

CAPITULO 7

Evaluación e Impacto a Recursos Hídricos

7.1 Introducción

El agua es fuente de vida para el ser humano y su producción agrícola en el medio rural. Agua para el consumo humano y para la agricultura es disponible a los diferentes actores mediante lluvias, fuentes superficiales, y/o fuentes subterráneas. La cantidad de agua disponible para cada actor es un factor importante que debe ser determinado para entender el posible impacto sobre los recursos naturales. De igual manera la identificación de cómo cada actor utiliza el agua es fundamental para determinar si el uso de estos recursos es o no sustentable. En este capítulo se evalúa y analiza el impacto a recursos hídricos por actor productivo y en específico discutimos los siguientes aspectos:

- a) Cantidad de agua disponible
 - Precipitación
 - Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.)
 - Fuentes de agua subterráneas
- b) Forma de uso de agua
 - Manejo agrícola,
 - Riego agrícola
 - Almacenamiento de agua
 - Consumo humano y/o animal
- c) Sostenibilidad actual del uso del recurso Agua
 - Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas)
 - Impacto superficiales (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.)
 - Impacto subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.).
 - Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.)

La evaluación se pretende identificar las prácticas en términos de uso de agua y hacer recomendaciones para poder llegar a un uso racional y sustentable del recurso agua. Se demostrará mediante ejemplos positivos entre los actores el buen manejo del recurso agua para la agricultura y producción ganadera. Asimismo se presentan tópicos relacionados al cambio climático, las servidumbres ecológicas, y a la protección de cuencas para resguardar nuestros recursos hídricos.

a) Cantidad de Agua Disponible

- La cantidad de agua disponible se define en términos de la contribución de las lluvias, las fuentes superficiales y las probables fuentes subterráneas. En la Figura 7.1 se muestra un mapa de hidrografía (ríos y lagunas) sobrepuesta con los actores que tienen acceso a estas fuentes superficiales de agua. La cantidad de agua disponible mediante la precipitación se demuestra en la Figura 7.2. En esta figura podemos observar la distribución de los diferentes actores productivos sobrepuestos sobre un mapa de precipitación anual elaborado para Bolivia. En similar forma se muestra el potencial de agua subterránea para la llanura aluvial del oriente boliviano entre el pie de monte sub-andino y el escudo brasilero en la Figura 7.3 que fue derivada en base a información de niveles estáticos de agua sobre la base de numerosos pozos de agua distribuidos en el oriente Boliviano.

b) Forma de uso de agua

- Cada actor productivo en el medio rural utiliza el agua disponible de una u otra forma para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, la forma de uso del agua puede ser o no ser la forma más eficiente o sustentable y por eso es importante identificar como se usa el agua. La forma de uso de agua depende del manejo agrícola, el uso de diferentes sistemas de riego, y el almacenamiento del agua para consumo humano y/o animal. En el manejo agrícola, el uso de agua depende del tipo de cultivo, las técnicas de cultivar (arado convencional, cero labraza, etc.), y si hay o no rotación o cambios de cultivos durante el año. Ciertos cultivos requieren de mayor abundancia y distribuciones de agua a lo largo del año. Por ejemplo, el cultivo de arroz bajo riego por inundación requiere el manejo de abundante agua, mientras que cultivos como soya, maíz, trigo, etc. requieren menor cantidad de agua y en tiempos críticos para rendir bien. De igual forma, el tipo de manejo agrícola influye en la conservación del agua mediante la captación de agua y su almacenamiento en el suelo (manejo de la humedad del suelo). Técnicas de manejo como los sistemas de cultivo directo (cero labranzas) pueden ayudar a mantener la humedad del suelo mediante la cobertura o presencia de residuos superficiales.
- El riego también es importante ya que la forma de riego puede o no ser sustentable, como desvíos a ríos principales para riego (Figura 7.4). Hay una variedad de sistemas de riego y algunos pueden ser aptos para ciertos lugares y otros no. De igual manera, la forma como se almacena el agua, tanto para riego, como para consumo humano o animal es importante. Todos estos criterios y formas de uso de agua tienen que ser identificados para luego evaluar la sustentabilidad de la forma de uso del agua. La sustentabilidad del recurso agua tiene que ser evaluada para poder establecer políticas de uso a largo plazo.

c) Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- El cambio de uso de la tierra cubierta de bosque natural a agrícola tiene efectos dramáticos en las propiedades físicas del suelo que afectan al ciclo de agua. Los cambios en las propiedades del suelo incluyen cambios como sellamiento superficial, compactación, degradación de la estructura del suelo, y de temperatura los cuales son causados por la exposición directa al sol, la exposición al impacto directo de la lluvia, y el manejo agrícola. Estos cambios físicos en los suelos (sin considerar los cambios químicos) cambian el régimen de infiltración y el escurrimiento superficial lo que puede causar problemas de inundaciones, estancamiento de agua, y/o erosión hídrica. A su vez, estos cambios repercuten en todo el ciclo hidrológico de agua y con efectos como la recarga de acuíferos y la evapotranspiración, lo que puede implicar cambios en el micro-clima.
- Estudios realizados en Santa Cruz demuestran que la capacidad de infiltración del suelo disminuye drásticamente al desarrollar agricultura convencional en regiones donde originalmente había bosques naturales. Un ejemplo muestra que debajo del bosque natural la infiltración del agua en el suelo era de 30,50 cm/hora pero después del cambio de uso a la agricultura convencional la infiltración disminuye a 3,60 cm/hora después de 2 años y luego de 6 años disminuye a 0,93 cm/hora (Barber, R.G. et al., 1995 y varios otros estudios realizados en el CIAT). Estos cambios se atribuyen al mal manejo del suelo por una agricultura que no es sustentable al largo plazo. Sin embargo, un buen manejo del suelo y agua resulta en agricultura sustentable a largo plazo.
- Otro factor de importancia para poder determinar el impacto ambiental es el potencial erosivo del suelo por agua y por viento. Ciertas regiones del país son más susceptibles a la erosión hídrica que otras por la combinación de factores de erosividad de lluvias, topografía, tipo de cobertura vegetativa, y suelos. El potencial de erosión hídrica y eólica son aspectos importantes que hay que tomar en cuenta para determinar el posible impacto en el medio ambiente (sedimentación de ríos, etc.) y en la producción agrícola (pérdida de suelos fértiles, etc.).
- El acatamiento de las normas para la protección de los recursos hídricos mediante servidumbres ecológicas es otro tema de gran importancia. Las servidumbres ecológicas para la protección de los recursos hídricos se pueden dividir en dos grandes categorías: (1) servidumbres ecológicas de servicio local como ser los bosques ribereños, los rompevientos, etc. y (2) servidumbres ecológicas que

providencian un servicio ecológico a gran escala como ser áreas de recarga en cabeceras de cuencas, humedales, reservas ecológicas de gran tamaño que ayudan a minimizar los cambios climáticos, bosques de alto valor que protegen fuentes de agua importantes, etc. Las servidumbres ecológicas en ambas categorías (regionales y locales) ayudan a prevenir (en cierto grado) desastres naturales de consecuencia grave a la vida humana como por ejemplo las inundaciones. Estas servidumbres también ayudan a mantener una producción agrícola sustentable y están ligadas a la prevención de erosión hídrica y eólica. Hay varios ejemplos donde es probable que la falta de respeto por las servidumbres ecológicas haya causado inundaciones afectando la producción agrícola y otros problemas ecológicos. Aunque fenómenos naturales de gran envergadura son difíciles de prevenir, el respeto a las servidumbres ayuda a minimizar los posibles daños como ser los riesgos de inundación (Figura 7.5).

- Las inundaciones a su vez, traen cambios en el uso de suelo, como por ejemplo, las que fueron protagonizadas por grandes inundaciones del Río Grande. En la Figura 7.6 se muestra dos imágenes (1990 y 2000) de la misma región del río Grande (parte norte) donde las áreas de colonización fueron revertidas a un humedal por el cambio en el curso del lecho del río. En este caso la colonización no era sustentable a largo plazo y obviamente tuvo un efecto negativo en la vida de los colonos que vieron perder su inversión de tiempo y trabajo en estas tierras. Por estas razones es importante acatar a planos de uso de suelo (que deben ser hechos en base a estudios comprensivos) y también respetar servidumbres ecológicas que podrían ayudar a minimizar estos problemas.
- La contaminación superficial o subterránea del agua es otro aspecto que puede influir negativamente en la producción agrícola (o piscícola) como también en el consumo humano de agua. La identificación de posibles causas de contaminación y la identificación de prácticas de uso de agua que minimizan la contaminación son aspectos importantes para orientar al uso racional y sustentable del agua.
- El agua es uno de los recursos naturales más valiosos para la sobrevivencia del ser humano y sistemas productivos. Por este motivo es importante identificar cuanto se usa y como se usa el agua y concienciar a los actores y público en general sobre el uso adecuado y sostenible de este recurso. El recurso agua es la base de la economía agropecuaria de los diferentes actores productivos del oriente. El uso inteligente de este recurso puede significar una rentabilidad económica de grandes proporciones para el individuo y el país si se la utiliza en forma sostenible.

