

Proyecto IDRC “F3” (Flatness, Flooding and Farming)

Reporte de visita a productores del Chaco Paraguayo

21, 22 y 23 de Agosto de 2012

Desde el proyecto: MD Nosetto 1, G Baldi 1, A Wehrle 2, F Murray 1, R Gimenez 1, P Magliano 1, JL Mercau 1, EG Jobbágy 1.

1: GEA Universidad Nacional de San Luis & CONICET, 2: Universidad Nacional de Asunción.

Desde el Chaco Paraguayo: Wilbert Harder, Albrecht Glatzle, Wilhelm Giesbrecht e integrantes del equipo técnico del SAP, Mathew, Lennard, Jenny, Alberto y Mark

Temas

- 1. Uso del territorio**
- 2. Organización e infraestructura**
- 3. Sistemas de producción**
- 4. Situación ecohidrológica**
- 5. Cosecha de agua**
- 6. Sugerencias**
- 7. Bibliografía**
- 8. Detalle del recorrido**

1- Uso del territorio

En la Región Occidental de la República de Paraguay (Chaco Paraguayo, 240.416 km²), el 17% del territorio se encuentra cultivado con pasturas y en -menor medida- con cereales, oleaginosas y cultivos industriales (Tabla 1). Las pasturas implantadas constituyen un continuo de comunidades vegetales típicamente herbáceas (e.g. *Panicum* spp., *Cenchrus ciliaris*, etc.), o arbustivas/arbóreas con un sotobosque de herbáceas (e.g. *Prosopis* spp.; 20-50 individuos*ha⁻¹). Como caso particular, existen en el territorio ~200 km² de pasturas implantadas con la leguminosa *Leucaena leucocephala*, constituyendo comunidades leñosas monoespecíficas con un sotobosque de herbáceas implantadas (Glatzle *et al.*, 2002, Glatzle, 2004). Solo una mínima fracción del territorio ha sido forestada con especies exóticas, principalmente *Melia azedarach*, las cuales se encuentran principalmente restringidas a los suelos más arenosos de los paleocausas. Los sistemas boscosos y de sabanas remanentes experimentan una alta y creciente tasa de reemplazo (>2,000 km²*año⁻¹) (Huang *et al.*, 2009, Mereles *et al.*, 2009, Casco Verna, 2011). Sin embargo, debido a las reglamentaciones vigentes, el proceso de desmonte con fines agropecuarios debe preservar un 40% de la superficie de la propiedad bajo el carácter de reserva natural (25%) o franjas de protección (15%) (SEAM - Fundación DeSdelChaco - Gobernación de Presidente Hayes, 2006). En la actualidad la SEAM raramente aprueba proyectos de desarrollo de fincas ganaderas con autorización para el desmonte de más de 50% de la finca.

La sociedad de la Región Occidental es multiétnica y con grandes diferencias socioeconómicas, que se traducen en distintos usuarios agropecuarios (Glatzle, 2004, Vázquez, 2007, Consorcio L. Berger - ICASA, 2010, ACOMEPA, 2011). Así, en el Chaco Central, se pueden distinguir usuarios locales indígenas (29,000), menonitas (15,500), y campesinos latino-paraguayos (8000), con una muy variada impronta en el territorio, tanto por la superficie que utilizan, como por las características estructurales de su producción (Tabla 2). Según Vázquez (2007), el área que emplean estos tres grupos de usuarios rondaría los 32,500 km². Por fuera de las colonias menonitas (Menno, Fernheim, y

Neuland) y campesinas (Campo Aceval, Santa Cecilia), y de las áreas indígenas, existe un vasto territorio (aproximadamente 207,500 km²) cuyo uso se encuentra dirigido por corporaciones agropecuarias de capital nacional o extranjero (principalmente del MERCOSUR y Asia), así como por particulares o cooperativas menonitas. El 72.9% del área que ocupan las comunidades Menonitas desde los años treinta actualmente se encuentra desmontada, mientras que esta proporción es solo del 13.5% en el territorio remanente del Chaco, donde desde fines de los noventa predominan distintas corporaciones agropecuarias. Así las mayores expectativas de cambio de uso se darán en este último territorio.

Figura 1. (a) Marco regional con los bosques xerófilos del Chaco (gris claro) y la Chiquitania (gris oscuro) y áreas desmontadas (amarillo). (b) Región occidental de la República de Paraguay con el área bajo coberturas no cultivadas (bosque y sabanas; verde oscuro y claro, respectivamente) y cultivadas (amarillo). (c) En dicha región, ubicación de usuarios agropecuarios. (d) División política municipal (a partir de Consorcio Louis Berger – ICASA, 2010) y (e) división distrital (a partir de REDIEX, 2009), resaltando en amarillo las unidades con presencia de colonos menonitas. Fuentes: para (a) (Killeen *et al.*, 2008, UMSEF, 2008, REDIEX, 2009, Volante *et al.*, 2011, Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección, inédito), (b) (Huang *et al.*, 2009, Consorcio Louis Berger - ICASA, 2010, Casco Verna, 2011, Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección, inédito), (c) (Vázquez, 2005, Vázquez, 2007, REDIEX, 2009).

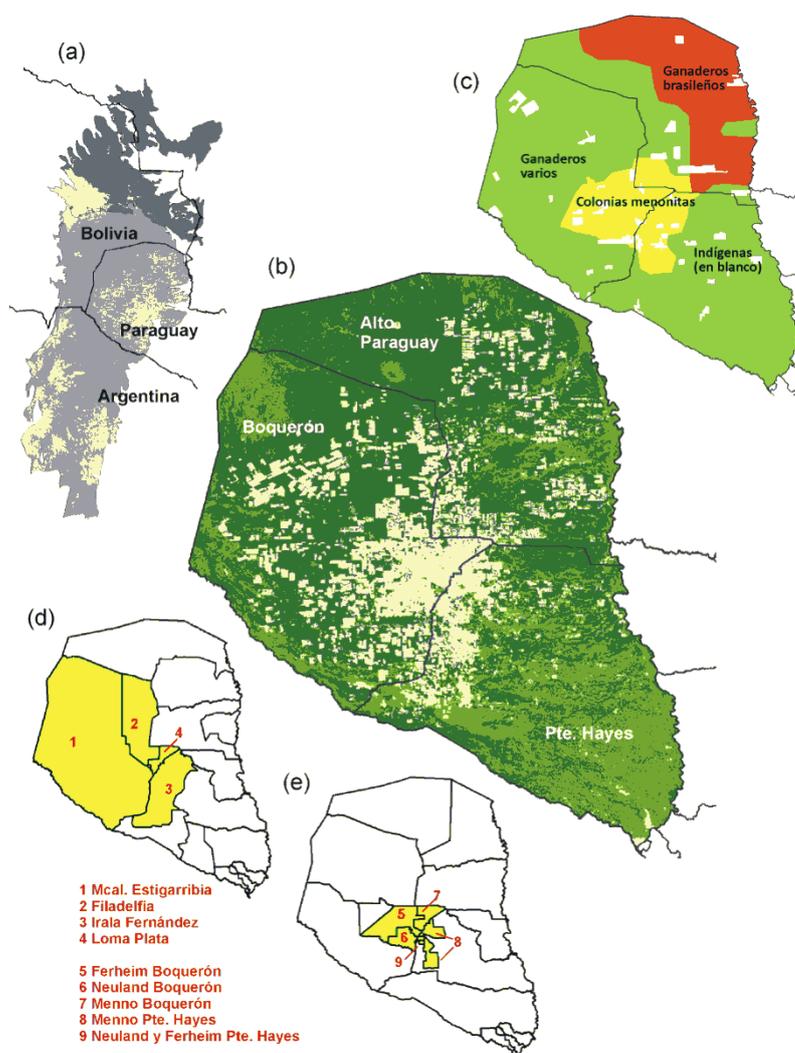


Tabla 1. Territorio desmontado con fines varios según división política en la Región Occidental de la República de Paraguay (Huang *et al.*, 2009, Consorcio Louis Berger - ICASA, 2010, Casco Verna, 2011, Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección, inédito).

		Área (km ²)	Desmontado (%)
Región Occidental		240,416	17.0
Departamento	Presidente Hayes	73,636	11.2
	Alto Paraguay	77,019	12.4
	Boquerón	89,519	25.8
Municipio (a partir de Consorcio Louis Berger – ICASA, 2010)	Loma Plata	1,819	88.7
	Irala Fernández	13,200	50.4
	Mcal. Estigarribia	73,300	21.7
	Filadelfia	14,400	38.3
Distrito (a partir de REDIEX, 2009)	Fernhein -Boqueron	6,392	65.8
	Fernhein -Pte. Hayes	152	94.4
	Menno -Boqueron	2,192	87.5
	Menno -Pte. Hayes	3,270	73.5
	Neuland -Boqueron	2,367	75.0
	Neuland -Pte. Hayes	143	95.3

Tabla 2. Usuarios agropecuarios de la Región Occidental de la República del Paraguay (Glatzle, 2004, Vázquez, 2005, Vázquez, 2007, Huang *et al.*, 2009, Mereles *et al.*, 2009, Consorcio L. Berger - ICASA, 2010, ACOMPEA, 2011).

