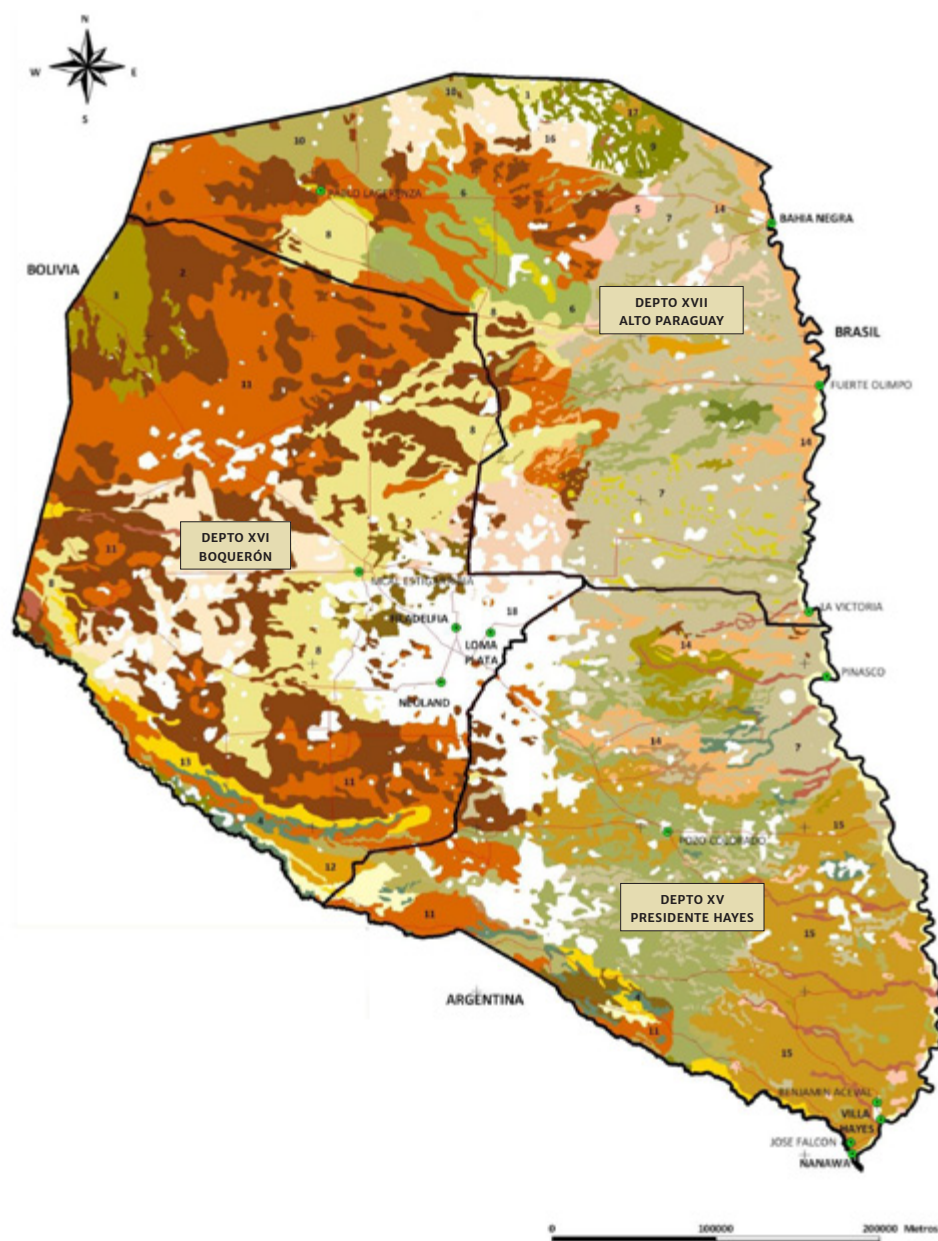
Mapa de uso de suelos de la región oriental del Paraguay



y semitropical húmedo en la región oriental. Además, Paraguay posee dos regiones geográficas con características edáficas muy distintas: la región oriental y la región occidental o Chaco Paraguayo.

Figura 5.2.1

Mapa de vegetación de la región occidental del Paraguay



Referencias

- | | |
|--|---|
| 1 Arbustales y matorrales secundarios de la Chiquitania/
Bosques subhúmedos semidecíduos Chiquitanos transicionales con el Chaco | 9 Bosques subhúmedos semidecíduos Chiquitanos transicionales con el Chaco |
| 2 Bosques de los arenales del Chaco Septentrional occidental | 10 Bosques transicionales de cerros del Chaco Septentrional a la Chiquitania |
| 3 Bosques de los arenales del Chaco Septentrional occidental/
Sabanas arboladas de los arenales del Chaco Septentrional occidental | 11 Bosques xéricos de las llanuras aluviales antiguas del Chaco Septentrional occidental |
| 4 Bosques freáticos del Chaco | 12 Bosques xéricos de las llanuras aluviales antiguas del Chaco Septentrional occidental/
Matorrales sobre paleo cauces recientes del Chaco Septentrional |
| 5 Bosques higrofiticos del Chaco Septentrional/
Bosques sobre suelos mal drenados del Chaco [Septentrional] occidental | 13 Matorrales sobre paleo cauces recientes del Chaco Septentrional |
| 6 Bosques higrofiticos del Chaco Septentrional/ Bosques sobre suelos
mal drenados del Chaco [Septentrional] Septentrional occidental | 14 Palmares inundables del Chaco Septentrional |
| 7 Bosques sobre suelos mal drenados del Chaco [Septentrional] oriental | 15 Palmares inundables del Chaco Septentrional/Sabanas abiertas altas inundables del
Chaco Septentrional oriental/Vegetación acuática y palustre Neo tropica del Chaco |
| 8 Bosques sobre suelos mal drenados del Chaco [Septentrional] oriental/
Bosques xéricos de las llanuras aluviales antiguas del Chaco Septentrional occidental | 16 Bosques Transaccionales sobre arenales del Chaco Septentrional a la Chiquitania |
| | 17 Arbustales y Matorrales secundarios de la Chiquitania |
| | 18 Habitación de tierras para pasturas |

Los principales elementos geotectónicos del Paraguay están constituidos por cuencas sedimentarias y altos regionales que las separan. Los usos principales del suelo son: forestal (45%), pastos (43%) y tierra arable (10%).

5.2 REGION ORIENTAL DEL PARAGUAY

Con una superficie de 159.827 km² (el 39% del total del territorio) y más del 98% de la población del país, la región oriental es la zona económica más activa del Paraguay así como la más desarrollada. Su geomorfología se caracteriza por el predominio de terrenos planos a ligeramente ondulados, mientras que sus tierras son en gran parte aptas para la agricultura.

Respecto al material de origen de los suelos, la arenisca ocupa la zona del centro y el oeste, el basalto se encuentra principalmente hacia el este, y los sedimentos aluviales predominan hacia el suroeste y extremo oeste.

Los suelos originados a partir de areniscas son de textura gruesa, con baja fertilidad y baja capacidad de retención de humedad. En cambio, los suelos originados a partir de basalto presentan textura fina, son plásticos y pegajosos, con buena fertilidad y alta capacidad de retención de humedad, y corresponden en general a los suelos agrícolas más productivos del país.

5.3 EL CHACO PARAGUAYO

El Chaco Paraguayo cubre el 61% del territorio paraguayo y alberga cerca del 2% de la población total del país. Posee una superficie aproximada de 246.925 km² y una densidad poblacional de 0,4 habitantes por km². Está constituida por una llanura plana, de formación aluvional, la cual se inclina levemente desde los contrafuertes andinos. Su temperatura media anual alcanza

los 37,8°C. Geográficamente, se divide en tres zonas: Bajo Chaco, Chaco Central y Alto Chaco, a la vez que cuenta con una división política en tres departamentos: Presidente Hayes, Boquerón y Alto Paraguay.

Una de las características geográficas es la presencia del litoral del Paraguay, una franja de hasta 100 km de ancho que engloba parte del departamento Alto Paraguay. Esta zona litoral es llana y boscosa, y sus bosques albergan maderas duras como el quebracho y el palo santo, además de palmares.

A la vez, una subzona seca abarca también parte de Alto Paraguay, Boquerón y Presidente Hayes. Esta área se caracteriza por ser una planicie seca, con vegetación de arbustos espinosos y cactus. También aparecen dunas arenosas y tierras abiertas con algunos pantanos.

La zona llamada Bajo Chaco es la subregión situada en la confluencia de los ríos Paraguay y Pilcomayo, compuesta por zonas inundables en las épocas lluviosas y con grandes pantanos, palmares y vegetación arbustiva. En esta área se encuentra el estero más extenso del Paraguay: el Estero Patiño.

5.4 BUENAS PRÁCTICAS DE USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS EN PARAGUAY

Según Cubilla (2014), los principales suelos de las regiones productoras de granos del Paraguay, en especial los situados al este y sudeste de la región oriental, son derivados de roca basáltica. Éstos son bien desarrollados, profundos, bien drenados, de coloración rojiza, ricos en sesquióxidos de hierro y aluminio, pobres en fósforo (P), pero bien provistos de bases intercambiables como el potasio (K), el calcio (Ca) y el magnesio (Mg)¹. Por otro lado, estos sue-

los tienen una alta capacidad de fijación de P, lo que hace necesaria que la fertilización fosfatada satisfaga tanto los requerimientos de la planta como los del suelo.

La absorción de nutrientes por la soja es influenciada por diversos factores; entre ellos, las condiciones climáticas, como la lluvia y la temperatura, las diferencias genéticas entre las variedades, el nivel de nutrientes en el suelo y los diversos tratamientos culturales.

Las condiciones de humedad y temperatura son más favorables con cobertura en sistema de siembra directa, teniendo un efecto positivo en la vida de los microorganismos. En este sistema, las condiciones favorecen la biota del suelo y, consecuentemente, tienen efectos positivos sobre la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos.

Es tarea del productor procurar el mejor ambiente posible para el crecimiento de la soja, utilizando prácticas de manejo tales como el cultivo y la fertilización con criterios de conservación de suelo, la selección de variedades y densidad de plantas adecuada, y el control integrado de malezas, plagas y enfermedades. Las combina-

ciones de estas prácticas varían en diferentes situaciones de producción y niveles de manejo del suelo y son fundamentales en la determinación del éxito de la producción final.

5.5 SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA

Las técnicas conservacionistas de manejo del suelo y, en especial, el Sistema de Siembra Directa o SSD han sido incentivados en los últimos años con la finalidad de reducir la degradación del suelo. La filosofía del SSD tiene en su esencia el equilibrio del ecosistema, ya que posibilita la autosustentación en términos económicos, sociales y ecológicos. Se fundamenta en la eliminación del uso del arado y/o rastra, así como en la cobertura permanente y en la rotación de cultivos.

La erosión fue la principal razón que llevó a los agricultores a adoptar este sistema con el propósito de volver a la actividad agropecuaria más sustentable. Este sistema procura recuperar los suelos de baja aptitud y capacidad agrícola haciendo que pequeños, medianos y grandes productores trabajen el suelo en forma continua. La gestión de la fertilidad del suelo y su fertilización deben ser, por tanto, adaptados a estas prácticas de uso y manejo del suelo.

Sin embargo, es importante considerar que el SSD es más complejo y más exigente que otros sistemas en cuanto al manejo de suelos y de los cultivos. Requiere programación de área, análisis de suelo, utilización de correctivos y fertilizantes, como así también, rotación de cultivos, equipamientos adecuados, buen conocimiento y control integrado de malezas, plagas y enfermedades, además del seguimiento del desarrollo de los cultivos en la propiedad.



Subsolado en suelos de coloración rojiza.

1. Frecuentemente, existen dos factores químicos limitantes del suelo para la producción agrícola, principalmente cuando se trata de cultivos de leguminosas como la soja; estos son, la acidez y el bajo nivel de fósforo extractable.

5.6 MANEJO DE CULTIVOS DE COBERTURA E IMPACTO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO

La utilización de cultivos de cobertura en el período en que el suelo no es utilizado con cultivos comerciales, además del control de la erosión, mejora la fertilidad del suelo. Esto es debido al reciclaje de nutrientes que se perderían por lixiviación o erosión superficial en suelos sin cobertura vegetal y gracias a la adición de N por fijación biológica, en caso de utilización de leguminosas.

Los beneficios de los cultivos de cobertura sobre la disponibilidad de P y K pueden ser observados a mediano plazo y se deben al reciclaje de esos nutrientes y a menores pérdidas por erosión. Tales beneficios son detectados en los análisis de suelo que en general indican mayores tenores de esos nutrientes (Anghinoni y Bayer, 2004). Los cultivos de cobertura aportan cantidades importantes de biomasa, colaboran con la recuperación del tenor de la materia orgánica de los suelos agrícolas y tienen una función relevante en la mitigación del calentamiento global.

La siembra directa posibilita recuperar los niveles de materia orgánica perdida durante el uso del suelo en el sistema de siembra



Preparación del terreno bajo el sistema de labranza convencional.

convencional. Bajo el SSD, hay una mayor fijación de dióxido de carbono atmosférico (CO_2), almacenado temporalmente en el suelo en los diferentes compartimientos de la materia orgánica. En un futuro próximo, los suelos tropicales y subtropicales, por su extensión, podrán considerarse destinos estratégicos del CO_2 atmosférico (Amado y Costa, 2004).

En la región oriental, la preparación de los suelos se realiza en forma convencional (una a dos aradas y una a dos rastreadas) para la siembra de cualquier cultivo. También, en la zona mecanizada de los cultivos de trigo y soja, se utiliza rastra pesada solamente para preparar grandes superficies de suelo. Los pequeños productores labran el suelo con arado de una reja tirado por bueyes (especialmente para los productos de algodón, mandioca, maíz y caña de azúcar). Este sistema convencional de laboreo expone al suelo a la acción erosiva de las lluvias, por hallarse desprotegido de vegetación durante este período y aún durante el período de crecimiento de las plantas (Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay, 1995).

La erosión eólica no es peligro serio en la región oriental y sólo se percibe en los períodos secos, con vientos relativamente fuertes. La erosión hídrica, laminar o en surcos, es la más seria ya que afecta a suelos aún con relieve plano, por efecto de acumulación y arrastre del agua de lluvia.

Por tales razones, las prácticas conservacionistas del suelo que deben desarrollarse son:

- Siembra en hileras rectas, cuando la pendiente sea inferior al 1%, ya que el terreno es virtualmente plano. Sin embargo, por el gran valor de la tierra, se deberán plantar los cultivos en contorno, siguiendo las curvas de nivel.

- Con pendientes de 1 al 3%, se deberán tomar otras medidas conservacionistas como:

a) Curvas de nivel con cordones de contención ubicados transversalmente a la pendiente, sembrados con pasto cedrón, pasto elefante, pacholí, caña de azúcar, etc. Con este sistema, se pueden manejar los cultivos del pequeño productor (algodón, mandioca, maíz, poroto, caña de azúcar). Si es cultivo mecanizado, se deben usar curvas de nivel de base ancha, las cuales permiten la siembra sobre la misma curva. Con este sistema se cultiva soja, trigo, avena, girasol, canola, maíz, sorgo y acevén.

b) Cobertura permanente o casi permanente del suelo, por medio de:

- Abonos verdes de invierno (lupino, avena negra, nabo forrajero) y de verano (mucuna ceniza, mucuna negra, crotalaria, dólico), incorporados al suelo con rastra durante la floración. Se deben mantener estos abonos verdes en rotación con los cultivos agrícolas. Este sistema es muy útil para los cultivos del pequeño productor (algodón, maíz, mandioca). Las plantas utilizadas como abonos verdes generalmente pertenecen a la familia de las leguminosas, por la posibilidad que tienen de fijar nitrógeno atmosférico en asociación con bacterias del género *Rhizobium*, aunque en los últimos tiempos se cultivan otras especies de crecimiento rápido y de buena producción de masa verde, como es el caso de algunas gramíneas, crucíferas o compuestas. (Alfonso, C.A. y Monederos, M., 2004).

- Siembra directa con los abonos verdes mencionados anteriormente utilizados en rotación con cultivos agrícolas. El abono verde se corta con machete (en áreas pequeñas), rotativa, rastra liviana, rollo cuchillo, o se trata químicamente

con herbicida y se siembra el cultivo directamente encima. La mejor respuesta se ha observado con el rollo cuchillo. La descomposición del abono verde se realiza sobre el suelo y constituye una forma de mulching o cobertura del suelo con plantas o restos vegetales. También es posible manejar en siembra directa las siguientes rotaciones de cultivo en las áreas mecanizadas: trigo-soja; avena negra-soja; avena negra-maíz; pasto acevén-soja; pasto acevén-maíz o sorgo; canola-soja; canola-maíz.

La rotación de cultivos es necesaria cuando se busca evitar el aumento de plagas, malezas o enfermedades, como así también para asegurar un sistema de raíces que penetren en el suelo a diferentes profundidades. Esto, a su vez, conduce a una extracción más equilibrada de los nutrientes del suelo. Para hacer un uso eficiente de esta práctica, ordenarla y sistematizarla, es necesario conocer las especies idóneas para cada cultivo en la región y saber cuánto aporta en términos de biomasa y nutrientes al suelo.

En síntesis, sus beneficios son:

- Al alternar el uso de diferentes sistemas radicales y promocionar el laboreo biológico del suelo en distintas profundidades, produce una mejora en la porosidad o el equilibrio entre macro y microporos y, por consecuencia, la aireación e infiltración del agua.
- Mejora la formación de agregados y su estabilidad en el agua, efecto directamente relacionado con los niveles de materia orgánica y actividad microbiana; principalmente por la acción de hifas de hongos exudados de las raíces como los polisacáridos y por la dinámica de secado y humedecimiento del suelo.

- Mejora la fertilidad a través de la fijación de nitrógeno por el uso de leguminosas en el sistema.
- Incrementa el aprovechamiento de los nutrientes esenciales como fósforo, potasio, calcio y magnesio, y promueve una mejor distribución en el perfil del suelo.
- Aumenta la capacidad de cambio de catión.
- Reduce las pérdidas de nutrientes por lixiviación.
- Mejora el control de plagas y enfermedades.
- Mejora la biodiversidad.
- Escoger áreas más fértiles y con menos malezas problemáticas.
- Escoger áreas bien soleadas, evitando aquellas mal drenadas.
- Subsolar las áreas que estén compactadas.
- Nivelar el suelo para permitir un buen trabajo del rollo-cuchillo y sembradoras.
- Corregir la acidez y las deficiencias de fertilidad para promover una adecuada producción de biomasa.
- Preparar la cama de siembra con uno o dos cultivos de cobertura (abonos verdes o cultivos comerciales rastrojeros). Aún cuando no se consiga, es bueno saber que la cantidad ideal de rastrojo para empezar el sistema es de 10 a 15 tn de MS/ha.

Más allá de sus múltiples ventajas, para llevar adelante la implantación de una agricultura de conservación es necesario considerar la predisposición del agricultor a hacer un cambio en el sistema de manejo de sus cultivos, a considerar al suelo como un sistema productivo biológico y autosostenible y a adoptar una nueva forma de pensar respecto del manejo de las malezas y la producción agrícola. Además, el agricultor debe recibir una adecuada e intensiva capacitación y disponer de asistencia técnica especializada. Para ganar experiencia, se recomienda comenzar en un área pequeña de la finca, preferentemente, en áreas libres de compactación, sin problemas de erosión y libres de malezas de difícil control. En el caso de usar herbicidas, se sugiere que se tome el tiempo para aprender a identificar y usar los herbicidas de forma correcta.

Además del cambio de mentalidad mencionado y de la necesidad de una construcción colectiva que involucre la experiencia de técnicos y productores, la agricultura de conservación requiere que el agricultor tome en cuenta las siguientes consideraciones:

- No olvidar que la cobertura protege el suelo de la erosión, de la compactación, mantiene el suelo más húmedo y disminuye la amplitud térmica. Por lo tanto, hay que repetir los cultivos de cobertura o rastrojeros siempre que sea necesario, una a dos veces por año.
- Los cultivos de cobertura, para no necesitar de herbicidas, deben ser manejados mecánicamente en estadíos bien determinados: estadío de grano lechoso para las gramíneas y de pleno florecimiento para leguminosas, crucíferas o compuestas. En cualquier otra condición, debe utilizarse la desecación con glifosato o similar.
- Es recomendable hacer la desecación de las coberturas de 7 a 10 días después del manejo mecánico con el rollo cuchillo, para que haya tiempo de que las semillas de las posibles malezas puedan emerger y así disminuir el banco de semillas.

5.7 SIEMBRA DIRECTA O LABRANZA CERO

Las zonas con propiedades agrícolas pequeñas han asimilado la nueva tecnología de labranza de siembra directa.

La sembradora directa manual, matraca o plantadora por punzada es una herramienta sostenida manualmente que permite plantar al agricultor desde una posición de pie y más rápido que cualquier otra herramienta manual (promedio de 2 días

por hectárea). La herramienta se fabrica a partir de dos palancas largas unidas abajo por una bisagra en forma de "V" con punta aguzada, con la cual se da la punzada al suelo. Luego, mediante el cierre de las palancas en forma de "V", la punta aguzada es abierta para liberar la semilla. Al mismo tiempo, una nueva semilla y, eventualmente el fertilizante, son cargados dentro del mecanismo dosificador. La plantadora es empujada dentro del suelo en cada paso que da el agricultor, permitiendo un espaciado regular.

Capítulo 6:

Uso, manejo y conservación del suelo y agua en cuencas del Uruguay

6.1 ANTECEDENTES

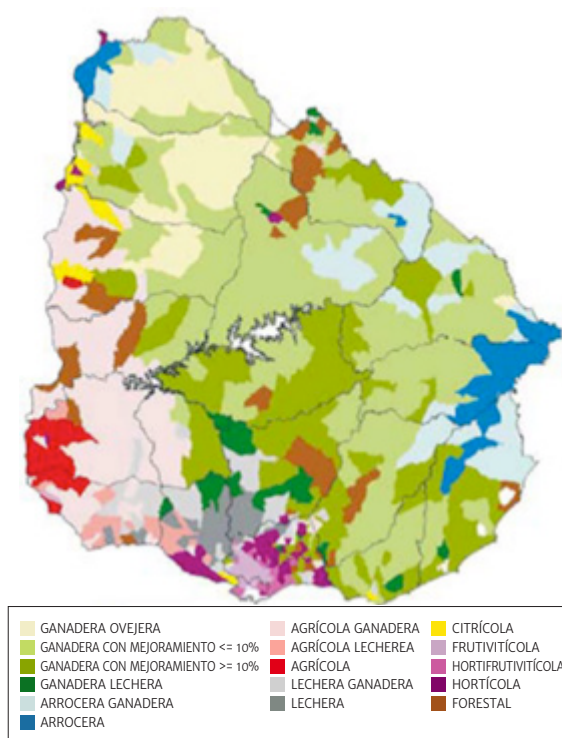
En Uruguay existen diversas formas de degradación de suelos, siendo la erosión hídrica de origen antrópico el problema ambiental más importante asociado a la actividad agropecuaria. Esta problemática afecta aproximadamente al 30% de la superficie del país (480.000 ha) y se puede manifestar en diversos grados: leve (18% de los suelos), moderado (10%); severo (1%) y muy severo (1%) (Gardi *et al.*, 2014)

Uruguay es un país de América del Sur situado en la parte oriental del Cono Sur. Limita al noreste con Brasil, al oeste con Argentina y tiene costas en el océano Atlántico al sureste y sobre el Río de la Plata hacia el sur. Su clima es templado y húmedo (promedio 17°C), con veranos cálidos y precipitaciones casi homogéneas durante todo el año.

La mayor parte de los terrenos geológicos presentan una cobertura sedimentaria de origen continental, siendo estas capas de edad pleistocénica las que han dado origen a los suelos. Los usos más importantes del recurso suelo están vinculados con la producción de pastos asociados a la ganadería

Figura 6.1.1

Principales usos del suelo uruguayo



Fuente: MGAP-DIEA.

(60%) en centro y norte del país; el agrícola (25%) en el este y sur, suroeste y litoral; y el forestal (10%) en distintas zonas del territorio como indica la **Figura 6.1.1**.

Los procesos erosivos se vinculan principalmente con actividades agrícolas (85%), mientras que no existen problemas asociados a la deforestación, ya que la vegetación nativa predominante son los pastos naturales. El segundo factor de degradación del suelo en importancia es la pérdida de materia orgánica de los suelos.

Los principales suelos del Uruguay son los Phaeozems, Leptosols, Vertisols, Acrisols y Luvisols. En el sector de la cuesta basáltica del noroeste, la cual ocupa una cuarta parte del territorio, predominan los suelos superficiales, aunque también algunos más profundos de fertilidad media-alta.

En el centro noreste se encuentran diversos materiales de origen y formas de relieve onduladas, predominando suelos superficiales a profundos con grados de fertilidad no muy altos. En esta zona existen suelos de excelente aptitud agrícola.

Por su parte, en las regiones sureste y este se localizan los suelos más someros, presentando afloramientos rocosos. El litoral atlántico lagunar, asimismo, está caracterizado por lomas y planicies y presenta suelos con alta resistencia a la sequía y sin riesgo de erosión (siendo la principal área arrocerá del país), así como otros con mal drenaje y poca pendiente.

Finalmente, el centro-sur tiene suelos de alta fertilidad desarrollados sobre limos y con resistencia media a la sequía, mientras que, en el oeste y suroeste, los suelos dominantes se desarrollan sobre areniscas de edad cretácica, arenas arcillosas y loess.

6.2. DEGRADACIÓN Y EROSIÓN DE SUELOS

La degradación de suelos es generalizada en las áreas agrícolas a pesar de la relativamente baja intensidad de uso de la tierra. El fenómeno

consiste principalmente en la pérdida de suelo por erosión y en la contaminación de tierras con elementos químicos (fertilizantes y plaguicidas). Asimismo, puede ser causada por factores físicos, biológicos, químicos, socioeconómicos o institucionales. Su efecto principal es el de disminuir —en forma irreversible en determinadas condiciones de uso— la capacidad de los suelos para sustentar la producción agrícola e iniciar procesos de sedimentación en ríos y de azolvamiento en cuerpos de agua.

La erosión de suelos es uno de los más serios problemas relacionado con los recursos naturales del Uruguay, a la vez que existe considerable evidencia sobre la magnitud y localización de este fenómeno.

El estudio del riesgo de erosión de los suelos es un parámetro esencial para definir la capacidad de uso de la tierra. Para estimar el riesgo en Uruguay se tomaron en cuenta factores topográficos tales como longitud, grado y forma de la pendiente, y características propias del suelo, así como la estabilidad de la estructura, velocidad de infiltración, permeabilidad y espesor del horizonte superficial. Algunos de estos caracteres del suelo dependen, a su vez, de propiedades simples como la textura, la estructura, el contenido de materia orgánica y de óxidos de hierro, entre otros.

El cálculo de la pérdida de suelos se hizo aplicando la ecuación que computa las pérdidas por erosión hídrica laminar o en pequeños surcos, empleándose coeficientes estándar, por ser lo más apropiado mientras se obtiene información local.

Para Uruguay el factor de erosividad por lluvias ha sido estimado en base al régimen real de lluvias, para lo cual se elaboró un mapa de isoerodentas (líneas que unen puntos con lluvias de igual erosividad), que

muestra su correspondencia con las de Argentina. Se aprecia claramente que el poder erosivo de las precipitaciones aumenta apreciablemente desde el suroeste hacia el noreste, aproximadamente en la misma dirección en que aumenta la lluvia media anual.

Con la información obtenida se clasificaron las tierras por riesgo de erosión de acuerdo con la máxima intensidad de uso permisible, confeccionándose un mapa de riesgo de erosión. Los suelos con los menores valores de erosión se encuentran en los departamentos del litoral y en la zona noroeste, mientras que los de mayor tendencia se ubican en el noreste, donde los índices prácticamente duplican a los del oeste. Por su parte, los suelos del sur y del sureste tienen propiedades que permiten clasificarlos como moderadamente erosionables.

El origen de la erosión radica en varios factores, entre los que se destacan el tipo de cultivo (cerealeros, oleaginosos, sacarígenos, hortifrutícolas), las características de las lluvias, la tecnología de producción y las políticas económicas vigentes, en las que inciden los mecanismos de subsidios, de impuestos y los precios de productos e insumos agropecuarios.

Respecto de los grados de erosión existentes, de acuerdo con la Dirección de Suelos y Aguas del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de la República Oriental del Uruguay (MGAP), la pérdida bruta de suelos para toda el área agrícola del país (591.000 ha) es de 18.115 millones de toneladas, lo que equivale a 31 tn/ha/año. La pérdida neta es el 77% de la pérdida bruta; es decir, 13.969 millones de tn/año, lo que equivale a 25 tn/ha/año. De estos totales, 10.869 millones de toneladas (60% de la pérdida bruta) va a parar a los ríos y embalses.

Las áreas de erosión nula o muy ligera son las de explotación pecuaria extensiva, ya

que el sobrepastoreo contribuye con la erosión, especialmente en suelos livianos y en períodos de prolongadas sequías. En cambio, los grados de erosión ligera y moderada se producen en la zona del litoral agrícola, donde se concentra la producción cerealera, oleaginosa y sacarígena. La incorporación de formas de producción agrícola-ganaderas en rotación temporal y sistemas de conservación han contribuido con la disminución de la degradación existente.

La erosión en el centro sur del país ocurre en áreas de menor uso agrícola, aunque el mal manejo y la mayor susceptibilidad de los suelos han provocado en muy pocos años daños de consideración. Respecto del área este, sus suelos merecen una especial atención por la implantación del cultivo de soja, ya que son altamente degradables con el laboreo.

Las tierras más afectadas son las del área de influencia directa de la ciudad de Montevideo. La alta intensidad y mal uso de los suelos (monocultivo, aradas a favor de la pendiente, tecnologías atrasadas, etc.) así como los obstáculos socioeconómicos (minifundio, mercado, falta de conocimiento, etc.) han provocado un deterioro grave en la que fue considerada la mejor tierra agrícola del país, siendo particularmente afectada el área hortícola.

El fenómeno erosivo también abarca las tierras bajo colonización en el litoral y noreste de Canelones. Cabe destacar que las zonas con mayor problema de erosión de suelos muestran los índices de mayor emigración rural.

6.3 ANTECEDENTES PARA EL INICIO DE PRÁCTICAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

En Uruguay, como en la mayoría de los países de clima templado, el recurso suelo tiene un rol determinante en la economía,

siendo también receptor de sus impactos. Al incrementarse la población, lo mismo ocurrió con la extensión y la dispersión de sus asentamientos y la diversidad de sus actividades, lo que impactó en la totalidad de los recursos naturales. El uso del suelo se diversificó cada vez más y los conflictos entre usos alternativos se multiplicaron.

Debido a su régimen pluvial y condiciones fisiográficas, la principal causa de degradación del suelo es la erosión hídrica, por lo que se requiere la aplicación de medidas para evitar la desintegración y arrastre de las partículas del suelo como la siembra directa, el uso de coberturas, una mínima labranza, cultivos asociados, pasturas mejoradas y siembra a contorno, entre otras.