7.2 Propiedades relacionadas al agua por actor

- En esta sección se presenta un análisis de las propiedades físicas de la tierra donde están establecidos los actores: pendientes topográficas, precipitación anual, cantidades de ríos, erosión hídrica y otras, las cuales son importantes para determinar el impacto que cada actor puede tener al medio ambiente y en el aprovechamiento de los recursos hídricos.

Pendientes medias

- El grado de pendiente de la tierra donde están establecidos los actores indica el posible impacto que puede tener en el medio ambiente (Cuadro 7.1). Por ejemplo, en tierras donde hay menos pendiente, o sea tierras planas, hay más probabilidad que haya problemas de erosión eólica pero al mismo tiempo hay menos susceptibilidad a la erosión hídrica. Por este motivo las pendientes están relacionadas con la protección que brindan las servidumbres ecológicas.
- La precipitación es la fuente de agua principal para los cultivos en Bolivia. Una buena distribución de la precipitación durante el año es importante para obtener una buena producción. En el Cuadro 7.2 se muestran precipitaciones medias para todos los actores. En general, los agricultores Menonitas están establecidos en tierras con poca precipitación (obviamente no todas las colonias) y esto tiene un impacto en la productividad y competitividad de los productos agrícolas y pecuarios que producen.

- En el Cuadro 7.3 se muestra la distribución de agua superficial por kilómetros de orilla por actores. Esta información demuestra el acceso al agua superficial por cada uno de ellos. Es interesante observar que en términos de densidad de metros de ríos por hectárea, los agricultores yungueños y alto-andinos son los que tienen más acceso a ríos y quebradas. Los agricultores indígenas también tienen un valor alto de densidad porque se asientan en las orillas de los ríos y utilizan los recursos hídricos superficiales para la pesca, caza, y consumo de agua.
- En la Figura 7.7 y en el Cuadro 7.4 se muestran un mapa y un gráfico que compara el potencial de erosión hídrica relativo para cada actor. El potencial de erosión hídrica se calcula utilizando el modelo de erosión RUSLE (Renard et al., 1997) que a su vez utiliza los factores en base a la topografía, a la erodibilidad del suelo y a la erosividad de la lluvia. En esta comparación nos se toma en cuenta la cobertura vegetal, ya que esta varía mucho entre los actores y es dependiente de la deforestación (tema que se trata en otro capítulo) y los cultivos en producción. Sin embargo, se puede ver claramente (Cuadro 7.4) que los actores que están establecidos en tierras con mayor potencial de erosión hídrica son los agricultores Yungueños en primer lugar seguidos por las áreas restringidas (parques, reservas, etc.), los agricultores alto-andinos y los usuarios forestales. Estos datos nos indican que es muy importante fornecer ayuda a los agricultores Yungueños y alto-andinos (en zonas con pendientes elevadas y lluvias intensas, respectivamente) en establecer técnicas de manejo y conservación de suelos para prevenir la erosión hídrica. La erosión hídrica en zonas de cuencas altas como los Yungas y la región alta del Chapare puede causar problemas en la red hídrica (como ser inundaciones, impactos ecológicos sobre peces y otros animales acuáticos) y también puede un impacto significativo en la productividad agrícola.

7.3 Cantidad, Uso, y Sustentabilidad del Recurso Agua por Actor

Agricultores Indígenas

Misión

Consumo nacional, y subsistencia propia.

Ubicación de tierras

Dispersos por varias regiones del oriente incluyendo TCO's y zonas como. Riberalta, el Chaco, y otros.

Cantidad de agua disponible

- Precipitación: La precipitación media de todos los agricultores indígenas es de 1.470mm/ año (429mm desviación estándar), pero como muestra la desviación estándar, la variación de lluvias de este grupo es grande. En la zona del Chaco la precipitación de los agricultores indígenas es inferior a los 700 mm/año.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.): La variación de fuentes de agua superficial también es grande pero en total son 2.123km de ríos y una densidad de 1,26 metros de ríos por hectárea. En general los asentamientos indígenas se encuentran en las márgenes de los ríos, utilizando este recurso para consumo de agua y subsistencia por pesca y cacería.
- Fuentes de agua subterráneas: En general existe un potencial con mucha variación dependiendo de la región. Por ejemplo, en la zona del Chaco la disponibilidad de agua subterránea es limitada pero crítica para la sobre vivencia.

Forma de uso del agua

- Manejo agrícola: La agricultura es básicamente para la subsistencia y para el consumo local y muy deficiente. Las producciones son bajas, y las técnicas de manejo agrícola son manuales en general, aunque en algunos lugares ya son mecanizadas. En este sentido el manejo del agua para agricultura también es deficiente.

- Riego agrícola: Aunque el riego por lo general todavía es limitado, en algunas regiones del chaco (alrededor del Parapetí y Charagua por ejemplo), el riego es utilizado para poder producir productos agrícolas. Los sistemas de riego son por manejo de agua superficial y algunos utilizan agua de pozos.
- Almacenamiento de agua: Se observan pozas de almacenamiento de agua para animales y otras para consumo. La construcción de estas pozas son de tipo precario causando infiltración innecesaria y pérdida de agua.
- Consumo humano y/o animal: Normalmente fuentes de agua superficial o pozos rasos.

Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas): El proceso de deforestación es dispersa y por este motivo se mantienen las servidumbres ecológicas naturales en gran porcentaje.
- Impacto superficial (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): Pocos impactos a cuerpos de agua superficial, sin embargo la adopción de agricultura moderna (uso de pesticidas/herbicidas, compactación, etc.) puede causar los mismos problemas que en los otros actores. La pesca es importante para algunas comunidades indígenas.
- Impacto subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.): Al momento se observan mínimos impactos a los acuíferos por este grupo.
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.): pocos.
- Riberalta: agricultura de subsistencia juntamente con colecta de castaña y goma (mínima). Impacto a recurso hídricos viene del chaqueo y deforestación.
- Trinidad: arroz en época húmeda, uso de herbicidas y pesticidas, impacto de pesca y desvió de cursos de agua.
- Chaco: Riego limitado: extracción de agua del río Parapetí, y pozos de bajo rendimiento (algunos de alto rendimiento – Charagua, etc.).
- Chiquitania: Impactos de chaqueo y deforestación y posibles desvíos de ríos.

Agricultores Yungueños

Misión

Consumo regional guiado al mercado en La Paz, y subsistencia.

Ubicación de tierras

Concentrados en valles del pie de monte y en los Yungas de La Paz y el alto Beni.

Cantidad de agua disponible

- Precipitación: La precipitación media estimada para todo el grupo de productores es de 1.146 mm/año (con 234 mm de desvío estándar). Sin embargo, esta cifra puede ser mas alta ya que se observa que en los valles donde existe la mayor cantidad agricultura, también hay mayores precipitaciones (mayores a 1.300 mm/año). La topografía es extremadamente colinosa y por ese motivo el escurrimiento superficial puede ser un problema serio.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.): Hay abundantes fuentes de agua superficial (ríos y arroyos). Muchos son utilizados para consumo y agricultura.
- Fuentes de agua subterráneas: La disponibilidad de agua subterránea varía mucho y tiene una dependencia topográfica.

Forma de uso de agua

- Manejo agrícola: En su mayoría es tradicional con uso de animales de carga y laboreo con arado convencional con cultivos de frutales, café, y coca en la región de los yungas. Se utiliza terrazas para prevenir erosión hídrica y escurrimiento superficial.
- Riego agrícola: Hay sistemas de riego superficial por medio de canales y desvíos de agua.
- Almacenamiento de agua: pequeñas presas y embalses.
- Consumo humano y/o animal: fuentes superficiales y pozos.