Usuario agropecuario	Área de influencia (km ²)	Patrón espacial	Comienzo actividades agropecuarias	Orientación de la producción	Actividades dominantes
Colonias Menonitas (población local)	28,000	Agrupados en los paleo-causes hasta 1970-1980, luego constituyendo la matriz del paisaje. Tamaño de parcelas entre 100 y 1,000 ha. 	Menno 1927. Fernheim 1930 Neuland 1947.	Mercado externo nacional-internacional.	Inicialmente agricultura, luego pasturas. <i>Filadelfia</i> Pasturas (32.5%, 4665 km ²) <i>Irala Fernández</i> Pasturas (43%, 5650 km ²) <i>Loma Plata</i> Agricultura (6.5%, 120 km ²) Pasturas (82%, 1515 km ²) <i>Mcal. Estigarribia</i> Pasturas 18% (13,000 km ²) Ganadería sobre pasturas.
Corporaciones agroindustriales brasileñas (población externa)	45,500	Aislados. Tamaño de parcelas > 1,000 ha. 	1990	Mercado externo nacional-internacional	Ganadería sobre pasturas.
Corporaciones agroindustriales varias (población externa Paraguay, MERCOSUR, Asia)	162,000	Aislados. Tamaño de parcelas > 1,000 ha. 	1990	Mercado externo nacional-internacional	Ganadería sobre pasturas.
Indígenas (población local)	<i>Loma Plata</i> 120 <i>Mcal. Estigarribia</i> 3,700	Agrupados en paleocauces. Tamaño de parcelas < 100 ha. 	Histórica	Autoconsumo	Diversificada.
Campeños (población local)	605	Agrupados. Tamaño de parcelas < 100 ha.	Anterior a 1950	Autoconsumo y mercado local	Diversificada. 600 km ²

2-Organización e infraestructura

Los integrantes de la comunidad Menno se encuentran organizados formando parte de una asociación civil y una cooperativa. Estas organizaciones son las encargadas de planificar y gestionar los aspectos sociales y productivos para facilitar el acceso a los servicios básicos y el desarrollo de actividades económicas de una población de 9000 personas en un territorio que supera las 700.000 ha. Una alta proporción de los integrantes de la comunidad vive en el ámbito rural, ya sea en casas aisladas o formando aldeas y colonias dispersas, en unidades productivas que en muchos casos no superan las 500 ha. Esto determina la existencia de una densa red de caminos rurales, cuya transitabilidad es trascendental para la circulación de personas, maquinaria y productos. El costoso mantenimiento de estos caminos de tierra consolidada en un ambiente de textura limosa y frecuentes lluvias torrenciales es realizado por una cuadrilla de maquinas de la cooperativa.

Tanto en la ciudad como en las aldeas rurales existe una cadena de supermercados y estaciones de servicio pertenecientes a la cooperativa, que abastecen de alimentos y combustibles a la población. Ambas son de acceso público pero ofrecen un precio menor para los socios. Asimismo existen centros de asistencia sanitaria y escuelas. Existe un tendido de líneas de electricidad conectadas a la red nacional que cubren la demanda urbana y abarcan gran parte de la región rural. Esta constituye la principal fuente de energía, junto con el gas envasado, para iluminación, calefacción, cocción de alimentos, bombeo de agua, funcionamiento de motores industriales, etc. Algunas industrias utilizan leña de la zona para el funcionamiento de las calderas.

La totalidad del agua utilizada para consumo doméstico e industrial proviene de lluvia. A diferencia de la electricidad, no existe una red urbana de distribución de agua potable. En cada casa la mayor parte del agua utilizada proviene de la cosecha de lluvia en los techos de las casas, que se almacena en aljibes subterráneos. También existe la posibilidad de comprar agua potable a privados que realizan captación y tratamiento de agua de lluvia mediante tajamares (ver sección Cosecha de Agua), y la distribuyen mediante camiones cisterna. Las industrias existentes poseen cada una grandes áreas de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia, con dimensiones diseñadas para diferir y cubrir la demanda en años secos.

La industrialización, transporte y comercialización de los productos de los socios se realiza a través de la cooperativa. Inicialmente tuvo importancia económica el cultivo de algodón y de maní, para los cuales existen plantas procesadoras. Actualmente el principal ingreso proviene de la producción de leche y carne. La industria láctea inicia en la década de los '80 con la adquisición de maquinaria para envasado de leche larga vida. El frigorífico surge posteriormente, permitiendo faenar y procesar carne para abastecimiento interno y exportación, tanto en fresco como productos elaborados.

Asociado a estas actividades productivas, la cooperativa posee un sistema de asistencia técnica y de gestión económica de la producción. Incluye además campos de experimentación agrícola y cabañas de mejoramiento genético para venta de reproductores. La mayor parte de las tierras que posee la comunidad son propiedad de la cooperativa, a la cual los socios compran el derecho de uso, aunque algunos productores poseen también tierras que fueron compradas en forma privada. De esta manera la adquisición y en algunos casos el tipo de producción que se realiza en ellas (i.e. para tambos en zonas donde es necesario asegurar un mínimo de producción para la infraestructura de procesamiento de leche creada) se encuentra regulada. La cooperativa posee un rol activo de compra de nuevas tierras en la región y posterior fraccionamiento en unidades productivas de menos de 500 ha, que vende a sus socios al costo y en forma financiada.

3-Sistemas de producción

Se presentan las características sobresalientes de los sistemas de producción agrícolas y ganaderos visitados en el Chaco paraguayo (Loma Plata y alrededores), destacando los contrastes principales con zonas ambientalmente similares en el Chaco argentino (Quimilí y alrededores).

Producciones principales

Los sistemas de producción agrícolas y ganaderos en la porción del Chaco Paraguayo donde el principal actor en el territorio son las cooperativas creadas por las comunidades Menonitas (Chortitzer, Fernheim y Neuland) contrastan en varios sentidos con porciones similares del Chaco subhúmedo del norte Argentino. Aunque se respeta la ley para la habilitación de nuevos campos, la proporción desmontada en la zona supera el 70%, dada la temprana puesta en producción (desde 1927) bajo distintas reglamentaciones. Al habilitar tierras, el monte ha sido y es generador de actividades económicas como carbón, leña, carpintería, pero no es la base de la pujante economía local, que se construye sobre una producción ganadera y algo agrícola. Solo 10% del área desmontada se dedica a la producción de cultivos anuales y prácticamente no se siembra ni soja, ni maíz. También hay una creciente actividad hortícola en invernáculos y bajo riego, pero todavía no es una actividad que cubra mucha área. Alrededor del 90% del área desmontada se dedica a producción de carne y de leche sobre sistemas pastoriles con poco aporte de granos. Al hacer una comparación con el departamento Moreno (Noreste de Santiago del Estero, Argentina), cuya localidad principal es Quimilí, nos encontramos con algo menos de desmonte, un 60%, pero los cultivos anuales ya superan el 40% del área desmontada, con predominio de soja y donde el cultivo de maíz es un componente de creciente importancia en los sistemas agrícolas y forrajeros. En esta sección revisaremos rápidamente algunos aspectos del contexto que ayudan a entender parte de las diferencias.

Condicionantes climáticos

En la región conviven dos grandes **condicionantes climáticos** para la producción vegetal, i) la alta probabilidad de sequías en una muy amplia estación de crecimiento y ii) la ocurrencia de muy altas temperaturas. Las precipitaciones aumentan de oeste a este, desde 700 mm anuales en Mariscal Estigarribia hasta unos 900 mm un poco al este de Loma Plata. Utilizando la base CRU (1960-2000), las lluvias importantes comienzan en octubre, con una expectativa de 50 mm, entre noviembre y marzo llueven alrededor de 100 mm por mes, algo menos en abril y unos 50 mm en mayo (figura 2 inferior). En los meses más húmedos la demanda atmosférica supera 150 mm/mes (figura 2 inferior) y dada la variabilidad de las lluvias en esta época (CV 40%), es frecuente que los cultivos y pasturas sufran estrés hídrico. Entre junio y setiembre se esperan menos de 20 mm/mes de lluvia. Como la temperatura media se ubica sobre 18-20°C, y como solo ocurren 3-4 heladas no muy severas en algunos años, es posible el rebrote de algunas de las pasturas tropicales. Sin embargo, las escasas y muy variables lluvias en esta época (CV 100%), con una demanda potencial superior a 90 mm/mes, condicionan el crecimiento por falta de agua.

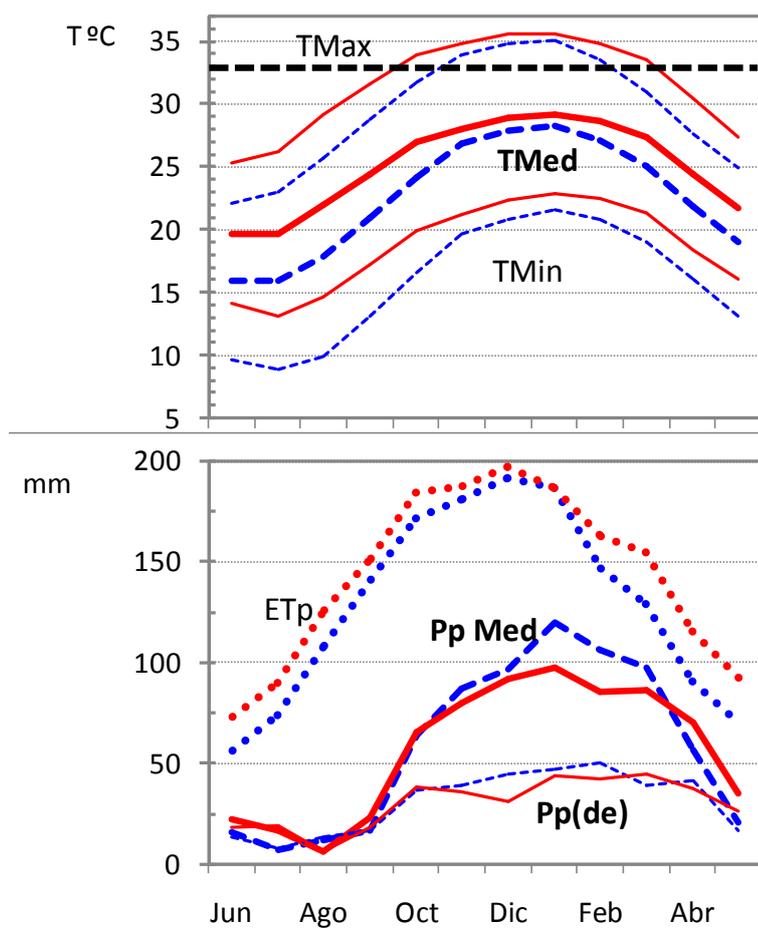


Figura 2: Valores de la Evapotranspiración de referencia media mensual, Precipitación media mensual y su desvío estándar (panel inferior, en mm por mes) y Temperaturas medias, mínimas y máximas medias (panel superior, en °C) para la Latitud y Longitud de Loma Plata (en Rojo) y Quimilí (en Azul) en base a la base de datos CRU (1960-2000).

La limitación hídrica y su variabilidad no son muy distintas a la de Quimilí. En esta localidad Argentina la posibilidad de crecimiento en invierno está un poco más restringida térmicamente y en enero-febrero hay algo más de lluvias. Sin embargo, hay otra diferencia que podría ser clave para entender parte del contraste en usos de la tierra. En Campo Gallo (en la misma zona de Santiago del Estero) la temperatura media máxima supera 33°C “solo” entre noviembre y febrero, mientras que en Mariscal Estigarribia lo hace entre octubre y marzo inclusive, promediando 34.3 y 34.7 en esos períodos respectivamente. Las muy altas temperaturas generan daños en muchos cultivos, especialmente en etapas reproductivas, generando reducciones de producción o mayores restricciones en el armado de estrategias de producción.

