



Agencia de Recursos Verdes del Japón



Prefectura del Departamento de Chuquisaca

**“ESTUDIO DE VALIDACIÓN DEL DESARROLLO RURAL PARTICIPATIVO
BASADO EN LA CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS”**

Proyecto JALDA

Sucre - Bolivia

“PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS VALIDADAS POR EL PROYECTO JALDA”



**Serie "Estudios e Investigación"
Documento 2**

**“PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y
AGUAS VALIDADAS POR EL PROYECTO JALDA”**

**PROYECTO JALDA
2002**

Serie "Estudios e Investigación"
Documento 1

“Prácticas de Conservación de Suelos y Aguas validadas por el Proyecto JALDA”

Serie "Estudios e Investigación" Documento 2

.....
Elaboración: Edwin Arteaga

Con la colaboración técnica de (en orden alfabético):

- Elizabeth **Barroso**
- Arnulfo **Borges**
- Miguel **Dávalos**
- Víctor **Durán**
- Fernando **Flores**
- Adriaan **Kessler**
- Constantino **Loayza**
- Hugo **Uzeda**

Edición: Adriaan Kessler y Ximena Flores

Diseño y producción: Proyecto JALDA

1ª Edición de 500 ejemplares

Derechos reservados

.....
Para más información:

Prefectura del Departamento de Chuquisaca

Dirección de Desarrollo Productivo

La Madona, Sucre, Bolivia

Teléfono.: (591-4) 6452288

Proyecto JALDA - 2003

"Estudio de Validación del Desarrollo Rural Participativo, basado en la conservación de suelos y aguas"

- **Corporación de Recursos Verdes de Japón (JGRC)**
- **Prefectura del Departamento de Chuquisaca**

.....
Toda reproducción de partes del presente volumen se hará citando la fuente y comunicando a los editores.

Contenido

Capítulo 1. Introducción	1
Capítulo 2. Prácticas de CSA para el Control del Esguerrimiento	3
2.1 Barreras Muertas de Piedra (BMP's).....	3
2.2 Barreras Muertas de Tierra (BMT's).....	8
2.3 Control de Cárcavas (CC)	11
2.4 Zanjras de Coronación (ZC's) y Zanjras de Desviación (ZD's).....	13
2.5 Terrazas de Banco (TB's).....	16
2.6 Terrazas individuales (TI's).....	19
2.7 Media Lunas (ML's)	21
2.8 Zanjras de Infiltración (ZI's)	24
2.9 Labranza Vertical (LV).....	27
Capítulo 3. Prácticas de CSA de Manejo del Suelo.....	30
3.1 Abonos Verdes (AV's)	30
3.2 Cultivo en Fajas (CF).....	33
3.3 Manejo del Estiércol	35
3.4 Elaboración de Compost	37
Capítulo 4. Otras prácticas de CSA en proceso de validación	42
4.1 Siembra Directa (SD) con cero labranza	42
4.2 Mulch de piedra	43
4.2 Mulch de piedra	44
Capítulo 5. Conclusiones	46

Capítulo 1

Introducción

La J-Green (Japan Green Resources Agency: Agencia de Recursos Verdes del Japón) con el financiamiento del Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca del Japón ejecutó desde el año 1999 hasta el 2003 el Proyecto “Estudio de Validación de Desarrollo Rural Participativo basado en la Conservación de Suelos y Aguas” (Proyecto JALDA) en el departamento de Chuquisaca. El objetivo del Proyecto JALDA (a continuación denominado *el Proyecto*) fue validar metodologías de intervención adecuadas a la zona para lograr el desarrollo agrícola y rural basado en la conservación de suelos y el manejo adecuado de los Recursos Naturales (RR.NN.), y por otro lado validar de manera participativa las prácticas de Conservación de Suelos y Aguas (CSA) más adecuadas para la zona.

Esta validación se realizó en tres comunidades del departamento de Chuquisaca (Tomoroco en el municipio Presto, Sirichaca en el municipio Yamparáez, y Kaynakas en el municipio Poroma), con la visión de alcanzar el desarrollo rural sostenible, en base a la participación activa de los agricultores campesinos de la misma zona. Al respecto, una de las actividades más importantes fue la validación de prácticas de CSA a través de la Investigación Participativa (IP) realizada en las tres comunidades por los Líderes Conservacionistas (LC's), con los objetivos de:

- *Validar prácticas de CSA a nivel agricultor.*
- *Brindar alternativas para el control de la erosión hídrica, el mejor aprovechamiento del agua de lluvia, y para recuperar la fertilidad de los suelos.*
- *Crear capacidades locales que incentiven la recuperación y conservación de los RR.NN.*

Para cumplir estos objetivos, en cada comunidad se conformó un “Grupo de LC's” elegidos por consenso entre todos los comunarios, para que realicen la IP en representación de toda la comunidad. Inicialmente *el Proyecto* contó con 34 LC's, distribuidos de la siguiente manera: 14 LC's en Tomoroco, 10 en Sirichaca y 10 en Kaynakas. Posteriormente al ingresar a otras dos nuevas comunidades en el municipio de Yamparáez, se conformaron dos grupos de LC's más: en Patallajta con 12, y en Talahuanca con 16 LC's. Estos Grupos fueron capacitados en forma intensiva en la temática conservacionista y seguidamente ejecutaron prácticas de CSA en un área alrededor de su vivienda (denominada Área PIP), donde se realizó la validación de las prácticas de CSA. El resto de los habitantes de la comunidad se involucró en el proceso de validación mediante giras o visitas periódicas a dichas Áreas PIP.

Las prácticas de CSA validadas en la IP fueron:

- 1) *Prácticas de CSA para el Control del Esguerrimiento.*
- 2) *Prácticas de CSA de Manejo del Suelo.*

En el Documento 1 de esta misma Serie “Estudios e Investigación” (respecto a Prácticas Tradicionales de Conservación de Suelos y Aguas en Chuquisaca) publicado por *el Proyecto* en el año 2002, aún se hace referencia a estos dos tipos de prácticas como **prácticas físicas y agronómicas**, incluyendo una tercera, las **prácticas agroforestales**.

Al respecto se debe aclarar que los técnicos *del Proyecto* posteriormente han visto más conveniente y coherente manejar la clasificación de prácticas de CSA de acuerdo a la finalidad de cada una de ellas, sin tomar en cuenta su apariencia. Por lo tanto, a lo largo del presente

Documento se hablará solamente de Prácticas de CSA para el Control del Escurrimiento y de Manejo del Suelo. Sin embargo, se enfatiza que muchas prácticas de CSA tienen varios propósitos, por ejemplo, una barrera de piedras principalmente controla el escurrimiento superficial del agua, pero también contribuye al incremento de la humedad del suelo, así como, a la conservación de su fertilidad, gracias a que evita que las partículas de suelo más fértiles se pierdan por erosión hídrica. Asimismo, las prácticas agroforestales son consideradas parte del grupo de prácticas de control del escurrimiento, debido a que la vegetación intercepta las gotas de lluvia evitando que se estrellen directamente contra el suelo, así como en cierto grado reducen el escurrimiento superficial. Por otro lado las hojas de la vegetación que caen al suelo, al descomponerse también pueden contribuir al mejoramiento de la fertilidad del suelo. En estas consideraciones se apoya la afirmación de que las prácticas agroforestales también son prácticas para un buen manejo del suelo, aunque este efecto es considerado de importancia secundaria.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las prácticas de CSA validadas por *el Proyecto*, asignando a cada una de ellas una **clasificación** que indica el grado de importancia y recomendación para la zona de cada práctica, tomando como base los resultados del proceso de validación (se considera esencialmente aspectos técnicos y socioculturales). Los detalles de las prácticas validadas y la justificación de su clasificación, son presentados en los Capítulos 2 y 3.

La clasificación describe tres niveles:

1. Prácticas recomendadas para ejecutar en cualquier parte de la zona, ya que casi no tienen limitaciones para su ejecución y son fácilmente adoptadas por los campesinos.
2. Prácticas recomendadas para ejecutar en gran parte de la zona, pero que cuentan con ciertas limitaciones que deben ser tomadas muy en cuenta antes de iniciar su ejecución.
3. Prácticas no muy recomendadas para la zona, por presentar muchas limitaciones, aunque bajo ciertas condiciones estas prácticas pueden tener buenos resultados.

	Práctica	Clasificación			Limitación y /o exigencia principal
		1	2	3	
Prácticas para el Control del Escurrimiento	Barreras Muertas de Piedra	X			disponibilidad de piedras
	Barreras Muertas de Tierras		X		riesgo de derrumbes
	Control de Cárcavas		X		realizar una construcción sólida
	Zanjas de Coronación	X			realizar con el desnivel adecuado
	Zanjas de Desviación		X		depende si el año es lluvioso o no
	Terrazas de Banco		X		mucha inversión de mano de obra
	Terrazas Individuales		X		textura y substrato adecuado
	Media Lunas			X	textura y profundidad del suelo
	Zanjas de Infiltración		X		textura y compactación del suelo
	Labranza Vertical			X	costos del arado cincel
Prácticas de Manejo del Suelo	Abonos Verdes		X		brindar alternativas adecuadas
	Cultivo en Fajas	X			elegir cultivos apropiados
	Manejo de Estiércol	X			construcción del estercolero
	Elaboración de Compost		X		mano de obra en recolectar material
	Aplicación de Rastrojos		X		disponibilidad de rastrojos

Capítulo 2

Prácticas de CSA para el Control del Escurrimiento

Las prácticas de CSA para el Control del Escurrimiento no solamente tienen como función frenar la velocidad del agua que escurre sobre la superficie del suelo, sino que su efecto va muy ligado al mejoramiento de la infiltración, por consiguiente al aumento de la humedad en el suelo. Por tanto, estas prácticas no solo son estructuras físicas ubicadas en forma permanente en el terreno, sino que incluyen también otras prácticas que se realizan en forma periódica en el suelo.