Sustentabilidad actual del uso del recurso agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas): La conservación de bosques ribereños y utilización de servidumbres ecológicas para prevenir erosión hídrica es fundamental para esta región.
- Impactos superficiales (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): Los impactos superficiales más probables serían la erosión hídrica y contaminación de las aguas superficiales.
- Impactos subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.): No observados
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.): Conforme el estudio de deforestación, se sigue deforestando esta región, sin embargo, el proceso de regeneración natural en las áreas deforestadas parece ser alto lo que minimiza impactos climáticos severos.

Estos agricultores tienen la ventaja de tener abundante agua superficial y un manejo adecuado de estas fuentes puede ayudar a mejorar su producción agrícola.

Agricultores Cruceños y Chaqueños**Misión**

Consumo nacional, regional, y exportación internacional.

Ubicación de tierras

Concentrados principalmente en la zona integrada norte y Tarija.

Cantidad de agua disponible

- Precipitación: La precipitación media anual es de 1.272 mm (334 mm de desvío estándar). Buena precipitación para una variedad de cultivos. Tiempos de sequía agravada son esporádicos a cada 3 o 4 años en la época seca.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.): Varios ríos importantes en la región – Río Grande, Piraí y otros.
- Fuentes de agua subterráneas: Las aguas subterráneas son abundantes y están siendo utilizadas por la mayoría de los agricultores cruceños.

Forma de uso de agua

- Manejo agrícola: Este grupo tiene un manejo agrícola comparable a los agro-industriales, pero en proporción de tierras de menor tamaño. La mayoría de la producción es mecanizada. Aun hay grandes áreas de cultivo de caña de azúcar donde se cosecha a mano, sin embargo ciertos agricultores ya están utilizando maquinaria para la cosecha de caña. Hay problemas de compactación que causa acumulación excesiva de agua superficial.
- Riego agrícola: Existen algunas operaciones de riego pero es todavía muy limitada porque en general las lluvias son suficientes para obtener resultados económicamente aceptables.
- Almacenamiento de agua: atajados varios, algún bien construido, pero muchos podrían ser mejorados.
- Consumo humano y/o animal: atajados, pozos, superficial, etc.

Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas): Relictos de servidumbres ecológicas permanecen en tierras de los agricultores cruceños y chaqueños aunque varios utilizan cortinas rompevientos plantados.
- Impactos superficiales (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): Inundaciones del río Grande.
- Impactos subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.): posibles problemas de contaminación, especialmente en zonas urbanas del norte integrado.
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.): Impactos mayores pueden ocurrir si no se mantienen grandes áreas protegidas y reservas como el caso de la reserva forestal el Chore.

Agricultores Japoneses

Misión

Exportación internacional y consumo nacional.

Ubicación de tierras

Divididas en 2 colonias (San Juan del Yapacaní y Okinawa I, II, III.)

Cantidad de agua disponible

- Precipitación: La precipitación media anual entre las dos colonias es de 1.424mm (314mm desviación estándar). Exciten preocupaciones de los agricultores que la distribución de esta precipitación esta cambiando y causando perdidas en la producción.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.): Río Yapacaní y río Grande y otros ríos pequeños y arroyos (142km) con densidad de 0,76m/ha. El uso de agua de estos dos ríos es mínimo, pero si se usa para el drenaje del agua de las colonias (tanto para Yapacaní como para el Río Grande.)
- Fuentes de agua subterráneas: Las aguas subterráneas son abundantes en ambas colonias, pero varían en su calidad. Buena – Okinawa I pH de 6 a 6,5 Okinawas II y III 7,5 a 8 (un poco salada, pero buena para uso agrícola). San Juan de Yapacaní: muy buena y abundante. Ex. Pozo de 160m se saca 220.000 l/h a 40m profundidad.

Forma de uso de agua

- Manejo agrícola: La producción agrícola en las colonias es diversificada (arroz, cítricos, soya, ganado, macademia, avícola, y otros). La rotación de cultivos y la siembra directa son comunes y esto se traduce en un buen manejo del agua. Se utiliza fertilizantes para mantener productividad de al tierra. Ex.: aplicación de 400kg por ha de nitrógeno. La aplicación excesiva de fertilizantes o la mala aplicación de estos podría en el futuro ocasionar problemas de contaminación de acuíferos.
- Riego agrícola: Los agricultores Japoneses han establecido exitosamente sistemas de drenaje en sus tierras (Figura 7.8). Han establecido sistemas distribución de agua para plantíos de arroz (pluvial) y algunos utilizan agua de pozos para riego (limitado aun). En Yapacaní actualmente hay 6.000 ha bajo riego (Figura 7.9).
- Almacenamiento de agua: Utilización de almacenamiento de agua para fines piscícolas, riego, y uso animal/humano.
- Consumo humano y/o animal: Consumo normal de fuentes subterráneas que son abundantes.

Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas): Existen pocas extensiones de bosques en las colonias Japonesas, por que la mayor parte de las tierras han sido convertidas a suelos agrícolas. Las servidumbres ecológicas, se limitan a rompevientos plantados que tienen una función netamente de protección a los cultivos agrícola (Figura 7.10).
- Impactos superficiales (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): Las redes de drenaje son extensas lo que puede facilitar la contaminación por el uso excesivo de pesticidas/herbicidas o fertilizantes. Por este motivo la aplicación y manejo de estos productos es muy importante.
- Impacto subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.). El uso actual de agua subterránea es limitado pero hay una tendencia a ser mayor para el riego de arroz. En estas zonas hay abundancia de agua subterránea por lo que las técnicas de excavación y uso adecuado del agua subterránea deben ser guiadas para evitar su posible contaminación.
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.): El impacto climático por la deforestación de tierras alrededor de las colonias japonesas es un tema muy discutido por los colonos. Un análisis del cambio climático se presenta en este documento para las estaciones de Okinawa y San Juan de Yapacaní.

Preocupación principal

Los agricultores japoneses expresan como sus mayores preocupaciones en términos del recurso agua los cambios climáticos (intensidad de lluvias temporales) y desborde del río Grande (percibido a ser mas

frecuente en los últimos años) y posible desborde del río Yapacaní (menos preocupación). Apuntan como causas del cambio climático e inundaciones el avance de la frontera agrícola (legal e ilegal como las reservas forestales) y la falta de protección de bosques ribereños.

Recomendaciones para disminuir desborde del río Grande

Aunque es históricamente natural que el río Grande se desborde en épocas de lluvias intensas, los efectos que este desborde está causando en los últimos años han sido mayores por causa de la expansión agrícola hacia las márgenes del río. Esta expansión agrícola tiene el doble efecto de crear condiciones de peligro a los agricultores que bordean el río (1) por estar más cerca al río y (2) por provocar mayores inundaciones por la eliminación de la cobertura natural del lecho del río. Se recomienda entonces lo siguiente:

- Evitar deforestaciones en la cuenca alta del río Grande. La deforestación y mal uso de la cuenca alta tiene un efecto negativo para la colonia Japonesa, algunas colonias Menonitas, para los agricultores Alto-Andinos de la zona norte, y los agro-industriales en la zona este del río.
- Respeto a servidumbre ecológica 50 a 100 a 200 m de ancho de bosque alrededor del río Grande. Para esto se tiene que delimitar bien el cauce del río Grande.
- Trabajar conjuntamente con el INRA para identificar los propietarios de tierras limítrofes del río Grande.
- Entrega de certificados y árboles para la reforestación de las márgenes del río que definen los causas naturales a propietarios que viven a las orillas del río para fomentar el cuidado de las servidumbres ecológicas en sus propiedades.

Agricultores Alto-Andinos

Misión

Subsistencia propia, consumo nacional, y exportación internacional (caso soya).

Ubicación de tierras

Dispersos por varias regiones, pero concentrados principalmente en el Chapare, Brecha Casarabe, zona San Julián, y otros.

Cantidad de agua disponible

- Precipitación: La precipitación media anual sobre las colonias de Alto-andinos es de 2.239mm (1.000mm de desviación estándar). Esta cantidad de precipitación anual es la mayor de todos los actores y se debe principalmente a los colonos del Chapare donde las lluvias pueden sobrepasar los 5.000 mm/año.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.): La disponibilidad de ríos, lagos, y otros cuerpos de agua en el oriente para los agricultores alto-andinos también es grande y supera los 2.985km (la densidad de ríos es 1,75 m/ha) únicamente superados por las áreas protegidas, los forestales, y los ganaderos extensivos.
- Fuentes de agua subterráneas: las fuentes de aguas subterráneas son variables y dependen en la región, pero en general son abundantes (Chapare, San Julián, Brecha Casarabe, etc.).