Suelos

Las cooperativas se ubican sobre una planicie aluvial de escasa pendiente regional construida por antiguos cauces del Río Pilcomayo. En la matriz del paisaje predominan **suelos franco limosos o franco arcillo limosos profundos** (Cambisoles y Luvisoles). Menos del 5% del área está cubierta por antiguos cauces del río (paleocauces) y tienen suelos Arenos Francos (Regosoles), cabe notar, que por su menor cobertura arbórea original, estos fueron los primeros ambientes dedicados a la agricultura en la región, cuando las tareas de desmonte se realizaban manualmente y eran muy costosas. Hacia el este de la región crece la superficie de suelos de textura más fina, que presentan anegamientos temporarios (Gleysoles) y/o problemas de salinidad-alcalinidad (Solonetz). Para la agricultura los suelos limosos presentan dos características clave: i) por su gran capacidad de retención (130-150 mm/m) pueden ser útiles para diferir agua desde un momento a otro de año, y ii) las pérdidas por escurrimiento y evaporación pueden ser importantes y son muy sensibles al manejo. La sensibilidad de las etapas reproductivas es crítica para producir grano en cultivos anuales, sin embargo, a

diferencia de las especies que vegetan todo el año, brindan la posibilidad de trasladar agua entre estaciones moderando esta limitación. La cobertura de rastrojos aumenta la infiltración y reduce la evaporación aumentando la eficiencia de captación de agua de lluvia para los cultivos. Esa respuesta se ha documentado en varias partes del Chaco Argentino, donde también predomina este tipo de suelos en un paisaje similar. En la zona de Quimilí, por ejemplo, se ha detectado una gran respuesta a la incorporación de maíz en secuencia anual con soja o la siembra de un trigo posterior a la soja. Este mismo tipo de efectos fue comentado también en la recorrida por miembros del SAP, asociados al deterioro de las pasturas y al efecto benéfico de una gramínea, en este caso el sorgo, en las secuencias agrícolas.

Napas

La **napa freática** (ver la sección “4-Situación Ecohidrológica”) puede estar cerca o lejos de la superficie en el paisaje de esta región del Chaco paraguayo. En general tiene niveles de salinidad desde elevados a muy elevados. Sabemos que con napas con baja salinidad (menor a 2-4 dS/m), una profundidad de 1.5 a 2 metros puede permitir a un cultivo sacar el agua que necesita aún en un día normal de verano. En las épocas de baja demanda, el consumo de napas salinas (mayores a 4-6 dS/m) puede permitir un buen nivel de producción, pero difícilmente eviten que un cultivo o pastura sufra estrés hídrico en la mayor parte del año en el Chaco paraguayo. Donde las napas están cerca, y dentro de un rango de salinidad que es especie dependiente, el aporte de agua permitiría sostener mejores rendimientos de algunas pasturas tropicales, e incluso algunos cultivos conocidos por su buen comportamiento, como algodón, cártamo y sorgo (tal vez hasta 10-12 dS/m). En la zona de Quimilí las napas están más lejos de la superficie, sin embargo, un poco más al sur, en Bandera, también las napas se encuentran cerca de la superficie en parte del paisaje y en algunos casos son saladas.

Cultivos principales

Históricamente el **algodón, el maní y el sésamo** han sido los cultivos anuales más sembrados, a los que se han ido agregando **sorgo granífero** y recientemente **cártamo**. Las cooperativas tienen desmotadoras de Algodón y venden fardos y también semilla. Se produce expeller para concentrados y aceite que en algún caso se usa para producir biodiesel. El sésamo y el maní se exportan en su mayoría. El sorgo tiene como principal destino el grano para animales y es el aporte energético para la producción de concentrados. En el Chaco subhúmedo (Argentino y Paraguayo) una estrategia muy usada en los cultivos de verano es demorar la siembra acumulando en el suelo las lluvias de noviembre, diciembre y parte de enero. Además eso permite colocar las etapas más críticas de los cultivos a fin de febrero/marzo, con menor demanda atmosférica, menos probabilidades de daños por alta temperatura, y todavía buenas lluvias.

Una secuencia bastante usada en algunos campos de los socios de la cooperativa, que hace uso de esa estrategia, es la de Algodón con Sorgo. El aporte de rastrojo que realiza este último al sistema permite además mayores eficiencias de barbecho (fracción del agua de lluvia del período que queda disponible en el suelo para el próximo cultivo). Ambos cultivos son capaces de lograr buenos niveles de producción con algo de estrés hídrico. El sorgo también se inserta en campos ganaderos como un cultivo de transición cuando se renuevan pasturas tropicales, aprovechando la remoción se hace un par de campañas agrícolas. El consumo por pájaros es un problema grave para la producción de sorgo, en argentina contribuye a que el cultivo solo en algunos ambientes sea preferido al maíz. De los cultivos realizados, el cártamo es el único de invierno que además, por sus raíces profundas, es capaz de construir un buen rinde con el agua almacenada en el suelo a la siembra. Es una estrategia

adecuada para usar el agua de los otoños excepcionalmente húmedos, aunque sin lluvias primaverales, se hace esencial un buen barbecho para la siembra del siguiente cultivo estival.

La **producción de soja y maíz** es nula o incipiente en la región. Un condicionante al aumento del área, especialmente en maíz, tal vez lo constituya la no aprobación del uso de transgénicos. Esta tecnología aplicada a la protección contra lepidópteros (los eventos MG, TDMax, Hx y Viptera entre otros) es una de las claves de la expansión de maíz en el norte argentino. Esta restricción acaba de ser levantada en Paraguay y varios materiales genéticos de buen comportamiento en siembras tardías del norte de Argentina podrían difundirse rápidamente. Sin embargo, para el maíz, y tal vez aún más para la soja, la condicionante más fuerte parece asociada a las **temperaturas máximas**. Para evitar ese estrés y también reducir el hídrico, en Quimilí se logran muy buenos resultados en maíz y soja con siembras que se extienden entre mediados de diciembre y todo enero, según el suelo y la condición inicial de recarga. Al extenderse los meses de calor, el desafío en Paraguay parece ser diseñar siembras en promedio más tardías para estos cultivos. Al estar más al norte la menor rigurosidad térmica y mayor carga de radiación del otoño lo harían factible. Sin embargo, ese camino de desarrollo todavía debe recorrerse.

Base forrajera

La **base forrajera** para la ganadería son las pasturas de gramíneas tropicales. El monte, que prácticamente carece de un estrato con gramíneas, no tiene uso forrajero; solo en algunos casos al desmontar se mantienen unos pocos arbustos que complementan a las gramíneas implantadas. También en pasturas viejas se adopta cada vez más el método de dejar regenerar especies leñosas espontáneas, parcialmente forrajeras, como por ejemplo Algarrobo, Carandá y Capparistweediana. Coincidentemente, en los departamentos de la provincia de Santiago del Estero la carga animal que soportan tiene una relación lineal con la proporción de pasturas implantadas que sugiere una receptividad de 20:1 para pasturas vs. monte. La mayor parte del ganado de los socios de las cooperativas, y en general en la zona, se cría y termina sobre pasturas, mayormente GattonPanic (*Panicummaximun*), consociadas con una superficie creciente de la leguminosa arbustiva Leucaena (*Leucaenaleucocephala*). Bien manejada, la Leucaena mejora la calidad de la dieta y aumenta las ganancias diarias de los bovinos. Cabe destacar que la introducción de un inóculo microbiano ruminal en el ganado de la región, procedente directamente de Australia, resulto clave para que la actividad tóxica de la mimosina presente en Leucaena, fuese neutralizada por el ganado.

Posiblemente la incorporación de esta leguminosa perenne incremente también la productividad de forraje total del sistema consociado vs. alternativas puras. Además, por sus raíces profundas, podría utilizar agua que drenó de los horizontes que exploran los pastos, aumentando la eficiencia y estabilidad de la producción forrajera. Otro beneficio de la consociación, aparentemente, es el aporte de nitrógeno al sistema. El uso de fertilizantes no es una práctica corriente en la región, tampoco en el Chaco Argentino, y la pérdida de las pasturas de Gatton Panic en la medida que pasan los años desde el desmonte, es un fenómeno observado en la zona y también en la Argentina. La caída parece relacionada a la pérdida de fertilidad y la consociación con Leucaena lograría al menos atenuarla. La dieta, especialmente en los tambos, se complementa con concentrados (expellers de algodón y maní, sorgo, etc), grano de sorgo propio y algo de ensilaje. En cambio muchos sistemas de recría y engorde en Argentina hacen mayor uso del grano y también del silo de maíz. No obstante, el contraste más fuerte con el Chaco argentino no es el sistema de producción, sino la potenciación de los sistemas ganaderos en Paraguay a partir del agregado de valor en la región.

Agroindustria

Las cooperativas Menonitas **incorporan gran valor agregado a la producción, especialmente la ganadera**. Tienen una fuerte industria frigorífica que hace fiambres y exporta cortes al vacío y ha sabido manejar crisis de mercado como el reciente brote de aftosa en Paraguay. Esa industria se complementó en los últimos años con una curtiembre, agregándole valor a los cueros. Aún más importante es la industria láctea de las cooperativas, que aprovechando la cultura de producción láctea y de quesos de los colonos, supo potenciarla, siendo hoy los principales proveedores en Paraguay y exportando. A su vez las cooperativas generan mejores insumos para la ganadería. Son productores de genética y administran rodeos y campos con ese fin. Además, elaboran concentrados energéticos y proteicos, permitiendo un uso más integral de los granos producidos localmente. Toda esta captura local del valor agregado permite a las asociaciones civiles de la comunidad, vinculadas a las cooperativas, mejorar la infraestructura de las ciudades (hospitales, colegios, centros de capacitación técnica, caminos, etc) traccionados por la demanda de los propios socios y empleados en esos procesos. En el presente esta superestructura parece ser el principal determinante de las diferencias en uso de la tierra en el Chaco argentino y el paraguayo. Muy posiblemente los cambios en el uso de la tierra que se observen a futuro dependerá que nuevas estrategias de agregado de valor se emprendan y del grado de éxito que tengan.