Por su función, tanto en la producción de alimentos como en el ciclo del agua, el manejo del suelo requiere gran cuidado. Es necesario que los productores agropecuarios conozcan muy bien las características biofísicas y agroecológicas de sus terrenos e identifiquen los riesgos que amenazan la producción. Con dicho conocimiento se deben seleccionar las prácticas más adecuadas para obtener productos de calidad e inocuos que, a la vez, contribuyan a evitar la degradación del suelo y la contaminación de las fuentes de agua superficiales y subterráneas.

En síntesis, un 30% del territorio nacional y más del 80% de las tierras cultivables están siendo afectadas por grados diversos de erosión.

Por otra parte, el principal problema del cultivo de la soja es su exigencia en la preparación profunda del suelo. En el caso de Uruguay, el cultivo se ha localizado frecuentemente de modo incorrecto, en suelos arenosos con pendientes fuertes, lo que motiva una acelerada erosión. Sin embar-

go, varios factores han conducido a una menor incidencia del mismo. Ellos son:

- La reducción del área destinada a estos cultivos cerealeros tradicionales.
- La introducción y difusión de prácticas de conservación y el condicionamiento de los créditos oficiales para su realización (el Banco de la República Oriental del Uruguay financia alrededor del 50% de los cultivos cerealeros de verano y cubre el 100% de las obras de protección).
- La incorporación de maquinaria de laboreo vertical.
- La introducción y difusión de formas integradas de producción agropecuaria con rotaciones con ganadería, impulsadas por la investigación del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).
- El desarrollo de grupos de productores para difundir las nuevas tecnologías.
- La adaptación a zonas agroclimáticas más aptas con mayores rendimientos promedios por hectárea.

Por otra parte, la producción de cultivos intensivos ha originado conflictos que merecen ser considerados, como la elevada aplicación de fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas, a lo que se le ha sumado una falta de capacitación para su uso.

6.4 BUENAS PRÁCTICAS DE USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

En esta sección se presenta información recopilada de experiencias exitosas genera-



Cultivo de trigo con franjas de protección en cumplimiento con las normas de conservación de suelos.

das, tanto a nivel comercial como experimental, por el sector agrícola en Uruguay.

a) Siembra directa

El MGAP y la Asociación Uruguaya Pro Siembra Directa (AUSID) de Uruguay (2009) describen al sistema de siembra directa como la práctica que permite capitalizar determinados beneficios solo cuando es aplicada durante un cierto número de años.

En Uruguay, este sistema ha tenido un progresivo crecimiento desde inicios de 1990, mientras que en 2006 representó el 82% del

área sembrada con cultivos “de verano” (Tabla 6.4.1) y el 80% del área con cultivos “de invierno” (trigo, cebada cervecera y avena).

Asimismo, el MGAP y la AUSID (2009) indican que, si bien no existe una preparación de tierra como tradicionalmente conocemos, sí existen etapas previas que se deben cumplir antes de la siembra. El sistema de siembra directa permite instalar cultivos o pasturas de buenos rendimientos con dos acciones muy simples: la aplicación de un herbicida que controle la vegetación existente y el pasaje con una máquina de siembra directa que permita depositar la semilla dentro del suelo.

Al igual que en el laboreo convencional, el objetivo principal es lograr una adecuada cama de siembra dependiendo de esto el éxito o el fracaso del sistema. Una cama de siembra adecuada nos permite un contacto íntimo de la semilla con el suelo, para que logre recibir así la humedad y la temperatura adecuada que facilite el proceso de la germinación. A continuación se presenta una secuencia de acciones necesarias para lograr ese objetivo.

Tabla 6.4.1

Superficie sembrada por cultivo en siembra directa (2005-2006)

Cultivo	Total siembra (ha)	En siembra directa (ha)	%
Soja	309 089	208 127	91
Girasol	58 812	33 300	57
Sorgo	15 838	11 780	74
Maíz	49 001	28 362	58
TOTAL	432 740	353 569	82

Fuente: Elaboración en base a MGAP-DIEA (2006).

Eliminar la vegetación existente: El control de la vegetación es el primer paso. En sistemas de siembra directa esto se logra con la aplicación de herbicidas que cumplen con dicha función (laboreo químico). Cuando el punto de partida es una pastura, es recomendable dejar acumular forraje (el último pastoreo es para el suelo) y, tiempo antes de la siembra, eliminar la vegetación con herbicida. La antelación requerida para este paso depende del rastreo; lo que hace que en un campo natural se requieran más días, mientras que la soja o el trigo demanden menos días. Si el antecesor fuera un cultivo, se deberá lograr una buena distribución del rastreo en superficie y eliminar las malezas de modo previo a la siembra.

Descompactar el suelo (desagregación): En un sistema donde no se rotura es un desafío muy importante. Si bien la vegetación que está bajo la superficie no es visible, las raíces mantienen los agregados del suelo muy unidos entre sí. A medida que éstas empiezan a morir a consecuencia del herbicida, se descomponen y se produce el efecto inverso. Es decir, el suelo se va “soltando” y, por ende, se produce una descompactación del mismo.

Acumular agua: Si se espera el lapso de tiempo necesario, este proceso se produce de forma natural. Se comienza con la aplicación del herbicida, se espera a que la vegetación se descomponga produciendo la descompactación del suelo y la liberación de nutrientes y, conjuntamente con estos procesos, se da la acumulación de agua en el perfil. Según los análisis de contenido de humedad, podemos afirmar que la acumulación de agua es más elevada en suelos bajo siembra directa que en aquellos que son laboreados convencionalmente. Esto se explica por la no remoción del suelo y la cobertura del mismo con restos vegetales muertos que permite el aumento de la in-

filtración y la acumulación del agua, al no existir la evaporación que genera el laboreo.

Generar un adecuado aprovisionamiento de nutrientes: Esto ocurre con la disponibilidad de nitrógeno como nitratos (NO_3) que aumenta con un mayor tiempo de barbecho.

b) Período de barbecho

El MGAP y la AUSID (2009) mencionan que se denomina barbecho al lapso de tiempo que transcurre entre la muerte de un cultivo, o del tapiz existente por la aplicación del herbicida, y la siembra del siguiente cultivo. Si lo comparamos con un sistema de laboreo convencional, el barbecho ocurre entre el laboreo primario y la siembra, tal como se aprecia en la **Figura 6.4.1**.

Durante este período ocurre la muerte y descomposición de los rastrejos de cultivos o pasturas, se acumula nitrógeno en el suelo, se recarga el perfil de agua y se producen sucesivas emergencias de malezas anuales. Estos procesos son dependientes del tipo y cantidad de rastreo presente, temperatura, humedad y fertilidad del suelo; aspectos que dependen, a su vez, de la época del año que se considere y del sistema de producción utilizado. Para cada condición climática y de suelo, el tiempo de barbecho es una



Suelo en barbecho con control químico de malezas.

variable determinante de la disponibilidad de nitratos (NO_3) y de agua al momento de la siembra. La muerte del cultivo o maleza que está creciendo permite que se inicie la descomposición de los residuos orgánicos subterráneos y cese la absorción de nitratos y agua.

El tiempo de barbecho mínimo está determinado por el rastrojo a manejar, por lo que son necesarios más días cuando se parte de un campo natural o sorgo que cuando se lo hace de soja o trigo, por la composición del material vegetal. Si no se respeta este tiempo, es probable que ocurran fallas en la implantación, menor crecimiento inicial y deficiencias de nitrógeno. Para situaciones sin laboreo, el cultivo previo funciona de igual manera que el crecimiento de malezas, consumiendo el agua y los nutrientes que normalmente son acumulados durante un período de preparación de suelo con laboreo.

En cultivos como el girasol, el maíz o la soja, el barbecho se inicia antes de la cosecha y se extiende desde la madurez fisiológica

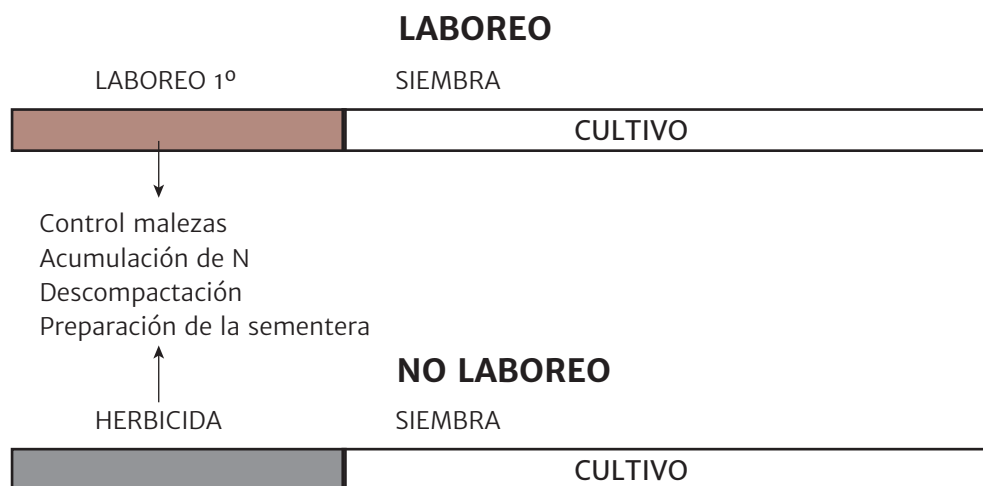
de la cosecha a la cosecha-siembra del próximo cultivo. Para cultivos que llegan vivos hasta la cosecha, como el sorgo, la aplicación de un herbicida total pre cosecha permite adelantar el inicio del período de barbecho. Consecuentemente, el período de barbecho es determinante del resultado final sobre la humedad disponible, con una incidencia directa sobre la instalación de un cultivo de verano, donde el manejo del barbecho deberá tender a conservar el agua.

c) Efectos de la cobertura del suelo

Para que el sistema tenga éxito es indispensable mantener una cobertura de restos vegetales en superficie, que constituya el alimento de la micro y meso fauna del suelo como indica la imagen. Estos restos son además los responsables de mantener la porosidad y la penetrabilidad del suelo, de asegurar el reciclaje de nutrientes y de mejorar la dinámica del agua por mayor infiltración y menor escurrimiento (MGAP y AUSID, 2009). Además, reducen la pérdida de agua por evaporación, aumentando

Figura 6.4.1

Tiempo de barbecho, con y sin laboreo



Fuente: AUSID/PPR.

la infiltración cuando ocurren lluvias. Esta disminución de la evaporación se debe a que los residuos presentes aumentan el albedo (reflexión de rayos solares) de la radiación incidente. Asimismo, la cobertura también provoca una baja conducción del calor y del agua, porque una gran parte de su volumen es aire y reduce el encostramiento, ya que las gotas de lluvia no golpean directamente sobre el suelo. Por otro lado, estos residuos ofrecen resistencia al escurrimiento superficial del agua, dando mayor oportunidad de infiltración. Es decir que cuanto mayor sea esta capa de cobertura, mayor será la resistencia que ofrecerá.

Respecto a los residuos de siembra, es necesario considerar que su descomposición es lenta, por lo que en ellos pueden sobrevivir enfermedades y plagas capaces de atacar el cultivo siguiente. Además, pueden acarrear efectos por alelopatías que son interacciones antagónicas entre plantas, mediadas por la liberación de sustancias químicas al ambiente por parte de una planta emisora y por la asimilación de dichos compuestos por parte de otra planta receptora.

d) Rotación de cultivos en siembra directa

La rotación de cultivos es vital en el sistema de siembra directa, no sólo por el manejo del rastrojo sino por el adecuado balan-

ce en la elección de la secuencia de cultivos. No consiste solo en un cambio de especies, sino que es necesario seleccionar los cultivos respetando sus necesidades y características, así como su influencia diferenciada sobre el suelo, el crecimiento de malezas, y el desarrollo de enfermedades y plagas, en una secuencia apropiada y práctica que promueva efectos residuales benéficos (MGAP y AUSID, 2009).

Además, cuando se planifica una rotación de cultivos se debe tener en cuenta la habilidad diferencial de absorber nutrientes del suelo, empleando sistemas radicales que alcancen diferentes profundidades, alternar especies susceptibles a ciertas enfermedades y plagas con aquellas resistentes, y considerar todo efecto positivo o negativo de un cultivo sobre otro (alelopa-



Rotación de cultivos en un mismo predio.



Cultivo de soja sobre rastrojo de maíz.



Cultivo de maíz sobre rastrojo invernal.

tías, suministro de nutrientes, incremento de la materia orgánica en el sistema radicular, estructura del suelo, microorganismos o humedad residual del suelo). También es fundamental alternar el uso de cultivos que aportan al suelo con aquellos que lo agotan.

Mediante la rotación se obtienen efectos benéficos asociados al control de enfermedades, la reducción del uso de agroquímicos, la incorporación de sustratos a la flora microbiana del suelo, el mejoramiento de la productividad de la mayoría de los cultivos, el aumento de la riqueza orgánica de los suelos, el aporte al manejo integrado de malezas, insectos y plagas, así como la diversificación de los riesgos desde el punto de vista empresarial y el incremento de la rentabilidad en el mediano y largo plazo.

Existe una importante diferencia entre rotación y sucesión de cultivos. Por ejemplo, alternar trigo-soja dos años seguidos no es una rotación sino un monocultivo, ya que se siembra trigo en invierno y soja en verano. Cuando se realiza rotación de cultivos se debe tener la precaución de no sembrar un cultivo sobre la presencia de su propio rastrojo.

Una adecuada rotación debe adaptarse a la realidad física y económica del momento, fundamentarse con conocimiento a largo plazo sin ser rígida, y debe permitir modificaciones circunstanciales dependientes del mercado, sin modificar los principios básicos. La rotación proporciona al suelo una protección progresiva contra la erosión y la degradación, además de permitir balancear el consumo de agua y nutrientes del suelo.

Por otro lado, es necesario relacionar la capacidad de uso del suelo con la exigencia de la rotación. El efecto benéfico de la rotación depende de la selección de las especies que la componen, ya que las leguminosas forrajeras aportan fertilidad, las gramíneas

aportan materia orgánica a través de los rastrojos y las praderas actúan como restauradoras de la condición física. Si la secuencia de rotación de cultivos no incluye pasturas, la soja presenta efectos negativos que pueden ser compensados por su sustitución por maíz o sorgo.

En la rotación de cultivos anuales y pasturas se identifican dos períodos: el primero; la fase agrícola, donde se produce reducción de la fertilidad (nitrógeno) y pérdida de estructura del suelo; y el segundo, la fase pasturas, en el que estas propiedades se recuperan.

Con la intensificación de la fase agrícola y el doble cultivo/año se redujo el tiempo en barbecho y, en consecuencia, el tiempo de suelo descubierto. Adicionalmente, la siembra directa ayuda a acortar el número de labores, y la retención de rastrojos en el suelo permite controlar la erosión hídrica.

e) Pasturas en siembra directa

Cuando se instalan pasturas en siembra directa, los pasos y la instrumentación del sistema a seguir son los mismos. Este sistema de siembra nos permite la inclusión de áreas no cultivables por su riesgo de erosión dentro de una explotación, lo que desemboca en un aumento de la materia



Pasturas en siembra directa.

seca total producida en el establecimiento. Con un adecuado control de malezas previo, se puede incrementar la producción de las pasturas degradadas, por ejemplo por invasión de gramilla (*Cynodon dactylon*), mediante la inclusión de forrajeras anuales o perennes. En la imagen se puede apreciar el estado de pasturas instaladas mediante siembra directa.

Un claro ejemplo de ello es la mayor utilización del forraje de los verdeos de invierno con abundantes lluvias. Esto se debe al mejor piso que se tiene en siembra directa cuando se respeta la capacidad del mismo. Es por eso que es necesario regular las cargas, principalmente instantáneas, y la categoría a utilizar. Esta consideración es válida también para la compactación por el pisoteo animal.

En relación con la instalación de especies forrajeras perennes, considerando el tamaño de su semilla, las gramíneas se instalan mejor en siembras en el surco a profundidades no excesivas que si se las distribuye en cobertura superficial. Para las leguminosas, en cambio, la instalación en cobertura funciona mejor que en la línea; a pesar de que su peso y nodulación es menor, la población es más grande, lo que favorece una mayor exploración radicular y, por consiguiente, una mayor supervivencia de plantas en el verano.

Cuando las pasturas perennes son instaladas en asociación con cultivos de invierno, la siembra directa presenta ventajas sobre el laboreo convencional en relación con la conservación del suelo, la reducción de su tiempo improductivo y de costos. Con una sola preparación se instalan dos cultivos: la pradera y el cultivo de invierno. Los resultados de los trabajos realizados en este sentido permiten establecer que la siembra del cultivo en el surco y la semilla fina al voleo determinan los mejores resultados.

f) La siembra directa y la sustentabilidad

La siembra directa nos permite acceder a un nivel de productividad y competitividad sustentable, ingresando en un círculo virtuoso de producción con conservación y mejoramiento de los recursos incluidos en la producción agrícola. García Préchac (1998) menciona las siguientes características del sistema de siembra directa:

Ventajas:

- Drástica reducción de la erosión y degradación del suelo.
- Mayor contenido de agua en el suelo.
- Mayor oportunidad de siembra, cosecha y pastoreo.
- Posibilidad de utilizar suelos con alto riesgo de erosión.
- Menor consumo de combustibles y energía.

Desventajas:

- El control de malezas depende del uso de herbicidas.
- Menor disponibilidad de nitrógeno en el suelo.
- Menor temperatura de suelo.
- Compactación del suelo.
- Mayor probabilidad de ocurrencia de fototoxicidad, enfermedades y plagas.

g) Maquinaria de siembra

Hay a nivel nacional e internacional diversos diseños de mecanismos cortadores, abresurcos, tapadores y controladores de profundidad.

Las sembradoras más comunes en Uruguay se basan en discos abresurcos que en general no son considerados como los más adecuados. Los diseños han sido mejorados notoriamente en los últimos años y los productores no ven al tipo de máquina como un factor crítico. Sin embargo, es notorio que muchas fallas en la implantación de los cultivos pueden ser atribuibles a deficiencias en los mecanismos de siembra. Por lo tanto, el INIA plantea desarrollar un trabajo con los siguientes objetivos: a) relevar los tipos de máquinas disponibles, b) evaluar sus aptitudes y desventajas para las condiciones de Uruguay y c) desarrollar adaptaciones especiales para solucionar problemas específicos (Morón *et al.*, 1999)

6.5 USO Y PROTECCIÓN DEL AGUA

En Uruguay el agua es un bien de dominio público, por lo cual el propietario de un terreno donde hay fuentes como nacientes, quebradas, ríos o mantos acuíferos, no es dueño de este recurso. Dado que el agua es uno de los principales recursos para la producción agropecuaria, la salud humana y la biodiversidad, su protección y conservación constituyen un verdadero reto para todos los habitantes. Asimismo,

es un recurso natural agotable si no se maneja adecuadamente, de manera tal que resulta indispensable poner en práctica medidas agronómicas que permitan la captación de mayor cantidad de agua de lluvia, a través de la infiltración en el suelo, y el aumento de su disponibilidad en las cuencas hidrográficas.

Las fuentes de agua son muy vulnerables y pueden contaminarse fácilmente, puesto que son un medio de transporte de diversos elementos que contribuyen con la degradación del suelo y la contaminación de la producción, a la vez que pueden afectar la salud de las personas y animales que la consumen. El riesgo de contaminación de los productos es mayor cuando el contacto con el agua contaminada tiene lugar en un momento cercano a la cosecha, durante el manejo o después de la misma.

El uso de recursos hídricos superficiales en territorio uruguayo, si se excluye el uso hidroeléctrico, es de un 13% destinado a consumo humano y un 87% utilizado para el riego, lo que equivalente a 180 millones y 1.200 millones de m³ anuales, respectivamente. Asimismo, el uso de agua con fines industriales equivale a la mitad de lo destinado al abastecimiento de la población.



Maquinarias agrícolas que minimizan su impacto de uso en la degradación del suelo (izq.) Palín para la preparación de suelos. Maquinaria para la siembra directa (der.).

Adicionalmente, existen dos embalses menores que represan agua para la industria en la subcuenca del Río de la Plata, tres embalses importantes que represan agua para la población en el río Santa Lucía, y otro en el río Negro destinado también a este último uso. El resto de las represas y tajamares contienen un volumen de 600.000 m³ de agua destinada al riego.

6.6 USO DE SUELOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA FORESTACIÓN INDUSTRIAL

La forestación en Uruguay ha sido una actividad vinculada con la producción ganadera que requirió montes de eucaliptos y pinos europeos para la protección de las praderas, como así también para afianzar áreas agropecuarias y detener las arenas en las costas del Río de la Plata y el océano Atlántico.

Otro incentivo a la actividad forestal fue la industria del papel que, con pequeñas plantas localizadas en Juan Lacaze (Colonia), Mercedes (Soriano), Montevideo y Canelones, demandó celulosa. Asimismo, se comenzaron a realizar plantaciones forestales de dimensiones relativamente importantes en Paysandú y Río Negro. Estas experiencias en la explotación forestal han aportado al país un bagaje de conocimientos importantes sobre el tema.



Ríos vinculados con las actividades agrícolas.

Recién después de la crisis del petróleo de la década pasada, la forestación tomó impulso por la demanda de leña como energía para la industria. De esta manera, el gobierno uruguayo incorporó una forestación protectora, inicialmente, y productiva más tarde, con especies exóticas de buena adaptación, velocidad de crecimiento y rebrote. Por otro lado, el desarrollo de biocombustibles ha surgido como una posibilidad pero no exenta de problemas, como la competencia al utilizar suelos agrícolas para generar combustibles o la definición de si poseen un balance favorable en términos energéticos y económicos para asegurar su sostenibilidad.

Oleaga *et al.* (2010) indican que el cultivo forestal como nuevo rubro de producción con especies exóticas fue promovido fuertemente por la Ley N° 15.939 de 1987. El objetivo de esa política fue cubrir el déficit de productos forestales, diversificar la producción y, al mismo tiempo, favorecer la conservación de los recursos naturales (suelos, agua, flora, fauna) a través de la protección del bosque nativo. La ley estableció beneficios tributarios para los bosques implantados en las zonas declara-



Plantaciones de eucalipto, como forma de protección de praderas naturales.

das de prioridad forestal por un plazo de doce años a partir de la implantación, lo que contribuyó a una fuerte expansión forestal que produjo la sustitución de áreas destinadas a la ganadería por plantaciones industriales de *Eucalyptus* y *Pinus*. En la **Figura 6.6.1** se puede observar que el incremento registrado entre 1990 y 2004 fue de tal magnitud que se pasó de 45.000 ha a 740.000 ha.

6.7 ACTIVIDADES DE MANEJO PECUARIO

La producción ganadera se caracteriza por sistemas combinados de bovinos y ovinos con manejos diferenciados. Es extensiva, con poca demanda de mano de obra y se basa en la productividad natural del suelo. Las tierras fueron afectadas cíclicamente por sequías o excesos de agua, lo que provocó deterioro en el suelo y la cobertura vegetal —degradados aún más por sobrepastoreo o por compactación de la capa su-

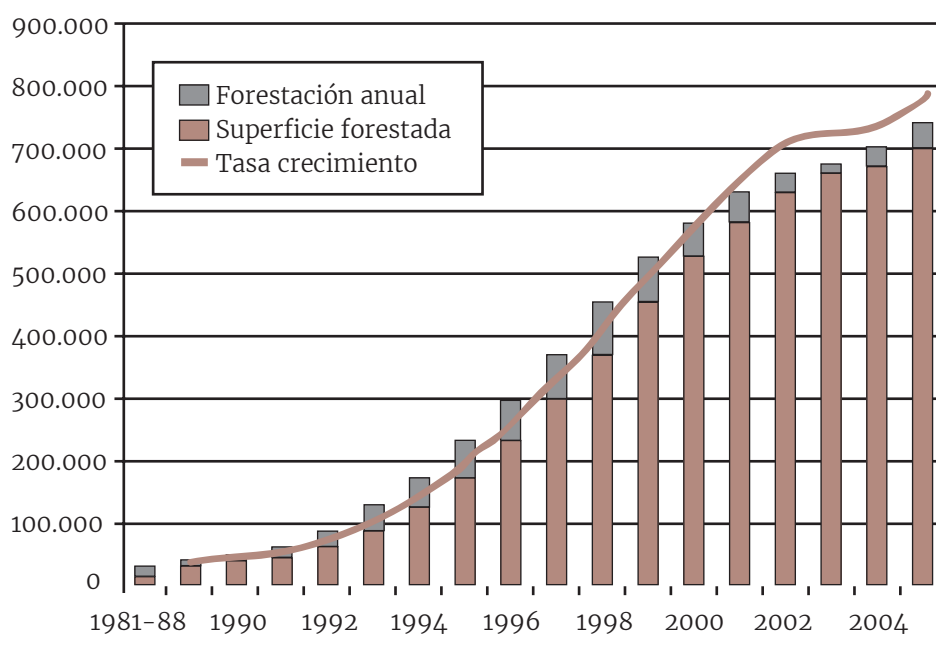
perficial—, dando como resultado la modificación de las praderas originales. Los sistemas silvopastoriles permitieron asegurar que los rubros de exportación tengan la característica de producto natural.

6.8 POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN URUGUAY

Estimulado por la creciente demanda internacional de productos agrícolas, Uruguay atraviesa un proceso de expansión e intensificación agrícola que ha cuadruplicado la producción de granos en los últimos 15 años, lo que generó la ampliación de la frontera agrícola. Por lo tanto, el gobierno uruguayo ha visto la necesidad de regular el uso y la gestión del suelo para lograr la sostenibilidad productiva a largo plazo, promulgando leyes (como la Ley N° 15239 y la Ley N° 18564) y decretos reglamentarios sobre uso y conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios.

Figura 6.6.1

Evolución del área forestada y de las plantaciones por año



Fuente: MGAP-DGF (2005)

La Ley de Conservación de Suelos y Aguas del Uruguay declara de interés nacional el promover y regular el uso y la conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios, siendo competencia del Estado Uruguayo prevenir y controlar la degradación de los suelos. Además, se ha implementado la normativa mediante la cual el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca exige la presentación de Planes de Uso y Manejo del Suelo a los agricultores. Estos planes deben incluir el sistema de producción proyectado, teniendo en cuenta el tipo de suelo, la secuencia de cultivos y las prácticas de gestión, para que no se supere la tasa de erosión tolerable. En 2010, se inició la etapa piloto de dichos planes y, a la fecha, se encuentran en fase de evaluación y ejecución por técnicos y empresas privadas. Finalmente, se han presentado planes en 29.000 ha, equivalentes al 2% del área agrícola del país, de las cuales el 70% corresponde a rotaciones agrícolas puras que incluyen gramíneas de verano.

6.8.1 Normas legales

De acuerdo al MGAP (2013), los objetivos de las normas legales promulgadas por el gobierno uruguayo están dirigidos a identi-

car y promover los conocimientos disponibles para una producción agrícola segura y sustentable, fomentar el bienestar social y asegurar la mejora continua de las condiciones de trabajo en el sector. La aplicación de buenas prácticas agrícolas se fundamenta en la identificación de peligros y en la determinación de las prácticas más apropiadas para la prevención y el control de los recursos suelo y agua, principalmente.

Asimismo, se constituyen en una herramienta para orientar a los actores del sector (productores, técnicos y trabajadores en general) sobre las prácticas que se deben llevar adelante para una producción agrícola responsable, más allá de las normas legales establecidas, con el objetivo de garantizar la mayor productividad y fomentar la confianza de los mercados extranjeros en la inocuidad de los productos uruguayos.

Los lineamientos se encuentran agrupados en:

- Obligaciones mayores que hacen referencia a la obligatoriedad en el cumplimiento de dichas prácticas, de acuerdo con las normas establecidas legalmente. Cabe mencionar que toda práctica que se imponga por ley en el futuro tendrá carácter de obligación mayor.



Características topográficas de las tierras de producción agrícola en Uruguay.

- Recomendaciones que establecen un conjunto de acciones y lineamientos voluntarios, de aplicación sugerida, para lograr los objetivos productivos, ambientales y sociales ya mencionados.

Se presentan las siguientes normativas legales de cumplimiento en aras de la protección y recuperación de los recursos naturales:

a) Protección del medio ambiente

Obligaciones mayores:

- Cumplir con la Ley N° 17283 (Ley General de Protección del Medio Ambiente) y la Ley N° 16466, que establece un régimen de Evaluación de Impacto Ambiental de alcance nacional. Además de la Ley N° 17234 sobre la creación y gestión de un Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas como instrumento de aplicación de las políticas y planes nacionales de protección ambiental.

Recomendaciones:

- Hacer un seguimiento de los niveles de productividad de las diferentes zonas de la chacra (áreas con características similares de suelo, topografía, entre otras). Es necesario cuantificar la productividad en cada ciclo de producción, con el objetivo de generar datos históricos para el análisis.
- Incrementar la productividad en las áreas de mayor aptitud agrícola (mejores secuencias, mejores ambientes).
- Mejorar la utilización de los recursos naturales. El productor debe demostrar conocimiento en lo que se refiere a minimizar el impacto negativo en el ambiente ocasionado por la actividad productiva.

- Sembrar bajo la modalidad de siembra directa o implementar prácticas de labranza mínima de la capa superficial del suelo.

- Reducir el uso de agroquímicos.

- Favorecer el manejo sanitario y el desarrollo de estrategias de prevención de plagas.

- Tender a disminuir las emisiones de gas de efecto invernadero.

b) Uso y manejo de suelos

Obligaciones mayores:

- Cumplir con la normativa vigente, Ley N° 15239 y Ley N° 18564 y sus decretos reglamentarios sobre uso y conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios.
- Prestar especial atención al Decreto Reglamentario N° 333/04 sobre uso responsable y sostenible de los suelos, que establece los criterios técnicos básicos a aplicar en el manejo y conservación de suelos y aguas.

Principios generales:

- Toda práctica agrícola deberá mantener o aumentar la productividad de los suelos, para lo cual los sistemas de producción agropecuaria o de uso de la tierra tenderán a evitar la erosión y la degradación de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo, atendiendo a la preservación o mejora de su calidad y su productividad.
- Se emplearán las prácticas agronómicas más adecuadas en función de los tipos de suelos a cultivar, tendiendo a la reducción o eliminación del laboreo.

Normas técnicas básicas:

- El laboreo, la siembra, la cosecha y demás procedimientos agrícolas se efectuarán procurando no generar alteraciones en la superficie del terreno que determinen concentraciones del escurrimiento o la conducción no controlada de agua superficial que pueda producir erosión.
- Se evitarán las direcciones coincidentes con las pendientes del terreno en todas las operaciones, incluidas las terminaciones, las que no podrán dejar surcos generadores de erosión.
- Toda desviación, concentración o vía de conducción de aguas estará dimensionada de acuerdo con los coeficientes técnicos de escurrimiento y se la mantendrá adecuadamente protegida, en toda su longitud, de caudales erosivos.
- Los desagües naturales permanecerán con la superficie adecuadamente empastada para que se realice un escurrimiento no erosivo del agua.
- El sistema de caminera interno, con sus respectivos desagües, no deberá generar focos de erosión.
- Se aplicarán métodos de control apropiados en caso de presencia de cárcavas total, parcial o potencialmente activas.