Forma de uso de agua

- Manejo agrícola: El manejo agrícola varía desde un manejo manual hasta un manejo mecanizado. La mayoría de la agricultura en zonas como San Julián es mecanizado y el uso de herbicidas y pesticidas es extenso (y preocupante en términos de contaminación de aguas). Hay cierto grado de adopción del sistema de siembra directa que ayuda a mejorar la producción y la retención de agua en el suelo, pero también se observa mucho mono cultivo (arroz en Yapacaní, coca en chapare, etc.) lo que ocasiona problemas en propiedades físicas del suelo (afectando infiltración, etc.).
- Riego agrícola: El riego agrícola no es una opción económicamente viable en la mayoría de las colonias Alto-andinas. El riego es únicamente utilizado en parcelas para consumo familiar y local.
- Almacenamiento de agua: Se observa uso de atajados para animales.
- Consumo humano y/o animal: superficial (curichis, arroyos, etc), pozos (Figura 7.11), y norias.

Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas): Existe un cierto grado de servidumbres ecológicas que se observan en el campo alrededor de ríos y parcelas. Aunque en algunos casos, estas “servidumbres ecológicas” son en realidad barbechos, resultados de una deforestación previa y abandono de tierras improductivas.
- Impacto superficiales (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): El uso de pesticidas/herbicidas es extenso en las colonias Alto-Andinas. Se teme que este uso de contaminantes llegue a afectar fuentes de agua superficiales.
- Impacto subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.): La excavación de pozos para agua (Figura 7.11) en las diferentes colonias puede representar un riesgo para la contaminación de aguas subterráneas en el futuro si no se toma medidas adecuadas para proteger este recurso.
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.): El avasallamiento e eliminación de bosques y reservas naturales (ex. Reserva de producción forestal el Chore) es un riesgo serio que puede causar efectos negativos de cambio climático y de pérdida de carbono a la atmósfera.

Problemas en términos de agua que afectan a su productividad

Peligro de inundación por río Grande en distrito Berlín y otras inundaciones por el Río San Julián. Distribución de lluvias (falta de riego).

Recomendaciones

Encauzamiento natural de los ríos Grande y San Julián respetando servidumbres ecológicas (bosques alrededor de ríos) y prevención de deforestación en cuencas altas. Se observa que estos actores dejan mucha tierra en barbechos y esto ayuda a mejorar infiltración de agua, y conservación de agua. Sin embargo, también se observa que muchos practican el mono cultivo (arroz, soya) y esto es detrimental en términos de conservación de agua y por eso se recomienda la rotación de cultivos para mejorar estructura física-química del suelo y mejorar la retención de humedad del suelo.

Tipos de agua de pozos (CORDECRUZ 1992a)

Óptima: pozo profundo bien construido, buena calidad de agua.

Buena: pozo profundo - abastecimiento permanente, calidad buena (sabor bueno y sin contaminación)

Aceptable: noria, vertiente, pauro (pozo rudimentario superficial) y agua de lluvia - riesgo en el abastecimiento permanente, calidad dudosa (sabor o potencial a ser contaminado)

Inaceptable: arroyo, curichi, y cuneta. - no son permanentes, alto riesgo de contaminación, mal sabor

A seguir se presentan datos de uso y disponibilidad de agua de diferentes colonias de Alto Andinos (Cordecruz, 1992):

Colonos del Chore

Fuente de agua: 90% tiene a menos de 300m de su vivienda y 10% entre 300 y 1000m de su vivienda. 6% óptimo. 60 bueno. 3% aceptable. 30% se abastecen de fuentes inaceptables

San Julián – Brecha Casarabe

Población: aproximadamente 50,000 habitantes en la zona. 29% tiene red domiciliaria. (Plan de desarrollo de San Julián). 80% consume agua de fuentes buenas y aceptables. 20% de agua inaceptable (arroyos curichis o cunetas - fuentes contaminadas).

Grande diferencia en calidad de agua en diferentes partes de las colonias.

Antofagasta

82% aceptables y buenas. 18% inaceptable.

Berlin

88% aceptables a buenas. 12 % inaceptables

Agricultores Menonitas

Misión

Exportación internacional, consumo nacional, y subsistencia propia. Libertad de religión y educación para sus hijos sin interferencia de gobiernos.

Ubicación de tierras

Dispersos por varias regiones Sur – Este – Norte de Santa Cruz, Tarija (42 colonias y población aproximada de 45000), y en un futuro cercano, en Pando.

Cantidad de agua disponible

- Precipitación: Los menonitas están asentados en regiones de precipitación variada que va de colonias donde hay de menos de 700mm a colonias donde hay más de 1400mm por año. La media de todas las zonas es de 1.055mm (132mm desviación estándar) anual, aunque cabe destacar nuevamente que algunos de estos actores están establecidos en regiones de buena precipitación.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.): Algunas colonias están asentadas cerca de ríos como el Parapetí.
- Fuentes de agua subterráneas: Existe buena disponibilidad de este recurso en casi todas las colonias. Los menonitas hacen uso de este recurso, construyendo sus propios pozos y bombas.

Forma de uso de agua

- Manejo agrícola: El manejo agrícola en varias de las colonias más tradicionales es precario. Se sigue utilizando tractores con ruedas metálicas que agrava la compactación del suelo y se sigue utilizando técnicas de arado convencional en regiones donde los sistemas de siembra directa mejorarían la producción agrícola y mejorarían la capacidad de retención del agua de los suelos.
- Riego agrícola: El riego agrícola es limitado a parcelas de producción familiar y con tecnología propia de bombeo de agua. Se utiliza agua de ríos y de pozos. En la región sur de Santa Cruz se utiliza agua del río Parapetí para riego y en la región este se utiliza agua del río Grande.
- Almacenamiento de agua: El almacenamiento de agua por atajado es extenso en zonas de producción de ganado. En la zona sur y colonias que están cerca de ríos principales (Río Grande, río Parapetí, etc.) se usa agua del río para llenar atajados y para consumo animal.
- Consumo humano y/o animal: Consumo por agua de pozos con sistemas de bombeo y perforación hecha por los Menonitas.

Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas): Las servidumbres ecológicas naturales son prácticamente inexistentes en las colonias Menonitas. No se respetan cursos de agua natural ni dejan bosques ribereños (Figura 7.12). Aunque se encuentran cortinas rompevientos, estos son de fila única que tienen la doble finalidad de proteger los suelos de la erosión eólica y actuar como una división entre propiedades. Estas tienen utilidad mínima para hábitat biológico, pero sirve para dividir propiedades de cada familia y en cierto grado ayudan a disminuir evapotranspiración por efecto del viento (Figura 7.13).

- Impactos superficiales (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): Uno de los principales problemas es la compactación de suelo que luego favorece al encharcamiento de agua superficial y la pérdida de producción. No se respetan los cursos de agua natural y no se mantienen bosques de protección a cuerpos de agua natural (Figura 7.14).
- Impactos subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.): Se debe tomar cuidado con la perforación de pozos para evitar futuros problemas de contaminación de acuíferos.
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.): Se recomienda la adopción de siembra directa con rotaciones de cultivos para disminuir los efectos de la deforestación total de las tierras dentro de las colonias. Es necesario mantener bosques alrededor de lagos, arroyos, y otros cuerpos de agua permanentes.

Tecnología de uso de agua

Elaboración de bombas diversos tipos – uso de molinos de viento para extraer agua subterránea, bombas manuales, etc.

Recomendaciones

Adopción de técnicas para conservación de suelo y agua para la agricultura y establecer servidumbres ecológicas.

Agro Industriales

Misión

Exportación internacional y consumo nacional. Inversión nacional y extranjera (nacionales, brasileros, y otros grupos)

Ubicación de tierras

La mayor concentración de tierras agro-industriales están distribuidas en las regiones Este y Norte del departamento de Santa Cruz.