Papel clave de cosecha de agua

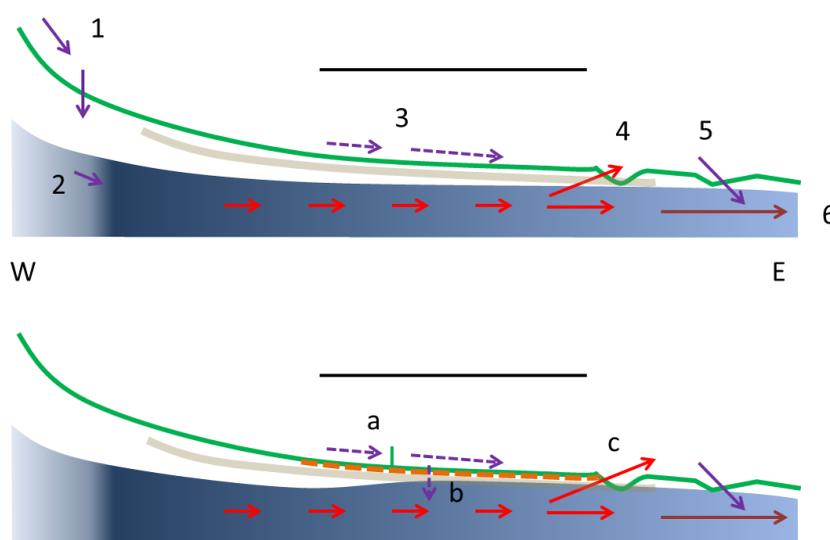
El **manejo del agua de lluvia** (ver sección "5-Cosecha de Agua") también genera diferencias. Uno de los condicionantes de la expansión de la ganadería en algunos lugares del chaco argentino ha sido la falta de agua para bebida. Históricamente se diferenció mucho el precio entre campos con buena o mala agua para los animales, la expansión agrícola cambió rápidamente esas relaciones. Sin embargo, el manejo que hacen en Paraguay demuestra que se puede superar ampliamente la limitante de agua para ganadería. Una tecnología que, en los últimos años, varios grupos de productores argentinos han ido a aprender de las cooperativas. Con sistemas de riego por goteo algunos productores en Loma Plata están realizando riego complementario de cultivos extensivos y también sistemas de cultivos más intensivos. Asimismo, en algunos establecimientos hay invernáculos que dependen completamente de esos sistemas de captación de agua.

4-Situación ecohidrológica

El Chaco Paraguayo tiene tres características distintivas que dictan la interacción entre el sistema hidrológico y la vegetación, tanto natural como cultivada. En primer lugar se destaca el relieve **extremadamente plano** propio de una gran fracción del Gran Chaco y en general del centro del continente sudamericano. En el Chaco Paraguayo este relieve plano surge de la acumulación de sedimentos fluviales y su retrabajo eólico en una gran depresión tectónica. El segundo aspecto sobresaliente de este territorio es el **balance hídrico preponderantemente negativo**, resultante de un clima semiárido a subhúmedo y de una cobertura natural de vegetación leñosa. Finalmente, la llanura aluvial del Chaco Paraguayo mantiene hasta el presente el aporte de agua y sedimentos cordillerano del Río Pilcomayo. La historia de **"tránsito" trans-regional de agua** en este territorio desde la cordillera al Río Paraguay implica la presencia de paleocauces y cauces con actividad intermitente. A diferencia de llanuras eólicas como la pampeana en las que el movimiento horizontal de agua se ve impedido por la combinación de bajas pendientes regionales y cordones medanosos, los paleocauces pueden facilitar el movimiento de excesos hídricos a pesar del relieve regional tan plano.

El relieve plano y el balance hídrico negativo hacen que esta región comparta con otras zonas del Chaco, y con llanuras semiáridas de otros continentes, una situación de recarga hidrológica nula. La precipitación local es evapotranspirada en forma exhaustiva y el drenaje profundo es virtualmente nulo. En ese contexto, los primeros metros del perfil de los suelos en estas áreas acumulan una gran cantidad de sales derivadas de la deposición atmosférica y de la meteorización de rocas. A diferencia de otras llanuras semiáridas y subhúmedas, el tránsito trans-regional de agua genera condiciones para la redistribución y acumulación temporaria de los ocasionales excesos hídricos. Eso no solo se limita al agua de escorrentía superficial, sino que también los cauces y paleocauces muestran actualmente surgentes o “seeps” de agua subterránea, en particular hacia el este de la región donde las condiciones son más húmedas.

Figura 3. Perfil esquemático W-E del Chaco Boliviano-Paraguay representando el sistema hidrológico subterráneo (en distintos tonos de azul según salinidad, más oscuro más salado) y sus flujos dulces (flechas violetas) y salados (flechas rojas). La región visitada se representa con la línea negra superior. En Bolivia se produce la recarga en el frente montañoso (1-2). En la figura superior no hay recarga en la llanura y se acumulan sales en la zona no saturada (banda gris). Los ocasionales excesos hídricos causan flujos horizontales intermitentes (3) desacoplados del acuífero. Hacia el este, en zonas bajas del paisaje



como lagunas o cañadas el sistema freático descarga en superficie y forma cursos permanente salinos (4). Más hacia el este, donde el clima es más húmedo se produce recarga en zonas de bañados y bajos y el acuífero se vuelve gradualmente más dulce. La figura inferior ilustra posibles alteraciones a este régimen de flujo. La elaboración de diques o embalses que retengan los flujos intermitentes de agua dulce (a) pueden alterar la composición de aguas superficiales. La presencia de áreas agrícolas (línea amarilla segmentada) puede provocar mayores recargas (b) elevando los niveles freáticos e incrementando las descargas o “seeps” salinos (c).

Observaciones

Las observaciones realizadas en la recorrida y los antecedentes de investigación de técnicos locales y otros trabajos publicados por visitantes anteriores a la región, indican una acumulación muy importante de sales en la zona no saturada y saturada. Puede asumirse que la gran mayoría del paisaje hospeda un acuífero freático de muy alta salinidad que sólo ocasionalmente puede tener aguas menos salobres en superficie (las posibles causas de estas anomalías locales se discuten abajo). Esta situación coincide con descripciones de mayor extensión geográfica que muestran un alto aumento de la salinidad desde la cordillera hacia la llanura y un nivel sostenido de salinidad hacia las llanuras más húmedas del este (Figura 3). Las muestras de agua tomadas en la recorrida se presentan en la tabla 3, al final de esta sección.

La recorrida por el área agrícola de la colonia permitió identificar situaciones hidrológicas que pueden condicionar la producción agropecuaria y que a su vez parecen sensibles al tipo de uso y manejo al que están sujetas las tierras. La primer observación relevante es la **presencia generalizada de aguas**

freáticas de alta salinidad (10 a 50 dS/cm), que aparecen cerca de la superficie en perforaciones, y que, con más frecuencia hacia el este de la región, descargan naturalmente en cañadas de ríos intermitentes (“seeps” salinos”). Un segundo conjunto de observaciones es sobre la **presencia localizada de cuerpos de agua dulce**. Estos parecen responder a ocasionales excesos hídricos por lluvia acompañados de escurrimiento superficial, conducción y acumulación en paleocauces o cauces intermitentes. A escala regional este año se observó este fenómeno en el Pilcomayo y a escala más local los técnicos de la cooperativa nos mostraron casos concretos también en años anteriores que en un caso los ha llevado a construir obras para conducir la escorrentía y evitar inundaciones en una aldea. Un aspecto destacado es que varias observaciones sugieren que este **sistema superficial de agua dulce esta “apoyado” sobre uno más regional de aguas saladas**. En laguna “La Bombacha” pudo constatarse la presencia de un fuerte gradiente de incremento de la salinidad desde la superficie al fondo que indica que el agua dulce reposa sobre un lecho en el cual hay descarga de aguas freáticas salinas. En la laguna en la que se condujo el estudio liderado por el Dr. Glatzle se observó la coexistencia de agua dulce superficial con aguas freáticas muy salinas a menos de 20 m de la laguna apoyando lo anterior. El balance de aportes superficiales dulces que son retenidos y la descarga subterránea salina son la clave que decide la calidad de las aguas superficiales. Por ejemplo, ante épocas lluviosas con excedentes hídricos puede esperarse que el aporte dulce superficial se incremente en forma inmediata y expanda los cuerpos dulces, sin embargo, en plazos más largos (i.e. con cierto “delay”), el sistema subterráneo también puede incrementar sus niveles y su descarga generando relaciones complejas entre exceso hídrico y abundancia de cuerpos dulces vs. salados. Los cambios de salinidad de las lagunas, comentados por los miembros del SAP, podrían responder a esta realidad compleja a la que se suma el manejo de la retención de agua. Por ejemplo, el embalse o endicado de agua de escurrimiento podría generar cuerpos dulces arriba del embalse pero favorecer el afloramiento de aguas saladas debajo del embalse en zonas que dejan da captar escurrimiento pero que reciben una presión hidráulica mayor.

Una tercera observación es que en algunas zonas se encontró el **nivel freático a profundidades accesibles para la vegetación**. Esto tiene varias implicancias hidrológicas. En primer lugar cabe esperar consumo de agua freática y menor dependencia de las lluvias por vegetación natural o cultivos, siempre y cuando i) la profundidad sea aproximadamente menos de un metro más que la de las raíces (posibilidad de acceso a la zona capilar) y,ii) la salinidad de estas aguas sea tolerable para las plantas que la alcanzan. Esto último posiblemente se verifique en pocas situaciones, pero es importante notar que los cultivos de sorgo, cártamo y algodón están entre los tolerantes a la salinidad, y que la vegetación natural tiene componentes tolerantes también. La presencia de niveles freáticos superficiales representa también una amenaza para los cultivos cuando esta llega a superar umbrales muy superficiales causando anoxia y/o dificultando las labores. Si a esto se suma la alta salinidad, que al reducir la posibilidad de consumo favorece el ascenso y que en el mediano plazo puede generar daños al perfil y la superficie, se comprende la necesidad de tener en cuenta la dinámica de las napas cercanas. Aunque se observaron lotes con síntomas de salinización asociada a napas salinas cercanas a superficie, lo más notable, que surge de observaciones de los técnicos del SAP, es la presencia bajo cubiertas agrícolas de aguas freáticas más dulces que son factibles de manejar.