2.1 Barreras Muertas de Piedra (BMP's)

- **Características técnicas.**

El término *Barrera Muerta* fue introducido en las comunidades para resaltar el tipo de material que se emplea para construir estas barreras: material inerte (sin vida), tales como piedras, tierra, troncos o ramas de plantas, etc.

Las BMP's son una especie de "muretes bajos" construidos con piedras de diferentes dimensiones (de acuerdo a la disponibilidad de piedras en el lugar) en sentido perpendicular a la pendiente del terreno.



Foto 1: Barreras Muertas de Piedra

La característica principal de esta práctica es la construcción sobre *curvas de nivel* trazadas con nivel en "A" u otro instrumento similar.

A diferencia de las barreras muertas tradicionales existentes en la zona, construidas a través del conocimiento local (véase Documento 1 de esta misma Serie), las BMP's validadas por el Proyecto se ubican en el interior de las parcelas agrícolas situadas en ladera, pudiendo ser una, dos o más barreras de acuerdo a la pendiente y la dimensión de la parcela (véase Foto 1)

Para determinar la distancia de separación entre BMP's, se sigue el criterio de que la Distancia Vertical (DV) no debe ser mayor a 1.5 m., por ello, en el campo se emplea el "Método visual", que es muy práctico y ofrece resultados aceptables (véase Figura 1 y Foto 2).

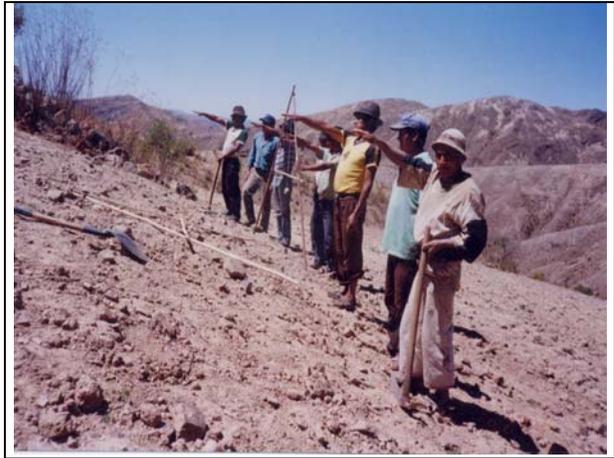
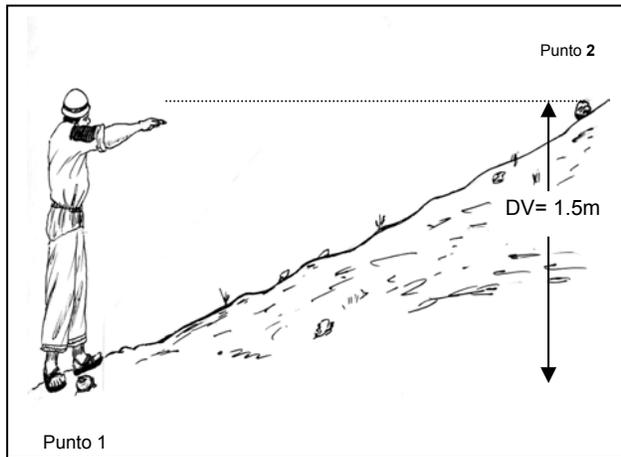


Figura 1: Método visual con el brazo extendido

Foto 2: Aplicando el método visual

Las BMP's se construyen sobre una especie de zanja superficial de unos 10 cm. de profundidad y 40 cm. de ancho, de manera que puedan soportar sin problemas la fuerza de empuje de las aguas de escurrimiento.

Las dimensiones finales de las BMP's deben ser mínimamente las siguientes:

- Ancho : 0.40 m.
- Altura : 0.30 m. sobre la superficie del suelo

Se recomienda que las piedras más grandes siempre se coloquen en la base de la barrera, y cuando existan bastantes piedras pequeñas, se las ubique detrás de la pared superior de la barrera, formando una especie de filtro donde se detenga con mayor facilidad el sedimento arrastrado por el agua de escurrimiento.

Para estabilizar más rápidamente las BMP's, necesariamente éstas deben reforzarse con plantas y pastos (preferentemente nativos).

Experiencia y sugerencia

El Proyecto también ha validado el funcionamiento de barreras vivas con diferentes especies de pastos y arbustos para reducir la erosión hídrica. Las experiencias muestran que estas barreras vivas se desarrollan muy lentamente y durante los primeros años dejan espacios abiertos en la barrera por donde pasa el agua, por esta razón su impacto en el control del escurrimiento es casi nulo. Por lo tanto, se recomienda siempre combinar barreras vivas con alguna barrera muerta. Por ejemplo, *el Proyecto* validó positivamente una barrera de ramas (véase Foto 5) en combinación con arbustos trasplantados, la cual durante los tres primeros años permitió el buen desarrollo de los arbustos y la acumulación de sedimento detrás de la barrera de ramas. Una vez que las ramas comenzaban a descomponerse, la barrera viva ya estaba suficientemente desarrollada como para controlar el escurrimiento. En síntesis, una barrera viva sin refuerzo de una barrera muerta no es recomendada.



Foto 3: BMP reforzada con una Barrera Viva



Foto 4: Barrera viva con especie nativa (thola)



Foto 5: Barrera Muerta con ramas y tallas de arbustos

También es importante que en forma periódica se realice el mantenimiento respectivo de la BMP, el cual consiste principalmente en reconstruirla en los lugares donde se han caído las piedras por el paso de la gente o de los animales.

Asimismo, es necesario que a medida que se acumule sedimento detrás de las paredes de la BMP se aumente poco a poco la altura de la barrera, evitando de esta manera que el sedimento y el agua sobrepase por encima de ella.

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

La adecuada y oportuna construcción de las BMP's ha conducido también a un adecuado funcionamiento en el control del agua de escurrimiento, el cual se ha traducido en dos factores fácilmente observables:

- 1) La acumulación de sedimentos detrás de las paredes de una BMP.
- 2) La disminución de síntomas de erosión hídrica en las parcelas protegidas (por ejemplo ausencia de "surcos" producidos por el paso del agua).

Durante los primeros dos años de implementación de las BMP's, se hicieron mediciones del sedimento acumulado en varias parcelas de IP, llegando a determinar que en un año el agua

arrastraba en algunos lugares hasta 60 t/ha de suelo, lo que equivale a decir que en esos terrenos, se perdía aproximadamente 0.5 cm. de suelo por año.

Al respecto, como se sabe, la naturaleza tarda varios cientos de años para formar solamente 1 centímetro de suelo, por ello, es de suma importancia reducir los procesos erosivos, protegiendo primero las parcelas agrícolas que aún son productivas, para luego ingresar a procesos de recuperación de las áreas más degradadas.

En los últimos dos años de mediciones en las parcelas de IP, la acumulación de sedimento fue disminuyendo paulatinamente, hasta estabilizarse en cantidades imperceptibles, lo que demuestra que las BMP's tuvieron un efecto muy positivo en el control de la erosión hídrica.

De acuerdo a datos adicionales recogidos en las comunidades, se ha podido determinar que una persona (varón adulto), en un día puede construir aproximadamente 12 metros lineales de BMP's, empleando cerca de 0.15 metros cúbicos de piedra por metro lineal de barrera. Un factor importante para lograr construir esta cantidad es la disponibilidad de piedra en el lugar; si no fuera así, la cantidad construida será menor.

El indicador para valorar la eficiencia de la validación fue el grado de **replicabilidad de la práctica**, el cual en términos generales en las tres comunidades ha estado en el orden del 75%, es decir, que de cada 100 personas, 75 han replicado las BMP's por cuenta propia, lo que demuestra la gran aceptación y adopción de esta práctica por parte de los agricultores de la zona.

Percepción campesina

Es muy importante que dentro de cualquier proceso de validación se tome muy en cuenta la percepción y opinión de los usuarios respecto a las prácticas, ya que en definitiva de esto depende la replicabilidad y posterior adopción final.

En base a las observaciones *in situ* que los campesinos realizaron en sus parcelas y durante las giras de campo en toda la comunidad, llegaron a valorar y a adoptar las BMP's por dos razones principales:

- 1) Por la **acumulación de sedimento** detrás de las BMP's, lo cual según los campesinos significa que la erosión está disminuyendo. Además, ellos percibían que en estos lugares de acumulación de sedimento los cultivos desarrollan mejor gracias al alto contenido de materia orgánica (estiércol ovino, caprino y restos vegetales) que incluso podía verse a simple vista.
- 2) Por la **acumulación de humedad** cerca de las BMP's, cuya diferencia con el resto de la parcela es observada por los agricultores a tiempo de realizar las siembras u otras labores culturales. Este hecho es fácilmente comprensible, ya que una BMP al frenar la velocidad del agua, brinda mayor tiempo a ésta para que pueda infiltrar en el suelo.

• **Conclusiones y recomendaciones**

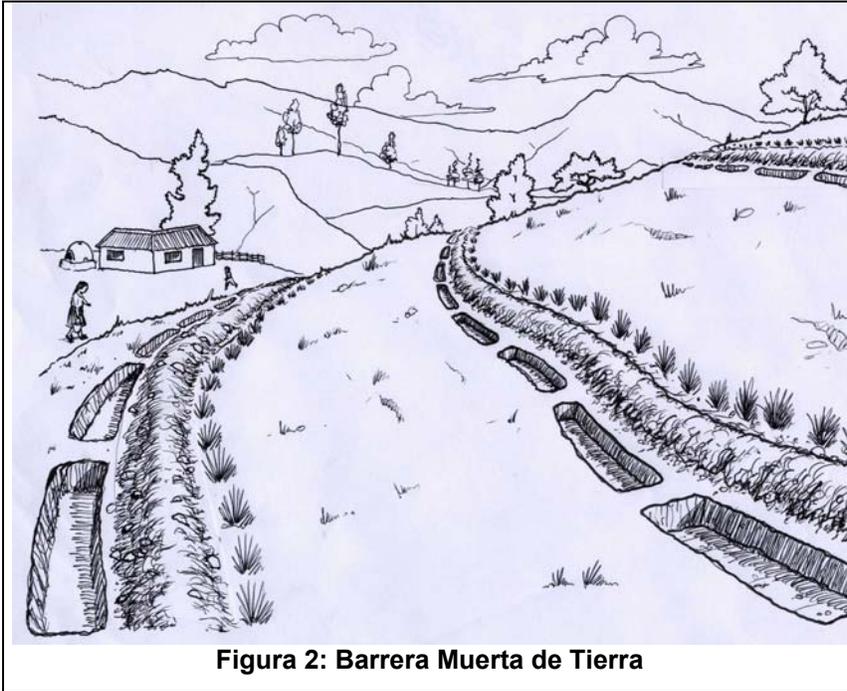
En base a las dos puntualizaciones anteriores, se puede concluir indicando que la práctica de BMP's ha sido validada positivamente, es decir, que las BMP's han funcionado adecuadamente, disminuyendo los procesos erosivos hídricos y sobretodo han sido aceptadas y adoptadas por los usuarios.