Cantidad de agua disponible

- Precipitación: En general los agro industriales tienen una precipitación media anual de 1268mm (251mm desviación estándar). La precipitación de la zona norte es ideal para la producción extensiva de granos (soya, girasol, etc.), sin embargo la zona este y sur este ha sufrido por la sequías siendo esta una de las causas del abandono de tierras en estas zonas.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.): 1016 km de ríos secundarios (densidad de 1.05 m/ha) y también hay acceso a ríos grandes como el río Grande o el río San Julián y lagos. Sin embargo, el uso de fuentes superficiales para producción agrícola es limitado, hay pocos ejemplos de uso de agua del río Grande o San Julián para riego extensivo por los agro-industriales.
- Fuentes de agua subterráneas: Hay grandes cantidades de agua subterránea en las zonas norte y noreste. Pozos en estas zonas pueden producir volúmenes suficientes (>100,000 L/hr) para riego extensivo. En la zona este se puede encontrar caudales menores y a mayores profundidades lo que representa una mayor inversión en bombeo de agua de pozos.

Forma de uso de agua

- Manejo agrícola: La mayor parte de la producción agrícola agro-industrial depende de la precipitación. El uso de maquinaria pesada causa problemas de compactación de suelo lo que disminuye el acceso del agua a las raíces del cultivo.
- Riego agrícola: El riego extenso es limitado a riego para cultivos de semilla – algunos sistemas pivó central (Figura 7.15). Sin embargo, hay un gran potencial para riego extensivo usando agua subterránea.

- Almacenamiento de agua: No se observa grandes cantidades de agua almacenada en atajados o otros.
- Consumo humano y/o animal: El uso para consumo humano y/o animal de los agro-industriales es por medio de pozos y es limitado ya que las grandes extensiones agrícolas son manejadas relativamente por poca gente.

Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas): En general se observa que los agro-industriales utilizan rompevientos naturales, los cuales también sirven para mantener cierto porcentaje de la propiedad como bosque natural. En muchos casos estos sistemas no son ideales, pero pueden ser mejorados para que puedan ser beneficiosos para el agricultor como para el medio ambiente.
- Impactos superficiales (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): El mayor impacto que se observa con respecto al agua es la incursión a los humedales, tanto en el norte como en la zona de los bañados del Izozog. Otro impacto observado es la compactación del suelo que causa problemas de infiltración y subsecuentemente puede causar inundaciones y contaminación del agua. En subsecuentes secciones de este documento se discute posibles soluciones para mitigar o corregir el problema de compactación y el manejo adecuado del agua para la agricultura.
- Impactos subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.): Actualmente no se observan muchos casos de impactos sobre los recursos acuíferos debido a la falta de información y monitoreo. Sin embargo, hay el potencial de dañar estos recursos por el uso indiscriminado de pesticidas o herbicidas y la aplicación de fertilizantes a gran escala. El riego extensivo utilizando agua de pozos también puede traer problemas de contaminación de acuíferos y disminución del potencial acuífero lo que puede tener un efecto negativo al medio ambiente especialmente si afecta zonas ecológicamente críticas como son los humedales naturales.
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.): Las grandes deforestaciones causadas por los agro-industriales tienen un impacto en la evapotranspiración, el carbono, y el clima. Este efecto puede ser mitigado a cierto modo con la adopción de técnicas de siembra directa y rotación de cultivos. El sistema de siembra directa con rotación de cultivos ayuda a capturar carbono y mejora las condiciones de evapotranspiración, disminuyendo pérdidas de agua del suelo. La conservación de cortinas rompevientos natural (Figura 7.16) también ayuda a disminuir impactos climáticos (captura de carbono, humedad, etc.).

Preocupación principal

La productividad de la tierra, la precipitación, y el mercado, definen la viabilidad económica y cedula del cultivo a producir.

Problemas principales observados

Compactación de suelos, abandono de tierras en el este, déficit de lluvia (en tiempos críticos) y sequías.

Riego Agro-Industrial

Se recomienda al lector ver el estudio de riego intensivo mediante bombeo de agua subterránea y superficial en la publicación de "Uso de Agua Subterránea y Superficial para el Riego Agrícola" de Cochrane et. al., 2005. En este estudio se presenta el uso de gas como combustible para bombeo de agua subterránea como una alternativa viable para el riego de ciertas regiones de la llanura cruceña. También se establecen límites para la extracción de agua para minimizar el impacto a humedales de alta importancia como ser el de los bañados del Izozog.

Ganaderos Intensivos

Misión

Consumo nacional y exportación internacional limitada.

Ubicación de tierras

Dispersos por varias regiones del oriente, pero concentrados principalmente en la Chiquitania, el Chaco entre la línea férrea y el río Pirai.

Cantidad de agua disponible

- Precipitación: La precipitación anual en las tierras de los ganaderos intensivos es de 1.158mm (257mm de desviación estándar). Este valor no es muy alto, pero es suficiente para el cultivo de pastizales y la producción de ganado.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.): Hay aproximadamente 1.406km de ríos en las tierras de ganaderos intensivos con una densidad de 1.19m de ríos por hectárea.
- Fuentes de agua subterráneas: Las fuentes de agua subterránea en las zonas de los ganaderos intensivos (Chiquitania) son variadas y en muchos casos limitadas (Chaco). No hay un uso de estas fuentes porque se depende mayormente de la precipitación.

Forma de uso de agua

- Manejo agrícola: Manejo de pastizales.
- Riego agrícola: No se observa riego aunque puede resultar económicamente viable el riego de pastizales en épocas de sequía en zonas donde hay agua subterránea abundante.
- Almacenamiento de agua: Atajados para almacenar agua para el ganado. La construcción de estos es extensiva y de calidad variante. También se observan desvíos a ríos y construcción de diques que modifican la red hídrica natural, especialmente en la Chiquitania.
- Consumo humano y/o animal: Atajados/pozos

Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas): Estudios de caso en San Javier, Concepción y otras regiones de la Chiquitania muestran que el acatamiento legal de servidumbres ecológicas es casi nulo.
- Impactos superficiales (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): La compactación del suelo es un problema generalizado por el mal manejo del ganado y los pastizales.
- Impacto subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.): limitados, pero cuanto mas cabezas de ganado por hectárea haya, mas probabilidad de contaminación por desechos orgánicos.
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.): Estos están relacionados al grado de deforestación.

Ganaderos Extensivos

Misión

Consumo nacional, regional, y exportación internacional limitada. Inversión estable de capital, haciendas familiares, grandes propiedades, etc...

Ubicación de tierras

Dispersos por varias regiones del oriente, pero principalmente en el las sabanas naturales del Beni y en el chaco (ramoneo).

Cantidad de agua disponible

- Precipitación: Variada pues cubre el departamento del Beni y el Chaco.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.): Abundantes en el Beni, pero limitadas en el Chaco.
- Fuentes de agua subterráneas: poco utilizadas.

Forma de uso de agua

- Manejo agrícola: limitado. Poca alteración de la vegetación natural de sabanas (algunos pastizales).
- Riego agrícola: Sin riego.
- Almacenamiento de agua: En la mayoría se utiliza fuentes naturales pero también hay atajados, presas, y desvíos de ríos.
- Consumo humano y/o animal: Atajados, pozos. Fuentes superficiales naturales.

Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas): en su mayoría las servidumbres son respetadas
- Impacto superficiales (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): pocos
- Impacto subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.): pocos
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.): casi nada

Recomendaciones

La rotación de potreros para evitar la compactación del suelo es una forma de manejo de ganado que resulta en menos impacto al recurso hídrico. Se debe establecer políticas claras de carga animal para las diferentes eco-regiones de Bolivia tomando en cuenta impactos al medio ambiente (cosa que no se toma en cuenta en las designaciones de carga animal sugeridas por el INRA). Se debe también fomentar la certificación orgánica de ganado para darle un valor agregado a manejos de ganado conservacionista como el ramoneo y pastoreo en pastizales naturales.

Usuarios Forestales

Misión

Producción forestal para consumo local, nacional e internacional.

Ubicación de tierras

Dispersos en diferentes concesiones forestales y TCO's en el oriente Boliviano.

Cantidad de agua disponible

- Precipitación: las especies forestales son función de la adaptación al clima.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.): abundantes
- Fuentes de agua subterráneas : abundantes y variadas

Forma de uso de agua

- Manejo agrícola: manejo forestal
- Riego agrícola: ninguno
- Almacenamiento de agua: natural
- Consumo humano y/o animal: fuentes naturales, pozos, etc. pero muy limitado.

Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua (Servidumbres ecológicas): los bosques son en si servidumbres. Sin embargo, practicas de cosecha de madera (construcción de caminos, etc.) que pueden ser mejoradas para minimizar daños a ríos y evitar erosión agravada después de la cosecha de madera.
- Impacto superficiales (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): pocos pero hay algunos impactos en la construcción de caminos para la cosecha de madera.
- Impacto subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.). sin impactos con tal que se mantenga un buen manejo de bosques.
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.): el manejo inadecuado de los recursos forestales o la conversión de bosques a áreas agrícolas (chaceo, deforestación, etc.) puede tener influencia en el micro-clima regional. O sea, la conservación de bosque en si es una política pro-activa en mitigar los cambios climáticos.

Pescadores y cazadores

Misión

Pesca y caza recreacional y de subsistencia.

Ubicación de tierras

Dispersos en diferentes zonas del oriente Boliviano.

Forma de uso de agua

- Pesca recreacional y de subsistencia.

Sustentabilidad actual del uso del recurso Agua

- Acatamiento de prácticas de conservación de agua y recursos acuáticos.
- Impacto superficial (inundaciones, erosión hídrica, contaminación, etc.): pocos.
- Impacto subterráneos (niveles de agua, contaminación de acuíferos, etc.).
- Posibles impactos climáticos (evapotranspiración, carbono, etc.)

7.4 Cuencas e impactos

En esta sección se demuestra el impacto de los diferentes actores productivos en las cuencas del oriente boliviano. Se utilizó para este análisis la definición de sub-cuencas conforme el programa nacional de cuencas de Bolivia como se puede observar en la Figura 7.17. En el Cuadro 7.5 mostramos áreas en kilómetros cuadrados de impacto humano de deforestación (áreas agrícolas), barbecho, bosques, y otras coberturas para cada cuenca. De similar forma en el Cuadro 7.6 mostramos el área que cada actor ocupa en las cuencas. Queda claro ver que las cuencas más afectadas en términos de porcentaje de áreas agrícolas son las del río Piraí, río Grande, San Julián, y Yapacaní. Como ejemplo, en la Figura 7.18 se muestra el impacto por actor a la cuenca del río Grande.

7.5 Balance hídrico y cambio climático

Impactos al sistema hídrico

Las servidumbres ecológicas regionales que corren mayor riesgo por amenazas de deforestación y que son críticas por su contribución de evapotranspiración a la atmósfera que ayuda a mantener la estabilidad de lluvias en la región son las siguientes (Figura 7.19):

- Reserva del Chore – corre riesgo de invasión por colonos de Yapacaní.
- Parque nacional Carrasco – corre riesgo de avasallamiento de colonos del Chapare.
- Parque Amboró – algunos riesgos e invasiones (pero limitadas)
- Guarayos – diversos riesgos de deforestación y asentamientos.
- Bañados del Izozog – impactos de agro-industriales
- Humedales del Beni – impactos por agricultores con drenaje de humedales.
- Pando – posibles impactos futuros por expansión de ganadería y agricultura.
- Bosques chiquitanos – la deforestación en esta región por ganaderos y otros ha sido una de las más altas del país.

Posibles problemas hídricos en el futuro:

- Agricultura en humedales: Beni – inundaciones estacionales. El problema reside cuando el agricultor decide “drenar” su tierra para mejorar la productividad en tiempos de inundación pluvial. El drenaje ayuda a disminuir la compactación por ganado. Sistemas de drenaje son comúnmente utilizados en otros países para drenar humedales y avanzar la frontera agrícola, sin embargo el drenaje puede tener un gran impacto ambiental que puede afectar el sistema hídrico de humedales naturales y por lo tanto afectar ecosistemas importantes.
- Impacto de uso no-restringido de agro-químicos y fertilizantes: El uso de agro-químicos se observa en todos los niveles de la producción agrícola y en muchas veces estas aplicaciones excesivas son innecesarias. El mal uso de agro químicos puede ocasionar contaminación de fuentes de agua superficial y subterránea.

Recomendaciones para limitar las aplicaciones excesivas de pesticidas/herbicidas y fertilizantes:

- Educación de uso de agro-químicos y fertilizantes
- Fiscalización más estricta
- Uso de transgénicos

Desaparición de nichos ecológicos

El respeto a las servidumbres ecológicas y reservas naturales ayudan a preservar nichos ecológicos y mantener el recurso agua. Las observaciones hechas en este estudio demuestran que tanto las servidumbres ecológicas como las reservas naturales no se respetan y están aceleradamente

desapareciendo. Las razones de esta pérdida de nichos ecológicos y servidumbres son diversas pero se basa en estos conceptos:

- Expansión y manejo agrícola inapropiado
- Deforestación de cuencas (especialmente en la cuenca alta) que puede causar mayores inundaciones y erosión por aluviones.
- Sobre pastoreo.

“Antes había aquí víboras grandes, como de treinta metros de largo; pero después el aluvión se las ha llevado todas...” Antiguo poblador Guaraní, 1958 chaco.

Cambio climático relacionado a pérdida de bosques

- El cambio climático se relaciona al cambio del balance hídrico relacionado con cambios en evapotranspiración (ET), escurrimiento superficial, e infiltración del agua. El cambio de bosque a agricultura trae estos cambios.

Cambio en ET potencial de bosque a cultivos o pastos

- ET en bosques = mas lluvias constantes, mas infiltración
- ET disminuye con deforestación. La infiltración también disminuye y la evaporación de aguas superficiales incrementa rápidamente y causa lluvias más intensas pero no constantes.
- Disminución en ET = disminución en lluvias locales continuas, pero incremento en lluvias intensas.
- Uso de siembra directa con buen manejo de residuos mejora la disponibilidad de agua en el suelo y disminuir problemas de cambio climático.

Perspectiva de los agricultores (Japoneses de Okinawa, Colonos de San Julián, etc.) sobre el cambio climático es la siguiente:

- La lluvia ha disminuido
- La intensidad de lluvias es mayor en la época húmeda.
- Para verificar esta aseveración se hizo un análisis de los datos de precipitación de varias estaciones en el oriente por época – SECA (Abril a Septiembre) y HUMEDA (Octubre a Marzo) para varios años de datos diarios. En el Cuadro 7.7 mostramos los resultados de tal análisis para la localidad de San Juan del Yapacaní. Este grafico muestra que el numero de días de lluvias incremento y la intensidad de estas lluvias disminuyo en los últimos 12 años. Sin embargo, los datos históricos desde 1958 muestran únicamente una leve tendencia de disminución de la cantidad total de lluvias (Cuadro 7.8). Esto demuestra la dificultad en determinar con absoluta certeza los posibles cambios climáticos.

7.6 Recomendaciones de Políticas y Estrategias relacionadas a los recursos hídricos:

- a) Se recomienda establecer una política de protección de cuencas y causes de los ríos Grande, Piraí, San Julián y río Pilcomayo como prioridad principal. Las inundaciones y contaminación de estos ríos tienen efectos negativos en la producción agrícola de los agricultores Japoneses, Menonitas, y alto andinos y del los agricultores Indígenas, Cruceños y Agro industriales y una política y estrategia de minimizar daños por inundaciones en la producción de estos actores ayudaría a fomentar el desarrollo sostenible.

Para la protección de cuencas y los causes de estos ríos se debe establecer las siguientes políticas y estrategias:

- Aprobación de la nueva Ley de Aguas. Este tema tiene que ser tratado como prioridad nacional.
- Promover y enfocar el cuidado de bosques ribereños y servidumbres ecológicas (Ley Forestal y otras normas).