Es importante destacar que **no se conocieron hasta ahora indicaciones de ascensos freáticos causados por el avance de agricultura y pasturas**. En varias llanuras semiáridas del mundo se ha encontrado un incremento en la recarga, seguida de ascensos freáticos y salinización, cuando bosque secos son reemplazados por cultivos. Las observaciones en la región del Chaco Paraguayo sugieren que este tipo de manifestación actualmente no es generalizada, si es que tiene lugar en absoluto.

Estos ascensos, si fuesen importantes, deberían (i) ser más intensos en las zonas desmontadas hace más tiempo, (ii) en el centro de las áreas de desmonte más grandes, (iii) al este de la región donde el clima es más húmedo y los niveles más superficiales y además (iv) deberían mostrar, al margen de las fluctuaciones climáticas, una tendencia de ascenso sostenida en el plazo de décadas. La información recabada por el SAP y por otros técnicos en la región puede ayudar a explorar estas predicciones. Estudios de este tipo de problemática en San Luis sugieren que las pasturas generan recargas mucho menores que la agricultura y esto podría explicar la aparente estabilidad hidráulica del área recorrida en el Chaco Paraguayo, que hoy está desmontada pero fundamentalmente ocupada por pasturas de Gaton Panic. A su vez el remanente de cortinas y reservas, árboles aislados, o pequeñas islas de monte nativo, que tienen un impacto hídrico mayor al área que ocupan, podría ayudar a mantener los niveles de las napas salobres lejos de la superficie. Es importante, sin embargo, prestar atención a las recargas, niveles freáticos y salinidad bajo el uso pasturil con distintos diseños y bajo el uso agrícola.

Otra posibilidad, que no se debe desconocer en la situación geomorfológica del Chaco Paraguayo, es que las fluctuaciones de niveles freáticos causadas por la variabilidad climática excedan a las causadas por los cambios en el uso de la tierra. Si bien los excesos hídricos netos son raros en bosques semiáridos, el escurrimiento superficial y concentración de agua en zonas bajas, favorecido por la red de cauces y paleocauces, puede gatillar ascensos freáticos más generalizados. Cabe destacar también que este mecanismo de ascenso freático podría verse realizado si los usos agrícolas y pasturiles del territorio generan un mayor escurrimiento superficial que el propio de los bosques. Es interesante destacar que en otras regiones del mundo las situaciones más extremas de ascenso freático y salinización causada por actividad agrícola suelen ir acompañadas de mortandad de la vegetación natural, como producto de condiciones de anegamiento y salinidad que esta nunca había experimentado con anterioridad. No se encontraron síntomas de este tipo en la recorrida. Esto puede ser producto de que (a) las alteraciones hidráulicas por desmonte no son (al menos aún) importantes y/o (b) el sistema naturalmente ha estado sujeto a fluctuaciones de niveles y salinidad y su vegetación nativa está adaptada a esta situación.

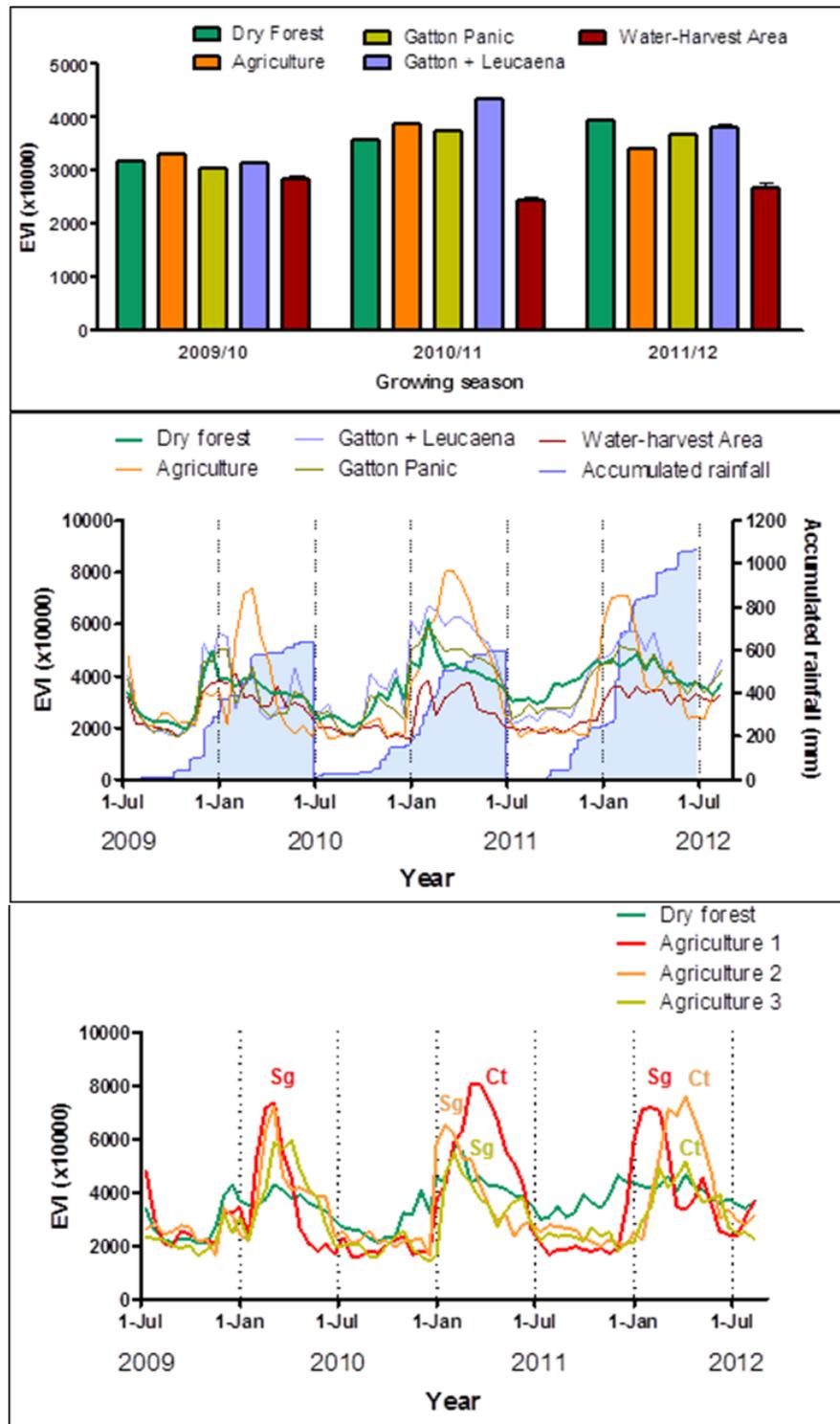
Por último, hay situaciones de balance hídrico más extremo que merecen atención si bien su distribución es muy localizada y su área de influencia mínima. La primera tiene que ver con la **cosecha y almacenamiento de agua**. Si bien las áreas de cosecha están destinadas a maximizar la escorrentía, la falta de vegetación en ellas puede también favorecer el drenaje profundo y la recarga. Un ascenso freático en estas zonas provocaría su deterioro y contaminación con sales. Es apropiado monitorear este flujo muestrándolas en profundidad y siguiendo sus niveles freáticos. A escala mucho más local, pero no menos importante, surge el problema de la presión hidráulica ejercida por los tanques y la posibilidad de que la misma genere “seeps” salinos en los tajamares o pulmones. Este parece ser el caso de la situación observada en el tanque de Paratodo. La otra situación aún poco común en la región es la del riego. Aquí, el suplemento de agua puede incrementar la recarga y provocar ascensos freáticos y salinización, proceso que globalmente suele ser mucho más común bajo riego que bajo secano. La aplicación austera de láminas excedentes y una buena distribución del agua dentro de los lotes son clave para minimizar este problema.

Indices verdes satelitales

Los índices verdes evaluados con satélites permiten obtener una medida semicuantitativa de la actividad de la vegetación y su consumo de agua. El análisis realizado para varios lotes del área visitada a partir de imágenes de EVI del satélite MODIS para las campañas 2009-2010, 2010-2011 y

2011-2012 muestran un máxima actividad para las pasturas de Gatton Panic y Leucaena, seguidos por el monte, la agricultura y las pasturas de Gatton Panic solo, mientras que las áreas de cosecha muestran los menores valores. Es interesante destacar que en el año más húmedo la agricultura tuvo una menor respuesta en su verdor que el monte (Figura 4). A nivel estacional se encuentra diferencias más marcadas, con contrastes entre máximo y mínimo mayores para agricultura, que alcanza un pico en verano tardío y oscilaciones entre máximo y mínimo menores para pasturas (pico más temprano) y aun menores para el monte (pico menos definido) (Figura 3). Pueden seguirse con facilidad los ciclos de distintos cultivos y se reconocen los rebrotes mencionados por los técnicos locales (Figura 4).

Figura 4. Índice verde satelital (EVI) para distintos tipos de cobertura del área recorrida. El primer panel muestra los valores medios anuales. El segundo panel muestra los valores de lluvia acumulada desde el 1ero de Julio de cada campaña y superpuestas las curvas de EVI basadas en valores obtenidos cada 16 días. El último panel muestra la marcha de cuatro situaciones correspondientes a monte (dryforest), agricultura en áreas recientemente desmontadas con alta producción y buena cubierta de rastrojo (agricultura 1 y 2) y en áreas calvas (agricultura 3).



Análisis de salinidad de aguas:

A lo largo del recorrido (ver "8-Detalle del recorrido") se fueron tomando muestras de agua de napas y de distintas posiciones en cuerpos de agua libre.

Tabla 3. Determinaciones de pH, Cloruros (Cl, ppm) y Conductividad eléctrica (CE, dS/m) realizadas en el laboratorio del GEA. De las muestras 3 y 15b solo se cuenta con el dato de CE medido con un equipo de precisión en el campo.