Por tanto, las BMP's reciben una **clasificación 1**, es decir, se recomienda su construcción en cualquier zona donde haya disponibilidad de piedras, sobretodo en comunidades con problemas de erosión hídrica debido a la ausencia de cobertura vegetal, cuyos terrenos agrícolas estén situados en laderas con pendientes incluso mayores a 45 %.

2.2 Barreras Muertas de Tierra (BMT's)

- **Características técnicas**

En los lugares donde no se dispone de suficiente piedra para construir BMP's, las Barreras Muertas de Tierra (BMT's) constituyen un alternativa interesante para controlar el agua de escurrimiento.



Las BMT's consisten en "bordos" construidos con tierra extraída del mismo lugar, que se ubican linealmente en sentido perpendicular a la pendiente, de manera que se acorten los espacios a lo largo de la pendiente del terreno. En otras palabras se segmenta la superficie a lo largo de la pendiente.

Al igual que para las BMP's, el principal requisito para implementar BMT's es construirlas sobre curvas de nivel (o sea sin desnivel), que generalmente se la traza con la ayuda del nivel en "A".

La distancia de separación entre líneas de BMT's está también en función a la pendiente del terreno, aunque en comparación con las BMP's la distancia de separación es menor. Esto se debe a que el material empleado (tierra) es menos resistente a la fuerza de empuje del agua acumulado detrás de la barrera, existiendo por ello mayor riesgo de derrumbes. Por tanto, para calcular la distancia entre BMT's, se considera una Distancia Vertical (DV) máxima de 1.2 m.

Es muy importante tomar en cuenta que la pendiente del terreno no sea mayor a 35% y que la textura del suelo permita que la BMT tenga una adecuada consistencia (preferentemente suelos pesados), para resistir sin problemas en caso de acumulación de mucha agua (durante lluvias de alta intensidad).

La tierra para construir las BMT's se extrae del mismo lugar, abriendo zanjas similares a las Zanjas de Infiltración (véase 2.8), cuyas dimensiones son: 0.40 m de ancho, 0.20 m. de profundidad y 2.0 m. de largo, comunicadas entre sí por una especie de "tabique bajo", que permite el paso del agua (que también se junta en las zanjas) de una zanja a otra. **Las BMT's necesariamente se forman en la parte superior de las zanjas.** En la época húmeda, se las refuerzan con plantas y pastos del lugar, para conseguir una rápida consolidación de la práctica.

La BMT's tienen aproximadamente las siguientes dimensiones:

- Ancho en la base : 30 a 40 cm.
- Altura : 25 a 30 cm.



Foto 6: Construcción de BMT's

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

En varios lugares (sobretudo donde la práctica fue construida de acuerdo a las especificaciones técnicas) las BMT's tuvieron un buen efecto en el control del escurrimiento y como consecuencia en la reducción del proceso erosivo hídrico.

Un primer tema de investigación fue determinar el efecto de la distancia de separación de las BMT's instaladas en terrenos con una pendiente de hasta de 20 %, cuya textura del suelo era franco arcillosa. Considerando una distancia vertical de 1.2 m (de acuerdo a las recomendaciones técnicas), las barreras deberían ubicarse a cada 6 m. Durante la validación se implementaron BMT's con la distancia recomendada de 6 metros, pero la doble distancia de separación (12 metros).

Transcurridos 3 años de investigación prácticamente no se presentaron diferencias en el control del escurrimiento ni en la retención de sedimento por efecto de la distancia de separación de BMT's, siendo ambas igualmente efectivas, ya que en sólo dos años lograron estabilizarse completamente, reduciendo así el arrastre de sedimento a cantidades muy bajas.

Como las BMT's no permiten el paso del agua a través de sus paredes (como lo hacen las BMP), esto significa un peligro pero a la vez un beneficio. Es beneficioso porque al acumularse el agua detrás de las BMT's se produce una mayor sedimentación e incremento de la infiltración en el suelo. Sin embargo es peligroso porque el agua acumulada en mucha cantidad, al no poder drenarse "por entre la barrera", puede llegar a romperla o pasar por encima de ella, ocasionando mayores problemas de erosión.

Otro inconveniente que se presentó en el proceso de validación, principalmente en la comunidad Sirichaca, donde la topografía ligeramente ondulada de los terrenos permite el uso de maquinaria agrícola (tractor), es que las BMT's construidas en los meses de agosto y septiembre, fueron eliminadas por el tractor durante la preparación de suelos en el mes de octubre. La causa de este inconveniente fue la dificultad que tienen las máquinas de trabajar en espacios reducidos existentes entre las BMT's.

Percepción campesina

Aunque los agricultores han observado los efectos benéficos de las BMT's, todavía tienen cierta duda sobre la efectividad de la práctica. Su duda radica principalmente en la resistencia de la barrera a la fuerza del agua acumulada detrás de la misma, que es un peligro constante mientras la barrera no se estabilice por completo.

En los lugares donde no existen piedras, los usuarios han puesto mucho interés en construir BMT's reforzándoles con plantas y pastos, ya que ésta es una de las pocas alternativas de las cuales disponen para el control de la erosión.

- **Conclusiones y recomendaciones**

En base a los datos anteriores podemos afirmar que con un manejo adecuado, las BMT's son alternativas muy viables para la actividad conservacionista. Sin embargo, como las BMT's (al igual que las BMP's), parecen ser poco viables en sectores o comunidades donde se trabaja con maquinaria agrícola, se recomienda tener mucho cuidado en la planificación e implementación de estas prácticas en dichas condiciones.

Es muy recomendable que las BMT's se construyan cuando el terreno está húmedo (durante las primeras lluvias), de esta manera se facilita el trabajo en la excavación y sobretodo la BMT puede compactarse de mejor manera para que se consolide rápidamente.

Por lo tanto, las BMT reciben una **clasificación 2**, debido principalmente al riesgo de derrumbes de las mismas durante lluvias de alta intensidad, un factor que debe ser tomado muy en cuenta al momento de diseñar las BMT's, ya que de lo contrario puede provocar mayor erosión de la que se pretende evitar con estas prácticas.



Foto 7: Una BMT consolidada (Finca Demostrativa en Yamparáez)

2.3 Control de Cárcavas (CC)

- **Características técnicas**

El Control de Cárcavas (CC) consiste en interceptar el escurrimiento en el interior de una cárcava, esto se hace principalmente a través de la construcción de “diques” a lo largo de la pendiente de la cárcava. Los diques pueden ser de diferentes materiales, como piedra, palos, troncos y ramas diversas, postes vivos, plantas y pastos, gaviones con piedra, e incluso de hormigón ciclópeo si se disponen de los recursos económicos necesarios.



Foto 8: Control de una pequeña cárcava con piedras

En las comunidades que trabajó *el Proyecto*, se validó el CC con diques de piedra, reforzados con plantas y pastos del lugar.

El dique de piedra es una estructura parecida a un muro, cuya altura depende del tamaño de la cárcava (por lo general no sobrepasa de 1 m.). El espesor de la pared del dique varía entre 30 a 50 cm. en función al tamaño de la cárcava.

La consistencia del dique depende de cómo éste se “empotra” o sujeta a las paredes y piso de la cárcava.

Dos detalles técnicos importantes que siempre suelen descuidarse en la construcción de un CC, son el vertedero que debe ubicarse en la parte central de la cresta del “dique” (el cual permite encausar el agua por un solo lugar) y el colchón o lugar donde caerá el agua desde el vertedero, en el cual debe colocarse un lecho de piedras para que el agua al caer no socave más el piso de la cárcava.

La distancia entre diques a lo largo de una cárcava depende más de la carga de agua que corre por ella. Desde luego que la recuperación o estabilización de la cárcava será más rápida mientras más diques de control se tengan. Por lo general se toma entre 5 y 10 m. como separación promedio entre diques.

Otra manera de estabilizar las cárcavas (especialmente aquellas que han alcanzado profundidades de hasta 2 m. y cuyas paredes se van deslizando constantemente), es aplicar la llamada práctica de “**suavizado del talud**”, que consiste básicamente en dar una inclinación adecuada a las paredes de la cárcava rebajándolas sistemáticamente con el empleo de herramientas manuales como palas, picotas, azadones, etc, hasta obtener una inclinación adecuada de los taludes (preferentemente 45°). Sobre estos taludes suavizados es totalmente necesario sembrar o trasplantar pastos de desarrollo rápido (preferentemente del lugar). De esta manera se detiene el crecimiento de la cárcava (sobretudo hacia los costados), y en poco tiempo llega a estabilizarse.

Cuando las cárcavas son pequeñas o en proceso de formación, su control es muy fácil (incluso sólo basta rellenarlas con tierra), pero a medida que van creciendo se requiere de mayores esfuerzos. Para mayor eficiencia, el control debe iniciarse en las cabeceras de las cárcavas.

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

La acumulación de sedimento y otros materiales orgánicos (ramas de plantas, estiércol de diversas especies) detrás de las paredes de los diques, es el mejor indicador de la eficiencia del CC. Aquellos diques que se construyeron adecuadamente, lograron estabilizar y rellenar las cárcavas pequeñas incluso en una temporada lluviosa. Pero aquellos diques que no respetaron las mínimas condiciones técnicas fueron destruidos por las primeras lluvias.