Asimismo, se destacan los siguientes artículos del Decreto Reglamentario N° 405/08:

- El artículo 2° determina el deber de ejecutar las prácticas agronómicas necesarias para la recuperación de los suelos erosionados y degradados, para el control y recuperación de las cárcavas activas. Cuando exista erosión o degradación de los suelos, el responsable de estos deberá encarar las

siguientes medidas de manejo, tendientes a su recuperación:

- Control del escurrimiento superficial de las aguas.
- Minimización del laboreo de la tierra, utilizando rotaciones de cultivos y pasturas, siembra directa, sistemas de labranza vertical y manejo de residuos en superficie.
- Recomposición de la fertilidad mediante la aplicación de enmiendas orgánicas, fertilizantes químicos y medidas que permitan una buena implantación de vegetación permanente.
- Adecuada normalización de la superficie del terreno en los casos de mayor severidad de erosión.
- El artículo 5° determina la exigencia de presentación de planes de uso y manejo responsable del suelo, en los que deberá exponerse que el sistema de producción proyectado determina una erosión tolerable, teniendo en cuenta los suelos del predio, la secuencia de cultivos y las prácticas de manejo. El plan de uso debe presentar la o las rotaciones previstas para cada unidad, mientras que la pérdida de suelo por erosión hídrica estimada no puede superar la tolerancia para el suelo. Se sugiere el uso del programa Erosión 6.0, basado en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE por su siglas en inglés) y su versión revisada (RUSLE).

También se destaca la necesidad de respetar la Resolución Ministerial N° 0074/2013 en la que se resuelve la obligatoriedad de la presentación de los planes de uso y manejo responsable de suelos; y de cumplir con la Resolución Administrativa de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables N° 012/2013, en la que se especifican las áreas de

agricultura comprendidas, las fechas de presentación y el uso de suelo sobre los cuales recae, en esta primera etapa, la Resolución Ministerial N° 0074/2013.

Recomendaciones:

- Planificar el uso de la tierra precedido por una caracterización de los recursos naturales e implementar el sistema productivo que mejor se adapte a los mismos.
- Planificar el uso y manejo del suelo, teniendo en cuenta la capacidad de uso determinada para cada tipo de suelo, para evitar su degradación (por erosión, compactación, contaminación, etc.).
- Tender a implementar la siembra directa. Ésta requiere de adaptaciones y de una atención específica en el manejo de los cultivos. Se recomienda tomar como antecedente la Guía de Siembra Directa (MGAP, 2009).
- Valorar la agricultura de precisión como herramienta para optimizar la gestión de la chacra desde el punto de vista agronómico, económico y ambiental. El mapa de rendimiento de un cultivo debidamente planificado durante la siembra permite cuantificar respuestas variables de diferentes factores de rendimiento, como así también la variabilidad en el espacio. Mediante esta herramienta, se dispondrá de información mayor y más precisa acerca del propio establecimiento, chacra y de cada sitio dentro de la chacra, lo que contribuirá en forma importante a las decisiones de manejo futuro.
- Determinar la secuencia de los cultivos, tomando en consideración los aspectos edafológicos y climáticos, los equipos disponibles y los procesos de manejo del suelo. Prestar especial atención a la selección y secuencia de cultivos que logren máximos

rendimientos y mantengan altas coberturas la mayor parte del año.

- Minimizar el período durante el cual el suelo permanece sin cobertura vegetal. La cobertura, ya sea por plantas o por rastrojos, proporciona beneficios significativos para controlar la erosión, mejorar el aprovechamiento del agua de lluvia o riego (por mayor infiltración y menor evaporación y escurrimiento), además de incidir positivamente en el reciclado de nutrientes y en la actividad biológica y rizosfera del sistema suelo-cultivo.

c) Rotación de cultivos

Recomendaciones:

- Realizar un programa de rotación de cultivos que promueva el equilibrio desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, reduzca el riesgo de incidencia de malezas, enfermedades y plagas, y contribuya con la estabilidad de la producción en el tiempo.
- Al plantear la rotación, es importante ajustar su intensidad a la realidad climática y productiva de cada zona y considerar principalmente la disponibilidad del agua.
- Incluir pasturas en la rotación, ya que es conocido su efecto positivo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

d) Calidad y conservación del agua

Obligaciones mayores:

- Cumplir con lo establecido en el Decreto Ley N° 14859 (Código de Aguas).
- Cumplir con lo establecido en el Decreto Ley N° 15239 (Normas para el Uso y la Conservación de Suelos y Aguas).

Recomendaciones:

- Promover la calidad y la conservación de los recursos del agua.
- Llevar un inventario de los recursos hídricos de la chacra (manantiales, arroyos, ríos, lagos y los puntos de recarga de los acuíferos) que indique sus dimensiones (anchura y longitud) y la vegetación existente en las márgenes.
- Favorecer el aumento de la recarga de los recursos hídricos.
- Adoptar prácticas de uso racional de los recursos hídricos. La demanda de agua para diversos usos (riego, pulverización, lavado de máquinas y equipos, consumo animal y humano, etc.) deberá ser compatible con el volumen disponible de los recursos del agua, sin comprometer el equilibrio del ecosistema.
- Implementar medidas de conservación de la vegetación permanente de los recursos hídricos.
- Disminuir el desperdicio de agua, adoptando técnicas que utilicen menos agua para el riego y la pulverización, y promover la utilización de agua reciclada para el lavado de equipos y uso doméstico.
- Prevenir la sedimentación en los recursos hídricos. La menor producción de sedimentos (asociada al control de la erosión) permitirá disminuir la contaminación difusa, minimizando la concentración de agroquímicos que se mueven adsorbidos a estos, además de disminuir la colmatación de embalses.
- Identificar los posibles riesgos de contaminación del agua y tomar las medi-

das preventivas pertinentes. En el caso de contaminación con plaguicidas, se sugiere el empleo de índices sencillos, como por ejemplo el índice de evaluación de impacto de plaguicidas (Pesticide Impact Rating Index, Kookana *et al.*, 2005).

- En caso de detectar contaminación de agua, tomar las medidas necesarias para la protección de este recurso.

c) Rotación de cultivos

Hill y Clérici (2013) indican que, para el cumplimiento de la normativa, el equipo del MGAP trabajó a lo largo de casi tres años en el desarrollo de los instrumentos y las herramientas para su implementación. La premisa básica fue promover la construcción colectiva con los sectores involucrados. En ese marco, se definieron las siguientes pautas:

Las herramientas que se aplican (como por ejemplo la USLE, Ecuación 1) se basan en conocimiento científico desarrollado por las instituciones competentes. De esto surge que el vínculo con el INIA, la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República del Uruguay (FAgro Udelar) y los generadores de tecnología, es permanente.

Actualmente, se está implementando en conjunto con la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay y la FAgro Udelar un sistema de acreditación de técnicos privados para la elaboración y presentación de los planes de uso.

La construcción colectiva debe potenciar el vínculo público-privado con el fin de identificar y capitalizar las sinergias que existen en áreas de tecnología, conocimiento y recursos humanos, entre otros sectores.

6.8.2 Adaptación y validación del modelo en Uruguay

Se establece el criterio de erosión tolerable para validar los planes de uso del suelo presentados. Esto implica definiciones tales como estimar erosión y definir las tolerancias para los suelos de Uruguay. La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) es la siguiente:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

Donde:

A = Pérdida de suelo por unidad de superficie. Se expresa en Mg ha⁻¹ año⁻¹.

R = Factor Erosividad de la lluvia (J ha⁻¹ año⁻¹) que pondera la energía cinética de la lluvia, expresa en definitiva la capacidad de la lluvia de producir erosión.

K = Factor Erodabilidad del suelo (susceptibilidad a sufrir erosión), expresada como la cantidad promedio de suelo perdido por unidad del Factor R (con la simplificación propuesta por Troeh *et al.*, 1999; Mg J⁻¹).

L, S, C, y P: son factores estándares y no tienen dimensiones:

L = Factor Longitud de la pendiente. Es la relación entre la erosión con una longitud de pendiente dada y la que ocurre en el estándar de 22.1 m de longitud, a igualdad de los demás factores.

S = Factor Inclinación de la pendiente. Es la relación entre la erosión con una inclinación de pendiente dada y la que ocurre en el estándar de 9% de inclinación, a igualdad de los demás factores.

C = Factor Uso y Manejo. Es la relación entre la erosión de un suelo con un determinado sistema de uso y manejo y la que ocurre en

el mismo suelo puesto en las condiciones estándar en que se definió el Factor K, a igualdad de los demás factores.

P = Factor Práctica mecánica de apoyo. Es la relación entre la erosión que ocurre con una determinada práctica mecánica de apoyo y la que ocurre con la condición estándar de laboreo a favor de la pendiente, a igualdad de los demás factores.

Como todo desarrollo, la herramienta refleja el conocimiento actual y es adecuada para la planificación del uso del suelo a escala predial, generando *a priori* la estimación de pérdida de suelo por erosión, al implementar el uso y manejo propuesto, permitiendo así seleccionar el que asegure la sostenibilidad del recurso.

Desde principios de la década de 1980 hasta la fecha se han realizado avances para adaptar y validar el modelo en Uruguay y la región sur de la Cuenca del Plata. En la actualidad, se posee información que cubre todo el territorio nacional de Uruguay; las provincias de Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires, de Argentina; y el estado de Río Grande do Sul de Brasil, compilada en un mapa de isoerodentas (García Préchac *et al.*, 1999; Clérico y García Préchac, 2001).

El 70% del área de planes piloto presentados correspondieron a rotaciones de cultivos anuales, y se ubicaron en la zona de suelos de mejor capacidad de uso del país. En el casi 99% de los casos las rotaciones debieron incluir gramíneas de verano (**Tabla 6.8.2.1**), demostrando que, tanto la rotación trigo-soja como el monocultivo de soja, no son viables considerando la erosión hídrica estimada. En el 30% restante del área, básicamente en zonas tradicionalmente no agrícolas de menor capacidad de uso, las rotaciones presentadas incluyeron pasturas perennes con diferentes largos de las fases agrícolas y pastoriles (da-

tos no mostrados). Esto indica que es muy difícil lograr agricultura sostenible en áreas más marginales si ésta no se realiza en rotación con pasturas (Hill y Clérici, 2013).

La rotación 1 implica suelo sin cultivo en un invierno, una práctica no deseada en materia de conservación del suelo aunque, al ser rastrojo de sorgo (o maíz) en suelos de alta productividad se logra una buena cobertura por residuos. De este modo, da a lugar a erosiones estimadas por debajo de los umbrales de tolerancia.

Para el caso de la rotación 2, si bien plantea un doble cultivo anual con presencia de

gramíneas de verano alternando con soja, es probable que no se pueda realizar todos los años, ya que los tiempos para realizar los trabajos en tiempo y forma son reducidos.

Por su parte, solo el 4.4% del área de agricultura pura pudo obtener un resultado positivo para la rotación 3, debido a que es un sistema que resulta de alto riesgo de erosión para los suelos del país por su susceptibilidad intrínseca y pendientes asociadas. Cabe destacar que estos resultados surgen del uso de un modelo y dependen de los parámetros agronómicos que se ingresen al mismo. Queda en evidencia, por tanto, la responsabilidad de los profesio-

Tabla 6.8.2.1

Ejemplos de algunas rotaciones agrícolas puras presentadas en la etapa piloto y su superficie relativa

Rotación	Sup. relativa (%)	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
1	45.1	Soja 1 ^{ra}	Trigo	Maíz/sorgo	Barbecho	-	-
2	43.1	Soja 2 ^{da}	Trigo	Maíz/sorgo 2 ^{da}	Trigo	-	-
3	4.4	Soja 1 ^{ra}	Trigo	Soja 2 ^{da}	Cobertura	-	-
4	3.0	Soja 1 ^{ra}	Trigo	Maíz/sorgo	Cobertura	-	-
5	2.7	Soja 1 ^{ra}	Trigo	Soja 2 ^{da}	Cobertura	Maíz	Barbecho
6	1.3	Soja 1 ^{ra}	Trigo	Soja 2 ^{da}	Barbecho	-	-
7	0.4	Soja 2 ^{da}	Trigo	-	-	-	-

Fuente: Hill y Clérici (2013)

nales en el uso responsable del modelo (Hill y Clérici, 2013).

6.8.3 Estrategia de control

Una de las claves más importantes del éxito de esta política es poder realizar una buena fiscalización de su cumplimiento. Para lograrlo, se utilizan imágenes satelitales que permiten contrastar una aproximación de la realidad de las áreas con los planes presentados. De este modo, con un control de campo se define el listado de posibles omisiones en la etapa de aplicación de sanciones.

La herramienta y la metodología utilizadas se han adaptado bien a los objetivos planteados. El hecho de contar con un programa de uso amigable, con la información ajustada y validada para el país, facilitó la parte operativa (Hill y Clérici, 2013). Este control se ha basado en el cumplimiento de dos fases; la primera, obligatoria para cultivos de invierno (trigo y cebada); y la segunda, obligatoria para cultivos de verano (desde el 2 de septiembre al 22 de noviembre).

6.9 CONCLUSIONES

En Uruguay, al igual que en toda la región, se está dando un proceso de intensificación y expansión de la agricultura. En particular, el incremento del área agrícola ha sido sostenido desde hace años y tiene a la siembra directa como sistema productivo predominante. Por este motivo, es fundamental el efecto de la cobertura del suelo, ya sea mediante residuos del cultivo anterior, malezas muertas y/o los restos muertos de praderas viejas.

La eliminación del laboreo es un factor de suma importancia en la agricultura ya que minimiza los problemas de erosión y degradación de los suelos. Estos procesos son los limitantes en la intensificación del uso de la tierra y en la viabilidad de ciertos ti-

pos de explotaciones en suelos hasta el presente marginales, por su riesgo de erosión.

La siembra directa ha demostrado ser una alternativa de solución de los problemas de degradación y erosión provocados por el laboreo convencional. Actualmente, el sistema de siembra directa está totalmente probado en Uruguay, funcionando correctamente en condiciones comerciales de producción, siempre que se cumplan rigurosamente las necesidades requeridas para su funcionamiento.

El Proyecto Producción Responsable (PPR) del MGAP promueve la adopción de sistemas de manejo integrado y eficiente de los recursos naturales y la biodiversidad, sostenibles desde el punto de vista social, económico y ambiental. En su marco, el uso y manejo adecuado de los suelos constituye un capítulo importante. La estrategia de este proyecto se basa en el desarrollo de acciones que apunten al fortalecimiento de la institucionalidad, ligada a la producción agropecuaria para la generación de proyectos y de conocimiento aplicado, así como para el financiamiento de acuerdos de trabajo, proyectos prediales y grupales de manejo integrado de los recursos naturales y la biodiversidad, con diferentes organizaciones.

Finalmente, en la última década se ha registrado una importante expansión de la actividad agrícola intensiva, fundamentalmente de la producción de soja seguida por la forestación. Consecuentemente, el gobierno uruguayo en 2009 aprobó la Ley N° 18.564 en la que se establece que los tenedores de tierras quedan obligados a aplicar las técnicas que señale el MGAP, cuyos resultados esperados son la realización de un uso y manejo responsable del suelo para minimizar los procesos de degradación y erosión, y mantener la sostenibilidad productiva en el largo plazo.

Capítulo 7:

Impactos logrados por la Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del río Pilcomayo

7.1 ANTECEDENTES

La cuenca del río Pilcomayo está conformada por una extensa área compartida entre Argentina, Bolivia y Paraguay. El área integra la Cuenca del Plata y abarca una superficie de 290.000 km² aproximadamente, con una población estimada de 1.500.000 de habitantes. Presenta una variabilidad climática, geológica y geomorfológica que ha conformado un gran número de paisajes, y favorecido la integración de más de 20 etnias aborígenes que fueron moldeando prácticas culturales en función del ambiente y las circunstancias de su historia.

El río Pilcomayo es considerado uno de los ríos con mayor cantidad de transporte de sedimentos en el mundo. Nace en los Andes bolivianos del departamento de Potosí, a más de 5.000 metros de altura. La geografía montañosa determina su rápido fluir en más de un tercio de la superficie de la cuenca (denominada cuenca alta), descendiendo 4.500 metros hasta finalizar en las últimas estribaciones del Subandino, en la ciudad de Villa Montes, en Tarija, Bolivia. A partir de allí, el río ingresa con su torrente de agua y sedimentos a la enorme planicie chaqueña,

denominada cuenca baja, en territorio argentino y paraguayo.

Figura 7.1.1

Ubicación de la cuenca del río Pilcomayo



El brusco cambio de paisaje, caracterizado por una mínima pendiente, promueve el depósito de más de 100 millones de toneladas anuales de sedimentos que transporta el río. Esto trae como consecuencia la formación de un delta inferior que luego

se extingue, transformándose en un conjunto de bañados y esteros de más de 300 km de longitud, en forma de lagunas intermitentes. Surgen desde ellas pequeños arroyos y riachos que finalmente conducen las aguas hasta su desembocadura en el río Paraguay.

El río Pilcomayo forma parte del sistema fluvial de la Cuenca del Plata, su distribución espacial es de cuenca alta, media y baja, de noroeste a sureste.

La población de la cuenca del río Pilcomayo es de, aproximadamente, 1.400.000 habitantes. El 64% pertenece a Bolivia, el 28% a Argentina y el 8% restante a Paraguay. La población se divide en los departamentos de Chuquisaca, Potosí y Tarija en Bolivia; las provincias de Salta, Jujuy y Formosa en Argentina; y los departamentos de Presidente Hayes, Boquerón y Alto Paraguay en Paraguay. La población urbana supera a la población rural solo en un pequeño porcentaje, constituyendo el 56%, y generalmente se ubica en las cercanías a los cursos de agua (río, riachos o quebradas).

Figura 7.1.2

Distribución política administrativa de la cuenca del río Pilcomayo



El 60% de la población de la subcuenca tiene ingresos que la ubican por debajo de la línea de pobreza de sus respectivos países, mientras que un tercio de la misma se encuentra en condiciones de pobreza extrema o indigencia. Se estima que el porcentaje de población indígena en relación a la población total del área de estudio es del 37% en Bolivia, del 32% en Paraguay y del 7% en Argentina. Asimismo, se identifican 12 etnias en Paraguay, entre las cuales se destacan los nivaclé y los enlhet; 6 etnias en Argentina, mayormente tobas y wichis; y 3 etnias en Bolivia, integradas por los guaraníes, los tapiete y los weenhayek.

El río adquiere significaciones especiales según la región que se trate. Para los agricultores de Chuquisaca, el río es sinónimo de riego para sus cultivos. No muy lejos de allí, el habitante de la ciudad de Potosí asocia al río Pilcomayo con los diques de cola de los ingenios mineros y la contaminación. En territorio chaqueño (Villa Montes, Tarija), las poblaciones ribereñas de weenhayek se relacionan con el río a través de la pesca como un recurso de sustento socioeconómico. En territorio argentino (Formosa), el río se transforma gradualmente en bañados vinculados con la producción agrícola y, más al este, se encuentran humedales de extensas superficies.



Características del río San Juan del Oro.

7.2 EROSION Y PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA ALTA

La generación de sedimentos (erosión), junto a sus efectos en cauces y zonas aledañas (transporte y sedimentación), son el resultado de una suma de fenómenos complejos íntimamente relacionados, condicionados por la geología, la litología, la hidrología, el uso del suelo y las intervenciones antrópicas (Amarilla y Gamarra, 2010).

Se identifican allí dos procesos erosivos primordiales; la erosión superficial y la remoción en masa, ambos influenciados por factores como las precipitaciones (intensidad, estacionalidad, etc.), la cobertura vegetal, la pendiente del terreno natural, la disponibilidad de material, y otros.

La estimación de producción de sedimentos por erosión superficial es de 126 millones de toneladas anuales (en la estación Villa Montes), con tasas del orden de 100.000 m³/km² en las zonas más activas. Esta esti-

mación se obtuvo a partir del modelo SWAT (el cual calcula la erosión ocasionada por la precipitación y el escurrimiento, empleando la ecuación MUSLE). En síntesis, la subcuenca de Viña Quemada produce el 10%; Tumusla el 8%; y San Juan del Oro el 5% de la producción total de sedimentos.

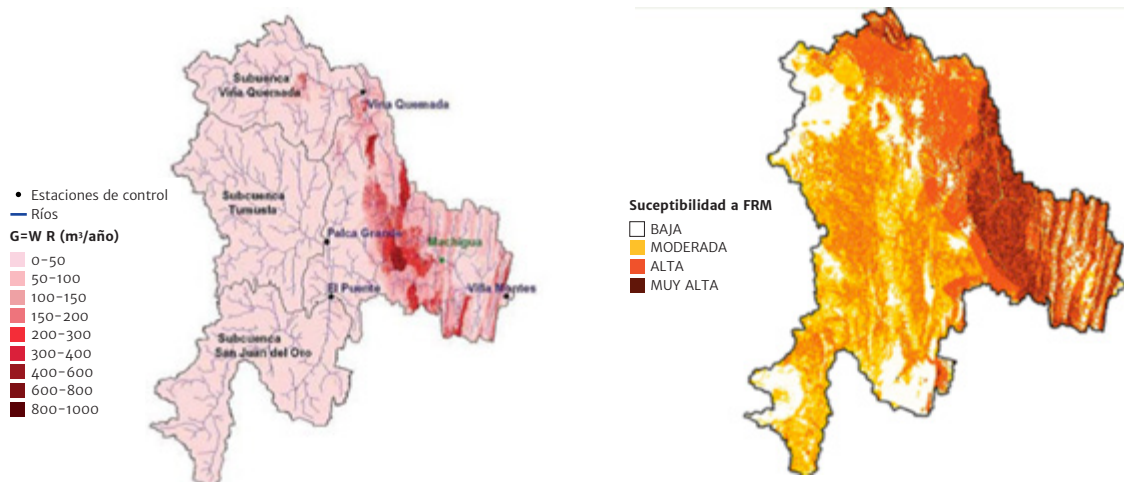
Las zonas propensas a experimentar remociones en masa están sujetas a la susceptibilidad o potencialidad de ocurrencia de estos fenómenos. El área de mayor susceptibilidad es coincidente con la unidad geológica de la Faja Subandina, como se puede observar en la **Figura 7.2.1**.

7.3 MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS (MIC)

Es un sistema que interrelaciona factores naturales, sociales, económicos, políticos e institucionales variables en el tiempo. Su manejo implica concertación, lo que genera concientización y compromiso entre los habitantes de la cuenca.

Figura 7.2.1

Mapa de distribución volumétrica de sedimentos producidos por erosión superficial (izq.). Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la Alta Cuenca del río Pilcomayo (der.)



Los principios fundamentales de este enfoque son; la cuenca como unidad geográfica natural para la gestión del agua, las formas específicas de organización y la aplicación de instrumentos económicos en los procesos de gestión. Asimismo, se promueve la necesidad de aprovechar el agua de manera rentable e impulsar el desarrollo económico sostenible. En este marco, es un principio fundamental la conservación del recurso suelo en la cuenca y su ecosistema, con el fin de impedir una degradación del medio ambiente y proteger las necesidades de las comunidades vulnerables.

El MIC se implementa a través de acciones piloto basadas en la identificación participativa de los componentes de actuación, atendiendo a las condiciones ambientales. La efectividad de sus resultados posibilita replicar las obras en toda la cuenca, en áreas de similares características fisiográficas y de uso.

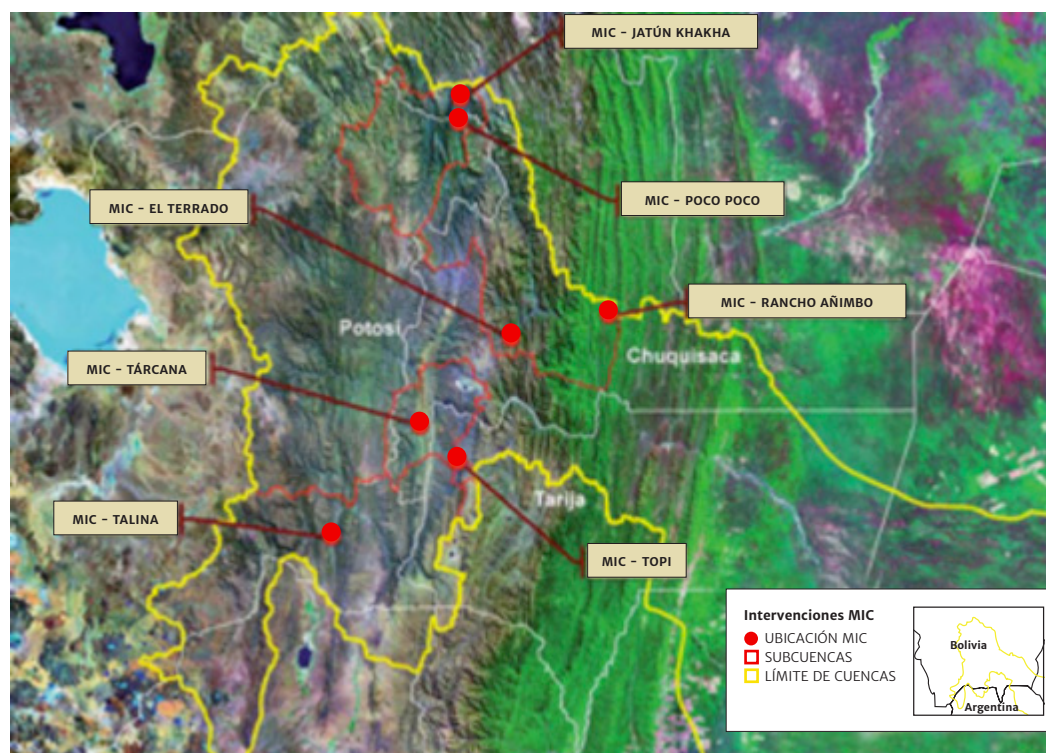
Las acciones se realizan de manera conjunta por técnicos y comunidades campesinas, lo que permite recoger las demandas y necesidades de la población.

Las acciones planteadas a nivel de subcuencas y subsistemas comprenden:

- Gestión del agua a nivel de acceso, uso y calidad del recurso.
- Manejo integrado de subcuencas.
- Recuperación y protección de áreas agrícolas (subcuencas).
- Mitigación de los efectos de la sedimentación y contaminación.
- Conservación de suelos y mejoramiento de la producción.

Figura 7.3.1

Intervenciones con Manejo Integrado de Cuencas (MIC)



- Mejora a la alimentación de humedales.
- Acciones de apoyo para la recuperación de la fauna ictícola.

7.4 BUENAS PRÁCTICAS DE USO Y MANEJO DE SUELO Y AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO PILCOMAYO

En este caso, las acciones avanzan sobre la caracterización y cuantificación de los procesos de erosión y sedimentación de la cuenca, así como en la implementación de la gestión de los recursos de la misma (agua, suelos, fauna y flora). De este modo, se considera que el manejo integrado de cuencas debe ser ejercido por instituciones y/o organizaciones de productores locales para su continuidad. En la ejecución del Proyecto Pilcomayo participan como contraparte los municipios y gobernaciones, quienes tienen la responsabilidad de dar continuidad a los proyectos, mientras que a las instituciones del Estado les corresponde encargarse del seguimiento y canalizar los recursos necesarios para su ejecución.

Las buenas prácticas de manejo y conservación de suelos están relacionadas con obras físicas a partir de las que se desarrollan acciones integrales que producen impactos medibles y evaluables, capaces de ser replicadas en microcuencas de condiciones similares.

En la parte alta de la cuenca la erosión es causada por la pérdida de la cobertura vegetal en terrenos que fueron utilizados para la siembra de cultivo de maíz, principalmente bajo un sistema de monocultivo. Dicho procedimiento dio lugar a la pérdida de su capacidad productiva, generando considerables áreas abandonadas susceptibles y en proceso de erosión hídrica laminar y en surcos, con grados de moderada a fuerte.

Luego, y con el objetivo de aumentar la infiltración de las lluvias, en las áreas degradadas

se realizaron zanjas de infiltración, siembra de pasturas y forestación con especies nativas, para ser utilizadas como forraje en la actividad ganadera. Asimismo, en los suelos de ladera, se realizó la siembra en contorno sobre cobertura con labranza mínima. Todas estas acciones fueron realizadas mediante una capacitación continua anual, transversalmente a la ejecución de las diferentes prácticas, bajo la consigna de “aprender haciendo”, asegurando así la formación de líderes comunales capaces de continuar este proceso.

En los valles interandinos y en el altiplano, donde se torna evidente la escasez de agua, se implementó un proyecto piloto de carácter demostrativo de riego por goteo y aspersión. Esta acción tienen su fundamento en el aumento de la disponibilidad de agua mediante mejoras de captación y almacenamiento del agua de escorrentía de las lluvias, a partir de la construcción de atajados, tanques de geomembrana y ferrocemento.

7.4.1 Metodología de intervención

La selección de las subcuencas de intervención ha respondido a la variabilidad fisiográfica del sector boliviano de la cuenca del río Pilcomayo, optándose por las siguientes:

- Altiplano (subcuencas Jatún Khakha y El Terrado).
- Valles interandinos altos (Poco Poco, Tárkana, Tomayapo y Talina).
- Subandino (Rancho Añimbo).
- Llanura chaqueña (Cañada Bolívar).

En las subcuencas Talina y Cañada Bolívar no se realizó la ejecución de obras.

En todas las subcuencas se contó con imágenes ikono de 1 m de resolución, cuyos

diseños fueron validados en talleres comunales con la participación de los actores sociales involucrados. Para la implementación de las obras se elaboraron acuerdos específicos interinstitucionales con responsabilidades y aportes institucionales compartidos.

7.4.2 Resultados

En todas las intervenciones la problemática relacionada con las actividades productivas ha sido priorizada, ya que se considera el pilar económico de la población de las subcuencas. Es notable cómo el iniciar el manejo conservacionista con un enfoque de sostenibilidad, en áreas productivas y comunales, indujo a la población a participar activamente y a implementar las recomendaciones.

Existe mayor interés y compromiso por parte de la población cuando se trata de resolver situaciones relacionadas al uso productivo en áreas individuales y comunales. También es de interés común el control de los cauces mediante la construcción de defensas para evitar pérdida de suelo agrícola.

Para que la comunidad tome conciencia de la problemática ambiental, es necesario informarla y motivarla en relación al daño causado al ecosistema por una explotación poco racional de los recursos naturales, caracterizado por la pérdida de la productividad de los suelos, la escasez de agua y forrajes y mayor incidencia de plagas y enfermedades para los cultivos y el ganado.