Muestra	Descripción del sitio	Ubicación		Fecha de muestreo	Determinaciones en laboratorio*		
		Lat	Long		pH	CL ppm	CE (dS/m)
0	Campo inundado	-22.428	-59.663	22/08/2012	7.8	25	0.3
1	Agricultura de secano (lote de algodón)	-22.469	-59.578	23/08/2012	8.2	523	8.8
2	Banquina inundada	-22.529	-59.637	23/08/2012	8.3	8630	31.0
3	Laguna dulce sobre paleocauce salinizada por ascenso de napas	-22.529	-59.564	23/08/2012	-	-	9.2
4	Laguna cerrada salina	-22.583	-59.546	23/08/2012	8.9	13015	39.2
5	Laguna dulce casco Campo María	-22.625	-59.546	23/08/2012	8.0	70	0.5
6	Laguna dulce (sitio experimental de Glatzle)	-22.624	-59.332	23/08/2012	8.2	372	1.2
7	Napa próxima a la laguna de la parada 6	-22.624	-59.332	23/08/2012	8.0	11302	36.6
8	Pulmon tajamar Campo María	-22.624	-59.363	23/08/2012	8.3	26	0.2
9	Reservorio tajamar Campo María	-22.624	-59.362	23/08/2012	8.4	75	0.6
10	Riacho salino (aguas abajo)	-22.653	-59.614	23/08/2012	8.8	15916	48.7
11	Afloramiento salino (SEEP)	-22.653	-59.614	23/08/2012	8.8	17509	51.9
12	Riacho salino (aguas arriba)	-22.620	-59.683	23/08/2012	8.2	4414	13.3
13	Río Verde	-23.080	-59.700	24/08/2012	8.3	1707	6.5
14	Puente, afluente río verde (hacia laguna Bombacha)	-23.093	-59.664	24/08/2012	7.6	574	2.4
15	Río verde desborde laguna bombacha	-23.079	-59.654	24/08/2012	8.3	12177	39.6
15b	Medición en campo de Río Verde	-23.079	-59.653	24/08/2012	-	-	15.1
16	Tajamar reservorio riego Willy	-23.280	-59.658	24/08/2012	8.2	313	1.6
16B	Pulmon riego Willy (SEEP 1)	-23.279	-59.658	24/08/2012	8.6	5342	26.0
16C	Pulmon riego Willy (SEEP 2)	-23.279	-59.658	24/08/2012	8.5	5784	27.0

5-Cosecha de agua

El éxito del desarrollo de las comunidades menonitas en el Chaco Paraguayo se debe, en gran parte, a la capacidad de utilizar el agua de las precipitaciones. El Chaco es un lugar de difícil acceso al agua líquida por parte de la población, debido a que: carece de montañas o sierras (generadores de agua líquida) y/o de napas freáticas de buena calidad, tiene escasos ríos o cuerpos de agua superficiales, tiene una relación PPT/ETP = 0,5. Estas condiciones obligaron a los colonos a utilizar el agua de las precipitaciones exclusivamente, asumiendo el doble desafío de lograr su recolección y almacenarla eficientemente sin perder calidad.

Desde su instalación en el Chaco Paraguayo, los colonos, realizan estructuras artificiales de captación y almacenamiento de agua de lluvias a nivel, conocidas como tajamares. Los primeros se realizaban a mano, o con la ayuda de mulas y carretas. A partir de 1970, se comenzaron a realizar las primeras grandes estructuras (similares en su forma a las que se realizan en la actualidad), con el uso de maquinarias de campo y viales. Actualmente existen un número inmenso de empresas que prestan servicios de esta índole. Estas obras de ingeniería son similares a otras realizadas en Australia, Israel y experiencias propias. El sistema consta de generar un área de captación y conducción de agua de lluvia hacia un tajamar (denominado pulmón), y luego bombearla a un segundo tajamar (denominado reservorio) donde se almacena a varios metros por encima de la superficie circundante (Figura 6).

1) Área de captación: es una superficie del terreno destinada específicamente para la cosecha de agua de lluvia donde se elimina la vegetación, se encamellona al suelo y se generan canales que conducen el agua hacia un punto determinado, denominado tajamar pulmón. Es una imitación de un camino terraplenado, al cual se mantiene sin vegetación para generar la máxima eficiencia posible, y no se pretende ningún otro uso a dicho terreno. En la Tabla 4 y la figura 5 se muestran las eficiencias según el volumen de la lluvia y la posibilidad de cargar agua mes por mes.

Tabla 4. Tamaño de lluvias y potencial de acumulación de agua con superficie de captación de agua con Umbral de captación de 15 mm de lluvia (fuente: Harder, Wilbert, SAP Cooperativa Chortitzer)

Tamaño de lluvia (mm)	Frecuencia anual de ocurrencia	Cantidad de agua por año		Porcentaje de eficiencia de captación de agua con superficie de captación	Potencial de captación de agua	
		mm	%		m3/año	%
< 10	13,8	73,6	7,6	0,00	0,0	0,0
10 – 19	11,8	159,6	16,5	30,0	479	7,7
20 – 29	5,3	124,5	12,8	60,0	747	12,1
30 – 39	4,0	154,9	16,0	71,0	1100	17,8
40 – 49	1,9	82,5	8,5	77,0	635	10,3
50 – 59	1,8	93,4	9,6	81,0	757	12,2
60 – 69	0,5	31,6	3,3	85,0	269	4,3
70 – 79	1,1	84,6	8,7	87,0	736	11,9
80 – 89	0,8	62,8	6,5	88,0	553	8,9
90 – 99	0,3	23,6	2,4	89,0	210	3,4
> 100	0,6	78,8	8,1	90,0	709	11,4

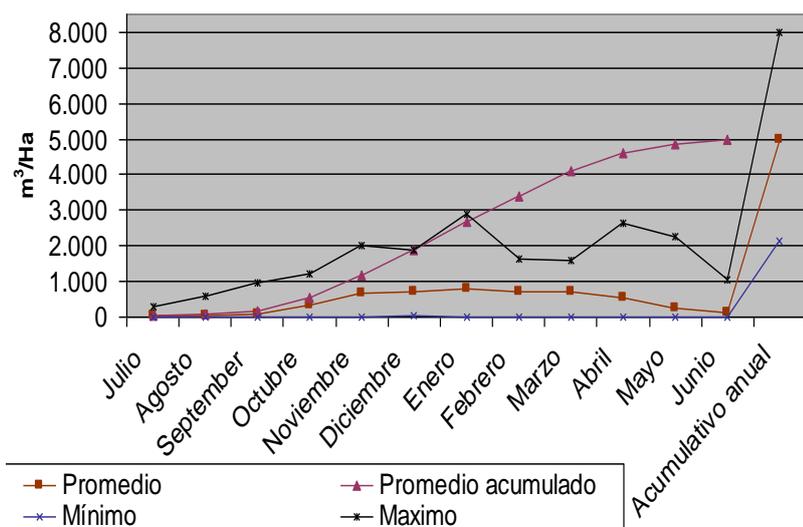


Figura 5. Potencial anual de cosecha de agua con áreas de captación. Período Julio a Junio en Loma Plata 1982-2009. (fuente: Harder, W, SAP Cooperativa Chortitzer)

2) **Tajamar pulmón:** consta de una excavación cuyo volumen depende de la envergadura del área de captación (1000 m³/ha de área de captación), y tiene de 1 a 3 metros de profundidad, que recibe el agua del área de captación y la almacena temporariamente, hasta ser bombeada al tajamar. Éste debe tener la capacidad de acumular 100 mm de la superficie de captación de agua (1000 m³/ha). El volumen de suelo excavado para realizar el tajamar pulmón, es aprovechado para construir el terraplén que da origen al tajamar reservorio.

3) **Tajamar reservorio:** Se utilizan dos diseños:

- *Tanque australiano.* estructura con forma de volcán de de entre 10 a 12 metros de alto y entre 30 y 50 metros de diámetro, donde el agua es almacenada durante un tiempo relativamente corto para ser distribuido a su uso (máximo 6 meses) más largo. El tanque tiene una base de tierra que ayuda a impermeabilizarlo y a la vez permitir el transporte de agua por gravedad. El tanque australiano es usado generalmente en la ganadería por el volumen relativamente pequeño de agua que usan.
- *Reservorios elevados.* Son reservorios de diferentes formas geométricas en donde se escaba por dentro del mismo, tierra con la cual se construye el terraplén del mismo, con el fin de generar mayor profundidad de almacenamiento de agua (tanto por debajo como por encima de la tierra) Posee una relación superficie / profundidad mucho menor que la del pulmón para evitar las pérdidas por evaporación, y al estar en altura genera un gradiente hidráulico adecuado para su posterior uso (aunque parte del mismo requiere de un sistema de bombeo). Al mover menos tierra, en relación al almacenamiento, es una forma mucho más económica que el tanque australiano y se emplea generalmente en industrias y en proyectos de riego.
- Los principales problemas de almacenar el agua es la contaminación biológica, la concentración de sales y el crecimiento de algas

Los tres factores claves para asegurar el éxito del tajamar parecen ser (i) un buen manejo de la pendiente, (ii) adaptación a las condiciones de textura de suelo y (iii) consideración de las características de las precipitaciones. El manejo de la pendiente consta de conocer el terreno topográficamente y su conectividad, para saber dónde ubicar el tajamar y cómo conducir el agua hacia él. La textura decide en el área de captación la fracción que escurre y por otro lado en el

reservorio influencia la impermeabilidad. Lo ideal es construir las áreas de captación con suelos limosos (más compactables y con menor infiltración), mientras que para la estructura de los tajamares son mejores los suelos arcillosos (menos erosionables por el viento y el agua, por lo que requieren menos mantención). Por último, las precipitaciones, en conjunto con las pendientes y la textura serán las que determinen la cantidad de agua que colectarán los tajamares. Un año de 850 mm (promedio de la zona), genera un escurrimiento superficial del 65 % en las áreas de cosecha, dicho porcentaje puede variar entre el 45 y 75 % en años secos en suelos más arcillosos y húmedos en suelos más francos. El volumen de agua cosechado en un año se encuentra entre los 2000 y 8000 mts³/ha de captación, y la pérdida por evaporación directa en el tanque se estima en 25% en dos años. La cooperativa estima que el costo de producción del agua de cosecha es 10 veces menor al precio al que estaría disponible la que próximamente aportara el acueducto desde el Río Paraguay.