Percepción campesina

Algunos de los agricultores, al tener cierto conocimiento empírico sobre la práctica de CC, solían construir los diques en pequeña escala, llamándolos en idioma nativo **pirqas** (muros). Con los complementos técnicos introducidos (vertedero y colchón de piedra en el piso de la cárcava) el CC fue mejor valorado y por tanto muy bien aceptado en las comunidades.

Sin embargo, el suavizado de talud fue practicado muy poco, por tanto no se puede confirmar la aceptación de esta práctica por parte de los campesinos de la zona.

- **Conclusiones y recomendaciones**

Como se sabe, por efecto de la erosión en cárcavas, anualmente se pierden miles de toneladas de suelo fértil en todo el mundo, por ello es conveniente detener este proceso erosivo en los lugares donde sea posible hacerlo. El CC no es una actividad que necesariamente requiere de grandes erogaciones económicas, ya que los materiales locales disponibles en las comunidades son en muchos casos suficientes para ejecutar la práctica.

Sin embargo, como los diques para el CC requieren de un diseño adecuado para que no sean destruidos por las primeras lluvias, éstos reciben una **clasificación 2**, indicando que es muy importante construir diques sólidos para que la mano de obra invertida no sea en vano. Es bueno aclarar que una vez estabilizada una cárcava, estos suelos pueden ser incorporados de forma gradual al sistema productivo campesino, contribuyendo así a mejorar las condiciones de vida del habitante del área rural.



Foto 9: Diques de piedra

2.4 Zanjas de Coronación (ZC's) y Zanjas de Desviación (ZD's)

- **Características técnicas**



Foto 10: Zanja de Coronación con desnivel de 1%

Las **Zanjas de Coronación (ZC's)** son estructuras tipo canal que se abren en las partes altas de los terrenos agrícolas (divisorias de aguas) con el objetivo de drenar la sobrecarga de agua acumulada en el área de captación, evitando así que los terrenos situados en las partes bajas (generalmente empleados para la agricultura) sean afectados por la fuerza erosiva del agua de escurrimiento. La sección de la zanja presenta las siguientes dimensiones como mínimo:

- **ancho.** 0.40 m. (más abiertas en la parte superior, tomando una forma trapezoidal)
- **profundidad,** 0.30 m.

Estas dimensiones pueden aumentarse en función al tamaño del área de captación y a la intensidad de lluvias.

Las **Zanjas de Desviación (ZD's)** se diferencian de las ZC's, principalmente por estar ubicadas en partes más inferiores e incluso dentro de las mismas parcelas agrícolas. En una superficie sembrada puede instalarse más de una zanja de desviación, dependiendo esto, del tipo de cultivo y de las condiciones de lluvia que se presentan. Las ZD's son parecidas a las ZC's, aunque menos profundas y anchas (incluso pueden abrirse a manera de un surco profundo en el momento de la siembra o al realizar alguna labor cultural dentro de la parcela de cultivo, para ello normalmente se emplea el arado de palo).



Foto 11: Apertura de Zanja de Desviación



Foto 12: Zanja de Desviación consolidada

La característica sobresaliente de estos dos tipos de zanjás (en especial de la ZC), es la construcción sobre líneas con desnivel de 1 a 2 % como máximo, permitiendo así el drenaje del agua de escurrimiento sin peligro hacia lugares menos susceptibles a la erosión.

Es muy importante que para estabilizar las zanjás, se siembren o trasplanten pastos y plantas adaptadas a la zona, cerca de los bordes superior e inferior de la zanja, y que se realice mantenimiento periódico extrayendo el sedimento acumulado en ellas. Este sedimento contiene muy buena cantidad de nutrientes, razón por la cual se recomienda que sea devuelto a la parcela agrícola.

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

La ZC ha sido una de las prácticas más aceptadas por los campesinos, por haber resultado muy útil en la actividad conservacionista. Muchos terrenos agrícolas han sido protegidos del efecto erosivo del agua, gracias a su buen funcionamiento.

El tiempo de construcción de las zanjás depende en gran parte de las características del suelo, pero en forma general (de acuerdo a las experiencias en *el Proyecto*), se ha podido determinar que una persona (varón adulto) como promedio, por día abre de 7 a 10 metros lineales de zanja con las dimensiones y características técnicas recomendadas.

Como las ZC's y ZD's han resultado muy importantes para los agricultores, las réplicas han sido prácticamente del 100%.

Percepción campesina

La preocupación y desconfianza de los agricultores se manifestaba en un principio hacia el desnivel de las zanjás. Según ellos, con esas pendientes el agua no correría por la zanja, sino que se acumularía y luego se desbordaría causando serios daños en los terrenos situados en las partes bajas. Esta hipótesis *a priori* era planteada en base a su conocimiento local, ya que ellos construían las zanjás (especialmente de coronación) con pendientes excesivas (mayores al 10%), por las cuales lógicamente se drenaba rápidamente el agua, pero a la vez se causaba serios problemas de erosión en las mismas zanjás y sobretodo en los lugares de desembocadura del agua.

Si bien los campesinos construyeron muchos cientos de metros lineales de ZC's y ZD's, no aceptaron la idea de mantener el desnivel de 1 a 2%, hasta que vieron funcionar las zanjas durante las primeras lluvias del año. Desde ese momento se dieron cuenta que estaban algo equivocados al pensar que mientras más pendiente tenga la zanja, mejor sería su funcionamiento. A partir de esta experiencia asumieron con mucha responsabilidad la recomendación de emplear siempre el nivel en "A" para trazar las líneas por donde se abrirán las ZC's y ZD's.

- **Conclusiones y recomendaciones**

Estas prácticas se han convertido en prácticas básicas de la CSA, siendo aplicable a distintas escalas de tamaño predial. Por este motivo, su construcción es imprescindible tanto a nivel del pequeño agricultor, como al implementar planes mayores de manejo integrado de cuencas. Como las ZC's tienen como única limitante la construcción con el desnivel adecuado, reciben la **clasificación 1**, es decir, son recomendadas en cualquier parte de la zona.

Las ZD's en cambio, reciben **clasificación 2** debido a las limitantes que tienen, principalmente el estar situadas dentro de las parcelas agrícolas lo que ocasiona algunas incomodidades para el trabajo, y la necesidad de que en muchas ocasiones deben ser abiertas cada año.



Foto 13: Zanja de Coronación con desnivel de 2%

2.5 Terrazas de Banco (TB's)

Características técnicas

Las restricciones que implica la actividad agrícola en terrenos de ladera, hace que se busquen alternativas para reducir los procesos erosivos, y sobre todo para aprovechar más eficientemente el agua de lluvia y la restringida disponibilidad de riego en algunos lugares.

Las TB's son estructuras formadas por terraplenes y taludes a manera de gradas o bancos, de ahí su denominación de "Terrazas de Banco" (de banca, bancales, etc.).

El tipo de TB's validado por *el Proyecto* es conocido también como *terracea de infiltración*, por cuanto sus terraplenes (o partes planas) están bien nivelados, de modo que el agua (de lluvia o riego) no escurra a ningún lado y se infiltre totalmente en el suelo.

Los taludes de las terrazas pueden ser de dos tipos (véase Figura 3):

- 1) *Talud de piedra*, que es generalmente vertical o muy poco inclinado hacia adentro. Las terrazas con este tipo de talud son menos susceptibles a ser destruidas por los excesos de agua.
- 2) *Talud de tierra*, que tienen una inclinación considerable hacia el terraplén (unos 20 a 30°) la misma que brinda cierta estabilidad a la pared de tierra. Por supuesto que este tipo de talud requiere de refuerzo con la siembra o trasplante de pastos densos y de rápido desarrollo, que ayuden a su pronta consolidación.

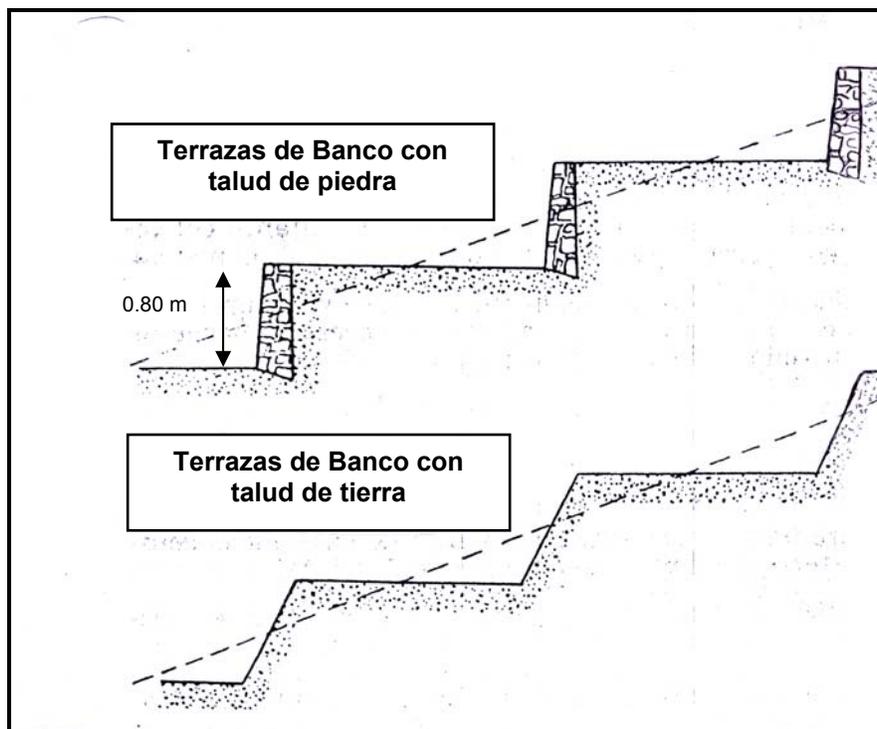


Figura 3: TB's con muros de piedra y de tierra

El ancho de los terraplenes está en función a la pendiente del terreno, considerando una altura máxima del talud de 0.80 m.