En estrecha relación con la problemática de cada subcuenca, se han identificado los componentes de intervención de modo participativo. A modo de ejemplo, se presentan los componentes de intervención de la subcuenca Tárcana: manejo y conservación de suelos, manejo de áreas degradadas, control hidráulico de torrentes y cauces, microirrigación por goteo, y acompañamiento y capacitación (Tabla 7.4.2.1).

Para cada componente, se identificaron las obras y acciones específicas requeridas, dando respuesta a las mayores limitantes de la problemática priorizada. En base a estos componentes y líneas de acción, se constituyeron ejes temáticos que pueden recibir posteriores incorporaciones de acciones específicas a medida que se avance en la ejecución del MIC.



Estanque de geomembrana para almacenamiento de agua.



Parcela de vid con riego por goteo. Tárcana, Chuquisaca.

Tabla 7.4.2.1

Acciones de manejo integral de cuencas en el Proyecto Pilcomayo en 2007

Subcuenca	Ubicación	Tipo de intervención	Acciones desarrolladas en cada subcuenca
Jatun Khakha	Sorojchi, Cerco Pampa, Silla Orko, Kata – Municipio de Yamparáez, Chuquisaca, Bolivia.	Control de la erosión y conservación de suelos.	Parte alta de la cuenca: - Atajados y estanques de ferrocemento para la cosecha de agua, forestación y siembra de pasturas, construcción de terrazas y zanjas de infiltración, plantación de frutales y mejoramiento de la producción (producción de semilla de papa, elaboración de compost, biofertilizante y caldos minerales). Parte baja de la cuenca: - Gaviones para la protección de áreas de cultivo, retención de sedimentos y recuperación de tierras. - Mejoramiento de sistemas de riego.
Población beneficiaria: 564 (habitantes)		Inversión (euros): 143.971	
Poco Poco	Morritos, Las Pampas, Tarabuquillo, Poco Poco y Arenales. – Municipio de Betanzos, Potosí, Bolivia.	Mejora del acceso al agua.	- Galería filtrante, refacción de canales y mejoramiento de sistemas de riego. Desarrollo de la producción (compost, biofertilizantes y caldos minerales). - Defensivos (gaviones).
Población beneficiaria: 835 (habitantes)		Inversión (euros): 149.191	
El Terrado	Municipio Incahuasi, Chuquisaca, Bolivia.	Control de la erosión y conservación de suelos.	- Cuenca de aporte de la presa Yana Khakha: Diques transversales en quebradas, muros de piedra en las cárcavas y zanjas de coronamiento, cerramientos con siembra de pasturas y forestación, medidas orientadas a la retención de sedimentos y prolongación de la vida útil de la presa. - Microrriego por goteo para frutales y aspersión para hortalizas.
Población beneficiaria: 3000 (habitantes)		Inversión (euros): 151.652	

Tabla 7.4.2.1

Acciones de manejo integral de cuencas en el Proyecto Pilcomayo en 2007 (cont.)

Subcuenca	Ubicación	Tipo de intervención	Acciones desarrolladas en cada subcuenca
Tarcana	Tárcana, Higuerayoc, Municipio Villa Abecía-Chuquisaca-Bolivia.	Control de la erosión y conservación de suelos.	Prácticas agronómicas mejoradas (producción de semillas, elaboración y uso de compost, biofertilizante y caldos minerales), cerramiento con siembra de pasturas, reforestación con especies nativas, muros de piedra en cárcavas, zanjas de infiltración, terrazas de formación lenta, construcción de estanques de geomembrana y ferrocemento e instalación de riego por goteo para frutales, gaviones para la protección de áreas de cultivos.
Población beneficiaria: 370 (habitantes)		Inversión (euros): 202.907	
Tomayapo	Santa Ana de Agua, Rica Iscayachi y La Parroquia Tomayapo, Municipio El Puente -2o sección Provincia Méndez-Tarija-Bolivia.	Mejora en el acceso al agua	Sistemas de riego con canales de trasvase y almacenamiento en atajados, canales revestidos principales, secundarios y obras complementarias. Cantón Tomayapo: Instalación de riego por goteo para frutales. Prácticas agronómicas y de manejo del riego mejoradas.
Población beneficiaria: 360 (habitantes)		Inversión (euros): 180.464	
Rancho Añimbo	Subcuenca Rancho Añimbo, Quebrada Uruguay, Municipio Huacareta-Chuquisaca-Bolivia.	Control de la erosión y conservación de suelos.	Defensivos (gaviones) para la protección de la población y áreas de cultivo, zanjas de infiltración, terrazas de formación lenta con palos, cerramientos con siembra de pasturas y plantaciones forestales, plantaciones de frutales, mejoramiento de las prácticas agronómicas con siembra en contorno sobre cobertura; uso de abonos verdes; rotaciones.
Población beneficiaria: 539 (habitantes)		Inversión (euros): 103.811	
TOTAL Población beneficiaria: 5668 (habitantes) 1667 (familias)		Inversión (euros): 931.996	

Fuente: Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo (2008).

Según la Oficina Técnica Nacional de los ríos Pilcomayo y Bermejo (2004), en los procesos de licitación para la construcción de obras en las zonas de El Portillo y Santa Ana, en el marco del proyecto “Sistematización de áreas bajo riego del proyecto San Jacinto”, se propuso la ejecución de obras de manejo y conservación de suelos, orientadas a:

- Optimizar el uso del suelo y el agua en las áreas bajo riego del proyecto San Jacinto.
- Mejorar la productividad de los cultivos.
- Controlar o atenuar el proceso erosivo de las áreas adyacentes a las zonas de cultivo.
- Transformar tierras erosionadas en terrenos de cultivo.

Para el cumplimiento de estos objetivos se realizó un conjunto de obras vinculadas con el riego, como así también medidas de manejo y conservación de suelos, y prácticas tecnológicas para la optimización de la producción agrícola. Estas acciones se destinaron a generar canales de riego, tender una tubería de 4” para riego (tipo SDR 35), nivelar tierras, y construir canales antierosivos y de drenaje, diques de gaviones y un dique de tierra.

7.4.3 Asistencia técnica y transferencia tecnológica

La asistencia técnica incluyó programas de capacitación a los agricultores de las áreas seleccionadas en parcelas demostrativas y en zonas circundantes a éstas. Se trabajó en parcelas de observación, de modo de permitir el desarrollo de paquetes tecnológicos en los diferentes sistemas de cultivo. Los resultados del plan fueron evaluados y difundidos en proyectos similares del valle central de Tarija, tomando en cuenta ciertas prácticas de cultivo y de conservación de suelos.

7.4.4 Medidas agronómico-culturales

Las medidas agronómico-culturales son acciones de gestión cuyo objetivo es la contribución al mantenimiento y/o aumento de la capacidad productiva de los suelos. Incluye prácticas de preparación de terrenos, con el propósito de reducir la escorrentía y la erosión, que mejoran la textura, porosidad y fertilidad de los suelos. Asimismo, se consideran como preventivas ya que evitan la pérdida de nutrientes y materia orgánica ocasionada por la erosión de los suelos. Son las más sencillas e interesantes para el agricultor ya que apuntan a la restauración y mantenimiento de la capacidad productiva de los suelos.

Estas acciones se realizan según las condiciones agroecológicas y los sistemas de producción. En el caso analizado se trató de medidas efectuadas de manera integrada a las obras físicas, entre las que se mencionan:

a) Labranza mínima

Consiste en ejercer la menor cantidad de labranza requerida para crear las condiciones de suelo adecuadas para el desarrollo de las plantas, siendo esta práctica aplicada principalmente en el sistema de cultivos vid-frutales. Para el cultivo de vid se remueve solamente una faja estrecha (20-50 cm de ancho y 20-30 cm de profundidad) con la finalidad de incorporar abonos orgánicos y fertilizantes químicos. La labranza mínima individual se aplica para cultivos de frutales, donde la remoción del suelo se efectúa en forma circular a unos 50 cm alrededor de la planta.

b) Cultivos en contorno

Consiste en la disposición del cultivo siguiendo las curvas de nivel y en forma perpendicular o transversal a la pendiente



Siembra a contorno en pendiente inclinada.

máxima del terreno. Cada línea en contorno presenta una pendiente longitudinal asumida del sistema antierosivo, que puede variar de 1 a 7%. La práctica de cultivos en contorno es aplicada en áreas con una pendiente de hasta 8% y una extensión de ladera de no más de 60 m, entre canales antierosivos.

c) Surcos en contorno

Son contruidos transversalmente en el sentido de la máxima pendiente del terreno con el objeto de reducir la velocidad del escurrimiento superficial, favorecer una mayor infiltración del agua y disminuir la erosión del suelo para aumentar la producción y productividad de los cultivos. Esta práctica se aplica en el cultivo de frutales (vid, durazneros), teniendo para ello un riguroso control en su trazo, construcción y mantenimiento. El diseño de los surcos en contorno depende del tipo de suelo y cultivo a desarrollar, mientras que el espaciamiento entre ellos varía de acuerdo con la naturaleza del cultivo y la tecnología empleada.

d) Manejo de cultivos

- Aplicación de materia orgánica: Su finalidad es conservar la fertilidad y mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. La materia orgánica empleada está constituida por los desechos de plantas y animales,

y es implementada en todos los cultivos o sistemas de cultivos mediante aplicaciones de fondo y rutinarias.

La aplicación de fondo se realiza después de la nivelación y formación de las terrazas, para favorecer el desarrollo de la flora microbiana, su estructura y corregir la textura. Consiste en la aplicación de estiércol de animales, en cantidades de 15 a 25 Tn/ha, dependiendo del sistema de cultivo. En sistemas de cultivo vid-frutales, la aplicación es realizada dentro los hoyos de plantación, mientras que en sistemas hortalizas-plantas anuales-forrajeras, se realiza esparciendo el estiércol por toda la superficie de la terraza.

- Aplicación de fertilizantes químicos: Consiste en agregar al suelo los elementos nutritivos necesarios para cubrir las deficiencias según el requerimiento de los cultivos. Los niveles de fertilización recomendados para cada uno de los cultivos están dados en función a los análisis de suelos.
- Rotación de cultivos: Esta práctica consiste



Aplicación de materia orgánica al suelo.

en una sucesión recurrente, y más o menos regular, de diferentes cultivos en el mismo terreno, con el objeto de mantener la fertilidad y productividad de los suelos, según su aptitud en zonas homogéneas.

- Sistema hortalizas-cultivos anuales: Está especialmente orientado a cultivos de escarda en parcelas o terrazas de entre 0 y 2% de pendiente transversal. La rotación tipo en cada una de las parcelas de cultivo es la siguiente:

Tabla 7.4.3.1

Sistema de rotación

Primer ciclo	Segundo ciclo
Maíz	Tomate
Cebolla	Maíz
Haba	Papa
Hortalizas menores	Arveja

- Sistema forrajera-cultivos anuales: Este sistema se realiza principalmente para pendientes de entre 4 y 8% y está compuesto sobre todo por una planta pluriannual forrajera (alfalfa o gramínea), intercalado con plantas anuales. El cultivo forrajero implantado bajo este sistema de rotación ocupa más o menos el 50% de la superficie total de la parcela.

Tabla 7.4.3.2

Rotación tipo para cultivos anuales

Primer ciclo	Segundo ciclo
Alfalfa	Alfalfa
Maní	Cebolla
Maíz	Papa

- Sistema vid-frutales: Este sistema se propone para pendientes de entre 9 y 12%, con plantación de cultivos de vid y frutales como durazneros, ciruelos, damascos y otros.

- Cultivos asociados: Esta práctica consiste en instalar dos o más cultivos en el mismo terreno y período. Éstos pueden alternarse en el mismo surco, en surcos contiguos o en sistemas específicos contruidos para tal fin. Se aplica de acuerdo con las características del terreno.

- Cultivos en fajas: Consiste en alternar cultivos de diferentes hábitos de siembra y desarrollo, localizando fajas a través de la pendiente. Implica un sistema de rotación de cultivos que pueden sembrarse sobre surcos o en contorno para obtener la máxima eficiencia. Esta práctica se aplica especialmente en el sistema cultivos anuales-forrajeras.

- Cultivos de cobertura: El objetivo de esta práctica es proteger el suelo del impacto erosivo después de que se han retirado los cultivos regulares o cuando éstos no ofrecen una protección suficiente. Son muchas las especies de plantas que pueden usarse para este propósito; la selección más adecuada depende de las condiciones climáticas y del suelo. Sin embargo, en el caso específico del proyecto, la especie de cultivo está relacionada íntimamente con el propósito de proteger taludes formados a partir del terraceo y en pendientes mayores a 8%.

- Aplicación de abonos verdes: Es la utilización de plantas en rotación, sucesión y asociación con cultivos comerciales, incorporando los abonos verdes al suelo como vía para su mantenimiento y/o para la recuperación de sus propiedades

físicas, químicas y biológicas. Eventualmente, parte de estos abonos pueden ser utilizados para la alimentación animal y/o humana. Las especies a utilizar en esta práctica deberán tener las siguientes características principales:

- Pertenecer a la familia de las leguminosas.
- Ser de rápido crecimiento y proveer eficiente cobertura del suelo.
- Facilitar la producción de elevadas cantidades de fitomasa (materia verde y seca).
- Tener capacidad de reciclaje de nutrientes.
- Ser de fácil implantación y manejo en campo.
- Presentar bajo nivel de ataque de plagas y enfermedades y no comportarse como planta hospedera.
- Presentar un sistema radicular profundo y bien desarrollado.
- Ser de fácil manejo para su incorporación al suelo y posterior implantación de cultivos.
- Presentar tolerancia o resistencia a la sequía y/o heladas.
- Presentar tolerancia a la baja fertilidad y capacidad de adaptación a suelos degradados.
- Asegurar una producción de semillas en cantidades suficientes para aumentar sus áreas de cultivo.
- No comportarse como planta invasora, dificultando los cultivos sucesivos y/o la rotación.

De este modo, se utilizaron dos especies adaptadas a la región: *Vicia sativa* L (arveja común) y *Melilotus albus* Medik (trébol dulce o blanco).

7.4.5 Medidas agroforestales

Se consideran las siguientes:

- Establecimiento de barreras vivas: Consiste en la plantación de hileras de plantas perennes de crecimiento rápido, denso y de buena resistencia, dispuestas en curvas de nivel o en líneas de ligera pendiente. Los objetivos principales de esta práctica son disminuir la velocidad del agua de escorrentía e interceptar y retener el suelo que arrastra. Se realiza en terrenos con pendientes mayores a 12%.
- Cercos de protección de cultivos: Se emplean especies nativas para cercar las parcelas y las propiedades, a fin de impedir el ingreso de animales. Además, los restos de la poda de los árboles sirven como leña a la familia campesina.
- Cortinas rompevientos: Son barreras de árboles y arbustos que se colocan en la trayectoria del viento, reduciendo los efectos físicos y mecánicos producidos por él sobre los cultivos y los suelos. Su establecimiento se realiza en los límites de propiedad del terreno, en los sistemas antierosivos u otras áreas no aptas para el cultivo.

7.4.6 Métodos de riego

La incorporación de los sistemas antierosivos y la nivelación de las terrazas en las unidades de riego con pendientes de entre 1 y 8%, facilitan el riego por surcos con eficiencia aceptable y se aplican en la producción de hortalizas-cultivos anuales y cultivos anuales-forrajeras. Las que poseen pendientes entre 8 y 12% se dedican al cul-

tivo de la vid y frutales. En el primer caso, el riego se realiza a partir de canales alimentados, ya sea por sifones o por tuberías; mientras que, en el caso de los frutales, deben realizarse cubetas alrededor de los árboles y surcos. Los criterios generales seguidos para la elección de los métodos de riego son:

- El riego por surcos constituye el método de riego por superficie más apropiado en situaciones con pendiente transversal en la dirección del riego. Es tradicionalmente conocido y utilizado en las áreas del valle central de Tarija y se adapta a la mayoría de los cultivos elegidos para el desarrollo agrícola.
- Los métodos de riego bajo presión (aspersión y goteo) son eficientes pero, por razones socioeconómicas, no suelen ser accesibles para todos los productores.

7.5 HUMEDALES DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO PILCOMAYO

Los humedales en la Cuenca Baja del río Pilcomayo sufren sequías y grandes inundaciones producidas por colmatación, generadas por las grandes cantidades de sedimentos que arrastra el río. Éstas provocan una sobreelevación permanente de su lecho y márgenes, generando divaga-



Bañados “La Estrella” en Formosa, Argentina

ciones del cauce y constituyendo uno de los problemas más serios en el Pilcomayo. Contribuyen también a ello las diferencias en caudal entre los distintos años y las acciones antrópicas de desvío del flujo de agua hacia zonas preferidas, a través de la construcción de canales de riego.

Durante los períodos de crecida (enero a marzo), al sobrepasarse la capacidad de la sección transversal, los desbordes de la Cuenca Baja del río Pilcomayo dan origen a extensos humedales. Durante todo el año hidrológico, las aguas llegan al sitio de obstrucción y desbordan hacia ambos márgenes en proporción aleatoria, dependiendo principalmente de las condiciones topográficas de dicha zona y de las distintas intervenciones antrópicas.

Los proyectos para el desarrollo de los humedales deben ser analizados en el marco de las condiciones naturales preconcebidas, debido a la enorme cantidad de sedimentos que arrastra el río que dificulta encontrar una solución durable y sostenible para el manejo de agua.

Según la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), las aguas superficiales en la cuenca del Pilcomayo son especialmente valoradas gracias a sus funciones como centros de vida para la biodiversidad, a nivel local y regional, y como asiento de organismos migratorios; sustento de civilizaciones primitivas y actuales, especialmente de aborígenes y criollos; atenuadoras de inundaciones catastróficas, fundamentalmente en la cuenca baja de este río; contenedoras y sustento de la productividad biológica, especialmente de peces; ambientes para la cría y engorde de ganado y para algunas formas de agricultura; y por su función de “filtros” naturales de sustancias contaminantes y de sedimentos suspendidos.

Por lo tanto, se concluye que los humedales son áreas topográficamente caracterizadas por tener una pendiente menor a 1% y un relieve casi plano y ligeramente cóncavo, con muy poca diferencia topográfica entre la posición más alta y la más deprimida. Por este motivo, se determinan diferentes tiempos de permanencia del agua, dado que el efecto de la vegetación sobre el escurrimiento superficial impacta sobre su tiempo de retención, disminuyendo la velocidad del escurrimiento, como así también sobre el proceso de sedimentación.

7.6 CONCLUSIONES

La contaminación del recurso hídrico es uno de los factores que más afecta a las poblaciones debido a que disminuye su disponibilidad de manera progresiva. Durante la época de lluvias se agrava por el factor de la erosión de los suelos, de tipo laminar y en cárcavas. Así, los suelos agrícolas son paulatinamente arrastrados en forma de sedimentos en suspensión por el río Pilcomayo.

La falta de disponibilidad de suelo productivo y de agua es una de las causas de la pobreza y, a la vez, un factor que exacerba el mal uso de los recursos naturales con el consiguiente deterioro de la calidad de vida, produciendo malas condiciones de salubridad. Las buenas prácticas de uso y manejo de suelos todavía son incipientes, debiéndose enfocar y profundizar la inversión para asegurar la preservación y recuperación del recurso suelo.

El cuadro dramático de la erosión de suelos que exhibe hoy la cuenca del río Pilcomayo se repite en otras cuencas. Por lo tanto, el lento proceso conservacionista necesita dar un giro agresivo para implementar fuertes acciones de recuperación y conservación de suelos; buscar una gestión eficiente, equitativa y ambientalmente sostenible; y conseguir participación de la población involucrada con el apoyo de instituciones gubernamentales y no gubernamentales.

Capítulo 8:

Impactos logrados por el Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del Río Bermejo

8.1 ANTECEDENTES

COBINABE (2010) menciona que la cuenca del río Bermejo se ubica en el extremo austral de Bolivia y norte de Argentina y constituye un área clave en el sistema hídrico de la Cuenca del Plata. Abarca aproximadamente una superficie de 123.000 km², alcanzando los territorios del departamento de Tarija, en Bolivia, y de las provincias argentinas de Chaco, Formosa, Jujuy y Salta. Asimismo, el Río Bermejo cruza vastas extensiones de la llanura chaqueña, actuando como un corredor para la conexión de elementos bióticos de los Andes con el Chaco. Las variables condiciones climatológicas y topográficas originan gran diversidad de bosques tropicales, valles húmedos y montañas desérticas en la Cuenca Alta, como bosques secos y húmedos en la Cuenca Baja.

Los índices de erosión en esta zona se encuentran entre los más altos del mundo, con más de 100 millones de toneladas anualmente depositadas en el sistema Paraguay-Paraná del Plata, lo que representa un 80% del total transportado por estos ríos. La mayor parte de estos sedimentos se genera en la Cuenca Alta, para ser arrastrados aguas abajo en épocas de avenidas o

Figura 8.1.1

Características de la cuenca binacional del río Bermejo



Fuente: CONINABE (2010)

flujos de inundación, modificando regularmente el curso del río y dificultando el uso racional del agua y otros recursos naturales (COBINABE, 2010).

La población de la cuenca se estima en 1,3 millones de habitantes, constituida mayormente por trabajadores rurales, pequeños agricultores y comunidades indígenas. Presenta un alto índice de vulnerabilidad social y ambiental, en función de la variabilidad climática y de la distribución geográfica de las lluvias (sequías, inundaciones y zonas bajo estrés hídrico). Esto condiciona la calidad de vida de la población dado el proceso de degradación por la pérdida acelerada de sus recursos naturales, producto del mal uso del suelo y la destrucción del bosque nativo.

En junio de 1995, los gobiernos de Argentina y Bolivia establecieron la creación de la Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija (COBINABE), como un mecanismo jurídico-técnico permanente que ayude a impulsar el desarrollo sostenible de la cuenca y de su zona de influencia, optimizando el aprovechamiento de sus recursos naturales, atrayendo inversiones y facilitando la gestión racional y equitativa de los recursos hídricos.

El Diagnóstico Ambiental Transfronterizo (DAT) identifica los seis problemas ambientales considerados endémicos en la cuenca y proponen un conjunto de acciones para resolver sus causas y promover el desarrollo sostenible. Estos problemas son:

- La degradación del suelo: Procesos intensos de erosión y desertificación. Los estudios determinaron que más del 50% de la cuenca binacional estaba sujeta a procesos de erosión, que oscilaban desde significativos a bastante severos, y que un 60% de las zonas de pastos estaban siendo sobreexplotadas o inadecuadamente manejadas.
- La degradación de la calidad del agua: La protección y restauración de la calidad del

agua fue reconocida como un tema importante. En el área boliviana de la alta cuenca, el 68% de los lugares de muestreo presentaron restricciones para uso humano debido a la contaminación bacteriológica.

- La escasez y restricciones en la disponibilidad del agua: El abastecimiento de agua fue reconocido como el principal problema de la cuenca. Casi una tercera parte de ella se ve afectada por condiciones de extrema escasez durante la estación seca (abril a noviembre), limitando el desarrollo agrícola en zonas favorables.
- La destrucción de hábitats, pérdida de biodiversidad y deterioro de recursos bióticos: La deforestación afecta a un 26% de los bosques naturales y un 15% del área total se encuentra bajo riesgo de pérdida de biodiversidad. Los estudios y proyectos piloto desarrollados demostraron la viabilidad de programas de extensión comunitaria para capacitar y fomentar el uso de prácticas sostenibles de producción.
- Las inundaciones y otros peligros naturales: Las inundaciones y avenidas durante la época de lluvias (diciembre a marzo) afectan de manera severa a un 7% de la cuenca.
- El deterioro de las condiciones de vida de la población y la pérdida de los recursos culturales: A lo largo de la cuenca se evidencian condiciones de pobreza moderada a extrema que afectan principalmente a pequeños agricultores, poblaciones indígenas y centros urbanos marginales.

El Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del Río Bermejo (PEA) alcanzó un total de 136 proyectos para un período de ejecución de 20 años, con una inversión total aproximada de US\$ 470 millones. De este total, más del 70% correspondió a proyectos de desarrollo hídri-

co, principalmente obras de irrigación y de abastecimiento de agua potable, reflejando la necesidad y prioridad de los pobladores.

8.2 PROCESO DE DEGRADACIÓN DE SUELOS EN LA CUENCA DEL RÍO BERMEJO

El DAT identificó una serie de regiones y subcuencas con comportamiento crítico en términos de erosión o amenaza de erosión, relacionado al potencial productivo y transporte de sedimentos. La **Tabla 8.2.1** cuantifica la pérdida de suelos productivos a consecuencia de intensos procesos de degradación, erosión, desertificación y deforestación, entre otras problemáticas.

En este marco, las acciones del PEA se fundamentaron en la imperiosa necesidad de mejorar las condiciones de calidad de vida de la población y hacer frente a los problemas ambientales identificados en el DAT; tales como, la degradación del suelo (procesos intensos de erosión y desertificación), la escasez y dificultad en el aprovechamiento de los recursos hí-

dricos, el deterioro de las condiciones de vida de la población y la pérdida de recursos naturales.

Estas acciones fueron diseñadas como experiencias para identificar modelos productivos ambiental, social y económicamente sostenibles. De esta manera, se promovieron modos alternativos de producción, minimizando la degradación ambiental en un contexto de manejo integrado de los recursos hídricos y de planificación a nivel de la cuenca. La implementación de los proyectos de uso y aprovechamiento de los recursos naturales e hídricos se apoyó en tres ejes fundamentales:

1. El manejo integrado de los recursos naturales a nivel de cuenca.
2. El acceso a tecnologías sustentables y su utilización.
3. La investigación para el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.

Las buenas prácticas y la replicabilidad de los modelos implementados brindan un

Tabla 8.2.1

Superficies afectadas por procesos de degradación, erosión, desertificación y deforestación en la cuenca Bermejo

Problema	Degradación		Erosión		Desertificación		Deforestación	
Categoría	Sup. km ²	%	Sup. km ²	%	Sup. km ²	%	Sup. km ²	%
Inexistente	1.674	1,4	9.198	7,5	34.864	28,3	51.817	42,1
Mínimo	12.903	10,5	26.262	21,3	13.084	10,6	41.952	34,1
Restringido	32.920	26,7	23.199	18,8	27.342	22,2	1.360	1,1
Significativo	54.793	44,5	37.505	30,5	25.892	21,0	11.662	9,5
Grave	9.164	7,4	26.174	21,2	11.786	9,6	6.997	5,7
Muy grave	11.708	9,5	824	0,7	10.195	8,3	9.374	7,6
TOTAL	123.162	100	123.162	100	123.162	100	123.162	100

Fuente: COBINABE (2010)

conjunto de acciones de referencia que, ejecutadas a una escala mayor y en el marco de un Programa de Gestión Integral de la Cuenca, puedan coadyuvar a solucionar o reducir los problemas ambientales relacionados con el deficiente aprovechamiento de los recursos hídricos; el insuficiente conocimiento de la oferta y del potencial aprovechable de las aguas superficiales y subterráneas; los bajos niveles de producción y retornos económicos; el uso inadecuado del suelo, sin considerar su aptitud; o las prácticas forestales y silvopastoriles no sustentables.

8.3 ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y AMBIENTAL

La zonificación ecológica realizada en el marco del PEA identifica unidades territoriales homogéneas, tomando en consideración atributos del medio natural. En la **Tabla 8.3.1** se detallan las ecorregiones delimitadas, considerando criterios fisiográficos con unidad morfo-estructural de similar cronología y tomando en cuenta las características climáticas, relieve, tipo de suelos y la vegetación natural.

Tabla 8.3.1

Ecorregiones, subregiones y número de grandes unidades

Ecorregión	Subregiones	Grandes Unidades (cantidad)
Cordillera Oriental	Montaña	11
	Valle Central de Tarija	4
	Quebrada de Humahuaca	2
Subandina	Montaña	8
	Submontana	11
	Pie de montaña	12
Chaco Semiárido	Derrames no modelados por el Bermejo	2
	Planicie de inundación actual del Bermejo –Teuco	3
	Derrames actuales y paleocauces del Bermejo	2
	Paleocursos de la margen izquierda del Bermejo	6
	Efluentes de la margen izquierda del Bermejo	2
Chaco Subhúmedo Oriental o Chaco Central	Derrames del Bermejo	1
	Depósitos fluviales, sistema Dobagán–De Oro	1
	Albardones, depresiones y lagunas	4
Chaco Húmedo	Esteros y cañadas con albardones poco desarrollados	2
	Grandes albardones e interfluvios restringidos	2
	Planicie de inundación del río Paraguay	1

Fuente: COBINABE (2010)

8.4 MODELOS PRODUCTIVOS IMPLEMENTADOS EN LA CUENCA DEL RÍO BERMEJO

El objetivo de los modelos productivos fue el de aprovechar el agua de la cuenca del río Bermejo o de sus subcuencas de aporte para efectuar el manejo con sistemas eficientes que optimicen su uso e incrementen el potencial productivo de las áreas seleccionadas. Asimismo, existen proyectos enfocados en el manejo sustentable de los recursos naturales y sistemas productivos, tanto en Argentina como en Bolivia, que fueron ejecutados en los diferentes ambientes o ecoregiones consideradas como modelos productivos sustentables (principalmente ganadería, agricultura, sistemas agrosilvopastoriles, fruticultura, horticultura, etc.).

Mejoramiento del manejo del ganado caprino (modelo ganadero)

De la evaluación de ensayo con condiciones relativamente controladas, se concluyó que el modelo semi-intensivo es más económico y seguro, siempre y cuando el sistema pastoril sea adecuadamente administrado. Además, es necesario considerar que, para la terminación, el incremento de peso es mayor en el intensivo, lo que justificaría su aplicación.



Manejo caprino sobre pasturas.

Las principales acciones exitosas tendientes a mejorar los sistemas fueron:

- Limitar las áreas de pastoreo a través de cercos de ramas para la clausura de pasturas.
- Incorporar el boyero eléctrico como herramienta de manejo de los pastizales.
- Mejorar las instalaciones de corrales, adecuando su superficie y techando un 30% de esas instalaciones.

Manejo del agua

Las represas en el Chaco Salteño son depresiones naturales o artificiales del terreno, con un borde de tierra en su perímetro, que sirven para la captación de agua de lluvia y agua de escorrentía, destinada tanto al consumo humano como animal. Por falta de infraestructura adecuada, los animales ingresan a estas represas y se desarrolla un deterioro de la calidad del agua, produciendo lo que se denomina *enlame*. Por este motivo, y para atender una necesidad percibida como prioritaria por los campesinos, se realizó la limpieza de las represas y el cercado de las mismas con postes y alambre.



Cerramientos para módulo silvopastoril.