- Creación de áreas de bosques de alto valor (BAV) para protección de cabeceras de cuencas. Se recomienda crear una norma específica para designar BAV.
- b) Se recomienda establecer una política de protección de servidumbres regionales para minimizar efectos negativos del cambio climático en la producción agrícola y medio ambiente. La mayor parte de la agricultura depende de la precipitación y por eso depende de bosques (Chore, Amboró, Carrasco, Guarayos, Pando). Es económicamente inviable destruir estos bosques ya que la agricultura depende de bosques para tener lluvias. Se debe establecer normas o leyes para protección de estas regiones claves.
- c) Se recomienda establecer una política de fomento al uso de gas natural o GLP para riego mediante bombeo de agua subterránea. Sin embargo se debe seguir las recomendaciones el libro de "Uso de Agua Subterránea y Superficial para Riego Agrícola" para la conservación de humedales (particularmente los de los Bañados del Izozog y del Beni) y evitar el uso irracional de este recurso.
- d) Se recomienda establecer una política de prevención de contaminación de acuíferos y agua superficial. Se deben establecer normas claras y fomentos en términos de créditos para prevenir la contaminación de fuentes superficiales y de acuíferos. La excavación de pozos debe ser reglamentada y verificada. La aplicación de agroquímicos también debe ser reglamentada, difundida, y verificada.
 - Estudiar el uso de transgénicos para disminuir aplicación excesiva de agro químicos.
 - Incentivos para la agricultura orgánica – el gobierno solo compra productos orgánicos (para alimentos escolares, etc.) y ayudar en el establecimiento de mercados en el extranjero.
 - Apoyo a la certificación orgánica nacional (cultivos y ganado).
 - Fomento de la agricultura de precisión para incrementar la producción y disminuir el uso de pesticidas o herbicidas.
- e) 5. Se recomienda establecer una política y estrategia sobre la conservación de agua en la agricultura y ganadería. Se debe establecer normas reguladoras para fomentar la conservación de agua y suelos tomando en cuenta los beneficios económicos y productivos de la agricultura conservacionista.
 - Fomento económico a la construcción adecuada de atajados especialmente en zonas de baja precipitación (ex. Chaco Boliviano, etc.).
 - Programas a nivel de investigación y capacitación en técnicas para disminuir mal uso de agua en la agricultura. Trabajar junto con instituciones como JICA, CIAT, y otros.
 - Fomento crediario a la agricultura de precisión.

7.7 Recomendaciones para la conservación de agua en la agricultura

Hay varias técnicas que son utilizadas para conservar agua en el suelo para aprovechamiento de los cultivos. Algunas de estas técnicas son discutidas:

- a) Incremento de residuos orgánicos sobre el suelo. Un manejo de residuos de plantas ayuda en minimizar la evaporación de agua del suelo. Los residuos protegen el suelo de erosión y ayudan a mejorar la infiltración.
- b) Eliminación de malezas para minimizar pérdidas de agua por transpiración.
- c) El viento es un factor que incrementa la evapotranspiración y por este motivo el uso de rompevientos es importante para minimizar pérdidas de agua del suelo.

Rompevientos

Los factores importantes en el diseño de rompe-vientos son: Composición, orientación, altura, porosidad y espaciamiento (McCall et al., 1977; Barber and Johnson 1993).

Para la agricultura se recomienda que los rompevientos sean:

- Orientados perpendicularmente a los vientos prevalecientes en la época de mayor crecimiento del cultivo.
- No deben ocupar más que 5% del área del cultivo y una fila única de rompevientos es recomendada.
- Caminos no deben pasar por los rompevientos para evitar un encauzamiento del viento por estas aberturas a gran velocidad
- Las especies de árboles tienen que ser adaptadas al tipo de clima y suelos de la región. (Shigeura and McCall 1979; Johnson and Tarima 1995)
- El follaje de los árboles no debe ser tan denso que fuerza el viento a pasar por encima, porque esto causa severa turbulencia al otro lado que puede causar graves daños al cultivo.
- Porosidad ideal 40% - da una reducción de aproximadamente 50% de velocidad de viento en una distancia de 10 veces la altura de los árboles (Skidmore and Hagen, 1977).
- Cuando hay poca protección por follaje en la parte inferior de los árboles, se debe plantar otro tipo de arbusto o pastos altos para asegurar una protección uniforme (Figura 7.20).
- La constante manutención de los rompevientos es importante para regular la porosidad, evitar que aparezcan huecos, evitar sombra excesiva y de malezas en los cultivos adjuntos.
- Los rompevientos naturales son fajas de vegetación natural que se reservan después de una operación de deforestación. Después de la deforestación, el micro-clima es mucho más seco y ventoso lo que ocasiona la muerte de árboles. Por este motivo se recomienda que los rompevientos naturales sean mucho más anchos. Adicionalmente a veces es necesario plantar árboles adicionales para mejorar los rompevientos naturales. En este caso una porosidad de 40% también es deseada para que el rompevientos funcione bien. (FAO, Soils bulletin 79)
- Una reducción de velocidad de viento de 50% (por ejemplo de 32 a 16 km/h) puede reducir la evapotranspiración en un 33%. (McCall and Gitlin, 1973)
- Los rompevientos también ayudan a reducir daños físicos a los cultivos, por ejemplo a las flores y también crear mejores condiciones para la polinización por insectos.
- También se pueden plantar rompevientos que produzcan frutos.
- Las mayores desventajas de los rompevientos para los agricultores son:
- Pérdida de área de cultivo
- Para agricultores con terrenos pequeños: competencia del rompevientos al cultivo por agua, luz, y nutrientes. El efecto de esto es de aproximadamente 1.5 veces la altura del árbol rompevientos.
- En suelos arenosos de infiltración rápida y con poca retención de agua como en algunos de los suelos en la parte del chaco, es preferible introducir cultivos con raíces profundas que puedan utilizar el agua que no es disponible a otros cultivos con raíces rasas. Algunos ejemplos de estos cultivos son: almond, barley, cassava, citrus, cotton, grape, groundnut, olive, pearl millet, pigeon pea, safflower, sisal, sorghum, sunflower, sweet potato and wheat. Este es una de las razones que el sorgo es plantado en zonas del sur.

Compactación de suelos

Conforme estudios realizados por el CIAT y la misión británica (Cochrane 1972; Barber and Díaz, 1992, etc.) un estimado de 50% de los suelos para cultivos anuales en la zona central de Santa Cruz son sujetos a compactación, los cuales pueden restringir el crecimiento de raíces por la presencia de horizontes de suelos densos con poros pequeños que no permiten la penetración fácil de las raíces. Por este motivo, los rendimientos son bajos, en especial en la época seca con poca lluvia. Una alternativa para mejorar la infiltración es el subsolaje (Figura 7.21), sin embargo, experimentos de Barber and Díaz, 1992 muestran lo siguiente:

- El subsolaje reacciona mejor con menos lluvia
- Rendimiento de Soya se incrementa 0% con lluvias de 760mm en la estación de verano y 90% con lluvias de 44mm en la estación seca. En 7 años de 10, subsolaje ayudo en 0% para la mejorar la producción de soya en verano y 56% para mejorar la soya en la época seca de invierno.

Problemas y soluciones para conservación de agua en el suelo para agricultura

En el Cuadro 7.9 se presentan los problemas comunes y las soluciones para el manejo conservacionista de agua en el suelo.

Uso de agua para riego

- Buen manejo de riego para evitar problemas de toxicidad o salinidad de los suelos y cultivos.

Sistemas de riego en uso actual por actor

- Japoneses: Riego de arroz mediante sistema de inundación pluvial y mediante bombeo de pozos.
- Menonitas: sur- riego con aguas del Parapetí y riego de pequeñas parcelas mediante bombeo (viento o manual).
- Colonos – Valles / riego mediante presas atajados, etc – tipo inundación
- Tradicionales – chaco – riego mediante atajados, captación pluvial, pequeñas parcelas consumo local o subsistencia.
- Agro-industriales – riego de cultivos de semilla – sistemas pívot central industrial.
- Forestales: no utilizan.
- Ganaderos intensivos: colecta de agua pluvial mediante atajados, desvío de ríos o arroyos.
- Ganaderos extensivos – dependen del ciclo de aguas natural (Beni) y de atajados (Chiquitania y Chaco) y arroyos/ríos naturales – (sin riego)

Todos dependen de agua de pozo para consumo humano.

Proyectos de manejo de agricultura y agua

Prevención de inundaciones

- Río Grande, río San Julián, Río Pirai
- Proyecto Abapo –Izozog etc.

Abastecimiento de agua potable y riego en el Chaco

- Programa de Desarrollo Campesino de Cordillera (PDCC)
- Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA) – 1994 algunos proyectos de riego se ejecutaron.
- OEA – CORDECRUZ – 1988 – 10 proyectos de riego en el pie de monte – ninguno fue ejecutado. (elevado costo de obras, manejo de datos hidráulicos no confiables y desinterés de los beneficiarios).
- Asamblea del Pueblo Guaraní (APG) – interés en ejecutar proyectos de riego.
- WCS – CABI: programas ecológicos y
- PROASU – JICA - programa de excavación de pozos para agua en el Departamento de Santa Cruz.
- Beneficiarios: comunidades indígenas, TCO Kaa Iya, ganaderos, poblaciones.