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

Normalmente se considera que las TB's deben ser implementadas en lugares donde se disponga de riego con la finalidad de producir cultivos (con preferencia hortalizas) en forma intensiva. En un principio *el Proyecto* también adoptó esta "posición", pero lamentablemente las oportunidades para contar con agua de riego fueron tan escasas en las comunidades, que la validación de las TB's tuvo que hacerse también con la visión de producir cultivos anuales tradicionales, aprovechando al máximo el agua aportada por las lluvias.

Para el óptimo aprovechamiento de las TB's, primeramente se realizó el mejoramiento del sustrato (suelo), adicionando cantidades importantes de material orgánico (sobretudo estiércol ovino y abonos verdes). Con estos tratamientos se consiguió muy buenos rendimientos en la producción de hortalizas de hoja (lechuga, acelga, repollo) y paulatinamente se fueron mejorando los rendimientos de la cebolla, zanahoria y otras hortalizas de crecimiento subterráneo.



Foto 14: TB's para la producción de hortalizas

En el caso de los cultivos tradicionales sembrados en las terrazas de banco, tales como trigo, cebada, haba, maíz, e incluso papa, se consiguieron excelentes resultados en comparación con los mismos cultivos sembrados en terrenos de ladera. No hay duda que estas diferencias se deben al aprovechamiento más eficiente de las escasas precipitaciones que caen en las comunidades (300 a 550 mm/año).

Percepción campesina

En uno de los primeros viajes de intercambio, *el Proyecto* llevó a los comunarios a una comunidad donde se había implementado gran cantidad de TB's y se producía hortalizas en forma intensiva. Producto de esta visita, algunos campesinos que realizaron el viaje comenzaron por su cuenta a construir TB's. A partir de ese momento las TB's fueron muy bien vistas y valoradas por los comunarios. Por ejemplo, en Kaynakas, durante el Concurso de CSA, seis familias construyeron TB's; pasado este evento, otras siete familias replicaron por cuenta propia estas prácticas, lo que demuestra el gran interés que tienen los agricultores en las TB's.

- **Conclusiones y recomendaciones**

Aunque la implementación de las TB's requiere inicialmente de esfuerzos muy importantes en cuanto a mano de obra, una vez consolidadas y manejadas adecuadamente, retribuyen eficientemente los esfuerzos realizados, brindando altos rendimientos y una producción sostenible. Pese a estas buenas razones, debido a la alta inversión de mano de obra requerida lo que puede provocar alguna resistencia en los campesinos para construir esta prácticas, las TB's reciben una **clasificación 2**.

En conclusión, las TB's constituyen una alternativa muy importante para incorporar al sistema productivo campesino los terrenos de ladera fuertemente degradados. Además, la facilidad que se tiene de trabajar en forma localizada, facilita también el mejoramiento intensivo de los suelos, reduciendo al máximo el desperdicio de humedad y de nutrientes.



Foto 15: Terrazas de banco con cultivos anuales: trigo y haba

2.6 Terrazas individuales (TI's)

- **Características técnicas**

Las terrazas individuales son pequeñas estructuras niveladas que se construyen en los terrenos de ladera y se emplean normalmente para la plantación de especies frutales y forestales. Están dotadas de un “bordo” de contención que se construye con la tierra retirada al momento de la nivelación, el cual permite el almacenamiento de agua en el interior de la TI. A veces este bordo es reforzado con piedras para que tenga mayor consistencia.

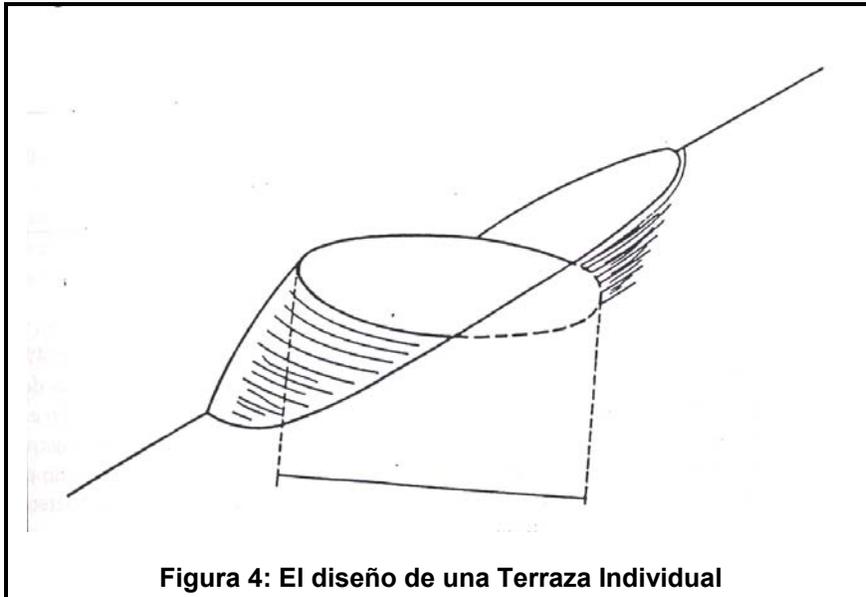


Figura 4: El diseño de una Terraza Individual

Como su nombre lo dice, las TI's son unidades separadas y dispuestas sobre el terreno generalmente en **sistema de tresbolillo**, con la finalidad de captar el agua de escurrimiento y de esa manera también contribuir a la reducción de los procesos erosivos hídricos. Cada terraza individual sirve para una planta. El diseño en tresbolillo se hace tomando muy en cuenta la dirección de la pendiente del terreno.

El tamaño “normal” de la TI es de 1.5 m. de diámetro, cuya marcación se realiza una vez definidos los lugares de instalación de todas las terrazas. La separación entre TI's está en función a la especie frutal o forestal que se va a plantar en la TI; por ejemplo, para durazneros la separación en tresbolillo es de 3 x 3 x 3 m.



Foto 16: Terrazas Individuales en suelos marginales con pendientes mayores a 45°



Foto 17: Terraza individual cuyo bordo ha sido reforzado con piedras

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

Las evaluaciones realizadas, fundamentalmente se refieren al funcionamiento de las TI's en el proceso de captación del agua de escurrimiento, de cuya efectividad depende no sólo la reducción del proceso erosivo hídrico, sino también la disponibilidad de humedad para las plantas ubicadas en cada TI.

En este sentido, las TI's tienen un funcionamiento excelente, ya que "cosechan" muy bien el escurrimiento, y de esta manera reducen la cantidad y velocidad del agua que corre por la superficie del suelo y que arrastra consigo los materiales fértiles.

Pero el éxito en el desarrollo de las plantaciones, no sólo depende de la disponibilidad de humedad en el suelo, sino también está muy ligado a la calidad del sustrato. Por ello, en los casos en que no se hizo una buena apertura de los hoyos o una buena preparación del sustrato, las plantas no han desarrollado bien, pese a estar plantadas en TI's. En otros casos, por ejemplo, cuando la textura del suelo es muy pesada (arcillosa), las TI's se anegan constantemente causando problemas de asfixia a las plantas.

Percepción campesina

Los campesinos consideran muy útil la construcción de TI's, sobretodo en las zonas donde las lluvias son muy escasas. Sin embargo, siempre tienden a descuidar la preparación del sustrato para las plantaciones, porque tienen el concepto que la TI por sí sola va a garantizar un buen desarrollo de las plantas.

Algunos comunarios que se esforzaron por cumplir las recomendaciones técnicas realizadas respecto a las plantaciones, se sorprendieron al ver que en dos años las plantas habían alcanzado alturas mayores a los 2 metros y muchas de ellas ya iniciaban la producción de frutos en este corto tiempo.

- **Conclusiones y recomendaciones**

Con la construcción de TI's también se incorporan al sistema productivo campesino áreas de terrenos abandonados o marginales donde no es posible realizar actividades agrícolas.

De todas maneras, es muy importante que al momento de decidir la construcción de estas prácticas de CSA, se tenga mucho cuidado en verificar las condiciones de la textura y la profundidad del suelo, ya que estos aspectos son vitales para conseguir un buen funcionamiento de las TI's (no sólo captar agua, sino drenarla o infiltrarla adecuadamente). De lo contrario, las plantas tendrán problemas de asfixia o dificultad en desarrollar sus raíces. Por esta limitación las TI's reciben la **clasificación 2**, es decir, son recomendables en muchos lugares, pero sí deben tomarse en cuenta las limitaciones de textura del suelo y la preparación de un buen sustrato para el desarrollo de las plantas.

2.7 Media Lunas (ML's)

- **Características técnicas**

Las ML's tienen el mismo principio de las TI's en cuanto a la captación del agua de escurrimiento, pero en este caso no se trata de estructuras circulares (redondas), sino que tienen la forma semicircular, de donde proviene el nombre de “**media luna**”.

Las ML's además son de tamaño mayor a las TI's, pudiendo incluso llegar a tener un diámetro de hasta 40 m. (como se puede ver en algunos lugares en África), debido a que estas prácticas están destinadas a la producción de cultivos anuales y no a plantas frutales o forestales como en el caso de las TI. Los bordos están ubicados en la parte circular (inferior de la ML) y éstos pueden ser sólo de tierra o estar recubiertos con piedras si se dispone de este material (véase Foto 18).



Foto 18: Media Luna concluida, reforzada con piedras

En *el Proyecto* se han validado ML's de 3 m. de diámetro, dispuestas en tresbolillo reduciendo el espaciado vertical, de manera que se obtenga una superficie útil (terreno cultivable dentro de las ML's) de por lo menos el 40 %. El restante 60 % esta ocupado por las áreas de captación (para cada ML se tiene un área de captación algo mayor a los 3m²).