Manejo sustentable de pasturas y ganado tradicional

Con respecto al manejo sustentable de pasturas y ganado tradicional, se desarrollaron experiencias piloto en las áreas de Colanzulí y San Isidro, en el marco de la organización comunal. Éstas estuvieron orientadas a disminuir la presión de pastoreo sobre los pastos naturales, considerando la carga animal y la cobertura vegetal. De este modo, se ejecutaron las siguientes acciones:

- a) Manejo sanitario y de la carga animal: Se realizaron capacitaciones en terreno sobre el manejo sanitario de los rodeos, principalmente en temas relacionados con el diagnóstico y tratamiento de parasitosis, vacunación, nutrición del ganado y la utilización de los botiquines sanitarios. Se conformó el botiquín comunitario de sanidad animal, a través de fondos rotatorios, permitiendo disminuir los costos de compra hasta en un 40%.
- b) Manejo de la cobertura vegetal: Se realizaron módulos de cerramientos en San Isidro de diferentes dimensiones, totalizando aproximadamente 10,8 ha destinadas a siembra de pasturas de secano: alfalfa (*Medicago sativa*), pasto llorón (*Eragrostis curvula*) y sorgo (*Sorghum sp.*). Asimismo, se construyó un cerramiento de 1.95 ha como experiencia piloto en:

- Intersiembra con pasto llorón y sorgo en micro pozuelos semilunares, en curvas de nivel y en camellones.
- Forestación del margen de una cañada lateral con algarrobo (*Prosopis nigra*) y yapán (*Acacia visco*).
- Estaqueros de mora (*Morus sp.*) para forrajera estacional dada su brotación temprana en riberas de cauces.

Manejo silvopastoril

El monte nativo se encuentra actualmente bastante degradado como consecuencia de su explotación irracional, asociada a la producción de ganado bovino criollo como práctica de ganadería extensiva que sobrepastorea el monte, el auge forestal con la explotación del quebracho colorado y el palo santo, y la actual extracción de algarrobo. Estas causas se han agravado más aún por la falta absoluta de control en el aprovechamiento de los recursos naturales. Para la implementación de los módulos silvopastoriles se realizó el “desva- jerado” del monte y se promovió la siembra de pastos. Además, se realizó el cerramiento por medio de alambrados.

Gestión de las aguadas

En San Isidro, paraje Chilcayoc Arriba, se realizó una captación de agua de altura (3.400 msnm) para conducción hasta un potrero donde se reparó el cerramiento existente (3.100 msnm). Se construyó adicionalmente un bebedero con descanso estacional.

Implementación de mejoras en el uso de los recursos hídricos

Se elaboraron las propuestas para la construcción y/o mejoramiento de los propios



Mejora en sistema de riego en Los Toldos, Salta, Argentina.

sistemas de riego. Para ello, se realizó un recorrido por los terrenos con acciones de infraestructura de riego ya realizadas, con el objetivo de reorientar la construcción de nuevos sistemas familiares y comunitarios. Como resultado, surgió la propuesta de llevar adelante proyectos de microrriego de carácter experimental, riego por aspersión y ampliación de las redes existentes. También se abordaron aspectos de organización para la construcción, mantenimiento y uso de los sistemas, y diseño de obras de fácil manejo y manutención. El funcionamiento de los sistemas era deficiente debido a fallas de diseño de las obras y a la falta de organización para su mantenimiento.

Implementación de parcelas agroforestales

El desarrollo de nuevas parcelas agroforestales incluyó la implementación de tareas de producción y adquisición de plantas frutales y forestales en vivero, la consulta y el dimensionamiento de las actividades a emprender, y la instalación de sistemas de microrriego. Asimismo, la falta de una cultura agroforestal en las comunidades requirió la ejecución de actividades previas de divulgación y capacitación.

Manejo experimental del bosque nativo

Se implantaron forestaciones en terrenos erosionados o degradados, provenientes de antiguos desmontes cerrados o con poca dificultad para cerrar, mediante plantaciones en macizo o cortina. En conjunto, se involucraron 28 productores, quienes plantaron un total de 10.250 forestales, correspondiendo 1.200 a plantas para cortina en parcelas y 9.050 a plantaciones en macizo. Esto representó una superficie total estimada de 7,5 ha. Las especies utilizadas para la forestación fueron principalmente pino (*Pinus patula*) y eucalipto (*Eucalyptus viminialis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus sa-*

ligna, *Eucalyptus cinerea*, *Eucalyptus duni*), así como ciprés, pecán, cedro, casuarina, ceiba y fresno.

8.4.1 Proyectos ejecutados ecorregiones de la Cordillera Oriental

La ecorregión de la Cordillera Oriental ocupa todo el margen occidental del área de la cuenca que define la divisoria de aguas con las cuencas de los ríos Juramento, al sur, y Pilcomayo, al norte. Incluye los cordones de las sierras de Santa Victoria, Aguilar y Chañi. Estructuralmente, está caracterizada por los elementos de la orogenia andina, responsable de su considerable elevación, en la que predominan estructuras de plegamiento y fallamiento, con clara orientación de norte-sur.

En la **Tabla 8.4.4.1** se describen los proyectos ejecutados por el PEA en cada ecorregión, indicando la tipología de modelos productivos con sus principales características, en términos del problema que aborda y la estrategia planteada según su objetivo.

8.4.2 Proyectos ejecutados en Sierras Subandinas

Los cordones montañosos pertenecientes a las Sierras Subandinas presentan estructuras plegadas, donde abundan anticlinales y sinclinales buzantes, cuyos ejes tienen dirección norte-sur. En la porción boliviana de la cuenca, la red de drenaje guarda íntima relación con la tectónica, con ríos emplazados en depresiones sinclinales. En la porción argentina de la cuenca, la red de drenaje provocó una fuerte disección en sentido oeste-este.

Los proyectos demostrativos y modelos productivos se llevaron a cabo en la franja altitudinal de bosques y selvas de monta-

Tabla 8.4.1.1

Proyectos ejecutados por el PEA en la Cordillera Oriental

Proyecto	Sub-proyecto	Problemática principal	Tipo de modelo	Estrategia planteada
Manejo sustentable de los recursos naturales con vistas al desarrollo productivo, bajo condiciones de sustentabilidad con comunidades indígenas en la cuenca del río Iruya.	Manejo sustentable de agua, suelo y cultivos tradicionales.	• Déficit de agua durante la estación seca. • Degradación por sobreuso. • Erosión. • Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. • Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Agrícola	• Sistematización de tierras. • Control de escurrimientos. • Uso eficiente del agua y del suelo. • Mantenimiento de recursos locales.
	Manejo sustentable de pasturas y ganadería tradicional.	• Degradación por sobreuso. • Erosión. • Pérdida de capacidad de carga. • Déficit de agua durante la estación seca. • Riesgos de pérdida de biodiversidad. • Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Ganadero	• Provisión de agua. • Mejora e introducción de pasturas y forrajes. • Mejora de la sanidad animal. • Comercialización.
Manejo integral de los recursos naturales de la cuenca del río Santa Ana, subcuenca del río Calderas.	Ejecución de obras rurales y prácticas agroforestales.	• Deforestación para fines agrícolas. • Degradación por sobreuso. • Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. • Erosión. • Pérdida de capacidad de carga. • Desertificación. • Déficit de agua durante la estación seca. • Riesgos de pérdida de biodiversidad. • Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Agroforestal	• Provisión de agua. • Mejora e introducción de frutales y forestales. • Sistematización de tierras. • Control de escurrimientos. • Prácticas de manejo sustentable de los recursos naturales, con énfasis en suelo y agua.

Proyecto	Sub-proyecto	Problemática principal	Tipo de modelo	Estrategia planteada
Plan piloto para la conservación de recursos forestales en la serranía El Cóndor, en el Valle Central de Tarija, Bolivia.		- Deforestación para fines agrícolas. - Degradación por sobreuso. - Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Erosión. - Pérdida de capacidad de carga. - Desertificación. - Riesgos de pérdida de biodiversidad. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Agroforestal	- Prácticas de manejo sustentable de los recursos naturales, con énfasis en suelo y agua. - Diversificación productiva. - Clausura y siembra de pasturas en raleos selectivos de monte nativo.

Fuente: COBINABE (2010)

ña, correspondientes a los departamentos de Santa Victoria, Iruya y Orán, en la provincia de Salta, Argentina. El área de implementación es esencialmente representativa, de 1.000.000 ha en Argentina y de dimensiones similares en Bolivia. Desde un punto de vista ecológico, social y económico, las prácticas y modelos implementados son fácilmente replicables. La Tabla 8.4.2.1 muestra las acciones desarrolladas en el proyecto.

8.4.3 Proyectos ejecutados en ecorregiones del Chaco Semiárido

El Chaco Semiárido es la franja de mayor extensión territorial. Presenta un clima semiárido megatermal, con un déficit hídrico promedio superior a 400 mm, aunque en la mayor parte de su territorio supera los 600 mm. Las precipitaciones anuales en la mayor parte de la subregión se sitúan entre 600 y 700 mm. Debido al marcado déficit hídrico anual, la región no es apta para cultivos de secano. La Tabla 8.4.3.1 presenta los proyectos ejecutados por el PEA, indi-

cando la problemática principal y la estrategia planteada.

8.4.4 Proyectos ejecutados en el Chaco Subhúmedo Oriental o Chaco Central

El Chaco Subhúmedo Oriental o Chaco Central presenta un clima subhúmedo seco megatermal a mesotermal, con un déficit hídrico de 100 a 200 mm y precipitaciones que fluctúan entre los 900 a 1.100 mm anuales. Es una zona climáticamente apta para cultivos de secano, entre los cuales predomina el algodón.

8.4.5 Proyectos ejecutados en ecorregiones del Chaco Húmedo

El clima en el Chaco Húmedo es subhúmedo-húmedo, con un déficit hídrico de 0 a 100 mm y con valores de precipitaciones entre 1.100 y 1.300 mm anuales. Debido a sus características climáticas, es viable el cultivo de la caña de azúcar. Recientemente, se ha desarrollado también el cultivo del arroz bajo inundación.

Tabla 8.4.2.1

Proyectos ejecutados por el PEA en la Faja Subandina

Proyecto	Subproyecto	Problemática principal	Tipo de modelo	Estrategia planteada
Diversificación productiva bajo condiciones de sustentabilidad en las Yungas.	Implementación de mejoras en el uso de los recursos hídricos.	• Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. • Erosión. • Salinización. • Déficit de agua durante la estación seca. • Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Hortícola. Frutícola. Forestal.	• Implementación de sistemas de riego. • Diversificación productiva.
	Implementación de parcelas agroforestales.	• Deforestación para fines agrícolas. • Degradación por sobreuso. • Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. • Erosión. • Pérdida de capacidad de carga. • Desertificación. • Riesgos de pérdida de biodiversidad. • Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Agro-forestal	• Diversificación productiva. • Incorporación del componente frutícola a la unidad productiva. • Clausura y siembra de pasturas. • Instalación de vivero de frutales.
	Investigación y experimentación con especies cultivadas y nativas.	• Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. • Erosión. • Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Hortícola. Frutícola. Forestal.	• Instalación de vivero de frutales. • Conservación de alimentos. • Control de plagas. • Almacenamiento de granos.
	Manejo experimental del bosque nativo.	• Deforestación para fines agrícolas. • Erosión. • Desertificación. • Riesgos de pérdida de biodiversidad. • Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Forestal	• Prácticas de manejo sustentable de los recursos naturales, con énfasis en suelo y agua. • Incorporación del componente forestal a la unidad productiva.

Proyecto	Subproyecto	Problemática principal	Tipo de modelo	Estrategia planteada
Diversificación productiva bajo condiciones de sustentabilidad en las Yungas.	Manejo de pasturas.	- Degradación por sobreuso. - Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Pérdida de capacidad de carga. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Ganadero	- Mejora e introducción de pasturas y forrajes. - Mejora de sanidad animal.
Estudio de pasturas del Subandino.		- Degradación por sobreuso. - Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Pérdida de capacidad de carga. - Riesgos de pérdida de biodiversidad. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Ganadero	- Mejora e introducción de pasturas y forrajes. - Elaboración del Plan de acción ganadero. - Mejora de genética y sanidad animal.
Plan integral para el manejo de fincas en la provincia de Arce.		- Deforestación para fines agrícolas. - Degradación por sobreuso. - Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Erosión. - Pérdida de capacidad de carga. - Desertificación. - Déficit de agua durante la estación seca. - Riesgos de pérdida de biodiversidad. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Ganadero. Silvo-pastoril. Agrícola.	- Prácticas de manejo sustentable de los recursos naturales, con énfasis en suelo y agua. - Provisión de agua. - Elaboración de planes de finca.
Proyectos de fijación de carbono.	Manejo de bosque natural productivo.	- Deforestación para fines agrícolas. - Degradación por sobreuso. - Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Erosión. - Pérdida de capacidad de carga. - Desertificación. - Riesgos de pérdida de biodiversidad. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Forestal	- Prácticas de manejo sustentable de los recursos naturales, con énfasis en suelo y agua. - Incorporación del componente forestal a la unidad productiva. - Elaboración del Plan de manejo forestal.

Tabla 8.4.3.1

Proyectos ejecutados por el PEA en el Chaco Semiárido

Proyecto	Subproyecto	Problemática principal	Tipo de modelo	Estrategia planteada
Desarrollo rural de las comunidades wichis y criollas en el Chaco Salteño.	Manejo ganadero.	- Deforestación para fines agrícolas. - Degradación por sobreuso. - Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Erosión. - Pérdida de capacidad de carga. - Desertificación. - Déficit de agua durante la estación seca. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Ganadero. Silvo-pastoril.	- Provisión de agua. - Sistematización de tierras. - Clausura y siembra de pasturas en raleos selectivos de monte nativo. - Control de escurrimientos. - Mejora de sanidad animal.
	Mejoramiento del autoconsumo (huertas y avicultura).	Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Hortícola y otros.	- Incorporación de semillas hortícolas adaptadas a la zona. - Incorporación de aves. - Incorporación de apicultura.
	Validación de propuestas (chacinados, algarroba, etc.).	Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Otros.	- Almacenamiento de productos. - Producción de alimento balanceado con productos locales. - Aprovechamiento integral del cerdo.
Manejo de pasturas tropicales nativas y exóticas.		- Deforestación para fines agrícolas. - Degradación por sobreuso. - Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Erosión. - Pérdida de capacidad de carga. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Ganadero. Silvo-pastoril.	- Mejora e introducción de pasturas y forrajes. - Sistematización de tierras. - Mejora de sanidad animal. - Banco de germoplasma de pasturas nativas. - Capacitación a productores.

Proyecto	Subproyecto	Problemática principal	Tipo de modelo	Estrategia planteada
Mejoramiento del manejo del ganado caprino.		- Deforestación para fines agrícolas. - Degradación por sobreuso. - Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Erosión. - Pérdida de capacidad de carga. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Ganadero	- Mejora e introducción de pasturas y forrajes. - Mejora de genética y sanidad animal. - Capacitación a productores.
Proyecto de desarrollo integrado del interfluvio Teuco-Bermejito.		- Deforestación para fines agrícolas. - Degradación por sobreuso. - Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Pérdida de capacidad de carga. - Desertificación. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Silvo-pastoril	- Prácticas de manejo sustentable de los recursos naturales, con énfasis en suelo y agua. - Incorporación del componente forestal a la unidad productiva. - Clausura y siembra de pasturas en raleos selectivos de monte nativo.

Fuente: COBINABE (2010)

Tabla 8.4.4.1

Proyectos ejecutados por el PEA en el Chaco Subhúmedo Oriental o Chaco Central

Proyecto	Problemática principal	Tipo de modelo	Estrategia planteada
Reactivación de la producción frutihortícola mediante su manejo sustentable y la promoción de pequeños productores.	- Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Erosión. - Salinización. - Déficit de agua durante la estación seca. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Frutihortícola. Hortícola y otros.	- Incorporación de semillas hortícolas adaptadas a la zona. - Implementación de sistemas de riego. - Instalación de vivero de frutales. - Comercialización. - Capacitación a productores.

Fuente: COBINABE (2010)

Tabla 8.4.5.1

Proyectos ejecutados por el PEA en el Chaco Húmedo

Proyecto	Subproyecto	Problemática principal	Tipo de modelo	Estrategia planteada
Recuperación y adecuación productiva de ambientes modificados/degradados de la Baja Cuenca del río Bermejo en la provincia de Formosa.	Modelos productivos ganaderos.	- Deforestación para fines agrícolas. - Degradación por sobreuso. - Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Pérdida de capacidad de carga. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Ganadero	- Provisión de agua. - Mejora e introducción de pasturas y forrajes. - Control de escurrimientos. - Mejora de sanidad animal.
	Modelo productivos agrícolas.	- Pérdida de propiedades biológicas de los suelos. - Erosión. - Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de recursos naturales.	Agrícola	- Sistematización de tierras. - Control de escurrimientos. - Uso eficiente del agua y del suelo. - Incorporación de tecnología de cultivos.

8.5 MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y REHABILITACIÓN AMBIENTAL DESARROLLADAS EN EL PEA BERMEJO

En materia de protección y rehabilitación ambiental se destacan las experiencias de gestión integrada de microcuencas demostrativas en Bolivia, con resultados que manifestaron beneficios simultáneos para el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores (con acceso al agua y desarrollo productivo en predios con microriego junto a las comunidades campesinas) y para el manejo sostenible de los recursos naturales (controlando la erosión y la se-

dimentación de los cuerpos de agua y protegiendo obras de infraestructura en escalas mayores de acción).

Las obras ejecutadas se enmarcaron en el contexto de un proyecto piloto cuyas características sobresalientes pueden transferirse a otros sitios con características biofísicas similares, siempre y cuando se introduzca algún criterio de semejanza que posibilite la extrapolación.

Las obras construidas se ejecutaron con la finalidad de satisfacer un requerimiento o necesidad de las poblaciones de la cuenca, que incluyeron demandas como el control

de la erosión, la protección de márgenes, la consolidación de cauces, la conducción de agua para riego, el saneamiento ambiental, la protección contra inundaciones y la consolidación de áreas protegidas.

Del total de acciones desarrolladas, se constata la realización de 45 obras (56%) para el control de erosión, 5 (6,5%) para la protección de márgenes y consolidación de cauces, y 30 (37,5%) para otra finalidad específica (saneamiento, riego, etc.).

Puede apreciarse que más del 60% de las obras proyectadas en la cuenca tienen como principal objetivo el control hidráulico y erosivo en los cauces, mientras que en el resto de los casos, el objetivo estuvo asociado a otros problemas ambientales, como la calidad o escasez de agua, entre otros.

Las medidas no estructurales abarcaron un amplio abanico de acciones centradas en el control de la erosión, la zonificación y el ordenamiento territorial, la forestación y la bioingeniería, el monitoreo ambiental y los sistemas de información, la concientización y la educación ambiental, el saneamiento ambiental, la consolidación de áreas protegidas y la protección de la biodiversidad.

8.5.1. Obras para el control de la erosión

Cuenca del río Tolomosa

En la cuenca del río Tolomosa se implementó el proyecto de control de sedimentos, cuyos objetivos se orientaron al control de la erosión de los suelos y de los sedimentos transportados por los cursos fluviales, con la finalidad de disminuir los procesos de colmatación progresiva en el embalse San Jacinto (de uso múltiple, empleado para riego, generación eléctrica y agua potable en la ciudad de Tarija). Se trató de una acción conformada por tres componentes:

1. Control de sedimentos en tránsito, considerando la construcción de diques de tierra y gaviones.
2. Cerramientos para la regeneración natural y plantaciones forestales.
3. Manejo y protección de suelos agrícolas.

El proyecto se desarrolló en la subcuenca del río Mena y comprendió la intervención de dos áreas: Pampa Redonda (12,8 km²) y Churquis (10,2 km²), seleccionadas en virtud de su representatividad en cuanto a los procesos erosivos en la región. Las obras ejecutadas en este proyecto para la retención de sedimentos fueron; 1 dique mixto de tierra y gaviones, y 11 diques de tierra, cuyas alturas oscilaron entre 5 y 10 m, con una capacidad de retención total estimada en 378.000 m³.

Los diques de retención de sedimentos fueron localizados para brindar beneficios directos a los campesinos, tales como la disponibilidad de agua para riego, cría de peces y abrevado del ganado. El área controlada con los diques es de 8,8 km², que corresponde al 40% del área total de intervención. Con la construcción de estas obras se ha obtenido una alta eficiencia en la retención de sedimentos, proporcionando un incremento sustancial en la vida útil de embalses localizados aguas abajo.



Presa de enrocado en la cuenca del río Tolomosa, Bolivia.

Finalmente, la construcción de diques de retención de sedimentos y las obras y prácticas de control de la erosión en cada una de sus microcuencas demostraron no sólo ser eficientes en el control de sedimentos, sino también económicamente factibles.

Cuenca del río Santa Ana

La ejecución del proyecto en la subcuenca del río Calderas, enmarcado en el Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Santa Ana, comprendió la construcción de 21 diques de gaviones y 700 m³ de pircas de piedras para el control de erosión. Éstas fueron complementadas con obras destinadas al almacenamiento y conducción de agua para riego, y con la implementación de medidas para el manejo de aguas y suelos en la cuenca.

Cuenca del río Grande de Jujuy, subcuenca del río Huasamayo

En esta cuenca, se instrumentaron medidas estructurales para mitigar los efectos ge-



Muro de gaviones en el piedemonte de Tilcara, Jujuy, Argentina.

nerados por los procesos erosivos, asociados a flujos torrenciales característicos de la cuenca del río Grande. Las obras de control de erosión se materializaron a través de pequeños diques de gaviones a lo largo de una serie de cauces. Entre estas obras, se destacan las siguientes:

- 5 muros de gaviones construidos en la quebrada del cementerio.
- 9 muros de gaviones en la quebrada del valle.
- 7 muros de gaviones en distintos sectores del piedemonte de Tilcara.
- 1 muro de gavión de 52m en la quebrada seca.

Cuenca del río Iruya

La finalidad del Programa de Manejo Integral de la Cuenca del río Iruya fue la definición de políticas de acción, a fin de optimizar el desarrollo sostenible de los recursos, primordialmente en lo relativo a la protección del territorio y de los ecosistemas naturales que lo integran. Entre las medidas estructurales realizadas, se destacan:



Dique de gaviones en el área de San Jacinto, Bolivia.

- La construcción de muros laterales para la protección de la erosión y del socavamiento, producidos por acción de torrentes de barro y del agua sobre las obras de control de fondo en el río Milmahuasi.
- La construcción de los desagües pluviales en el pueblo de Iruya, diseñados e implementados considerando las fuertes pendientes y las precipitaciones torrenciales características del pueblo. El objetivo de las obras fue coleccionar y conducir las aguas de escorrentía, para evitar la erosión hídrica sobre las laderas del pueblo y así evitar el socavamiento y los derrumbes.

Valle central de Tarija

El proyecto de sistematización de tierras con fines agrícolas de las áreas bajo riego en San Jacinto desarrolló dos componentes; el primero, relacionado con la habilitación de tierras, la infraestructura de conducción de agua para riego y drenaje y las obras de control de erosión; y el segundo, denominado agronómico, orientado a brindar asistencia técnica de capacitación y acompañamiento con prácticas en áreas demostrativas. En cuanto a las obras de control de erosión, se construyeron 8 diques de gaviones y sus respectivas colchonetas.



Defensa marginal de gaviones en el río Colanzulí, Iruya, Salta, Argentina.

8.5.2 Obras para la protección de márgenes

Cuenca del río Iruya

Complementariamente a las obras realizadas para el control de la erosión, se ejecutaron obras tendientes a la protección de márgenes, a través de la construcción de defensas de gaviones. Éstas contribuyeron a controlar los procesos de desestabilización de laderas en el pueblo de Iruya, disminuyendo de esta forma su vulnerabilidad ante eventos torrenciales.

Cuenca del río Grande de Jujuy, subcuenca del río Huasamayo

En la subcuenca del río Huasamayo, con el objeto de disminuir el peligro hidrogeológico del pueblo de Tilcara y proteger sus valores arqueológicos y arquitectónicos, se ejecutaron obras de limpieza del cauce del río Huasamayo en la zona de desembocadura al río Grande. Los trabajos consistieron en:

- Limpieza del cauce a través del movimiento del material del lecho con una topadora (encauzamiento), reduciendo la cota del fondo del mismo en 2 m para aumentar la sección de paso del puente. También re-



Defensas marginales sobre el río Colanzulí.

sultó necesario limpiar la desembocadura del río Huasamayo en el río Grande de Jujuj, incluido el tramo de la desembocadura del río Huichaira. El volumen movido fue de aproximadamente 120.000 m³.

- Realización de un terraplén de defensa en la margen derecha en proximidad del puente, utilizando el material derivado del encauzamiento.

8.5.3 Obras de consolidación de cauces

Cuenca del río Iruya

Como parte del conjunto de medidas estructurales desarrolladas en la cuenca del río Iruya, se destacan tres obras orientadas a detener el descenso del nivel del lecho del río y la consiguiente disminución de los riesgos de erosión de las márgenes del río. Estas obras tuvieron un fuerte impacto en el cumplimiento de sus objetivos, logrando además retener un importante volumen de sedimentos, estimados en aproximadamente 232.000 m³. Las obras realizadas fueron:

- Recuperación del control de fondo en el río Colanzulí (muro N° 1, primer punto fijo ubicado aguas abajo del pueblo). Las obras consistieron en la construcción de un muro

en hormigón ciclópeo como refuerzo del existente, cuyo objetivo fue el control del nivel del fondo del cauce aguas arriba.

- Recuperación del control de fondo en el río Milmahuasi, en el cual se realizó la reconstrucción y el revestimiento del salto con mampostería de piedra y la ejecución de tres muros de hormigón ciclópeo, uno aguas arriba y dos aguas abajo. El objetivo de estas intervenciones fue lograr un cuenco disipador de energía. También se colocaron perfiles metálicos en el borde superior, con el fin de mitigar la erosión del muro y posibilitar el salto del fluido al mortero ubicado aguas abajo.
- Construcción de las primeras obras de control de fondo para la consolidación del lecho del río Colanzulí. Éstas consistieron en la construcción de dos muros transversales de hormigón ciclópeo, orientados a detener el proceso erosivo de las laderas del pueblo de Iruya.

Las obras de consolidación de cauces (puntos fijos) y defensas marginales y longitudinales realizadas en el río Colanzulí, en Iruya, demostraron ser muy exitosas a juzgar por el comportamiento del punto fijo luego de las crecientes ocurridas entre los años 2003 y 2006. Las intervenciones lograron controlar la erosión retrocedente y, al mismo tiempo, retener sedimentos.



Construcción del punto fijo sobre el río Colanzulí.

Tabla 8.5.3.1

Acciones ejecutadas por el PEA Bermejo en relación a la degradación del suelo

Problema	Carácter	Tipo de acción/ objetivo	Acciones ejecutadas	Localización
Degradación del suelo. Procesos intensos de erosión y desertificación.	Estructural	Control de erosión.	Construcción de 11 diques de gaviones y 1 dique de tierra.	Cuenca del Río Tolomosa, Bolivia.
			Construcción de 21 diques de gaviones y 700 m ³ de pircas de piedra.	Cuenca del río Santa Ana, Bolivia.
			Construcción de muros laterales para protección del punto fijo sobre el río Milmahuasi.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.
			Construcción de desagües pluviales en el pueblo de Iruya.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.
			Construcción de 22 muros de gaviones en quebradas del piedemonte en Tilcara.	Cuenca del río Grande, Jujuy, Argentina.
			Construcción de 8 diques de gaviones y colchonetas.	Área del Proyecto San Jacinto, Bolivia.
		Protección de márgenes.	Limpieza del cauce del río Huasamayo.	Cuenca del río Grande, Jujuy, Argentina.
			Defensas marginales de gaviones sobre la margen izquierda del río Colanzulí en el pueblo de Iruya.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.
			Construcción del muro de control del fondo. Recuperación del punto fijo sobre el río Colanzulí.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.
		Consolidación de cauces.	Construcción del muro de control del fondo. Recuperación del punto fijo sobre el río Milmahuasi.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.
			Construcción de 2 muros transversales en el río Colanzulí.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.

Tabla 8.5.3.1

Acciones ejecutadas por el PEA Bermejo en relación a la degradación del suelo (cont.)

Problema	Carácter	Tipo de acción/ objetivo	Acciones ejecutadas	Localización
Degradación del suelo. Procesos intensos de erosión y desertificación.	No estructural	Zonificación y ordenamiento territorial.	Elaboración de la zonificación ambiental y propuesta de ordenamiento territorial del pueblo de Tilcara sobre la base del riesgo y la vulnerabilidad ambiental.	Cuenca del río Grande, Jujuy, Argentina
			Elaboración del diagnóstico socio-territorial del riesgo ambiental del pueblo de Iruya.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.
			Diseño y elaboración del Plan de Alerta y Contingencia del Pueblo de Iruya. Realización de los cursos Bases para la Gestión del Riesgo (BAGER).	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina
			Diseño, elaboración e implementación del Plan de Ordenamiento Territorial del Departamento de Tarija.	Departamento de Tarija, Bolivia.
		Forestación y bioingeniería.	Implementación del vivero forestal en Tilcara.	Cuenca del río Grande, Jujuy, Argentina.
			Implementación del vivero forestal en el colegio secundario del pueblo de Iruya.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.
			Implementación de viveros forestales y frutales en las Yungas.	Provincia de Salta, Argentina.
		Monitoreo ambiental, sistema de información y estudios.	Diseño e implementación de la red hidrometeorológica binacional.	Binacional.
			Estudio de sedimentos de la cuenca del río Bermejo.	Binacional.
		Concientización y educación ambiental.	Diseño, elaboración e implementación del Programa de Educación Ambiental de la Cuenca del Río Bermejo.	Binacional.
			Implementación de la campaña de conciencia ambiental.	Departamento de Tarija, Bolivia.
		Control de erosión.	Forestación de márgenes en el río Conlanzulí.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.
			Modelos de manejo ovino, manejo de pasturas y manejo sanitario de los rodeos.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.

Problema	Carácter	Tipo de acción/ objetivo	Acciones ejecutadas	Localización
Degradación del suelo. Procesos intensos de erosión y desertificación.	No estructural	Control de erosión.	Forestación y cerramientos en 160 ha.	Cuenca del río Tolomosa, subcuenca del río Mena, Bolivia.
			Enriquecimiento forestal y cerramiento en 20 ha.	Cuenca del río Santa Ana, Bolivia.

Fuente: COBINABE (2010)

Tabla 8.5.3.2

Acciones ejecutadas por el PEA Bermejo en relación a la escasez y el aprovechamiento de los recursos hídricos

Problema	Carácter	Tipo de acción/ objetivo	Acciones ejecutadas	Localización
Escasez y restricciones al aprovechamiento de los recursos hídricos.	Estructural	Almacenamiento y conducción de agua para riego.	Construcción de 3 presas de tierra para regulación de caudales, 9,7 kilómetros de conducción (PVC y canales revestidos) y 12 depósitos para almacenamiento.	Cuenca del río Santa Ana, Bolivia.
			Construcción de 5 obras de captación de agua y 1.492 metros de conducción.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.
			Construcción de 2 azudes de derivación, 6.4 kilómetros de conducción (PVC y canales revestidos) y 4 depósitos de almacenamiento.	Cuenca del río Tolomosa, Bolivia.
			Construcción de una presa de tierra y 2.451 metros de conducción (PVC y canales revestidos).	Área del Proyecto San Jacinto, Bolivia.
	No estructural	Concientización y educación ambiental.	Realización de 40 cursos de capacitación técnica para productores.	Cuenca del río Santa Ana, Bolivia.