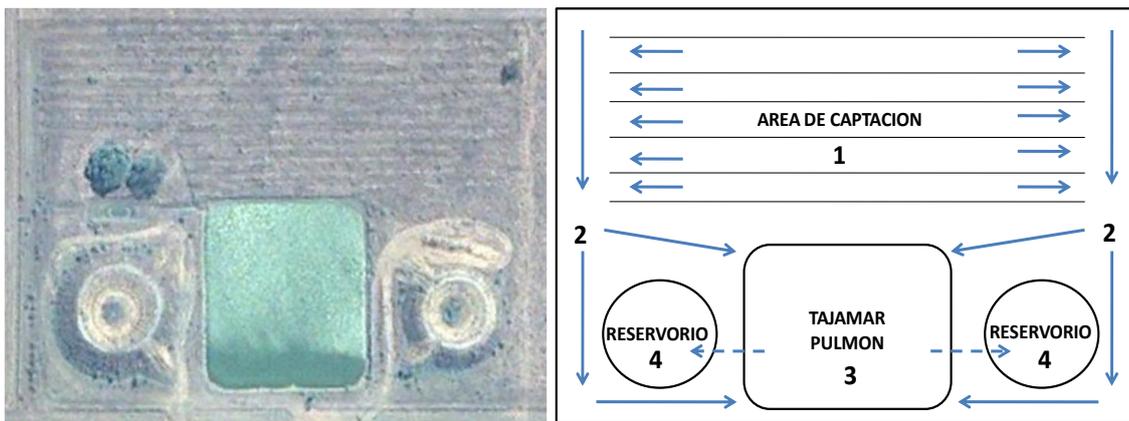


Figura 6: Sistemas de captación y almacenamiento de agua. Arriba: Izquierda: imagen satelital. Derecha: esquema representativo del trayecto que recorre el agua hasta su almacenamiento: 1 Captación del agua de las precipitaciones y conducción hacia los extremos, 2 Conducción del agua hacia el tajamar pulmón, 3 Almacenamiento temporal (en esta situación se encuentra la imagen satelital) y, 4 Almacenamiento en tanque Australiano. Abajo: Foto desde el aire de una estructura de captación (hacia la derecha) con “Reservorios Elevados” (hacia la izquierda).

El agua recolectada en los tajamares es utilizada por tres grandes actores: la ganadería, la industria y la agricultura. De las tres actividades la ganadería es la más antigua y menos demandante. Se calcula que para mantener a un rodeo de 100 animales hace falta 1,5 hectáreas de área de captación. La industria fue el segundo destino de agua que los colonos eligieron como prioritario. Entre las diversas ramas, se destaca el funcionamiento completo de un frigorífico que faena 750 cabezas por día, maximizando el uso del agua (1.2 mts³ de agua por animal faenado). En la actualidad el frigorífico cuenta con 130 hectáreas de captación de agua para su funcionamiento. En los últimos años, se comenzó con los primeros ensayos de riego por goteo y por aspersión. Esto representa un desafío

importante si se tiene en cuenta la relación área de capacidad / área de riego sugerida por los técnicos locales actualmente que es de 0.75:1. Según los valores de eficiencia de cosecha y almacenamiento sugeridos anteriormente esta relación involucra aproximadamente una lámina de riego de 200 a 350 mm/año en años secos y promedio, respectivamente.

La recolección del agua de lluvia, además del campo, es realizada por la población urbana, en forma conjunta e individual. Por un lado, se hicieron reservorios para coleccionar el agua de las calles y los caminos. Por otro lado, cada familia recolecta el agua de los techos aprovechando las viviendas, galpones, etc. Esto representa gran parte del agua que consumen durante todo el año, de muy buena calidad y con alta eficiencia de recolección. Los aljibes son los reservorios comúnmente usados, siendo ellos construidos con ladrillos y cemento y cerrados en la parte superior evitando de esta manera perdida de agua por evaporación. El consumo domiciliario promedio es de 80 litros por persona, lo cual termina de confirmar la conciencia colectiva de ser cuidadosos con el uso del agua, no solo en lo que hace a la producción, sino también en todos los aspectos de la vida.

6-Sugerencias preliminares

En esta primera visita el equipo de investigadores encontró un sistema productivo de sorprendente vitalidad e integración de actividades con un muy fuerte énfasis ganadero. Se destacan como aspectos sobresalientes la capacidad de innovación y organización productiva de la comunidad.

La cuestión de la vulnerabilidad hidrológica y la salinidad no muestra emergencias serias pero se encuentran muchos componentes que requieren atención. Monitorear niveles freáticos y su salinidad y vincular su dinámica a las dos variables clave que los pueden controlar, que son el uso de la tierra y las fluctuaciones del clima, permitirá comprender hasta qué punto la región corre riesgo de seguir los pasos de otras llanuras semiáridas en las que el fenómeno conocido como "drylandsalinity" ha sido muy grave. Estos riesgos deberían considerarse más probables en el orden monte<pasturas<agricultura de secano<agricultura con riego y áreas de cosecha de agua. Los esfuerzos de monitoreo debería contemplar este ranking.

El funcionamiento de los cuerpos de agua superficiales es otra cuestión a tener en cuenta respecto a la vulnerabilidad hidrológica de la región. El monitoreo de los cambios de nivel y salinidad a distintas profundidades podría ayudar a cuantificar el rol de los aportes superficiales vs. subterráneos dictando su dinámica.

Por otra parte la existencia de aguas freáticas accesibles a los cultivos debería estimular la exploración de su consumo y la definición de umbrales de profundidad y salinidad que aseguren esta oportunidad. Un buen aprovechamiento de las napas no solo redundaría en mayor producción sino que minimiza el riesgo de anegamiento y salinización superficial. El registro continuado de rendimientos agrícolas y profundidad y salinidad de napa es una medida sería el primer paso tras dicho objetivo.

El armado de los planteos forrajeros perennes enfrenta grandes desafíos en un sistema que interanualmente está expuesto a sequías más o menos severas, pero que además en algunas partes del paisaje puede sufrir inundaciones superficiales, o tener napas dulces o saladas cercanas. Gracias al trabajo del SAP, la Estación experimental Chaco Central, el INTTAS y, especialmente el aporte innovador de muchos de los que manejan las pasturas, hoy se encuentran disponibles alternativas de especies pero sobre todo de consociaciones. La combinación de Gatton Panic con Leucaena tiene

virtudes desde el punto de vista del uso del agua, el arbusto con raíces más profundas puede usar napa y también el exceso de algunos años húmedos. También la combinación de gramíneas para que el suelo no se descubra después de una sequía, o de una inundación. Pareciera que la difusión de esas alternativas vinculándolas con situaciones hídricas para las que están diseñadas y la forma de realizar un diagnóstico de las mismas puede ayudar a que se tomen mejor estas decisiones que tienen un impacto por muchos años en el sistema.

El armado de planteos agrícolas con cultivos anuales, ya sea para producir grano o forraje, también enfrenta desafíos. Aquí una clave parece ser aprovechar la flexibilidad que otorga el ir decidiendo año por año la forma en que se consumirá la oferta de agua, un contraste claro con los sistemas perennes. Para eso el monitoreo del sistema para diagnosticar la oferta inicial de agua en el suelo, la profundidad de las napas cercanas, y su salinidad permite conocer parte de la variabilidad de la oferta. Debe destacarse aquí la importancia de considerar el almacenamiento de agua en el segundo metro de suelo. Se refuerza la idea de prestar atención al diseño de alternativas que posibiliten producir con baja oferta, otros que aprovechen napas no saladas, otros que usen las más saladas. Asimismo es clave recordar que la eficiencia de captación de agua de lluvia, que también forma esos lentes de napas dulces, depende de mantener una buena estructura de la superficie del suelo y cubrir el mismo con rastrojos. El sorgo y muy posiblemente el maíz cumplen en esto un papel preponderante. El desarrollo planteos altamente productivos de ambos cultivos es clave.

Una lección que hemos aprendido de este contraste entre la realidad del Chaco bajo la impronta de las cooperativas en Paraguay y la del Chaco en Argentina es el enorme impacto del desarrollo agroindustrial en definir el camino que toma el uso del territorio. El desarrollo o no de algunos cultivos, por ejemplo maíz o algodón, se podría potenciar o hacer más eficiente por algún proceso agroindustrial. Pero si se diagnostica que el sistema requiere de una superficie de monte, es prioritario encontrar una manera de agregarles valor manteniendo los sistemas, la carpintería tal vez puede ser una clave.

7-Bibliografía

1. ACOMEPA (2011) *¿Quiénes son los menonitas?¿Por qué viven en Paraguay?¿Qué hacen?* , Filadelfia.
2. Casco Verna GE (2011) *Análisis del avance del uso agropecuario en el Dpto. de Alto Paraguay, entre los años 1997, 1999, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010 y 2011.*
3. Consorcio L. Berger - ICASA (2010) *Planes de Ordenamiento Territorial 2011 – 2025. Municipios de Irala Fernandez, Filadelfia, Loma Plata, Mariscal Estigarribia. “Implementación Plan de Gestión Ambiental (PGA) del Programa Corredores de Integración de Occidente, Paquete I. Préstamo No. 1278/OC-PR (BID).* Asunción.
4. Consorcio Louis Berger - ICASA (2010) *Planes de Ordenamiento Territorial 2011 – 2025. Municipios de Irala Fernandez, Filadelfia, Loma Plata, Mariscal Estigarribia. “Implementación Plan de Gestión Ambiental (PGA) del Programa Corredores de Integración de Occidente, Paquete I. Préstamo No. 1278/OC-PR (BID).* Asunción.
5. Glatzle A (2004) *Sistemas Productivos en el Chaco Central Paraguayo: Características, Particularidades.* INTTAS, Loma Plata.
6. Glatzle A, Stosiek D (2002) *Country Pasture / Forage Resource Profile del Paraguay.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

7. Huang C, Kim S, Song K, *et al.* (2009) Assessment of Paraguay's forest cover change using Landsat observations. *Global and Planetary Change*, **67**, 1-12.
8. Killeen TJ, Guerra A, Calzada M, *et al.* (2008) Total historical land-use change in eastern Bolivia: Who, where, when, and how much? *Ecology and Society*, **13**, 36 [online].
9. Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección (inédito), Buenos Aires.
10. Mereles F, Rodas O (2009) El proceso de fragmentación y reducción de hábitat en el Chaco Paraguayo y sus efectos sobre la biodiversidad. In: *El Chaco sin Bosques: la pampa o el desierto del futuro* (eds Morello J, Roderiguez A). GEPAMA, Buenos Aires.
11. REDIEX (2009) *Atlas Geográfico del Chaco Paraguayo*. Asunción.
12. SEAM - Fundación DeSdelChaco - Gobernación de Presidente Hayes (2006) *Plan de Ordenamiento Ambiental del territorio. Departamentos de Boquerón y Alto Paraguay*.
13. UMSEF (2008) *Monitoreo de la superficie de bosque nativo de Argentina*. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires.
14. Vázquez F (2005) La mundialización y los nuevos territorios del Alto Paraguay. In: *Enclave sojero, merma de soberanía y pobreza* (eds Fogel R, Riquelme M), pp. 260. Centro de Estudios Rurales Interdisciplinarios, Asunción.
15. Vázquez F (2007) Las reconfiguraciones territoriales del Chaco paraguayo: Entre espacio nacional y espacio mundial. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, **88**, 1-17.
16. Volante JN, Alcaraz-Segura D, Mosciaro MJ, Viglizzo EF, Paruelo JM (2011) Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.