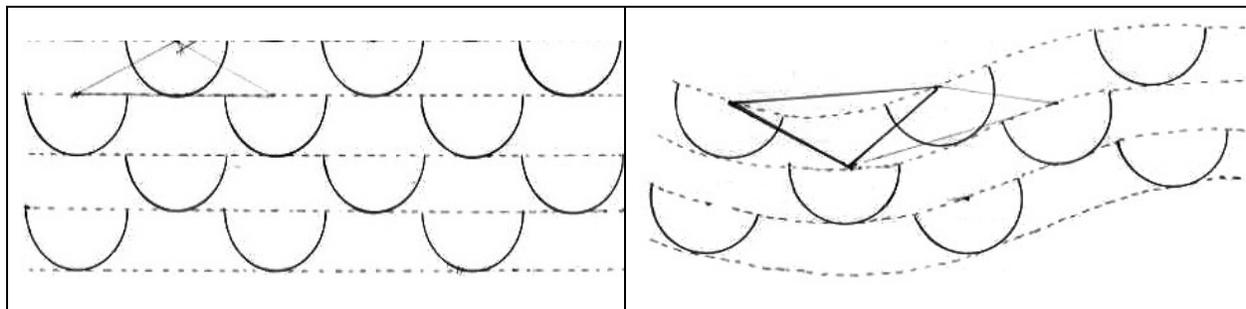


Figura 5: Diseño de ML cuando la pendiente es uniforme

Figura 6: Diseño de ML siguiendo curvas de nivel en terrenos ondulados

Un aspecto importante es que la “boca” de la ML (es decir la parte abierta o cortada) se ubique en sentido “hacia la pendiente” para recibir directamente el agua de escurrimiento del área de captación. Cuando el terreno no tiene ondulaciones (o sea cuando tiene pendiente uniforme), el diseño de las ML’s es muy sencillo, requiriendo solamente que se considere las distancias de separación establecidas. Sin embargo, en los casos que el terreno con pendiente además es ondulado, el diseño de las ML’s requiere previamente el trazo de curvas de nivel (con pendiente cero), en base a las cuales recién se procede a la marcación de las ML’s ubicando sus bocas directamente hacia la pendiente.

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

Las ML’s cumplen muy bien la función de captar o “cosechar” el agua de escurrimiento, reduciendo de manera muy importante el efecto erosivo hídrico. Los problemas aparecen cuando las condiciones del suelo (principalmente textura y espesor de la capa arable) no son las adecuadas. En suelos con texturas arcillosas (Y, FY, YL, FYL, YA), el agua se encharca rápidamente en la ML, permaneciendo así por varios días. En estas condiciones los cultivos sufren de asfixia y son afectados severamente en su desarrollo. Cuando la capa arable es demasiado delgada ocurren fluctuaciones permanentes entre períodos de asfixia y estrés hídrico, por cuanto el suelo se satura rápidamente y la humedad se pierde en pocas horas.



Foto 19: ML's en proceso de validación a nivel de agricultor

Percepción campesina

Los comunarios se interesan mucho por el principio de “cosecha de agua” de la ML, ya que los últimos años siempre se han registrado pérdidas en los cultivos por falta de humedad. Por este

motivo consideran a las ML's como una importante alternativa para "vencer" el problema de déficit de lluvias.

- **Conclusiones y recomendaciones**

La eficiencia de las ML's en la captación de agua es indiscutible, pero como se ha dicho, existen factores que deben ser tomados en cuenta para conseguir un funcionamiento adecuado de esta práctica en la producción de cultivos. Primero se debe considerar su instalación en suelos de textura mediana (F, FA, AF, FL), cuya capa arable por lo menos sea de 20 cm. de espesor, con un subsuelo también permeable. En cuanto a la pendiente del terreno, las ML's pueden construirse sin problemas en lugares hasta con 20% de desnivel.

En casos en que la capa arable no tenga el espesor requerido, pero que sus demás características (textura, subsuelo permeable, pendiente moderada) sean aceptables, existe la alternativa de trasladar sustrato (tierra) de otros lugares para aumentar la altura de la capa arable dentro la ML.

Debido a las limitaciones mencionadas, las ML's reciben la **clasificación 3**.

Para concluir, se tienen tres recomendaciones:

- 1) Hacer mejoramiento constante del sustrato dentro de las ML's (incorporando materiales orgánicos, como estiércol animal y abonos verdes) con el objetivo de mantener una alta e intensiva producción.
- 2) Las especies a cultivarse dentro de las ML's deben ser en lo posible resistentes a la humedad y con preferencia de alto valor económico.
- 3) Para no tener "áreas muertas" (sin ningún beneficio), en las áreas de captación o pasillos entre ML's, es posible sembrar forrajes o cultivos densos, para que de esta manera gran parte de la superficie cuente con cobertura y el agua de escurrimiento no sea excesivo.

2.8 Zanjas de Infiltración (ZI's)

- **Características técnicas**

Las ZI's son zanjas individuales excavadas sobre el terreno, siguiendo las curvas de nivel. Su propósito principal es interceptar y acumular el agua de escurrimiento, y no drenarlo a otros lugares como lo hacen ZC's y las ZD's. Es precisamente por esta función de acumular agua y facilitar su infiltración en el suelo, que esta práctica recibe el nombre de Zanja de Infiltración.

La serie de zanjas que conforman la ZI están conectadas entre sí por una especie de tabique bajo, el cual facilita el paso del agua entre una y otra zanja cuando una de ellas se ha llenado. Por tal característica, el conjunto de ZI dispuestas a lo largo de una línea o curva de nivel, se considera más bien como una sola unidad, antes que como unidades individuales.



Foto 20: Zanjas de Infiltración con agua almacenada

Normalmente cada unidad de ZI tiene las siguientes dimensiones:

Largo	: 2 metros
Profundidad	: 0.40 metros
Ancho en la base	: 0.40 metros
Ancho en la superficie	: 0.50 metros

Obligatoriamente, la tierra extraída de las zanjas debe colocarse en la parte inferior de éstas, con el objetivo de facilitar el ingreso directo del agua de escurrimiento a la zanja. No está demás indicar, que con la tierra extraída se forma una especie de borde, cuya distancia del borde inferior de la zanja debe ser por lo menos de 20 cm., con el fin de evitar que esta vuelva a caer dentro de las zanjas. La separación entre unidades de zanja (es decir el ancho del tabique) es de 0.50 m., con un rebaje en la parte superior de 5 a 10 cm. por donde pase el agua. Para más detalles véase las Figuras 7 y 8.

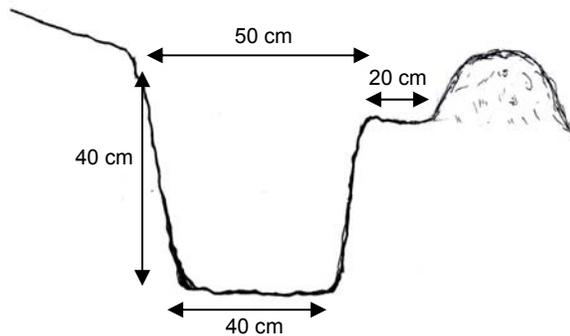


Figura 7: Las dimensiones de las ZI's y el lugar donde depositar la tierra excavada

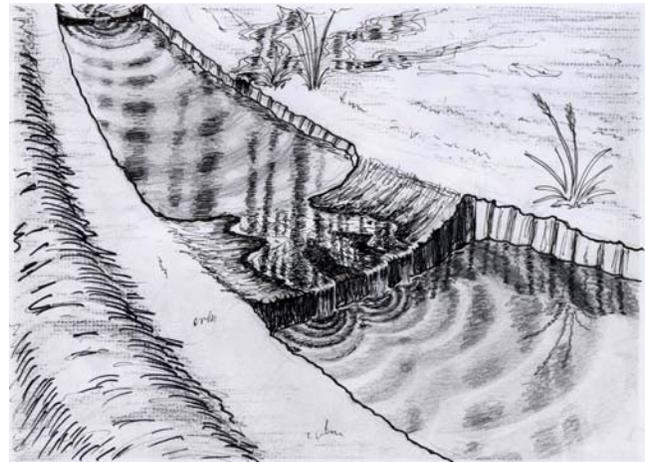


Figura 8: Cuando las ZI's se llenan el agua pasa por encima del tabique

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

Las ZI's han sido promovidas durante mucho tiempo por proyectos de desarrollo rural, pero por ciertas razones no lograron ser adoptadas por los campesinos. *El Proyecto* volvió a introducir esta práctica en las comunidades donde intervino, porque la consideraba básica para el control del escurrimiento y sobretodo para mejorar el aprovechamiento del agua de lluvia. En principio se instalaron ZI's dentro de las parcelas de producción agrícola con la idea de mejorar las condiciones de humedad del suelo para el aprovechamiento por las plantas.

Después de validar las ZI's durante dos años dentro de las parcelas agrícolas, se pudo constatar que esta práctica es más importante en el control del escurrimiento y en la reducción de la erosión hídrica, que en brindar humedad a los cultivos. Los resultados que se obtuvieron en las parcelas de Investigación Participativa respecto al rendimiento de los cultivos, no muestran ninguna diferencia en favor de los tratamientos con ZI's. En cambio, fue muy notoria la disminución de los síntomas de erosión hídrica por efecto de las ZI's. Esto se evidenció por la gran acumulación de sedimento dentro de las zanjas durante el primer año, el mismo que disminuyó notablemente en el segundo año de investigación.

En resumen se puede decir que las ZI's contribuyen más al control de la erosión hídrica, y no así a la actividad agrícola como tal.

Percepción campesina

Abrir ZI's dentro las parcelas cultivables resulta incómodo para las actividades agrícolas del campesino, además de reducir de manera importante la superficie de cultivo. Estos dos factores son básicamente los que restringen la adopción de las ZI's dentro de las parcelas agrícolas por parte de los campesinos.

Sin embargo, las ZI's son mejor aceptadas para los terrenos de pradera o pastizales. Como estos terrenos están ubicados normalmente en las partes altas, las ZI's favorecen en principio a reducir el escurrimiento peligroso hacia las partes bajas. Por otro lado, la apertura de ZI's con intervalos más cortos entre líneas de zanjas, permite captar mayor cantidad de agua para el

aprovechamiento de los pastos naturales, factor que anima mucho a los agricultores. Finalmente, el hecho que el agua acumulada en las ZI's sirve en varios casos también para el consumo animal (al momento de pastar), en definitiva hace que las ZI's sean más valoradas por los usuarios.