Fuente: COBINABE (2010)

Tabla 8.5.3.3

Acciones ejecutadas por el PEA Bermejo en relación a la degradación de la calidad del agua

Problema	Carácter	Tipo de acción/ objetivo	Acciones ejecutadas	Localización
Degradación de la calidad del agua.	Estructural	Saneamiento ambiental.	Construcción de 1.840 metros de colectores, 29 cámaras de inspección, 34 conexiones domiciliarias, laguna de maduración con 2.433 metros de conexión de alcantarillado, 3.310 metros de tuberías, 63 cámaras sépticas y 20 letrinas.	Cuenca del río Guadalquivir, Bolivia.
	No estructural	Saneamiento ambiental.	Diseño, elaboración e implementación del Plan de Gestión de Residuos en el Pueblo de Iruya.	Cuenca del río Iruya, Salta, Argentina.
			Estudio de saneamiento del río Guadalquivir.	Cuenca del río Guadalquivir, Bolivia.
			Diseño y elaboración del Plan de Saneamiento Ambiental del Triángulo del Bermejo.	Municipio de Bermejo, Bolivia.
		Monitoreo ambiental, sistema de información y estudios.	Diagnóstico de la situación sanitaria de los ríos y quebradas del Triángulo del Bermejo.	Departamento de Tarija, Bolivia.
			Diseño e implementación de la Red de Monitoreo de Calidad de Agua.	Binacional.
		Concientización y educación ambiental.	Implementación del Programa de Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos.	Municipalidad de San Salvador de Jujuy, Argentina.
			Diseño, elaboración e implementación del Programa de Educación Ambiental de la Cuenca del Río Bermejo.	Binacional.
			Implementación de la campaña de concientización ambiental.	Departamento de Tarija, Bolivia.

Fuente: COBINABE (2010)

Tabla 8.5.3.4

Acciones ejecutadas por el PEA Bermejo en relación a conflictos por inundaciones y otros desastres naturales

Problema	Carácter	Tipo de acción/objetivo	Acciones ejecutadas	Localización
Conflictos, inundaciones y otros desastres naturales	Estructural	Protección contra inundaciones.	Construcción de defensas contra inundaciones en el río Bermejo.	Provincia de Salta, Argentina.
	No estructural		Definición y elaboración de la zonificación de riesgo hídrico en el Cuenca Baja del río Bermejo.	Provincias de Chaco y Formosa, Argentina.

Fuente: COBINABE (2010)

La Tabla 8.5.3.1 resume las acciones ejecutadas en el PEA Bermejo, divididas según su carácter (estructurales y no estructurales) y caracterizadas de acuerdo al tipo de acción desarrollada

8.6 CONCLUSIONES

Los proyectos ejecutados para el desarrollo sostenible de los recursos naturales lograron aplicar los modelos productivos a una escala experimental o piloto. En algunos casos se abocaron exclusivamente a la etapa de formulación de alternativas productivas, mientras que en otros se enfocaron en un aprovechamiento puntual de los recursos hídricos sobre un pequeño sector, sea éste una comunidad, una subcuenca o el subsistema de los ríos Bermejo y Grande de Tarija (COBINABE, 2010).

La réplica de las buenas prácticas de manejo y conservación de recursos naturales estará sujeta a las características del sitio donde se implementen los nuevos proyectos. Por lo tanto, ante la magnitud de la cuenca Bermejo, tanto en términos de su extensión territorial como de su diversidad ecológica, se plantearon soluciones estructurales y no estructurales de envergadura, destinadas al manejo sustentable de sus recursos naturales.

La planificación conjunta de las actividades del proyecto, el fortalecimiento de las organizaciones locales a través de su participación en la toma de decisiones, la formación de promotores y dirigentes, y la capacitación en diversos aspectos técnicos, se consideran como buenas prácticas.

Las acciones estructurales y no estructurales desarrolladas para el control de la erosión y del transporte de sedimentos junto a las comunidades de la alta cuenca, a través de pequeñas obras multipropósito, fueron verificadas como económica y socialmente viables y financiables. Resultó importante el carácter integrado y participativo de las acciones desarrolladas, al combinar obras físicas para el control de torrentes, retención de sedimentos y protección de márgenes, con medidas de carácter no estructural, a través de proyectos o componentes para el manejo ganadero orientados a reducir la presión de pastoreo, prácticas comunitarias de uso de suelo y manejo de pastizales, entre otros. Esta experiencia de gestión integrada, aplicada en este caso a nivel de microcuencas demostrativas, mostró que es posible obtener beneficios simultáneos para el mejoramiento de la calidad de vida y el manejo sostenible de los recursos naturales, controlando la erosión y la sedimentación de los cuerpos de agua (COBINABE, 2010).

En términos generales, los proyectos desarrollados fueron de carácter demostrativo y se implementaron en un pequeño sector. A partir de estas experiencias, se espera que las más exitosas o de mejores resultados puedan replicarse gradualmente en otras áreas, siguiendo metodologías de enfoque integral basadas en la sustentabilidad. Dada la gran extensión territorial de la cuenca, con diversidad de ambientes y paisajes, y una compleja dinámica hidrológica, requiere un enfoque gradual a través de acciones piloto.

En este marco, aspirar a un manejo sustentable de los recursos hídricos a nivel de la cuenca que apunte a mejorar la calidad de vida de sus habitantes y la preservación de la biodiversidad, hace necesario desarrollar e implementar soluciones estructurales y no estructurales de mayor envergadura que las hasta ahora desarrolladas, lo que implica altos montos de inversión.

Capítulo 9:

Impactos logrados en el Proyecto *Manejo Sustentable de Bosques en el Ecosistema Transfronterizo del Gran Chaco Americano*

9.1 ANTECEDENTES

De acuerdo a Orellana (2015), los gobiernos de Argentina, Bolivia y Paraguay han gestionado recursos económicos del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) para la implementación del Proyecto de Manejo Sustentable de Bosques en el Ecosistema Transfronterizo del Gran Chaco Americano, en el marco de las prioridades y políticas nacionales. El área de intervención propuesta para el proyecto, el ecosistema del Gran Chaco Americano, se sitúa en la parte central de América del Sur y es compartido por Argentina, Bolivia y Paraguay, cubriendo aproximadamente 1 millón de km².

La utilización de las tierras en las condiciones actuales ha devenido en un sobreuso o en modalidades de uso que no están de acuerdo con la aptitud natural del suelo para satisfacer las necesidades de los habitantes del área. Esta situación es conocida tanto por los agricultores locales como por las instituciones y los técnicos que trabajan en los diferentes programas y proyectos de desarrollo. Una manera de confrontar este problema es la planificación del uso de las tierras para orientarlo en una modalidad sostenible.

Figura 9.1.1

Área de intervención del Proyecto

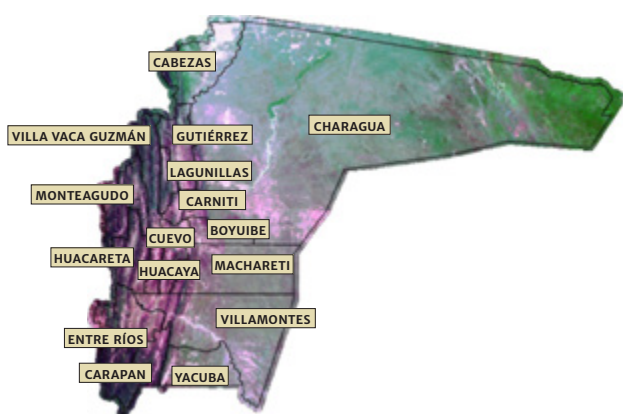


País	Ubicación	Sup. Gran Chaco	Sup. País
Argentina	Norte-Central	60%	22%
Bolivia	Sud Oeste	15%	13%
Paraguay	Occidente	25%	60%

9.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO EN EL PUNTO FOCAL BOLIVIA

El área del proyecto que involucra el Chaco Boliviano es considerada una de las regiones más áridas. Abarca 16 municipios, ubicados en tres departamentos: Tarija (Caraparí, Yacuiba, Villa Montes y Entre Ríos); Chuquisaca (Machareti, Huacaya, Monteagudo, Huacareta, Villa Vaca Guzmán) y Santa Cruz (municipios de Camiri, Lagunillas, Cabezas, Gutiérrez, Cuevo, Charagua y Boyuibe).

Figura 9.2.1



Área del proyecto

El objetivo que persigue el proyecto es contribuir a la reversión de las tendencias de degradación de tierras en la región del Chaco, mediante el manejo sustentable de tierras, bosques y otros recursos en el contexto productivo. El proyecto está estructurado en base a dos componentes:

a) Componentes nacionales:

- Fortalecimiento institucional: Contribuir con el fortalecimiento de las capacidades institucionales y de generación de inver-

siones, para el diseño, gestión y aplicación de políticas y marcos normativos para el Manejo Sustentable de Tierras y Bosques (MST/MSB). Fortalecer capacidades para el cumplimiento de roles, responsabilidades y mandatos, incluyendo componentes de biodiversidad y cambio climático.

- Aplicación de prácticas de MST/MSB: Aplicación en campo de prácticas de MST/MSB; captura CO² y reducción de emisiones provenientes del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y deforestación. Protección de la biodiversidad (áreas protegidas).
- Estrategia de salida del proyecto, extensión y difusión: Réplica y adopción de las mejores prácticas; sensibilización, difusión y divulgación de información fuera de los sitios de demostración; e integración de prácticas exitosas, metodologías y procedimientos desarrollados en la región del Chaco.

b) Componentes regionales:

- Gestión del proyecto: Actividades en el ámbito regional, orientadas a la implementación adecuada del proyecto en los tres países involucrados (Argentina, Bolivia y Paraguay).
- Monitoreo y evaluación: Seguimiento técnico-financiero durante la ejecución del proyecto y monitoreo permanente de sus indicadores.

El principal cultivo en el Gran Chaco (Bolivia) es el maíz. Cerca del 100% de las familias practican este cultivo en mayor o menor grado, sea en forma comercial o para consumo propio y de sus animales domésticos. En general, el maíz es destinado en más de un 50% como alimento para la cría de cerdos que son comercializados, constituyendo una importante fuente de ingreso económico para estos hogares.

La diversificación de cultivos es variada de acuerdo a cada distrito: algunas familias siembran maní, soja o sandía, comercializando alrededor del 80% de la producción; en tanto que otros productos, como la batata, yuca, arroz, frutales y hortalizas, son orientados casi exclusivamente para el consumo familiar. En sectores como Carapari, la actividad agropecuaria reporta bajos ingresos como consecuencia del poco nivel tecnológico, mientras que la ganadería suele ser la base de la economía de los productores.

9.3 CLIMA Y PRECIPITACIÓN

Según la **Tabla 9.3.1** la región del Gran Chaco Boliviano presenta una variabilidad climática, determinada por la altitud sobre el nivel del mar y la influencia orográfica, que impacta sobre la distribución de la precipitación. A partir del relieve diferenciado con las serranías presentes en el área de estudio, pueden caracterizarse los siguientes seis tipos climáticos:

Las precipitaciones son variables y están fuertemente vinculadas a las masas de aire húmedo que en la época lluviosa llegan desde el sudeste del continente. Éstas, al

encontrarse con las serranías del Subandino, se elevan, enfrían y precipitan, determinando una concentración importante en las laderas con orientación sur a sudeste.

La distribución espacial y temporal de las lluvias delimita dos períodos diferenciados: el lluvioso, que abarca de noviembre a marzo; y el seco, de abril a octubre. En el período seco, se producen lloviznas aisladas en el Subandino, que a veces duran varios días, provenientes de frentes fríos o surazos.

Las temperaturas guardan una fuerte relación con la altitud y las estaciones del año, las cuales son más marcadas en la zona templada y más uniformes en el clima cálido. En general, la temperatura alcanza valores máximos de hasta 42 °C, entre octubre y noviembre, y mínimos extremos de hasta 0 °C en julio (valores registrados en la estación climatológica de Itaú). La temperatura media en la época más caliente (diciembre, enero y febrero) es de 23,2 °C mientras que, en los meses más fríos (julio y junio), desciende a una media de 15°C.

9.4 SUELOS

Los suelos del área están caracterizados por diferentes climas y fisiografías de planicie fluvial, planicie coluvio aluvial, piedemonte, y serranías con materiales sedimentarios y una vegetación bien diferenciada de acuerdo al nivel altitudinal y la fisiografía donde se ubican. Asimismo, las serranías están compuestas por grandes cadenas de afloramiento rocoso, con pendientes pronunciadas y disectadas por interfluvios densos que se caracterizan por una litología a base de areniscas finas rojizas.

La planicie coluvio aluvial o pie de monte se encuentra formada por los abanicos aluviales y conos de deyección al pie de la se-

Tabla 9.3.1

Clasificación climática (Gran Chaco Boliviano)

Unidad climática	Rango de precipitación (mm/año)
Cálido árido	500-800
Cálido semiárido	700-900
Cálido subhúmedo	900-1600
Templado húmedo	1300-1400
Templado subhúmedo	1200-1300
Templado semiárido	700-1200

Fuente: Datos climatológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI).

rranía. Este subpaisaje presenta pendientes variables (de 4 a 8%), interrumpidas por quebradas que salen de la montaña, operando como una unidad de transición entre la montaña y la llanura aluvial.

Los suelos de la planicie fluvial se forman a partir de un proceso de erosión y sedimentación de los afloramientos rocosos grandes de las montañas, las que han dado lugar a la formación de las planicies o de los valles aluviales actuales, muy apropiados para el uso agrícola. La mayoría de los agricultores se dedican a la explotación de los suelos sin ninguna planificación, ignorando los fenómenos erosivos que llevan a la pérdida de la capa arable y su productividad.

La vegetación en la zona pertenece a la formación chaqueña y su estructura es predominante arbórea en las cercanías de las colinas. Hacia el este, se equilibra esta vegetación con la arbustiva, herbáceo y graminosa (vegetación mixta), especialmente en lugares descampados o abiertos.

9.5 PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA EN EL ÁREA DEL PROYECTO

Estudios del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) admiten que los recursos naturales del Chaco han sido severamente degradados, como manifiesta la alta fragilidad del ecosistema en conjunto y la irreversible naturaleza de algunos de los procesos biológicos y socioeconómicos desencadenados, que incluyen tanto la desertificación como las inundaciones recurrentes. Esta fragilidad del ecosistema chaqueño se encuentra asociada con su tipo de suelo (muy arenoso y pobre en nutrientes), con la poca e irregular precipitación o con los fuertes vientos y las altas temperaturas que dificultan que la vegetación nativa se recupere de la degradación y pueda producir suficiente cantidad de biomasa.

Esta región, por lo tanto, atraviesa un proceso de degradación ambiental que incluye la reducción de su cobertura vegetal, el empobrecimiento del suelo, y la disminución de su fauna y recursos acuáticos.

Orellana (2015) da cuenta de que prosigue la habilitación de tierras para agricultura intensiva, en especial para la producción de cultivos de exportación, que actualmente abarcan casi 3000 km². Éstos utilizan maquinarias e irrigación en algunos sitios, así como semillas mejoradas e insumos químicos. Asimismo, la soja, por su relevancia en las exportaciones agrícolas, cubre alrededor de 1.000.000 ha en el Chaco.

La explotación de los suelos agrícolas es cada vez más intensa y, como consecuencia, se perciben efectos como la pérdida de la capacidad productiva por agotamiento de la fertilidad, la erosión, el aumento de plagas y enfermedades por el monocultivo, la compactación y la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes. Todo esto da lugar a una disminución de la producción que, sumada a malas prácticas agrícolas, acentúa el deterioro de la tierra. La explotación de los suelos tiende a incrementarse debido al crecimiento de la población, acrecentado por la migración de las familias provenientes del interior. De este modo, se amplía la frontera agrícola, afectando a la biodiversidad del bosque y provocando el deterioro del suelo, del bosque y del medio ambiente en general.

La tasa promedio de deforestación para el año 2006 fue de 300.000 ha/año y la pérdida de cubierta forestal se estima en 16% de la superficie. Asimismo, el área de bosque es utilizada para el pastoreo extensivo de ganado, con muy bajo manejo, causando graves daños a la biodiversidad en la medida en que la oferta forrajera del bosque no satisface la carga animal. Por otro lado, la

destrucción del bosque también es causada por la extracción ilegal de madera de especies selectivas.

En conclusión, se aprecia que la actividad agrícola, pecuaria y forestal es realizada sin planificación; es decir, no existe una organización del uso del suelo en función de sus características biofísicas, socioeconómicas, culturales y político administrativas, que permita un desarrollo sostenible. En la mayoría de los casos, los terrenos que se incorporan a la actividad agrícola son las tierras de ladera con fuertes pendientes, sin aptitud agrícola, consideradas como tierras de protección o servidumbres ecológicas por la ley del medio ambiente y forestal.

- Sobrepastoreo y prácticas inadecuadas de manejo de las pasturas: Durante los primeros asentamientos de colonización en la zona, el pasto abundaba para los rebaños de ganado, caballos, cabras, burros y ovejas. No existían más restricciones que la distancia que los separaba del agua durante la temporada seca. Los supuestos límites para los terrenos de pastoreo eran usualmente mal definidos y las zonas para rebaños se superponían entre sí, causando severo sobrepastoreo y una degradación rápida de la pastura. Como resultado, en muy poco tiempo la tierra pasó a ser prácticamente estéril.

La cría extensiva de ganado, por su área de cobertura, constituye el principal uso de la tierra del Chaco. El 60% del Chaco Paraguayo está bajo pastoreo. La maleza originada por el sobrepastoreo y las deficiencias en el manejo de las pasturas constituyen problemas muy serios que provocan erosión, pérdida del hábitat para la fauna silvestre y una considerable reducción en la producción de ganado. Los animales más grandes como guanacos, tapires, venado de las pampas o de los pantanos, jaguares y armadillos gi-

gantes, han desaparecido casi completamente del ecosistema chaqueño, a la vez que se han expandido vastamente los árboles y arbustos nativos no maderables, dando lugar a zonas muy degradadas.

- Deforestación por la producción de madera y carbón: Las actividades forestales se han ido reduciendo gradualmente debido a la disminución del recurso boscoso. La actividad forestal es enteramente extractiva, con muy poco manejo que fomente la regeneración de especies valiosas. La producción de carbón le sigue a la tala de árboles, dejando el suelo descubierto y propenso a procesos de erosión severa y degradación. La deforestación por las actividades de tala y quema es intensa: el 60% de los árboles cortados proveen combustible de carbón y leña para uso familiar y comercial. La vegetación del oeste del Chaco ha sido muy afectada por la intervención humana, principalmente en Argentina, donde el desarrollo de la agricultura precede al de Paraguay y Bolivia, y la vegetación natural ha sido usada para madera y leña. La destrucción de las praderas naturales por el monocultivo de árboles en el área del Chaco y la sustitución de las especies nativas por eucaliptos y pinos ha llevado a una considerable pérdida de la avifauna. Otras prácticas forestales, como la eliminación de humedales y el uso de pesticidas, también han tenido un fuerte impacto sobre las poblaciones de vida silvestre.
- Incidencia de la agricultura: Al mismo tiempo en que se perdieron bosques, surgieron extensas praderas generalmente en tierras usadas para la agricultura vinculada con cultivos intensivos de soja, algodón y girasol, bajo el sistema de monocultivo. De esta forma, la calidad de la tierra se ha ido deteriorando rápidamente debido a la excesiva mecanización introducida, que no fue

acompañada por un manejo apropiado del suelo o de técnicas de conservación para controlar la erosión del agua, retener materia orgánica y aumentar la retención de humedad y nutrientes en los suelos. Debido a los efectos de la labranza y la deforestación se ha perdido una gran proporción de carbono orgánico en los suelos. Además, la expansión de las tierras de cultivo ha afectado las tradicionales tierras indígenas.

En Paraguay, más del 80% de los agricultores son pequeños propietarios de predios menores a 20 ha, lo que conforma menos del 7% de la totalidad del área cultivable, mientras que las plantaciones mayores a 1.000 ha (1% de los cultivos) constituyen un 77% de la totalidad del área cultivable. La comunidad menonita que se instaló tempranamente en el área, proveniente de Canadá y la Unión Soviética, ha tenido una fuerte influencia en el desarrollo del Chaco, especialmente en Paraguay. Los asentamientos menonitas en el Chaco Central paraguayo datan de 1926 y han liderado el desarrollo de la investigación agrícola y el crecimiento de la infraestructura, cubriendo la mayor parte de los cultivos, pasturas y producción de ganado en esta área.

- Salinización y contaminación de los ríos: Los malos sistemas de irrigación empleados, así como la deforestación, han conducido a un alto nivel de salinización de los suelos y de las aguas subterráneas. El río Pilcomayo, que nace en la cordillera andina de Bolivia y fluye por el Chaco hasta llegar a la Argentina y Paraguay, está altamente contaminado a causa de la extracción río arriba de plata, plomo y zinc, al tiempo que las especies de peces han disminuido dramáticamente.

9.6 PRINCIPALES RESULTADOS

Los principales resultados del proyecto han sido:

- Fortalecimiento de los mecanismos interinstitucionales de coordinación.
- Análisis y reflexión en torno al marco legal local-regional sobre gestión de recursos naturales.
- Implementación de programas de fortalecimiento de capacidades para reforzar los instrumentos técnicos y financieros del MST/MSB.
- Fortalecimiento de los sistemas de información a nivel departamental y municipal.
- Identificación y convalidación de las Unidades Productivas Económica y Ambientalmente Sustentables (UPEA) del MST/MSB.
- Desarrollo de mecanismos y estrategias para la implementación de Planes Macro Regionales de Zonificación de Tierras, Plan de Uso del Suelo (PLUS) y Plan de Ocupación Territorial (POT).
- Construcción de instrumentos para el monitoreo del cambio de usos de la tierra, enmarcados en la normativa e instrumentos vigentes en el país.
- Elaboración de una estrategia de incentivos económicos para el uso alternativo de los bosques elaborados.
- Apoyo a la elaboración del Plan de Manejo para el PNAMI *Aguaragüe*.
- Monitoreo del modelo para compensar el CO₂ y de los inventarios de carbón.

- Diseño e implementación de los PVT's.
- Diseño e implementación de 4 proyectos de demostración (sitios piloto) en Villa Montes, Yacuiba, Charagua y Monteagudo.
- Programas de apoyo para cubrir los costos de transición de prácticas de MST/MSB en lugares de demostración seleccionados.
- Prácticas de MST/MSB replicadas mediante sensibilización, difusión y divulgación fuera de los sitios piloto.

9.7 ÁREAS DEMOSTRATIVAS

Los proyectos de sitios piloto refieren a aquellas zonas de la región en estudio consideradas críticas por presentar oportunidades para la ejecución de acciones prioritarias, con el objetivo de atender vacíos de información y responder a las causas raíz de los proble-

mas identificados. El propósito de un proyecto en sitio piloto es inducir acciones de gestión para la prevención, protección y uso sustentable de los recursos naturales; actuar en áreas de riesgo inminente para el recurso; y promover el capital social, la educación ambiental y la viabilidad económica para el uso sustentable del recurso.

Una de las tareas fundamentales para la determinación de sitios piloto es la identificación de los puntos *hot* y *bright*. Las áreas *hot* son aquellas donde la degradación y su riesgo de ocurrencia es alto, mientras que las áreas *bright* refieren a aquellas donde la degradación ha sido detenida, reducida o en donde se han iniciado acciones tendientes a la restauración.

Los criterios de selección de los sitios piloto son representatividad, replicabilidad, sustentabilidad, participación y empoderamiento local.

Tabla 9.7.1

Características geográficas y socioambientales de los sitios piloto

Sitio piloto	Geográfico	Político	Institucional	Económico	Sociocultural	Problemática y degradación ambiental
Yacuiba	Piedemonte	Tarija-Prov. Gran Chaco	Sindicatos agrarios	Agricultura – ganadería de baja tecnología	Inmigrantes, colonizadores del occidente	• Erosión • Incendios • Sobrepastoreo • Deforestación • Pérdida de fertilidad
Villa Montes	Llanura	Tarija-Prov. Gran Chaco	Federación de ganaderos. Filiales	Ganadería	Medianos Ganaderos Criollos	• Erosión (peladares) • Incendios • Sobrepastoreo • Escasez de agua (consumo humano y animal)

Tabla 9.7.1

Características geográficas y socioambientales de los sitios piloto (cont.)

Sitio piloto	Geográfico	Político	Institucional	Económico	Sociocultural	Problemática y degradación ambiental
Monteagudo	Subandino	Chuquisaca-Monteagudo	Comité de cuenca – Río El Bañado	Agricultura Ganadería de baja tecnología	Campesinos y mestizos	Erosión Incendios Sobrepastoreo Deforestación Pérdida de fertilidad
Charagua	Piedemonte Llanura	Santa Cruz – Charagua	APG – Capitanía Parapitiguasu	Agricultura Ganadería de baja tecnología	Indígenas Guaraníes	Erosión Incendios Deforestación Pérdida de fertilidad

Fuente: Proyecto Manejo Sustentable de Bosques en el Ecosistema Transfronterizo del Gran Chaco Americano 2015.

Las UPEA permiten realizar la gestión del territorio, ya que parten de concebir la producción bajo un enfoque sistémico, con sistemas productivos que pueden ser diversificados o especializados. Así las UPEA pueden ser conceptualizadas siguiendo el paradigma de la sustentabilidad, incorporando las dimensiones económica, social y ambien-

tal, como unidades que permiten a los productores generar excedentes de diferente naturaleza, asegurando su sustentabilidad.

Una vez establecidas, las UPEA permiten la identificación, rescate y sistematización de saberes locales y experiencias en MST/MSB exitosas.

Tabla 9.7.2

Criterios para el diseño y la implementación de proyectos de validación tecnológica

Líneas de acción	Criterios	Contenido mínimo
Agrícola	Innovador	
Ganadero	Económicamente viable	
Bosque	Aplicación legal	
Integrado	MSB y MST	Diseño
Artisanal	Mitigación y adaptación al CC	Implementación
Energía	Mitigación a los impactos ambientales negativos	Monitoreo
Eventos extremos	Recuperación y valoración de los saberes	
Agua	Valoración estadística (cuando corresponda)	

9.8 BUENAS PRÁCTICAS DE USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

En Gran Chaco se inició un proyecto a principios de 2014 con el objetivo de establecer y difundir prácticas de conservación y manejo de suelos agrícolas para disminuir el deterioro de los mismos que se produce por el mal manejo, los procesos erosivos, la compactación y la deforestación, lo que trae como consecuencia la pérdida de su capacidad productiva.

Entre otros objetivos, se buscó:

- Implementar un Plan de Manejo y Conservación de Suelos Agrícolas mediante prácticas apropiadas que consideren rotaciones de cultivos, fertilización y enmiendas, medidas físicas de recuperación y conservación de suelos, y otras disposiciones.
- Capacitar a los productores en buenas prácticas de manejo conservacionista de los suelos.
- Implementar el Plan de Manejo y Conservación de Suelos en las 35 fincas piloto seleccionadas en cada comunidad, contemplando el laboreo del suelo, las rotaciones, la fertilización química y orgánica, la cobertura, los abonos verdes, las prácticas físicas de conservación y otras medidas.
- Desarrollar días demostrativos de manejo conservacionista de los suelos agrícolas en las fincas pilotos.

Cabe mencionar que el deterioro de la fertilidad de los suelos es continuo debido, principalmente, a la falta de incorporación de materia orgánica, lo que facilita la desestructuración y disminución de la capacidad de retención de la humedad. Estas prácticas agronómicas están orientadas a la recuperación de la fertilidad de los suelos, a través de me-

didias agronómicas que no dañen el medio ambiente en su conjunto, como es el complejo edáfico, para una producción agrícola sostenible. Acorde con las necesidades se desarrollan las siguientes prácticas agronómicas:

a) Incorporación de abonos orgánicos a los cultivos

Mediante esta práctica se busca mejorar los aspectos físicos, químicos y biológicos de los suelos. La incorporación de los abonos orgánicos refiere a la elaboración y aplicación del compost y del estiércol de los animales.

b) Aplicación de biofertilizantes

Los biofertilizantes son abonos foliares que incrementan la masa foliar de las plantas y la actividad fotosintética. Las plantas de mayor crecimiento y vigor resisten mejor el ataque de las plagas y enfermedades y, por lo tanto, generan mayores volúmenes de producción.



Elaboración de biofertilizantes—Bocashi.

c) Medidas de control de plagas y enfermedades

En las áreas de producción de la cuenca y/o zonas tradicionales de producción, se observa una disminución de la biodiversidad y, con ello, la proliferación de plagas y enfermedades que afectan negativamente la producción. En este marco, las familias campesinas utilizaron plaguicidas químicos que han deteriorado la calidad de los suelos y creado resistencia por parte de las plagas y enfermedades, además de afectar la salud humana al no protegerse debidamente durante los tratamientos.

La aplicación de productos naturales de fácil preparación y con materiales locales, como los caldos sulfocálcicos a base de azufre y cal, pueden revertir los procesos de contaminación ambiental que actualmente existen en la microcuenca. Las formas de pre-

paración, los requerimientos de insumos y las dosificaciones se presentan en las especificaciones técnicas correspondientes.

d) Forestación

La ampliación de la frontera agrícola en áreas no adecuadas para la actividad, la indiscriminada recolección de matorrales (arbustos) destinada a la producción de leña para el consumo diario, como así también el sobrepastoreo, han contribuido a reducir la cobertura vegetal de la subcuenca. Esta situación dio lugar a procesos erosivos en los suelos, provocando que la escorrentía superficial se incremente y, con ella, el traslado de sedimentos, afectando negativamente en la cuenca baja. En ese contexto, la forestación busca complementar las acciones de protección y conservación de la cuenca, a partir de la ocupación física de sus alrededores con especies nativas y de



Elaboración de Punrines.



Instalación de viveros comunales (izq.). Microcuenca Sauces Zapallar, Pueblo Viejo – Sitio Piloto Yacuiba (der.).

protección. Para favorecer este proceso se implementaron viveros comunales que facilitan la propagación de plantines.

e) Labranza conservacionista y siembra directa (maíz)

Entre los principales beneficios de esta técnica, se mencionan:

- Reducción de los riesgos de erosión lo que permite que se pueda implementar en pendientes mucho mayores que la labranza convencional.
- Aumento de la tasa de infiltración de la lluvia, reducción de la evaporación y, en consecuencia, incremento de la retención de humedad en el suelo.
- Incremento del contenido de materia orgánica en el horizonte superficial, mejorando la estructura del suelo.
- Estimulación de la actividad biológica. La mayor actividad de la macrofauna resulta en mayor macroporosidad.
- Reducción de las temperaturas muy altas y las fluctuaciones de temperatura en la zona de la semilla.
- Reducción del tiempo y la mano de obra



Labranza conservacionista (siembra directa)

hasta un 50-60%. Esto es ventajoso en períodos críticos, especialmente cuando hay poco tiempo disponible, por ejemplo, para la siembra del cultivo. De este modo, se lo considera un sistema más flexible que otros convencionales ya que permite, bajo ciertas circunstancias, sembrar dos cultivos por año en lugar de uno.