Bibliografía

- BARBER, R. G. & O. DÍAZ (1992): Effects of deep tillage and fertilization on soya yields in a compacted Ustochrept during seven cropping seasons, Santa Cruz, Bolivia. *Soil and Tillage Research*, 22, p. 371-381
- BARBER, R.G. (1995): Soil degradation in the tropical lowlands of Santa Cruz, eastern Bolivia. *Land Degradation & Rehabilitation* 6:95–107
- CIPCA. 1995. Plan general de riego, Provincia Cordillera. Equipo de Riego CIPCA – Cordillera. Camiri, Bolivia. 38p.
- CORDECRUZ, CIPCA, SACOA. 1992a. Diagnóstico Socioeconómico de la Colonia Chore. Volumen 3. Educación, vivienda, agua. Corporación regional de Desarrollo, Unidad de Planificación y proyectos. Santa Cruz.
- CORDECRUZ, CIPCA, SACOA. 1992a. Diagnóstico Socioeconómico de la Colonia San Julián. Volumen 3. Educación, vivienda, agua, Instituciones. Corporación regional de Desarrollo, Unidad de Planificación y proyectos. Santa Cruz.
- DAVIES, P. (1996): Valuing Soils in the Tropical Lowlands of Eastern Bolivia. In: P. Abelson(ed.), *Project Appraisal and Valuation of the Environment, General Principles and Six Case Studies in Developing Countries*. London: Macmillan Press
- Diagnóstico Integral, Municipio de Villa Montes. Proyecto Zonisig-APDS. DHV Consultants – ITC. Cooperación del Gobierno de los Países Bajos. Noviembre 2000.
- GEROLD, G. (2001): The pedo-ecological consequences of traditional and mechanised land use systems in the lowlands of Bolivia (Dep. Of Santa Cruz). *Proceedings of ICLD 3, session II, extended abstract*, p. 17
- GEROLD, G. (2002): Traditional and modern soil management techniques for sustainable land use in the lowlands of Bolivia (Santa Cruz). In: Faz, A., R. Ortiz, and A. R. Mermut (eds.): *Sustainable use and management of soils in arid and semiarid regions*. Vol. I, SUMASS 2002, p. 130 - 147
- GOBIERNO MUNICIPAL DE SAN JULIAN. 2001. Plan de desarrollo municipal de San Julián 2002-2006. Viceministerio de planificación estratégica y participación popular. Prefectura del departamento de Santa Cruz. Proyecto de inversión rural participativo PDCR II. Santa Cruz, Bolivia.
- GUAMÁN, C. A. (1988): Levantamiento integrado de recursos naturales sector Pailón-Pozo del Tigre Los Troncos (nivel de reconocimiento): estudio de suelos. Sección de recursos naturales, CORDECRUZ, Santa Cruz, Bolivia
- GUAMÁN, C. A. (1999): Estudio de Suelos del municipio Cabezas. Cooperación Técnica Boliviano-Alemana, Prefectura del Dpto. Santa Cruz – IP/GTZ, Proyecto Masrena. Santa Cruz de La Sierra, Bolivien
- IADB (2000): Strategic Environmental Assessment of the Santa Cruz - Puerto Suarez Corredor, Bolivia. Project No. TC-9904003-BO, final report
- INE (2002): Estadísticas del Departamento de Santa Cruz. Instituto Nacional de Estadística
- KAIMOWITZ, D. & A. ANGELSEN (1998): *Economic Models of Tropical Deforestation: A Review*. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR)
- KAIMOWITZ, D., P. MENDEZ, A. PUNTODEWO & J. VANCLAY (2002): *Spatial Regression Analysis of Deforestation in Santa Cruz, Bolivia*
- Kubach, T. M. (1997): Estudio de Suelos – Zona Centro Izozog (Cmd. Ivasiriri), Provincia Cordillera – Departamento Santa Cruz – Bolivia. Unpublished study, University of Goettingen
- MARKUSSEN, M. (2002): *Pedoökologische Folgen des mennonitischen Landnutzungssystemen im Oriente Boliviens* (Departamento Santa Cruz). *ibidem-Verlag Hannover*, 175 p. (ISBN 3-89821-189-4)
- MOLL, M. (1981): Problemas ecológicos en el desarrollo agrícola de Santa Cruz (Bolivia): Un estudio modelo. *Direktion für Entwicklungszusammenarbeit und humanitäre Hilfe. Eidgenoessisches Department für Auswaertige Angelegenheiten EDA, Bern*.
- OEA-CORDECRUZ. 1988. Proyecto Múltiple del Parapeti. Estudio de prefactibilidad. Santa Cruz, Bolivia. 34p.
- OEA-CORDECRUZ. 1992. Programa de Desarrollo Integral del Chaco Boliviano. Proyectos: Kapiguazuti, Piriti, Guirapukuti, Takuaremo. Santa Cruz, Bolivia.
- PACHECO, P. (1998) ; Estilos de desarrollo, deforestación y degradación de los bosques en las Tierras Bajas de Bolivia Unpublished report, Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario (CEDLA), La Paz, Bolivia: 389 pp.
- PLAN DE GESTIÓN TERRITORIAL TCO CHARAGUA NORTE. 2004 . Diagnóstico Socio Económico. Estrategia de Gestión Territorial sobre la base del Desarrollo Local Sostenible. CIPCA Centro de Investigación y Promoción del Campesinado y Asamblea del Pueblo Guaraní– Capitanía Parapitiguasu, Charagua, Bolivia.
- PLUS (1996): Memoria del PLUS – Plan del Uso del Suelo del Departamento de Santa Cruz, Bolivia. Cooperación Financiera del Gobierno Alemán – Prefectura del Departamento – Consorcio IP/CES/KWC, Santa Cruz
- POUILLY, M., BECK, S.G., MORAES, M. Y C. IBÁÑEZ. 2004. Diversidad biológica en la llanura de inundación del Río Mamoré. Importancia ecológica de la dinámica fluvial. Centro de Ecología Simón I. Patino, Santa Cruz, Bolivia. 383p.
- RAFIQPOOR, D., C. NOWICKI, R. VILLARPANDO, A. JARVIS, H. SOMMER, P. JONES & P.L. IBISCH (in press): The factor that most influences the distribution of biodiversity: the climate. In: Ibisch, P.L. & G. Mérida (Eds.): *Biodiversity: the richness of Bolivia*. State of knowledge and conservation. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación / Editorial Fan, Santa Cruz

-
- SANDOVAL CHOQUE, FREDDY. 2001. Caudal y Calidad de agua en cuatro quebradas. Charagua Norte, Provincia Cordillera. Tesis de grado, UAGRM. Ciencias Agrícolas.
- SILES LUJÁN, A., K. HITSUDA, S. KOBAYASHI. 1999. Evaluación de la calidad de aguas de ríos y pozos en las colonias Japonesas en Bolivia. Centro Tecnológico agropecuario en Bolivia (CETABOL) y Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Santa Cruz, Bolivia.
- STEININGER, M.K., C.J. TUCKER, P. ERSTS, T.J. KILLEEN, Z. VILLEGAS & S.B. HECHT (2001): Clearance and Fragmentation of Tropical Deciduous Forests in the Tierras Bajas, Santa Cruz, Bolivia. *Conservation Biology*, Vol. 15, No. 4, p. 856 – 866
- THIELE, G. (1995): Thiele, G. 1995. The displacement of settlers in the Amazon: the case of Santa Cruz, Bolivia. *Human Organization* Vol. 54, No. 3, p. 273–282
- VAN DIXHOORN, NICO. 1996. Manejo de agua en el Chaco Guarani. Cuadernos de investigación CIPCA 48. Serie SNV-Bolivia 15. Charagua, Santa Cruz.
- VAN DIXHOORN, NICO. 1996. Manejo de agua en el Chaco Guarani. Cuadernos de investigación no. 48. CIPCA. Serie SNV-Bolivia 15. Charagua, Santa Cruz, Bolivia.
- (TCO'S PARAPITIGUASU y CARAGUA NORTE) – Asamblea del pueblo guaraní“APG” : Plan de Gestion Territorial TCO Parapitiguasu. Diagnostico Socioeconómico y Estrategia de Gestion Territorial. 2004. CIPCA Centro de Investigación y Promoción del Campesinado y Asamblea del Pueblo Guarani– Capitanía Parapitiguasu, Charagua, Bolivia.