- **Conclusiones y recomendaciones**

En base a lo dicho anteriormente, se concluye que las ZI's no tienen buenos efectos cuando se instalan dentro las parcelas agrícolas, en cambio, son muy recomendables para abrirlas en los terrenos de pradera debido a los beneficios que brindan. Por esta razones las ZI's reciben una **clasificación 2**.

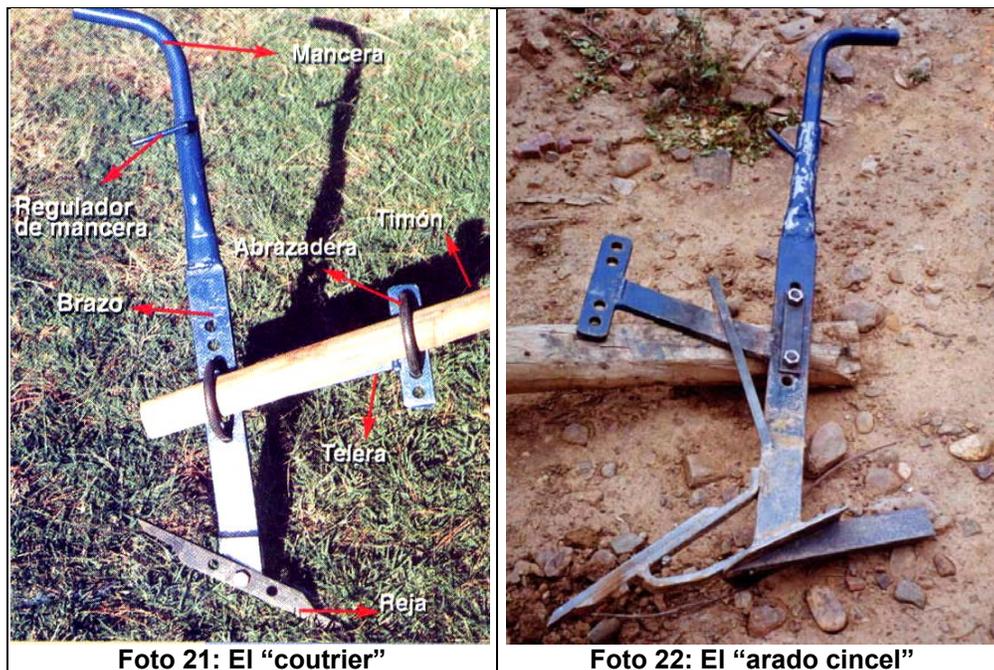
Experiencias en otros proyectos muestran que las ZI's pueden ser abiertas prácticamente en toda una superficie para almacenar gran parte del agua aportada por las lluvias, literalmente se perfora todo el terreno. En este caso las ZI's son más pequeñas y profundas. Una vez instaladas las ZI, estos terrenos son destinados por lo general a la plantación de árboles y arbustos forestales.

2.9 Labranza Vertical (LV)

- **Características técnicas**

La labranza vertical es una práctica de laboreo primario del suelo, por tanto no se trata de una estructura como las anteriores prácticas. Para realizar este tipo de labranza se emplea el llamado “arado cincel”, que es un implemento de estructura simple, fabricado íntegramente de metal.

Un primer implemento de este tipo introducido a Bolivia, fue el “Coutrier” (véase Foto 21). *El Proyecto*, en coordinación con el Centro de Investigación, Formación y Extensión en Mecanización Agrícola (CIFEMA) de Cochabamba, desarrolló un nuevo modelo de arado cincel a tracción animal (véase Foto 22), recogiendo valiosas experiencias llevadas a cabo en México (debe aclararse que también existen implementos de LV a tracción mecanizada).



La LV consiste básicamente en abrir delgadas grietas o fisuras sobre el suelo seco (antes de las primeras lluvias) en dirección perpendicular a la pendiente. La separación entre líneas de grietas está en función al tipo de suelo y a la pendiente del terreno, sin embargo, se acepta que una distancia promedio 30 cm. es lo recomendable (tanto para el arado cincel a tracción animal como con tractor agrícola).

Las fisuras abiertas (cuya profundidad fluctúa entre 12 y 18 cm. con tracción animal, y entre 20 a 35 cm. con tracción mecanizada) interceptan el escurrimiento superficial y facilitan la infiltración del agua en el suelo. De esta manera se reduce drásticamente la cantidad de escurrimiento, lo que contribuye directamente a la reducción del proceso erosivo hídrico.

Las labores agrícolas en general y el desarrollo de los cultivos en particular, son muy favorecidos por el incremento de humedad registrado gracias a la LV.

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

El efecto más visible del empleo de la LV es el incremento de humedad en las parcelas con estos tratamientos. En la validación se ha empleado el arado cincel a tracción animal en varias parcelas de las tres comunidades, en cambio, el arado cincel a tracción mecanizada sólo fue validado en una parcela de una comunidad (Sirichaca).

Como el arado cincel generalmente es empleado en la época seca (agosto-septiembre) con el objetivo de captar el agua de las primeras lluvias y reducir el impacto erosivo de las mismas, el efecto positivo del arado cincel sobre la humedad del suelo es más notorio en el periodo previo a la preparación del terreno agrícola para las siembras (que se realiza generalmente en el mes de octubre). Los resultados del contenido de humedad durante ese periodo de las parcelas tratadas con LV frente a los testigos con manejo tradicional, reflejan estas diferencias:

- Con arado cincel tracción animal : 3 % más humedad que el testigo.
- Con arado cincel a tracción mecanizada : 7 % más humedad que el testigo.

Aunque parezca insuficiente, este incremento significa una importante contribución a la humedad del suelo, sobretodo para realizar la siembra y garantizar la sobrevivencia de las plántulas tomando en cuenta la alta variabilidad en el régimen pluvial de la zona. Una vez que las lluvias empiecen a caer con más frecuencia y después de realizar alguna labor agrícola (aporques o carpidas), la humedad de las parcelas tratadas con LV y los testigos se nivelan, es decir, ya no se nota el efecto del tratamiento de la LV.

Percepción campesina

Varios de los campesinos que han validado la LV señalan que *al momento de la siembra el terreno se siente más suave, y que se es muy notoria la diferencia de humedad entre la parte que ha sido tratada con arado cincel y la parte que es manejada de forma tradicional.*

Durante las visitas a las parcelas de investigación, los comunarios han podido observar las diferencias notables en el desarrollo de los cultivos por efecto de la mayor cantidad de humedad acumulada gracias a la LV. Producto de estas observaciones *in situ*, muchos campesinos solicitaron el préstamo del arado cincel y procedieron a realizar la LV en sus terrenos.

A pesar de estas buenas iniciativas, gran parte de los comunarios no pueden realizar esta práctica en el tiempo adecuado (agosto o septiembre) por el hecho de no disponer de una yunta de animales (2 bueyes) para la tracción necesaria. En estos meses secos el ganado permanece en otros lugares donde dispone de forraje y agua (generalmente en lugares lejanos de la comunidad), siendo muy poco posible su traslado a la comunidad para efectuar la LV.

- **Conclusiones y recomendaciones**

Las experiencias realizadas por varias instituciones en el tema de la LV, son muy interesantes y muestran siempre el efecto benéfico del arado cincel en la CSA. La validación efectuada por *el Proyecto* no ha sido una excepción, por cuanto los resultados obtenidos en un tiempo muy corto (tres años), reflejan dichos efectos favorables.

Sin embargo, de estos buenos resultados de investigación, para que esta práctica se difunda a mayor escala y sea adoptada por el agricultor, hace falta superar ciertas dificultades. Una de estas se refiere al costo del implemento y la imposibilidad del campesino de invertir alrededor

de 300 Bs. en la compra de algo que utilizará una vez al año. Por otro lado, es muy baja la posibilidad de que la práctica se realice en la época adecuada, a menos que se haga un seguimiento estricto hasta que los usuarios la tomen en cuenta como parte de sus labores tradicionales. Pese los efectos benéficos de la LV, a causa de las limitaciones mencionadas, esta práctica recibe la **clasificación 3**.

Los proyectos que decidan trabajar impulsando la LV deberán pensar en estrategias que favorezcan la adquisición del implemento por parte del campesino, por ejemplo, al ofertar el arado cincel a un precio subvencionado del 20% del costo real. Asimismo, deben brindar constantes capacitaciones y seguimiento técnico hasta la adopción plena de la práctica.

Aunque el arado cincel tiene como principal objetivo la labranza primaria, su uso puede ampliarse por ejemplo a la siembra directa de cereales (principalmente trigo y maíz) y leguminosas de semilla pequeña (tarwi, arveja y otras), para cuya labor se precisa del complemento de una sembradora directa. Algunos datos al respecto de la siembra directa se presentan en el Capítulo 4.

¡¡El arado cincel no se utiliza para otro tipo de siembras o trabajos agrícolas (por ejemplo siembra de papa, aporques, etc.), ya que su diseño y funcionamiento no lo permite!!

Capítulo 3

Prácticas de CSA de Manejo del Suelo

La actividad de conservación de suelos no se reduce al control del escurrimiento superficial, sino que luego de proteger los suelos contra los procesos erosivos, debe pensarse obligatoriamente en recuperar la capacidad productiva de los mismos, reestableciendo el equilibrio mineral – orgánico que es vital para que el suelo tenga y genere vida.

Las Prácticas de Manejo del Suelo, de acuerdo a la concepción *del Proyecto*, son aquellas que coadyuvan principalmente al mejoramiento de la fertilidad y a la conservación de la humedad en el suelo.

A continuación se presentan las principales prácticas validadas en este tema.