- Frecuentemente los rendimientos son mayores bajo siembra directa, especialmente en zonas con déficit de humedad.
- Se trata de una técnica apta para suelos livianos y medianos, suelos bien drenados, suelos volcánicos y para áreas subhúmedas y húmedas.

f) Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es la alternancia regular y ordenada de cultivos de diferentes



Rotación de cultivos (papa- arveja).

especies vegetales comerciales, de consumo y abonos verdes en una parcela. La rotación más apropiada para una zona específica depende de factores tales como los cultivos, los tipos de suelos, los sistemas de manejo, el clima, las malezas, las enfermedades y las plagas. Para cada zona, es necesario identificar qué tipo de rotaciones son técnica, económica y socialmente más aceptables.

Por otra parte, existe un fenómeno llamado *cansancio de los suelos*, en el que la productividad de los suelos permanece baja a pesar de los intentos de superar todas las limitaciones. Aparentemente, la única manera de elevar la productividad de los suelos, en estos casos, es mediante la introducción de una buena rotación de cultivos.

9.9 CONCLUSIONES

La implementación del manejo y conservación de los suelos se constituye en una herramienta que permite contar con técnicas de fácil aplicación para mantener la productividad de los suelos agrícolas y lograr mayores rendimientos, manteniendo al suelo fértil por más años. Para alcanzar este objetivo

en la zona de estudio, se aplicaron técnicas de manejo acordes al ecosistema y a las condiciones topográficas de los predios, que servirán como ejemplo para todo el ecosistema transfronterizo del Gran Chaco Americano.

Las aplicaciones de abonos orgánicos y mantillo, y el empleo de prácticas agronómicas como dejar los rastrojos, apelar a los cultivos de cobertura, rotar los cultivos como las leguminosas, los cultivos de enraizamiento profundo, las leguminosas intercaladas, la inoculación de las leguminosas y la incorporación de abonos verdes, son opciones valiosas para mejorar la fertilidad química de los suelos.

Sin embargo, estas prácticas llegan a ser especialmente importantes para el manejo de los suelos arenosos de fertilidad natural pobre ya que, cuando los cultivos de cobertura están bien adaptados a la zona, producen grandes cantidades de biomasa que aportan nitrógeno y materia orgánica para el enriquecimiento de los suelos. Además, el incremento de la materia orgánica del suelo aumenta la capacidad de retención tanto de humedad como de nutrientes.

Capítulo 10:

Conclusiones

La Cuenca del Plata se caracteriza por una amplia dimensión territorial, diversidad de ambientes y paisajes, así como una fuerte dinámica hidrológica. En este marco, resulta necesario plantear un manejo sostenible e integral de los recursos naturales con el objetivo de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y preservar los ecosistemas y la biodiversidad. Por lo tanto, existe una demanda de soluciones estructurales y no estructurales de mayor envergadura que las desarrolladas hasta ahora, para asegurar un manejo sustentable especialmente del suelo y el agua. Luego de realizar un análisis integral acerca de las buenas prácticas de uso y manejo de suelos en la Cuenca del Plata, pueden establecerse las siguientes conclusiones:

- La degradación ambiental es un problema muy común en la mayoría de los países y para atenuarla se están implementando diferentes medidas de mitigación orientadas al control de los procesos erosivos y las inundaciones. Sin embargo, estas medidas todavía resultan insuficientes. Los proyectos ejecutados en torno a buenas prácticas de manejo y conservación de suelos lograron desarrollar modelos productivos a nivel experimental o piloto que lentamente están siendo replicados por los gobiernos de cada país. Por ejemplo, en las zonas montañosas y serranías de Bolivia, norte de Argentina y noreste de Paraguay, con características fisiográficas que presentan una topografía de fuerte pendiente, relieve irregular y clima semiárido. De este modo, varios proyectos vinculados con el manejo y la conservación de suelos se han enfocado en la etapa de formulación de alternativas productivas; mientras que en otros casos, se han abocado al aprovechamiento oportuno del agua para riego de pequeñas zonas agrícolas.
- Se implementaron tecnologías de uso, manejo y conservación de suelos para controlar las acciones erosivas del agua, evitando el transporte y la sedimentación de partículas. En este marco, se considera que el diseño de estrategias para este propósito debe tomar en cuenta cómo mejorar la combinación de las opciones en lugares diversos, contemplando a aquellos agricultores que tienen acceso diferencial a recursos. A pesar de que los estudios regionales proveen generalizaciones globales acerca del estado de la degradación de la tierra, es imprescindible reconocer la naturaleza

compleja y diversa de los suelos y la necesidad de desarrollar opciones de manejo que puedan emplearse en distintos niveles. Esto significa trabajar con los agricultores y sus grupos representantes con mayor efectividad, fomentando la participación de los actores en la consideración de políticas e intervenciones técnicas.

- Los variados formatos de agricultura sostenible constituyen los elementos fundamentales para la conservación de los recursos suelo y agua. Los sistemas integrados de cultivos y ganadería deberían estar dirigidos a satisfacer algunas necesidades sociales importantes, tales como la seguridad alimentaria o la preservación de la biodiversidad natural.
- Las acciones conservacionistas y las tecnologías de manejo y conservación de suelos varían de acuerdo con las condiciones fisiográficas, climáticas y ambientales de cada país. De este modo, los enfoques desarrollados en Brasil, por ejemplo, cuyas características son tropicales y sub-tropicales, pueden ser replicados por agricultores de otros países de similares características biogeográficas en la Cuenca del Plata.
- La agricultura de conservación se aplica a la producción agropecuaria con el propósito de fomentar el mejor uso posible de los recursos disponibles y obtener ganancias aceptables con niveles altos y sostenibles de producción, y conservar el ambiente. La labranza mecánica del suelo se reduce a un mínimo absoluto (como ocurre en la siembra directa), promoviendo cultivos con cobertura orgánica permanente y diversificación de las rotaciones, en el caso de especies anuales, o asociaciones de plantas, en el caso de especies perennes.
- El método de siembra directa, aplicado en Brasil y Paraguay, fue bien adoptado como

forma de uso y manejo de suelos para la producción de cultivos agrícolas, proporcionando una forma eficiente de agricultura de conservación.

- El incremento de la superficie destinada a desarrollar actividades agrícolas responde a un nuevo modelo económico que favorece el comercio. La exportación de la producción desempeña un rol primordial en los ingresos económicos de los países integrantes de la Cuenca del Plata, como Argentina y Uruguay. Así, el proceso de expansión e intensificación agrícola ha cuadruplicado la producción de granos en los últimos 15 años. Dada la creciente demanda internacional de productos agrícolas, resulta indispensable asegurar un uso y gestión responsable del suelo para habilitar la sostenibilidad productiva a largo plazo.
- Finalmente, las lógicas de cambio en la matriz del uso, manejo y conservación del recurso suelo están vinculadas con la toma de decisiones para la protección y recuperación de este recurso, buscando trascender las fronteras internacionales. Las potencialidades y limitaciones de cada país integrante de la CdP, en cuanto a las buenas prácticas de uso, son variadas. En este marco, algunos países, como por ejemplo Argentina y Uruguay, se enfocan en la expansión de la frontera agrícola de manera sostenida, por su estrecha vinculación con la demanda internacional de granos.

10.1 RECOMENDACIONES

En base a lo ya desarrollado, pueden establecerse las siguientes recomendaciones:

- La dinámica del problema de erosión debe ser monitoreada constantemente por los gobiernos de cada país, y respaldada por leyes y decretos. En caso de incumpli-

miento, deberán aplicarse las sanciones correspondientes, entendiendo que la recuperación del suelo implica procesos lentos y complejos, a veces muy difíciles de implementar, y con costos elevados.

- El deterioro del suelo en la zona cordillerana de la Cuenca del Plata (Bolivia, norte de Argentina y noreste de Paraguay) exhibe altas tasas de erosión por su topografía accidentada. El permanente avance de los procesos erosivos se refleja en suelos altamente degradados, cárcavas activas en ampliación, erosión laminar y surcos severos. En este marco, la implementación de obras o acciones aisladas o que no se basen en un conocimiento del entorno biofísico y espacial, rara vez logra un impacto significativo. Por tal motivo, se recomienda desarro-

llar un modelo de monitoreo adecuado para las características ambientales de cada zona.

- Es necesario proseguir con acciones de manejo y conservación de suelos de mayor incidencia, encaminadas a la prevención, conservación y recuperación de este recurso, y basadas en la participación y concientización de las comunidades, para resolver las limitaciones de una población que sufre las consecuencias de la degradación ambiental. Por consiguiente, las acciones deben considerar los aspectos organizacionales de las comunidades insertadas en la Cuenca, consideradas determinantes para avanzar en los procesos conservacionistas del recurso suelo y garantizar la replicabilidad de los enfoques metodológicos.

Glosario

Área restringida

Comprende a las tierras degradadas afectadas por procesos erosivos, de moderados a severos, que impiden su uso agrícola o para el pastoreo. Sucede cuando el crecimiento de la vegetación nativa se encuentra seriamente limitado; si bien pequeños sectores de estas zonas pueden ser aprovechados para la agricultura, éstos no sobrepasan el 10%.

Bioinsumos

Insumos utilizados en la nutrición y protección de plantas y animales, originados mediante procesos de síntesis, extracción o cultivo, a partir de fuentes naturales. Se caracterizan por ser biodegradables; como por ejemplo, abonos orgánicos, abonos foliares, bioplaguicidas, sustratos y otros.

Buenas prácticas agropecuarias

Prácticas aplicadas a la producción agropecuaria con el propósito de evitar o reducir daños ambientales, procurar la adecuada productividad de las actividades agropecuarias y obtener productos inocuos para las personas que los consumen. El término hace referencia a todo el proceso; desde la finca hasta la planta, incluyendo las fases de preproducción, producción, cosecha, transporte, acopio, clasificación, lavado, empaque, almacenamiento y entrega en el centro de distribución al consumidor.

Caracterización agroecológica

Descripción de las características físicas, químicas y biológicas del suelo y del medio

natural presente en una finca. Refiere a la identificación de determinados atributos; como por ejemplo, el tipo de suelo, la topografía, la profundidad, la pendiente, la textura, la estructura, las áreas inundables, el contenido de elementos químicos y materia orgánica, la acidez y la riqueza biológica, entre otras características.

Contaminación de la producción

Introducción o presencia de cualquier peligro biológico (microbiano) o químico, materia extraña u otras sustancias no añadidas intencionalmente a los alimentos, en cantidades superiores a las permitidas, según legislación nacional o normativa internacional, que puedan comprometer la inocuidad o la aptitud de los alimentos.

Degradación de suelos

Deterioro de las características químicas, físicas y biológicas del suelo, con disminución de su productividad en el tiempo, como consecuencia de procesos tales como; erosión hídrica o eólica, salinización, anegamiento, agotamiento de los elementos nutritivos para las plantas, contaminación con productos agroquímicos, deterioro de la estructura, compactación, sedimentación y otras formas de degradación.

Deslizamientos

Ocurridos principalmente en fallas geológicas ante la acción del agua de lluvia que actúa como lubricante para el movimiento en masa. Esta situación es irreversible ante la magnitud del daño.

Erosión en cárcavas

Resultado del desarrollo acelerado de procesos erosivos severos, laminares y en surcos. Se produce cuando las condiciones del medio permiten que el agua escurra en cantidad y velocidad suficiente como para arrastrar material, formando surcos profundos que se denominan cárcavas.

Erosión hídrica laminar y por surcos ligera

Los procesos erosivos laminares y en surcos afectan parte de la capa arable (horizonte A). Por sus características es casi imperceptible a simple vista. Sin embargo, la pérdida de la capa arable superficial disminuye la fertilidad de los suelos, con la consiguiente reducción de la productividad agrícola.

Erosión hídrica laminar y por surcos moderada

En este tipo de erosión hídrica se ha perdido la capa arable (horizonte A), por lo que presenta una fertilidad muy baja que obliga a realizar prácticas de descanso de la tierra por períodos largos y adiciones frecuentes de materia orgánica para posibilitar el uso agrícola.

Erosión hídrica laminar y por surcos severa

Se produce cuando existe un acelerado arrastre de suelos y se ha perdido por completo la capa arable (horizonte A), afectando parte del subsuelo (horizonte B y/o C). Son suelos pobres en los que generalmente se ha producido una pérdida total para su aprovechamiento agrícola. En la mayor parte de los casos este proceso es irreversible.

Erosión hídrica laminar y por surcos

Es la pérdida uniforme y casi imperceptible de delgadas capas de suelo por efecto del agua de escurrimiento (laminar). Por el contrario, la erosión por surcos se produce por efecto del agua de escurrimiento que adquiere volúmenes y velocidades capaces de formar surcos, debido al arrastre de material en mayor cantidad y en forma localizada.

Impacto ambiental

Efecto negativo de un proceso productivo sobre los recursos naturales y las personas.

Labranza cero

Sistema de siembra sin laboreo para la implantación de cultivos. En este tipo de labranza no se realiza movimiento de suelo. La siembra se efectúa en forma directa y solo se abre una pequeña franja donde se deposita el fertilizante y la semilla. A su vez, se reduce la cantidad de energéticos empleados y el control de la maleza antes de la siembra, mientras que, durante el desarrollo del cultivo, se emplean herbicidas.

Labranza convencional

Consiste en trabajar el suelo mediante herramientas como el arado y/o la rastra pesada hasta momentos antes de la siembra. Tiene por finalidad descomponer la materia orgánica del suelo y controlar las malezas. Hasta la aparición de los herbicidas se consideraba prácticamente la única alternativa que tenía el productor para preparar el suelo.

Labranza de conservación

Es la combinación de la labranza cero y el manejo de coberturas. Implica cubrir por lo menos el 30% de la superficie del suelo con rastrojo de paja. A su vez, refiere también a métodos que permitan romper el endurecimiento del suelo sin invertir su perfil; como sucede con la utilización del cincel, vibroculador, multirado y subsuelo. En este sistema, la cama de siembra solamente es alterada durante la siembra directa, en tanto que los residuos de cosecha no se incorporan al perfil del suelo y se dejan sobre la superficie.

Labranza mínima

Consiste en omitir el barbecho en la preparación del suelo. Se puede emplear únicamente la rastra o cinceles especializados. Los residuos vegetales son incorporados en la capa superficial del suelo con la rastra.

Labranza vertical

Utilización de arado de cinceles para producir la roturación y el aflojamiento de la capa arable sin inversión del pan de tierra.

Prácticas agroconservacionistas

Prácticas aplicadas a la producción agropecuaria que permiten aumentar la cobertura vegetal del terreno y la infiltración del agua en el perfil del suelo, evitar y reducir la contaminación, mantener y mejorar la fertilidad del suelo, impedir la escorrentía del agua sobre la superficie, y favorecer la productividad de los diversos sistemas de producción.

Tipo de uso

Actividad agrícola, pecuaria o forestal a la cual se dedica un área de terreno determinada.

Umbral de acción

Población máxima de una plaga que se puede tener en un cultivo sin que cause detrimento en su nivel productivo. Por encima de éste umbral se deben establecer medidas de control.

Unidades de producción animal

Establecimientos dedicados a la producción animal tales como; fincas ganaderas, porquerizas, lecherías, granjas avícolas, granjas de ganado menor, caballerizas y otras.

Uso agrícola

Comprende las tierras donde más del 50% de la superficie está dedicada al uso agrícola.

Uso agropecuario extensivo

Áreas desprovistas en su mayor parte de vegetación natural que presentan limitaciones para desarrollar actividades agropecuarias por las condiciones topográficas del suelo o del clima pero que, sin embargo, han sido y son actualmente utilizadas por la población en dichas actividades.

Uso agropecuario intensivo

Áreas que, por mejores condiciones relativas al suelo, la topografía y el clima, permiten el uso para cultivos anuales o perennes, y de ganadería, sin deterioro de su capacidad productiva.

Uso agropecuario

Comprende tierras donde la actividad agrícola se desarrolla simultáneamente con la actividad pecuaria, considerando ambas actividades como importantes.

Uso forestal

Abarca tierras dedicadas exclusivamente al uso forestal.

Uso pecuario

Comprende las tierras donde más del 80% de la superficie está dedicada al uso exclusivo para pastoreo.

Uso silvopastoril

Tierras destinadas al pastoreo y aprovechamiento de la vegetación nativa. Ocurre cuando los terrenos dedicados a la agricultura pueden estar presentes en forma muy dispersa, pero no exceden el 10% de la superficie total.

Zona rocosa y pedregosa

Tierras con suelos someros y pedregosos en las que más del 50% de la superficie total está cubierta por afloramientos rocosos que impiden el uso agrícola o pastoril. Se caracterizan por una vegetación nativa escasa.

Referencias

- Alfonso, C.A. y Monederos, M. (2004). *Uso, Manejo y Conservación de suelos*. Asociación Cubana de Técnicos Agrícola y Forestal. La Habana, Cuba.
- Amado, T.C. y Costa, C.N. (2004). Solos sob sistema Plantio Direto no Brasil podem atuar como importante tampão ambiental. *Jornal Direto no Cerrado* No. 37: 21–22. Associação de Plantio Direto no Cerrado, Brasília, D.F.
- Amarilla, M. Gamarra, M. (2010). Estudios de erosión, transporte y sedimentos en la Cuenca del Río Pilcomayo. *Revista Somos Pilcomayo* Nº2. Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo. Recuperado de:
http://www.pilcomayo.net/modulos/boletines/templates/files/revista_final.pdf
- Amorim, R. (2011). *Manejo del pasto. Conservación del agua y suelo. Ganadería de carne en el Cerrado*. Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil. 1 Ed. Brasília: WWF-Brasil. Embrapa Ganado de Carne.
- Ángeles, J.M. y Rendon, P. (1994). Riego eficiente y labranza de conservación en una rotación trigo-sorgo para Guanajuato, México. 15th World Congress of Soil Science. Vol 7b. Acapulco, Mexico.
- Anghinoni, I., y C. Bayer. (2004). Manejo da Fertilidade do Solo. En: C. A. Bissani; C. Gianello; M. J. Tedesco; F. A. de Oliveira Camargo. (Org.). *Fertilidade de Solo e Manejo da Adubação de Culturas*. 1 ed. Porto Alegre: Gênese.
- Boddey, R. M., Macedo, R., Tarré, R. M., Ferreira, E., De Oliveira, O. C., Rezende, C. de P., Cantarutti, R. B., Pereira, J. M., Alves, B. J. R., Urquiaga, S. (2004). Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- Broch, D.L., Pitol, C., Borges, E.P. (1997). *Integração Agricultura – Pecuária: Plantio Direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária*. Maracaju: FUNDAÇÃO MS para pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 24. (Informativo técnico, 01/97).
- Casas, R. (2002). Inundaciones en la región pampeana. *Marca Líquida Agropecuaria*. Universidad Nacional de La Plata.
- Casas, R. y Pittaluga, A. (1990). Anegamiento y salinización de los suelos en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. *Manejo de tierras anegadizas*. Fundación para la Educación, Ciencia y la Cultura (FECIC), Buenos Aires.
- Cisneros, J., Cholaky, C., Gutiérrez, A. González, J. Reynero, M., Diez, A. y Bergesio, L. (2012). *Erosión hídrica. Principios y técnicas de manejo*. Universidad Nacional de Río Cuarto (UNIRIO). Facultad de Agronomía y Veterinaria. Servicio de Conservación y Ordenamiento de Tierras (SECYOT). Córdoba, Argentina.
- Clérici, C. y García Préchac, F. (2001). Aplicaciones del modelo USLE/RUSLE para estimar pérdidas de suelo por erosión en Uruguay y la región sur de la Cuenca del Río de la Plata. *Agrociencia*. Revista Científica de la Facultad de Agronomía – UDELAR. Montevideo, Uruguay.

Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija (COBINABE) (2010). *Modelos Productivos para la Gestión Integrada de los Recursos Naturales en la Cuenca Binacional del Río Bermejo*. Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del Río Bermejo (PEA-Bermejo). 1ra. Ed. Buenos Aires, Argentina.

----- (2010^a). *Protección y Rehabilitación Ambiental en la Cuenca Binacional del Río Bermejo*. Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del Río Bermejo (PEA-Bermejo). 1ra. Ed. Buenos Aires, Argentina.

----- (2010b). *Sistema integral de información ambiental de la Cuenca Binacional del Río Bermejo*. 1ra. ed. Buenos Aires – Argentina (Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del Río Bermejo).

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (1999). Informe del III Taller de Gerentes de Organismos de Cuenca en América Latina y el Caribe (Buenos Aires, Argentina, 16 al 18 de noviembre de 1998), LC/R.1926, Santiago de Chile.

Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata (CIC) (2011). *Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático*. 2da edición. Buenos Aires Argentina. Departamento de Desarrollo Sostenible de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

Cooperación Unión Europea y Comisión Trinacional para el desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo, (2007). *Somos Pilcomayo*. Revista No 1. Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo. 1ra. Edición Tarija, Bolivia.

Cooperación Unión Europea y Comisión Trinacional para el desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo, (2008). *Somos Pilcomayo*. Revista N° 2. Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo. 2da. Edición Tarija, Bolivia.

Cubilla, A. (2014). *Manejo del suelo, fertilidad y nutrición de la soja para aumentar la capacidad productiva en la región oriental del Paraguay*. Testing Operation Manager. Monsanto, Paraguay.

De Almeida, R. y Laura, V. (2011). Integración de la agricultura, ganadería y silvicultura. *Conservación del agua y suelo. Ganadería de carne en el Cerrado*. Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil. 1 Ed. Brasília: WWF-Brasil. Embrapa Ganado de Carne.

Erenstein, O. (1999). La conservación de los residuos en los sistemas de producción de maíz en Ciudad Guzmán y San Gabriel, Jalisco. Documento del NRG 99-01. México, D.F. CYMMYT.

García Préchac, F. (1998). *Fundamentos de la Siembra Directa y su utilización en Uruguay*. Curso de actualización sobre siembra directa. Facultad de Agronomía (Udelar). Montevideo, Uruguay.

García Préchac, F., Clérico, C. y Terra, J.A. (1999). Avances con USLE-RUSLE para estimar erosión y pérdidas de productividad en Uruguay. En 14º Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Pucón, Chile.

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., (“...” Vargass, R. (eds) (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Luxembourg: Comisión Europea – Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

GEF (2005). *Propuesta de preparación de proyecto de desarrollo*. Proyecto: Manejo Sostenible de Tierras en el Ecosistema Transfronterizo del Gran Chaco Americano.

- GEF/PNUMA/OEA (2006). *Manejo sostenible de tierras en el ecosistema transfronterizo del Gran Chaco Americano. Informe final recopilación, análisis y evaluación de las políticas, el marco normativo e institucional en los sectores vinculados con el uso de recursos naturales y el manejo sostenible de tierra en la Argentina*. Informe final. Argentina
- GIASSON, E. (2000). Efecto de la labranza sobre las características físicas del suelo. *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Boletín de tierras y aguas de la FAO 8).
- GTZ (2007). *Manual de Agroforestería*. Proyecto Manejo Sostenible de Recursos Naturales. San Lorenzo, Paraguay (Amengual)
- GTZ, DED (2010). *Experiencias de la cooperación alemana en el manejo integral de cuencas y la gestión integral de recursos hídricos en Bolivia*. 1ra. Edición La Paz, Bolivia. Cooperación Técnica Alemana (GTZ) – Servicio Alemán de Cooperación Social – Técnica (DED).
- Gutiérrez, E. (2013). *Manual de manejo y conservación de suelos*. Dirección de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
- Hill, M. y Clérico, C. (2013). *Avances en políticas de manejo y conservación de suelos en Uruguay*. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Dirección de división de Suelos y Aguas. Montevideo, Uruguay.
- Instituto de Ciencias Ambientales (ICA), Secretaría de Desarrollo Institucional de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo) (2013). *¿Minería en Mendoza? Aportes para la evaluación de la actividad minera en el marco de la sustentabilidad*. 1ra. edición, Mendoza, Argentina (ICA).
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (2008). *El suelo y su conservación*. Módulos de conocimientos orientados a docentes de las escuelas secundarias y técnicas. Ed. INTA, Castelar, Argentina. Recuperado de: http://suelos.org.ar/adjuntos/manual_conservacion_panigatti.pdf
- (2011). *Tecnologías apropiadas memorias del 1er. Encuentro del MERCOSUR. Ampliado: maquinarias y herramientas para la agricultura familiar*. Ed. INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Kookana, R.S., Correll, R.I., Miller, R.B. (2005). *Pesticide impact rating index – A pesticide risk indicator for water quality*. Water Air and Soil Pollution. Focus.
- Lorenzatti, S. (2003). La rotación de cultivos: Una herramienta poco utilizada. *Revista técnica: Conociendo el suelo en siembra directa*. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID).
- Marchesi De León, E. (2000). *II curso de siembra directa*. Asociación Uruguaya Pro Siembra Directa (AUSID) Plan Agropecuario.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay (MAG) (1995). *Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región Oriental del Paraguay*. Proyecto de racionalización del uso de la tierra. Vol 1. Paraguay.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (2008). *Buenas prácticas agropecuarias*. San José, Costa Rica. Recuperado de: www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00136.pdf.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (MDSMA) (1996). *Mapa preliminar de erosión de suelos*. La Paz, Bolivia. Centro de Información para el Desarrollo (CID).
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Asociación Uruguaya Pro Siembra Directa

(AUSID), Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF); Banco Mundial (2009). *Guía de Siembra Directa*. Uruguay: AUSID-Producción Responsable.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Mesa Tecnológica de Oleaginosas (MTO), Mesa Nacional de Entidades de Cebada Cervecera, Mesa Nacional de Trigo (2013). *Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Sistemas con Agricultura de Secano en Uruguay*. Montevideo, Uruguay. Recuperado de: <http://www.mesadeoleaginosos.org.uy>.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) (2011). *Propuesta de Plan Estratégico de Cuencas Mineras (CM) en el marco del Plan Nacional de Cuencas (PNC)*. La Paz, Bolivia. Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego.

Ministerio del Agua, 2007. *Plan Nacional de Cuencas: Marco Conceptual y Estratégico*. La Paz, Bolivia (Versión 01). Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego.

Morgan, R. P. C y Rickson, R. J. (1995). *Slope Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering Approach*. Inglaterra: E & FN SPON.

Morón, A., Martino, D. y Sawchik, J. (1999). *Manejo y Fertilidad de Suelos*. Serie Técnica N° 76. Uruguay: Unidad de Difusión e Información Tecnológica del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

Moscattelli, G. y Pazos, M. (2008). *Degradación y Conservación de Suelos en Argentina*. Artículo de blog. Recuperado de: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/04/17/89384>

Oleaga, A., Pirelli, H., Rodríguez, L., Vidal, L. (2010). *Cambios en el uso de la tierra*. Capítulo 2. GEO Uruguay. Uruguay: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Oficina Regional para América Latina y el Caribe, y el Centro Latino Americano de Ecología Social (CLAES).

Orellana, F. (2015). Taller sobre Experiencias de Manejo y Uso de Suelo con relación a los Procesos de Erosión y Sedimentación, identificando las buenas prácticas de interés común en la Cuenca del Plata. Proyecto GEF: Manejo Sustentable de Bosques en el Ecosistema Transfronterizo del Gran Chaco Americano. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS) de Argentina, Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) de Bolivia y Secretaría del Ambiente (SEAM) del Paraguay.

Organización de los Estados Americanos (OEA) (1974). *Cuenca del Rio de la Plata: Estudio para su planificación y desarrollo*. República Argentina – República de Bolivia – Cuenca del rio Bermejo I – Alta Cuenca. Washington, D.C. (OEA).

----- (1977). *Cuenca del Plata: Estudios para su planificación y desarrollo*. República de Bolivia Cuenca del rio Bermejo III – Zona Boliviana. Washington, D.C.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Boletín de tierras y aguas de la FAO N° 8. Roma, Italia.

Oszust, J., Wilson, M., Gabioud, E y Sasal, M. (2014). Importancia y función de la sistematización de tierras para la conservación del suelo y la biodiversidad. Capítulo 3. *Manual de buenas prácticas para la conservación del suelo, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos*. Área piloto Aldea Santa María, Entre Ríos. 1ra Ed. Buenos Aires, Argentina: Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUD), Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SADSN), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTNPB) (2004). Proyecto: *Sistematización de las áreas bajo riego del proyecto San Jacinto*. Bolivia.

Pacheco Borroto, O. (2000). *Medidas de conservación para suelos potencialmente erosionables*. Caimaguey. Tesis en opción al título de Master Science en Fertilidad del Suelo.

Pietragalla, V. y Corso, M.L. (2011). Prácticas de manejo sustentable de tierras secas: su importancia para el desarrollo. *Evaluación de la desertificación en Argentina*. Parte III Cap. 5. Resultados del proyecto Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas (LADA), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Pochat, V. (2005). *Entidades de gestión del agua a nivel de cuencas: experiencia de Argentina*. LC/L.2375-P Santiago de Chile. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - SERIE Recursos naturales e infraestructura N° 96.

Rist, S., San Martín, J. (1993). *Agroecología y saber campesino en la conservación de suelos*. Vol. 1: Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón/AGRUCO.

Rodiney De Arruda, M. (2011). Buenas prácticas en la ganadería de carne. *Conservación del agua y suelo. Ganadería de carne en el Cerrado*. Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil. 1 Ed. Brasília: WWF-Brasil. Embrapa Ganado de Carne.

Sarto, M. (2011). Buenas prácticas en la ganadería de carne. *Conservación del agua y suelo. Ganadería de carne en el Cerrado*. Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil. 1 Ed. Brasília: WWF-Brasil. Embrapa Ganado de Carne.

Troeh, F.R., J.A. Hobbs, and R.L. Donahue. (1999). *Soil and Water Conservation: Productivity and Environmental Protection*. 3rd edition. PrenticeHall, Inc., Upper Saddle River, NJ.

Unidad Proyecto Río Salado (2000). Plan Maestro Integral Cuenca del Río Salado. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Obras y Servicios Públicos.

Unger, P.W. (1988). *Sistemas de labranza para la conservación del suelo y del agua*. Boletín de suelos de la FAO 54. Roma, Italia.

Viceministerio de Cuencas y Recursos Hídricos (VCRH) (2008). *Estrategias de Intervención para la Gestión de los Recursos Hídricos en las Cuencas Transfronterizas de Bolivia*. Versión 1. La Paz, Bolivia.

Vilela, L., Martha Junior, G.B., Barcellos, A.O. y Barioni L.G. (2004). Integração lavoura/pecuária: a sustentabilidade do Cerrado. XXV Congresso de Milho e Sorgo, 29th Aug – 9th Sept, 2004, Cuiabá-MT Brasil.

WWF-Brasil (2011). *Conservación del agua y suelo. Ganadería de carne en el Cerrado*. Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil. 1 Ed. Brasília: WWF-Brasil. Embrapa Ganado de Carne.