8- Detalle del recorrido

Se adjuntan a este informe dos archivos .kmz como para desplegar en Google Earth con por un lado las fotos de la recorrida, y por otro lado la ubicación de las paradas, según la numeración que sigue.

Día 1: Miércoles 22/8

1.1 y 1.2 FRIGORÍFICO CHORTITZER (reservorio triple)

- El frigorífico faena 750 cabezas por día, tal producción se logra 100% con agua de lluvia. Los efluentes son almacenados en tajamares reservorios. Con ello se riega una pequeña superficie de algarrobos manejados como un cultivo.

1.3 Riego de cultivos extensivos (algodón-sorgo)

- El productor tiene 40 hectáreas de cultivo y riega la mitad cada año por goteo superficial sin fertilización. Con este sistema se logró un rendimiento de sorgo superior a los 7000 kg/ha en la campaña 2011/12 (muy buen rendimiento para la zona).

1.4 Agricultura intensiva (riego)

- Este productor tiene 97 has destinadas desde hace 10 años a la producción hortícola entre cultivos a campo y bajo cubierta (cebolla, melón, sandía, pepino). Realiza riego por goteo superficial. Con cebolla logró rinde de 30 Ton/ha (Variedades: Princesa y Valencianita precoz).

1.5 Producción bajo cobertura

- Producción de tomate, pepino, sandía s/semilla bajo en invernáculo.

1.6 Plantaciones

- Plantaciones pomelo y paraíso para madera sobre un paleo-cauce de 1.5 km de ancho y 50 km de largo, con 85% de arena, sin capa de arcilla y napa dulce a 3-4.5 m de profundidad.

Día 2: Jueves 23/8

2.1 Parada banquina salada

- Banquina salada sin vegetación de un lado de la ruta y del otra banquina vegetada sin deterioro alguno.

2.2 Agricultura de secano (algodón y cártamo) [muestra 1]

- Lote de algodón cosechado a mano y lote de cártamo, que estuvieron inundados durante otoño-invierno (el agua de los bajos tiene una conductividad de 7mS/cm). Este campo se desmontó en 1980, a partir de ahí se hicieron 27 años de pastura, y los últimos 5 años de sorgo-algodón. Al momento de la visita el lote presentaba una napa salina (10.2mS/cm) cercana a la superficie (0.8-1,1m de profundidad), la zona de saturación estaba a los 30 cm. Los cultivos que suelen hacer, sorgo y algodón, son relativamente tolerantes a la salinidad, (7 dS/m). El lote cártamo se veía desperejo y ralo por problemas de encharcamiento durante el establecimiento. Rendimiento esperado 500-700kg/ha.

2.3 Banquina inundada [muestra 2]

- Afloramiento de agua. Medición de conductividad: 34.7mS/cm

2.4 Laguna dulce [muestra 3]

- Pozo de agua dulce sobre paleo-cauce que se salinizó con el ascenso de napas. Conductividad medida: 10.81 mS/cm.

2.5 Cauce salino flamencos [muestra 4]

- Zona de acumulación de agua y sales. Se trata de una laguna formada por meandros de riacho un sin salida, de la cual sólo sale agua líquida con crecidas grandes. Cuando estuvo inundada y corría agua, le llegaba por escurrimiento agua dulce (2mS/cm). Conductividad actual: 47mS/cm.

2.6 Lote de algodón sin cosechar

- Lote de algodón sin cosechar, sobre suelo arcilloso y con salinidad, en las márgenes de la laguna salada de la parada anterior (3-4m más alto que la laguna).

2.7. Almuerzo en Mirador Campo María

2.8 Pastura de Gatton con arbustos

- La agricultura sobre suelos de monte toma impulso en la del 80', antes era sobre paleo-cauces. La topadora se introdujo en la colonia en 1967-68.

2.9 Laguna dulce Casco Campo Maria [muestra 5]

- Generalmente tiene agua, sólo estuvo seca después de una gran sequía. Medición de conductividad en la parada: 0.5 mS/cm.

2.10 Laguna dulce Glatzle [muestras 6 y 7]

- Laguna dulce. Sitio de medición del ensayo de Glatzle. Conductividad medida laguna [muestra 6]: 1.47mS/cm. Se hizo un pozo cerca del borde de la laguna. Suelo arenoso con algo de arcilla. Napa a 1m, conductividad de 40.9 mS/cm [muestra 7].

2.11 Tajamar Campo María [muestras 8 y 9]

- Conductividad Pulmón [muestra 8]: 0.255 mS/cm. Conductividad Reservorio [muestra 9]: 0.59 mS/cm. Reservorio de 4.5m de profundidad.

2.12 Parada Leucaena 1

- *Leucaena leucocephala* es la principal leguminosa forrajera (entre las diferentes colonias se estima más de 10.000ha con Leucaena). Es un arbusto que produce todo el año. Tiene hasta 30 % de proteína en hojas (alfalfa tropical). Generalmente va consociada con Gattonpanic.

2.13 Sitio ensayo pluviógrafo y freatímetros viejo

- Se realizaron mediciones de nivel de napa sistemáticamente en una transecta de bosque pastura (año 2000).

2.14 Riacho salino [muestras 10 y 11]

- Conductividad medida en riacho [muestra 10]: 58.4 dS/cm. Durante las lluvias el agua llegó a tener 1 mS/cm. Conductividad medida en seep [muestra 11]: 62 mS/cm

2.15 Riacho salino aguas arriba [muestra 12]

- Conductividad: 18 dS/cm.

Día 3: viernes 24/8

3.1 Parada inicial Río Verde [muestra 13]

- Río con muchos meandros y albardones que dificultan el drenaje, con bañados. Se realizaron obras hidráulicas para evitar que se inunden los poblados.

3.2 Dique canal

- Represa para evitar inundaciones por excesos de agua de bañados cuando sube el agua. Se drena hacia el río.

3.3 Parada canal desagote inundaciones

- Generalmente los bañados desbordan hacia el río Verde, pero el río no alimenta superficialmente a los bañados.

3.4 Área de captación para industria láctea

- Este campo tuvo 3 inundaciones, donde colapsó el área de captación del tajamar: años 1984-1985, 1998 y 2012. Esta última inundación no afectó al pueblo por la obra hidráulica realizada pero aisló al tambo durante más de 10 días por la gran inundación de los caminos. En casos extremos llegaron a sacar el agua con mangueras de los campos. La única forma de evacuación es mandar el agua hacia el Río Verde.

3.5. Afluente del Río Verde (Laguna Bombacha) [muestra 14]

- Profundidad: 3 m (aprox). Conductividad: 2.5 mS/cm en superficie; 5.1 mS/cm en profundidad.

3.6 Río Verde, zona de rebalse de laguna Bombacha [muestra 15, confirmar cuál es ¿a o b?]

- Conductividad en una zona estancada [muestra 15a]: 45.5 mS/cm. Conductividad en río [muestra 15b] 15.7mS/cm. Río con peces. Última parada Río Verde: 10.1mS/cm fondo (60cm); 15.71 (medio); 17.8 mS/cm (superficie) (24.5°C los dos); seep: 57.2 mS/cm (24.1°C).

3.7 Parada Leucaena 2

- (ver info parada 2.12)

3.8 Parada Gramíneas

- Muy difícil para la implantación de pasturas por la compactación del pisoteo. Objetivos de la consociación de gramíneas: mejorar cobertura, cubrir baches de producción estacionales, bajar evaporación, reducir riesgo de salinización. Especies utilizadas: Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*), Pangola (*Digitaria decumbens*), Estrella (*Cynodon dactylon*), Gattonpanic (*Panicum maximum*), Urochloa (*Urochloa amabilis*), *Panicum coloratum*, Tanzania (*Panicum maximum* porte alto) y *Dichanthium caricosum*. La receptividad es de 0.1 UA/ha en el monte y en pasturas de gatton 0.9-1.1 UA/ha, gatton+leucaena 1.7 UA/ha.

3.9 Tajamar de Billy [muestras 16 a, b y c]

- Conductividad Tajamar Reservorio: 1.65 mS/cm (22.5°C), [muestra 16a]. Conductividad pulmón: 15.36mS/cm (25.4°C), 23.1 mS/cm, 29mS/cm [muestra 16b]; directo de donde brota (seep): 60mS/cm [¿muestra 16c]. Soluciones discutidas: bajar el nivel e impermeabilizar el tajamar.

3.10 Almuerzo en casco de finca de Billy

- Cisterna cubierta para almacenar agua de techos de galpones. Tambo: Vacas Holstein, alimentación con ensilaje de maíz y heno, prod: 18-20 litros leche/vaca. Planta casera de Biodiesel de semilla de algodón, el expeller lo vende para suplementación animal y cubrir costos de elaboración del biodiesel. Tomate bajo cubierta con fertirriego. Maíz hortícola bajo cubierta. Frutilla bajo cubierta con fertirriego.

3.11 Parada Rastrojo Sorgo

- Rotación sorgo/algodón en seco, 7-8 años de agricultura. Antes fue monte. Mediciones de humedad volumétrica superficial en un lote con rastrojo de sorgo. Bajo rastrojo: 31% HV, cobertura con malezas vivas: 22 % HV, suelo desnudo: 17 % HV.

3.12 Algodón (campo de Billy)

- Rotación sorgo-algodón: lote oeste: 7 años de agricultura, lote este: 15 años de agricultura (Rendimiento promedio 15000-400 kg/ha).

3.13 Algodón (campo de Billy)

- El lote con algodón (desmontado hace 25 años) tiene un rendimiento de 1400 kg/ha. Siempre se hizo agricultura. Hoy en día hay síntomas de sal en superficie, pero con la napa lejos.