Zaccagnini, M. E, Wilson, M. y Oszust, J. (2014). *Manual de buenas prácticas para la conservación del suelo, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos*. Área piloto Aldea Santa María, Entre Ríos. 1ra Ed. Buenos Aires, Argentina: Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUD), Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SADSN), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Zimmer, A. y Macedo, M. (2011). Recuperación de pastos degradados. *Conservación del agua y suelo. Ganadería de carne en el Cerrado*. Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil. 1 Ed. Brasília: WWF-Brasil. Embrapa Ganado de Carne.

Normativa consultada

Ley N° 8863. Ley de Creación de los Consorcios de Conservación de Suelos. Provincia de Córdoba. Recuperado de

<http://www.ciacordoba.org.ar/jupgrade/doc/leyes/provinciales/Ley8863LeyConsorciosConservacion-Suelos.pdf>

Ley N° 8936. Ley de la Conservación y Prevención de Degradación de los Suelo. Provincia de Córdoba. Recuperado de

<http://www.secretariadeambiente.cba.gov.ar/PDF/LEGISLACIONES/Recursos%20Naturales/Suelos/LEY%208936.pdf>

Ley N° 18.564. Ley de Conservación, Uso y Manejo Adecuado de los Suelo y Aguas del Uruguay. Recuperado de

http://www.cebra.com.uy/renare/wp-content/files_mf/1341499729Ley18.564_SuelosYAguas_.pdf

Listado de figuras

Capítulo 1

Figura 1.3.1 Ubicación geográfica de la Cuenca del Plata

Capítulo 2

Figura 2.1.1 Mapa taxonómico de la República Argentina

Capítulo 3

Figura 3.1.1 Mapa de erosión de suelos en la región montañosa de Bolivia

Capítulo 4

Figura 4.6.1 Representación esquemática del proceso de degradación del suelo

Capítulo 5

Figura 5.1.1 Mapa de uso de suelos de la región oriental del Paraguay

Figura 5.2.1 Mapa de vegetación de la región occidental del Paraguay

Capítulo 6

Figura 6.1.1 Principales usos del suelo uruguayo

Figura 6.4.1 Tiempo de barbecho, con y sin laboreo

Figura 6.6.1 Evolución del área forestada y de las plantaciones por año

Capítulo 7

Figura 7.1.1 Ubicación de la cuenca del río Pilcomayo

Figura 7.1.2 Distribución política administrativa de la cuenca del río Pilcomayo

Figura 7.2.1 Mapa de distribución volumétrica de sedimentos producidos por erosión superficial (izq.)
Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la Alta Cuenca del río Pilcomayo (der.)

Figura 7.3.1 Intervenciones con Manejo Integrado de Cuencas (MIC)

Capítulo 8

Figura 8.1.1 Características de la cuenca binacional del río Bermejo

Capítulo 9

Figura 9.1.1 Área de intervención del Proyecto

Figura 9.2.1 Área del proyecto

Listado de tablas

Capítulo 2

- Tabla 2.6.1.1 Sumario de técnicas de bioingeniería para el control de la erosión en áreas críticas
- Tabla 2.6.7.1 Prácticas de manejo sustentable de tierras secas por región
- Tabla 2.6.7.2 Prácticas sostenibles de tierras en zonas áridas de la República Argentina

Capítulo 3

- Tabla 3.2.1 Plan estratégico institucional 2014–2018 (Estado Plurinacional de Bolivia)
- Tabla 3.4.1 Metodología y alcances del componente manejo y conservación de suelos
- Tabla 3.8.1 Metodología y alcances del componente control de áreas degradadas
- Tabla 3.9.1 Condiciones estructurales para su construcción según las características del dique

Capítulo 4

- Tabla 4.5.1 Recomendaciones para sucesiones de cultivos en rotaciones con labranza cero o siembra directa
- Tabla 4.9.1 Resumen de buenas prácticas de manejo y conservación de agua y suelo

Capítulo 6

- Tabla 6.4.1 Superficie sembrada por cultivo en siembra directa (2005–2006)
- Tabla 6.8.2.1 Ejemplos de algunas rotaciones agrícolas puras presentadas en la etapa piloto y su superficie relativa

Capítulo 7

- Tabla 7.4.2.1 Acciones de manejo integral de cuencas en el Proyecto Pilcomayo en 2007
- Tabla 7.4.3.1 Sistema de rotación
- Tabla 7.4.3.2 Rotación tipo para cultivos anuales

Capítulo 8

- Tabla 8.2.1 Superficies afectadas por procesos de degradación, erosión, desertificación y deforestación en la cuenca Bermejo
- Tabla 8.3.1 Ecorregiones, subregiones y número de grandes unidades
- Tabla 8.4.1.1 Proyectos ejecutados por el PEA en la Cordillera Oriental
- Tabla 8.4.2.1 Proyectos ejecutados por el PEA en la Faja Subandina
- Tabla 8.4.3.1 Proyectos ejecutados por el PEA en el Chaco Semiárido
- Tabla 8.4.4.1 Proyectos ejecutados por el PEA Chaco Subhúmedo Oriental o Chaco Central

Tabla 8.4.5.1	Proyectos ejecutados por el PEA en el Chaco Húmedo
Tabla 8.5.3.1	Acciones ejecutadas por el PEA Bermejo en relación a la degradación del suelo
Tabla 8.5.3.2	Acciones ejecutadas por el PEA Bermejo en relación a la escasez y el aprovechamiento de los recursos hídricos
Tabla 8.5.3.3	Acciones ejecutadas por el PEA Bermejo en relación a la degradación de la calidad del agua
Tabla 8.5.3.4	Acciones ejecutadas por el PEA Bermejo en relación a conflictos por inundaciones y otros desastres naturales

Capítulo 9

Tabla 9.3.1	Clasificación climática (Gran Chaco Boliviano)
Tabla 9.7.1	Características geográficas y socioambientales de los sitios piloto
Tabla 9.7.2	Criterios para el diseño y la implementación de proyectos de validación tecnológica

Crédito de fotografías

Pág. 25	Erosión en cárcavas	PEA-BERMEJO
Pág. 26	Cultivo de soja	J.L. Panigatti
Pág. 30	Faja buffer	
Pág. 30	Construcción de faja forestal sobre el río	
Pág. 31	Embalse de retención	
Pág. 32	Espigones de gavión	
Pág. 32	Colocación de atado de ramas. Prendimiento y brotación	
Pág. 33	Estabilización de laderas	
Pág. 33	Cultivos intercalados de soja y sorgo	
Pág. 38	Cultivo en curvas de nivel o en contorno	UNRC-SECYOT
Pág. 39	Cultivo en franjas a nivel	UNRC-SECYOT
Pág. 40	Disposición de terrazas y canal colector	J.L. Panigatti
Pág. 56	Terrazas de formación lenta con barreras vivas	
Pág. 58	Terrazas de formación lenta en base a curvas de nivel	
Pág. 59	Zanjas de infiltración	
Pág. 59	Terrazas de formación lenta asociadas con barreras vivas	
Pág. 60	Cárcavas severamente activas y en ampliación	
Pág. 64	Acciones constructivas del control de cárcavas	PROMIC
Pág. 64	Estructuras de control de cárcavas	PROMIC
Pág. 65	Estructuras con diques de madera	
Pág. 65	Zanjas de coronación	PROMIC
Pág. 66	Cunetas y caminos de acceso	PROMIC
Pág. 66	Cunetas controladas para el flujo de agua y alcantarillas implementadas	PROMIC
Pág. 67	Control hidráulico en cárcavas activas	
Pág. 68	Control hidráulico en cauces principales	PROMIC
Pág. 68	Características de los diques de control hidráulico en cárcavas	PROMIC
Pág. 70	Uso silvopastoril en bosque implantado	
Pág. 74	Grupo de suelos Ferrasols	WWF-Brasil
Pág. 74	Conservación de la vegetación en los cauces	WWF-Brasil
Pág. 75	Acequia de conducción de agua	WWF-Brasil
Pág. 76	Rastrojos de vegetación	
Pág. 77	Labranza cero con tracción animal y sembradora manual	
Pág. 80	Áreas con erosión laminar sin vegetación	WWF-Brasil
Pág. 81	Pastizales de alta productividad con alto rendimiento de ganado bobino	
Pág. 82	Cultivo protegido con hileras de arbustales	WWF-Brasil
Pág. 90	Subsolado en suelos de coloración rojiza	
Pág. 91	Preparación del terreno bajo el sistema de labranza convencional	
Pág. 101	Cultivo de trigo con franjas de protección	

Pág. 102	Suelo en barbecho con control químico de malezas	
Pág. 104	Cultivo de soja sobre rastrojo de maíz	AUSID/PPR
Pág. 104	Rotación de cultivos en un mismo predio	AUSID/PPR
Pág. 104	Cultivo de maíz sobre rastrojo invernal	AUSID/PPR
Pág. 105	Pasturas en siembra directa	AUSID/PPR
Pág. 107	Maquinarias agrícolas	AUSID/PPR
Pág. 108	Ríos vinculados a las actividades agrícolas	
Pág. 108	Plantaciones de eucalipto	INIA
Pág. 110	Características topográficas de las tierras de producción agrícola en Uruguay	MGAP
Pág. 120	Características del río San Juan del Oro	
Pág. 124	Estanque de geo-membrana para el almacenamiento de agua	
Pág. 124	Parcela de vid con riego por goteo	
Pág. 128	Siembra a contorno en pendiente inclinada	
Pág. 128	Aplicación de materia orgánica al suelo	
Pág. 131	Bañados “La Estrella”	
Pág. 139	Manejo caprino sobre pasturas	
Pág. 139	Cerramientos para módulo silvopastoril	
Pág. 140	Mejora en sistema de riego	
Pág. 149	Presa de enrocado	
Pág. 150	Muro de gaviones	
Pág. 150	Dique de gaviones	
Pág. 151	Defensa marginal de gaviones	
Pág. 151	Defensas marginales sobre el río Colanzulí	
Pág. 152	Construcción del punto fijo sobre el río Colanzulí	
Pág. 169	Elaboración de biofertilizantes	
Pág. 170	Elaboración de punrines	
Pág. 170	Instalación de viveros comunales	
Pág. 171	Labranza conservacionista (siembra directa)	
Pág. 171	Rotación de cultivos (papa- arveja)	

Listado de siglas y acrónimos

AAPRESID	Asociación Argentina de Productores de Siembra Directa
ADT	Análisis Diagnóstico Transfronterizo
AUSID	Asociación Uruguaya Pro Siembra Directa
BHI	Balance Hídrico Integrado
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CC	Cambio Climático
CDP	Cuenca del Plata
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIC	Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNRH	<i>Conselho Nacional de Recursos Hídricos</i> / Consejo Nacional de Recursos Hídricos de Brasil
COBINABE	Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija (Argentina-Bolivia)
CONICET	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina
CPRM	<i>Serviço Geológico do Brasil</i> / Servicio Geológico de Brasil
CTM	Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (Argentina-Uruguay)
DAT	Diagnóstico Ambiental Transfronterizo
DDS	Departamento de Desarrollo Sostenible
DIEA	Dirección de Estadísticas Agropecuarias
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EMBRAPA	<i>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária</i> / Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
F A gro Udelar	Facultad de Agronomía de la Universidad de la República del Uruguay
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> / Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GCM	<i>General Circulation Model</i> / Modelo General de Circulación
GEF	<i>Global Environment Facility</i> / Fondo para el Medio Ambiente Mundial – FMAM (se cita en el documento por su sigla en español)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIRH	Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
IB	Itaipú Binacional (Brasil-Paraguay)

IBAMA	<i>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis /</i> Instituto Brasileño de Medio Ambiente y Recursos Naturales Renovables
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística /</i> Instituto Brasileño de Geografía y Estadística
INA	Instituto Nacional del Agua de Argentina
INDEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos de Argentina
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change /</i> Panel Intergubernamental de Cambio Climático
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de la República Oriental del Uruguay
MIC	Manejo Integrado de Cuencas
MSB	Manejo Sustentable de Bosques
MST	Manejo Sustentable de Tierras
MUSLE	Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo
OEA	Organización de los Estados Americanos
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PADE	Plan de Acción Durante Emergencias
PAE	Programa de Acciones Estratégicas
PBI	Producto Bruto Interno
PEA	Programa Estratégico de Acción para la Cuenca del Río Bermejo
PLUS	Plan de Uso del Suelo
PM	Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático
PMAE	Programa Marco de Acciones Estratégicas para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POT	Plan de Ocupación Territorial
SCM	Sistemas Convectivos de Mesoescala
SEAM	Secretaría del Ambiente de Paraguay
SEGEMAR	Servicio Geológico Minero Argentino
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia
SERGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería de Bolivia
SG/OEA	Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos
SHN	Servicio de Hidrografía Naval de Argentina
SMN	Servicio Meteorológico Nacional de Argentina
SMP	Selva Misionera Paranaense
SPA	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de Argentina
SSD	Sistema de Siembra Directa
SSRH	Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina

TCP	Tratado de la Cuenca del Plata
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i> / Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA (se cita en el texto por su sigla en español)
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UPEA	Unidades Productivas Económica y Ambientalmente Sustentables
USLE	Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

Referencias Institucionales

Representantes de los países en el Consejo Director del Programa Marco

Representante Político	Representante Técnico	Segundo Representante Técnico
Argentina		
Titulares		
Embajador Natalio Marcelo Jamer (2016)	Pablo Bereciartua (2016)	Osvaldo Fernandez (2016)
Embajadora Mónica Rosa Troadello (2011-2015)	Edgardo Bortolozzi (2012-2015)	Roberto Adaro (2015, 2013 y 2012)
	Fabián López (2011)	Julio Nasser (2014)
		Miguel Gomez (2011)
Alternos		
Ministro Eugenio Garcia Santos (2012-2016)	Marcelo Gaviño Novillo (2016)	Miguel Gomez (2014)
	Andrés Rodríguez (2011-2015)	
Bolivia		
Titulares		
Embajador Juan Carlos Alurralde (2013-2016)	Carlos Ortuño (2014-2016)	Oscar Cespedes Montaña (2014-2016)
Embajador Pablo Guzman Lougier (2011-2013)	Luis Marka Saravia (2012-2013)	
Alternos		
Juan Carlos Segurola Tapia (2014-2016)	Oscar Céspedes (2014-2016)	
Mayra Montero Castillo (2011-2016)		
Clarems Endara Vera (2011)		
Brasil		
Titulares		
Embajadora Eugenia Barthelmess (2015-2016)	Julio Thadeu Silva Kettelhut (2011-2016)	
Embajador João Luiz Pereira Pinto (2011-2013)		

Representante Político	Representante Técnico	Segundo Representante Técnico
------------------------	-----------------------	-------------------------------

Brasil		
---------------	--	--

Alternos		
-----------------	--	--

Ministra Consejera Gisela Padovan (2013-2016)		
Primer Secretario Rodrigo de Macedo Pinto (2016)		
Segundo Secretario Joaquim Araújo (2016)		
Secretario Filipe Lopes (2014-2015)		
Secretario Felipe Antunes (2014-2015)		
Ministro Philip Fox-Drummond Gough (2013)		
Segunda Secretaria Patricia Soares (2011)		

Paraguay		
-----------------	--	--

Titulares		
------------------	--	--

Embajador Didier Olmedo (2014-2016)	David Fariña (2014-2016)	
Embajador Luis Fernando Avalos (2012-2014)	Sofía Vera (2013-2014)	
Embajador Gabriel Enciso Lopez (2011)	Daniel González (2013)	
	Silvia Spinzi (2012)	
	Daniel Garcia (2011-2012)	

Alternos		
-----------------	--	--

Primer Secretario Blas Felip (2013-2016)		Rafael Gonzalez (2011)
Ministro Miguel Lopez Arzamendia (2012)		
Consejero Alfredo Nuñez (2011-2012)		
Primera Secretaria Elia Abigail Vergara (2011-2013)		

Uruguay		
----------------	--	--

Titulares		
------------------	--	--

Martín Vidal (2016)	Daniel Greif (2015-2016)	Alejandro Nario (2015-2016)
Ministro Juan Remedi (2011-2015)	Daniel Gonzalez (2012-2013)	Jorge Rucks (2011-2015)
	José Luis Genta (2011)	

Alternos		
-----------------	--	--

Javier Vidal (2016)	Silvana Alcoz (2015-2016)	
------------------------	------------------------------	--

Unidades Nacionales del Programa Marco

Coordinadores Nacionales

Argentina	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
Titulares				
Miguel A. Giraut (2011-2016)	Mayra Montero Castillo (2011-2016)	Julio Thadeu Silva Kettelhut (2011-2016)	David Fariña (2014-2016) Sofia Vera (2013-2014) Daniel Gonzalez (2013) Silvia Spinzi (2012) Daniel Garcia (2011-2012)	Silvana Alcoz (2011-2016)

Asistentes de Coordinadores Nacionales

Argentina	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
Susana Minatti (2011-2016)		Aureliano Cesar (2011-2016)	Julieta Gauto (2011-2016)	Ana Laura Martino (2011-2016)

Unidades Nacionales del Programa Marco

Grupos Temáticos del Programa Marco

Argentina*	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
Marco Legal e Institucional				
Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto (Mónica Troadello, Natalio Marcelo Jamer)	Ministerio de Relaciones Exteriores (Juan Carlos Alurralde, Pablo Guzmán Lougier, Mayra Montero Castillo)	Ministerio de Relaciones Exteriores (Eugenia Barthelmess, Joa Luíz Pereira Pinto); Ministerio do Medio Ambiente/ Secretaría de Recursos Hídricos y Ambiente Urbano (Julio Thadeu Silva Kettelhut)	Ministerio de Relaciones Exteriores (Didier Olmedo, Luis Fernando Avalos, Blas Felip)	Ministerio de Relaciones Exteriores (Juan Antonio Remedi)
Sistema Soporte para la Toma de Decisiones				
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Federico Scuka, Carla Lupano)	Ministerio de Medio Ambiente y Agua (Lizet Sullcata)	Agencia Nacional de Aguas (Sergio Barbosa)	Secretaría del Ambiente (Julián Cáceres); Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (Federico Ferreira, Nestor Cabral)	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Virginia Fernández); Instituto Uruguayo Meteorología (INUMET) (Víctor Marabotto); Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (CTM-SG) (Ignacio Corrales)
Participación Pública, Comunicación y Educación				
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Silvia Freiler, Daniela García)	Ministerio de Relaciones Exteriores (María del Sagrario Urgel Aguilar, Consuelo Ponce) Ministerio de Educación	Ministerio de Medio Ambiente/ Secretaría de Recursos Hídricos y Ambiente Urbano (Franklin de Paula Júnior)	Universidad Nacional de Pilar (Ernila Vera); Secretaría de la Información y Comunicación (César Palacios); Secretaría del Ambiente (Maria Coronel)	MVOTMA (Luján Jara); Ana Laura Martino; Ministerio de Educación y Cultura (Laura Barcia); Secretaría Comunicación Presidencia (Carolina Echavarría)
Balance Hídrico Integrado				
Instituto Nacional del Agua/Centro Regional Litoral (Carlos Paoli)	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Luis Noriega)	Instituto de Investigaciones Hidráulicas (André Silveira, Walter Collischonn)	Secretaría del Ambiente (Andrés Wehrle); Universidad Nacional de Asunción (Juan Pablo Nogués); Itaipú Binacional (Pedro Domaniczky)	Universidad de la República (UDELAR) (Luis Silveira, Christian Chreties, Magdalena Crisci, Jimena Alonso); UDELAR-Regional Norte (Pablo Gamazo); CTM-SG (Nicolás Failache); MVOTMA (Rodolfo Chao)

*Consejo Hídrico Federal Argentina (2011– 2016).

Dirección de Hidráulica de Entre Ríos (Oscar Duarte). Instituto Correntino del Agua y del Ambiente (Mario Rujana).

Grupos Temáticos del Programa Marco

Argentina	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
Cantidad y Calidad de Agua				
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Marina Jakomin)	Ministerio de Medio Ambiente y Agua (Geovana Rocabado)	Agencia Nacional de Aguas (Maurrem Ramon Vieira)	Universidad Nacional de Asunción (Inocencia Peralta); Secretaria del Ambiente (Sofía Vera, Aida Olavarrieta)	MVOTMA (Luis Reolón)
Aguas Subterráneas				
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Jorge Santa Cruz, Lida Borello)	Servicio Geológico Minero (Jorge Bellot)	Departamento de Aguas y Energía Eléctrica (Gerôncio Rocha); Servicio Geológico de Brasil (João Alberto Diniz, Fernando Feitosa, Roberto Kircheim)	Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (Andrés Wehrle); Secretaria del Ambiente (Daniel García Segredo)	MVOTMA (Lourdes Batista, Ximena Lacués); CEREGAS (Alberto Manganelli) Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) (Enrique Massa, Javier Techera); Obras Sanitarias del Estado (OSE) (Pablo Decoud, Andrés Pérez)
Ecosistemas Acuáticos y Asociados				
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Sara Sverlij); Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Laura Pertusi)	Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas (Sharbel Gutierrez)	Universidad Estadual Paulista (Marcos Nogueira, Danilo Naliato)	Secretaría del Ambiente (Mirta Medina, Nora Neris, Reinilda Duré)	MVOTMA (Guillermo Scarlato); Ana Laura Martino; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (Alfredo Pereira); UDELAR (Alejandro Brazeiro)
Degradación de la Tierra				
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (José Cuevas; Pablo Viegas Aurelio)	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierra	Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Celso Vainer Manzatto)	Secretaría del Ambiente (David Fariña, José Silvero)	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca MGAP (Carlos Clerici); Facultad de Agronomía de la Universidad de la República - UDELAR (Mario Pérez Bidegain, Fernando García Prechac)
Oportunidades para el Desarrollo				
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Martín Reymúndez)	Ministerio de Relaciones Exteriores	Ministerio de Transportes (Luiz Eduardo García)	Secretaría Nacional de Turismo (Antonio Van Humbeeck)	Ministerio de Turismo (Marcelo Canteiro)

Unidades Nacionales del Programa Marco

Grupos Temáticos del Programa Marco (continuación)

Argentina	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
PPD Biodiversidad				
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Laura Pertusi); Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Sara Sverlij)	Ministerio de Medio Ambiente y Agua	Universidad Estadual Paulista (Marcos Nogueira); Itaipú Binacional (Carla Canzi)	Secretaría del Ambiente (Darío Mandelburger)	
PPD Confluencia				
Administración Provincial del Agua del Chaco (Patricia Parini)		Itaipú Binacional (Jair Kotz, Carla Canzi)	Entidad Binacional Yacyretá (Lucas Chamorro)	
PPD Cuareim				
		Comité de las Aguas Estadales de la cuenca del río Quaraí (Ivo Lima Wagner); Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Sul; Departamento de Recursos Hídricos (Fernando Meirelles)		Referente Local (Laura Marcelino); Comisión Cuenca Río Cuareim; MVOTMA (Silvana Alcoz); Ana Laura Martino
PPD Pilcomayo				
Unidad Provincial Coordinadora del Agua de Formosa (Horacio Zambón); Secretaría de Recursos Hídricos de Salta (Alfredo Fuertes)	Ministerio de Relaciones Exteriores (Juan Carlos Seguro, Mayra Montero Castillo); Ministerio de Medio Ambiente y Agua (Oscar Cespedes)		Secretaría del Ambiente (Rosa Morel, Daniel García)	
Escenarios Hidroclimáticos				
Instituto Nacional del Agua (Dora Goniadzki)	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Gualberto Carrasco)	Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (Gilvan Sampaio de Oliveira)	Dirección de Meteorología e Hidrología (Julián Baez); Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción (Benjamín Grassi)	UDELAR (Rafael Terra, Gabriel Cazes, Marcelo Barrierro); INUMET (Mario Bidegain)

Grupos Temáticos del Programa Marco

Argentina	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
Monitoreo y Alerta				
Instituto Nacional del Agua (Juan Borús)	Servicio Nacional de Hidrografía Naval (Luis Miguel Carrasco)	Agencia Nacional de Aguas (Valdemar S. Guimarães, Augusto Bragança)	Entidad Binacional Yacyretá (Lucas Chamorro); Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (Cristián Escobar)	UDELAR (Luis Silveira, Jimena Alonso); MVOTMA (Luis Reolón, Gabriel Yorda, Javier Martínez, Juan Carlos Giacri, Adriana Piperno) CECOED Artigas (Juan José Eguillor)
Radars				
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Juan Carlos Bertoni, Carlos Lacunza)	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Gualberto Carrasco)	Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (Carlos Frederico de Angelis)	Dirección de Meteorología e Hidrología (Julián Baez)	UDELAR (Gabriel Cazes); INUMET (Daniel Bonora, Néstor Santayana); CTM-SG (Juan Badagian)
Modelos de Grandes Cuencas				
Instituto Nacional del Agua (Juan Borús)	Servicio Nacional de Hidrografía Naval (Luis Miguel Carrasco)	Instituto de Investigaciones Hidráulicas (Walter Collischonn)	Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (Cristián Escobar, Pedro Takahashi)	UDELAR (Christian Chreties)



**FONDO PARA EL MEDIO
AMBIENTE MUNDIAL – FMAM**
GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY – GEF

El FMAM promueve la cooperación internacional y fomenta medidas encaminadas a proteger el medio ambiente de nuestro planeta. Desde su creación, se ha convertido en un agente catalizador y fuente de financiamiento para considerar en forma integrada problemas ambientales mundiales en el proceso de desarrollo, lo que resulta decisivo para conseguir un equilibrio sostenible entre el hombre y la naturaleza. Aportó los fondos no reembolsables con los que se financió el Programa Marco.



**PROGRAMA DE NACIONES
UNIDAS PARA EL MEDIO
AMBIENTE**
UNITED NATIONS ENVIRONMENT
PROGRAMME – UN ENVIRONMENT

El Programa dirige y alienta la participación en el cuidado del medio ambiente, inspirando, informando y dando a las naciones y a los pueblos los medios para mejorar su capacidad de vida sin poner en peligro a las futuras generaciones. En la estructura organizativa del Programa Marco ha sido la agencia de implementación del GEF, habiendo sido su objetivo asegurar que el mismo se ejecutara para el beneficio del medio ambiente global. Miembro del Consejo Director del Proyecto.



**ORGANIZACIÓN DE LOS
ESTADOS AMERICANOS – OEA**
ORGANIZATION OF
AMERICAN STATES – OAS

La OEA ha mantenido una histórica relación de cooperación técnica con la Cuenca del Plata y con el CIC en temas relativos al desarrollo sostenible, a los recursos naturales y a la gestión de los recursos hídricos. Para la preparación del Programa Marco de la Cuenca del Plata fue la organización regional seleccionada, tanto por el PNUMA como por el CIC, como agencia ejecutora, responsable técnica y administrativa de los fondos FMAM. Miembro del Consejo Director del Proyecto.

Programa Marco

FMAM – GEF

Christian Severin
Especialista Principal en Medio Ambiente

UN ENVIRONMENT

Isabelle Van Der Beck
Gerente de Programa

OEA – OAS

Cletus Springer
Director del Departamento
de Desarrollo Sostenible (DDS)

Maximiliano Campos
Jefe Sección II, Gestión Integrada
de Recursos Hídricos

Enrique Bello
Jefe Unidad Técnica Administrativa
SG/OEA Argentina

DIRECTOR DE PROYECTO

Miguel Ángel López Arzamendia (2010–2011)
José Luis Genta (2011–2015)
Alejandro Peyrou (2015–2016)

COORDINADORA TÉCNICA INTERNACIONAL

Silvia Rafaelli (2011–2016)

COORDINADORA TÉCNICA ADJUNTA

Elena Benitez Alonso (2011–2013)
Ana Maria Castillo Clerici (2013–2016)

ASISTENTES TÉCNICOS

Ignacio Masson (2011–2014)
Julia Lacal Bereslawski (2011–2016)
Eduardo Roude (2011–2016)
Valeria Rodríguez Brondo (2011–2014)
Fabián Riveros (2011–2012)
Romina Morbelli (2013–2016)
Marta Ayala (2014–2016)
Martín Ribeiros (2014)
Roberto Montes (2015)

SECRETARIAS

Aliene Zardo Ferreira (2011)
Danielle Carvalho (2011–2012)
Lourdes Martins (2012–2015)
María Paula Giorgieri (2015–2016)

Publicaciones del Programa Marco

Documentos principales

Versiones en español, portugués e inglés



**Análisis Diagnóstico
Transfronterizo
de la Cuenca del Plata
ADT**



**Programa de Acciones
Estratégicas
de la Cuenca del Plata
PAE**



**Análisis Diagnóstico Transfronterizo
(ADT) y Programa de Acciones
Estratégicas (PAE)**
Síntesis ejecutiva



**Programa Marco
de la Cuenca del Plata**
Proceso de ejecución
y principales resultados

Documentos temáticos



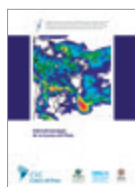
**Sistema soporte para la toma de
decisiones de la Cuenca del Plata**



**Marco institucional y legal
para la gestión integrada de
los recursos hídricos en
la Cuenca del Plata**



**Participación pública,
comunicación y educación**
Proyectos del Fondo de
Participación Pública
Réplica del Programa
Cultivando Agua Buena



**Hidroclimatología
de la Cuenca del Plata**



**Balance hídrico en la Cuenca
del Plata**
Disponibilidad y usos,
considerando escenarios futuros
Modelos de gestión



**Calidad del agua
en la Cuenca del Plata**



**Aguas subterráneas
en la Cuenca del Plata**



**Ecosistemas acuáticos
en la Cuenca del Plata**



**Inventario de Regiones
de Humedales de
la Cuenca del Plata**



**Degradación de tierras
en la Cuenca del Plata**



**Selva Misionera
Paranaense**



**Hidroelectricidad
y navegación en
la Cuenca del Plata**



**Tecnologías limpias
y ecoturismo
en la Cuenca del Plata**



**Buenas prácticas
en el uso del suelo
en la Cuenca del Plata**



**Boas práticas
para o cultivo do arroz
na Bacia do Prata**



**Proyecto Piloto Demostrativo
Conservación de la biodiversidad
íctica en una zona regulada
del río Paraná**



**Proyecto Piloto Demostrativo
Resolución de conflictos por
el uso del agua en la cuenca
del río Cuareim/Quaraí**



**Proyecto Piloto Demostrativo
Sistema de alerta hidroambiental
en la confluencia de los ríos
Paraguay y Paraná**



**Proyecto Piloto Demostrativo
Control de contaminación
y erosión en el río Pilcomayo**



Programa Marco para la gestión sostenible de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático

Programa Marco para gestão sustentável dos recursos hídricos da Bacia do Prata, considerando os efeitos decorrentes da variabilidade e mudanças do clima



CIC
Cuenca del Plata



FONDO PARA EL MEDIO
AMBIENTE MUNDIAL



Programa de las Naciones
Unidas para el Medio Ambiente



Organización de los
Estados Americanos
Mas derechos para más gente