3.1 Abonos Verdes (AV's)

- **Características técnicas**

La práctica de Abonos Verdes (AV's) en la zona de los valles interandinos, literalmente consiste en enterrar al suelo biomasa verde (fresca) de algunos cultivos, para que después de un proceso de descomposición se convierta en un aporte de materia orgánica para el suelo, y en una fuente importante de nutrientes para las plantas. La principal motivación para incorporar AV's al suelo, es el déficit de estiércoles o de otras fuentes de materia orgánica que el pequeño agricultor tiene en sus actividades agrícolas.



Foto 23: Cultivo de tarwi en estado ideal para incorporar al suelo como abono verde

Las especies empleadas como AV's normalmente son las leguminosas, que gracias a la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, incorporan este elemento tan importante al suelo. Puede elegirse entre una gama de leguminosas según las condiciones generales de clima de cada región (principalmente temperatura, precipitación y altitud).

Para las condiciones de las comunidades donde *el Proyecto* validó la práctica de incorporación de AV's, las leguminosas más recomendadas son: haba, arveja, tarwi y vicias. Estas últimas con ciertas

restricciones, ya que necesitan mayor humedad que las otras. De la elección adecuada de la especie e incluso de la variedad de leguminosas depende el éxito de la práctica. Pueden emplearse también como AV's ciertas gramíneas, como la avena y la cebada en estado muy tierno, las cuales al descomponerse incorporan fósforo al suelo.

Generalmente se considera que el momento oportuno para la incorporación de las plantas al suelo es al inicio de la floración (o por lo menos hasta el 50% de floración del cultivo). Sin embargo, esto no debe tomarse como regla rígida, ya que lo más importante es que al momento de la incorporación, las plantas aún tengan follaje verde y que las condiciones de humedad del suelo permitan una adecuada descomposición de la biomasa.



Foto 24: Incorporación de AV de tarwi en una parcela de investigación

En cuanto a las cantidades mínimas de biomasa verde que deben incorporarse al suelo para permitir un relativo incremento de la materia orgánica, se debe hacer la siguiente consideración:

- En 1 hectárea la cantidad de suelo es de aproximadamente 2,000 toneladas, de modo que para incrementar el contenido de materia orgánica (MO) a este suelo en 1%, se requiera 20 toneladas de MO.
- El contenido de MO en la biomasa verde de las plantas es de alrededor del 30%, el restante 70% es agua. Entonces, para llegar a las 20 toneladas de MO requeridas, debe incorporarse el suelo por lo menos 67 t/ha de biomasa verde.

Para la zona de intervención *del Proyecto*, incrementar anualmente el contenido de MO del suelo en el orden del 0.5 % ya es un logro muy significativo; por tanto incorporar una cantidad aproximada de **33 t/ha/año** de biomasa de al suelo como abono verde (lo que equivale a 3.3 kg/m²/año), sería lo ideal.

• Resultados de la validación

Funcionamiento de la práctica

El Proyecto ha buscado las alternativas más viables para que la práctica de AV's sea accesible a nivel de agricultor. De esta manera, los AV's fueron manejados como una opción importante para el mejoramiento de suelos, especialmente en los lugares donde se carece de otras fuentes de materia orgánica. Las cuatro alternativas más viables para el manejo de los AV's y la adopción de esta práctica por parte de los campesinos, son las que se presentan a continuación.

- 1) *Cosechar producto en la mitad de la superficie sembrada e incorporar AV's en la otra mitad*
Este sistema permite en el primer año el mejoramiento del suelo en el 50% de la superficie del terreno, al mismo tiempo de obtener una cosecha normal en la otra mitad del terreno.

El año siguiente se invierte el proceso incorporando AV's en la mitad donde se cosechó normalmente el año anterior, y viceversa. De esta manera, cosechando siempre la mitad del cultivo e incorporando la otra mitad como AV's al suelo, la práctica no se convierte en algo traumático para el agricultor, quien más bien al observar los resultados del sector mejorado con AV, tiende a ampliar la práctica.

- 2) *Realizar una cosecha de leguminosas en vaina verde y luego incorporar la biomasa*
Empleando leguminosas como haba y arveja, es posible realizar por lo menos una cosecha en vaina fresca, para luego incorporar al suelo la biomasa que aún se encuentra verde.
- 3) *Incorporación de AV en fajas*
Este sistema también permite mejorar el suelo de manera escalonada (en fajas), obteniendo al mismo tiempo otros productos agrícolas. En la mitad o más de las fajas se cultivan leguminosas para su incorporación al suelo como AV's, mientras que en las demás fajas se cultivan otras especies para la cosecha. Este sistema exige rotación anual de las fajas.
- 4) *Emplear especies nativas*
En la zona existen algunas especies leguminosas nativas que se desarrollan y se regeneran en forma natural. En parte del proceso de validación se ha empleado la especie conocida localmente como "Q'ita alfa" (*Medicago polymorpha*), llegando a concluir que su manejo es posible con ciertos cuidados, como por ejemplo sembrar de manera muy superficial previa preparación del suelo. De esta manera el agricultor no hace erogación económica alguna en semillas y la práctica tampoco compromete la producción de alimentos.

Percepción campesina

La restricción de opciones para el mejoramiento de suelos, hace que los agricultores se interesen mucho en la práctica de los AV's. Sin embargo, desde el momento en que aquellos cultivos que producen alimentos para el consumo humano, deben ser incorporados al suelo, se produce una cierta resistencia lógica en los campesinos. Ante este problema, las cuatro alternativas presentadas para ejecutar la incorporación de AV's en parcelas cultivables, han servido para que la práctica sea aceptada de mejor manera por parte de los ellos, y poco a poco están logrando integrar la misma a su sistema de producción.

• Conclusiones y recomendaciones

El principal problema para lograr el funcionamiento adecuado y los efectos deseados de la práctica de AV's, es la producción (y posterior incorporación al suelo) de las cantidades de biomasa recomendadas. En las actuales condiciones de degradación de los suelos en la zona, el proceso de mejoramiento de la fertilidad del suelo con el uso de AV's es bastante lento, aunque innegablemente una de las pocas opciones de las que dispone el agricultor. Por estas razones, la práctica de AV's recibe una **clasificación 2**, es decir, es una buena alternativa pero se deben tomar en cuenta ciertas limitaciones, sobretodo respecto a ofrecer al campesino alternativas aceptables y explicarle bien que el proceso es lento.

3.2 Cultivo en Fajas (CF)

- **Características técnicas**

El sistema de cultivo en fajas (CF) es la siembra de dos o más cultivos en forma intercalada, siguiendo en lo posible las curvas de nivel del terreno. De acuerdo a las recomendaciones técnicas, por lo menos uno de los cultivos que se intercalen debe ser leguminoso.



Foto 25: Cultivo en fajas: leguminosas y gramíneas

El ancho de fajas o franjas no es un detalle totalmente definido o muy estricto, sino está sujeto a factores como el tamaño del terreno, las especies que se siembran, las labores agrícolas necesarias, etc.

De todas maneras, es aconsejable que cada faja no exceda de los 5 m. (sobre todo en superficies menores a 0.5 ha) y que en lo posible todas ellas mantengan el mismo ancho.

El CF tiene varias implicaciones positivas para el sistema de producción agrícola y para la conservación y mejoramiento del recurso suelo:

- El CF reduce considerablemente la propagación de plagas y enfermedades en la parcela, por no ser un monocultivo.
- Incluyendo leguminosas en forma intercalada en las fajas, se ingresa en un proceso gradual y secuencial de mejoramiento de la fertilidad del suelo.
- Al cultivar varias especies en las fajas, se obtienen al mismo tiempo varios productos agrícolas, lo cual desde el punto de vista de la seguridad alimentaria es muy conveniente para equilibrar la dieta familiar.
- El CF facilita un sistema de rotación de cultivos adecuado en pequeñas superficies.
- Con el CF se reduce el riesgo de perder una producción agrícola por efecto de inclemencias climáticas extremas o ataque de plagas y enfermedades.

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

El CF fue una de las prácticas de CSA de “Manejo del Suelo” más exitosas del proceso de validación.

De las varias opciones manejadas durante cuatro años, los CF que funcionaron mejor, fueron los siguientes:

- a. arveja - avena - haba
- b. trigo - tarwi - trigo
- c. cebada - arveja - cebada - tarwi
- d. maíz - tarwi - maíz - arveja
- e. papa - tarwi - papa - haba

Percepción campesina

Según los agricultores, las principales ventajas de los CF (o cultivos intercalados) radican en la posibilidad de obtener más de un producto en una determinada superficie de terreno, así como que en caso de algunos accidentes climatológicos o ataque de plagas y enfermedades, por lo menos es posible cosechar uno de los cultivos. Asimismo, indican que el sistema tradicional de monocultivos es muy riesgoso, pudiendo en ocasiones perderse toda la producción debido a alguno de los factores adversos mencionados. Adicionalmente dicen, que las parcelas agrícolas con este tipo de cultivos son más llamativas a la vista.

• Conclusiones y recomendaciones

No hay muchas restricciones en cuanto a los cultivos que pueden intercalarse, ya que incluso es posible que algunos de ellos se siembren semanas antes o después de otros, y que sean cosechados en tiempos diferentes. Sin embargo, lo que debe cuidarse es que una cierta actividad ejecutada en un cultivo, no perjudique al desarrollo del otro.

Incluso es muy factible que las leguminosas sembradas en ciertas fajas o franjas, puedan ser incorporadas al suelo como abono verde para apresurar un proceso de mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Por estas razones y las experiencias mayormente positivas, el CF recibe la **clasificación 1**, es decir, puede ser aplicado en cualquier parte de la zona y constituye una buena alternativa para la actividad productiva conservacionista.

3.3 Manejo del Estiércol

- **Características técnicas**

El Manejo del Estiércol se refiere principalmente a la conservación del mismo, con el objetivo de mejorar su calidad y aumentar la cantidad de estiércol disponible para los cultivos. Para la conservación del estiércol, se ha validado un tipo de infraestructura muy rústica, denominada **estercolero** (véase Figura 9). Las características técnicas del estercolero son las siguientes:

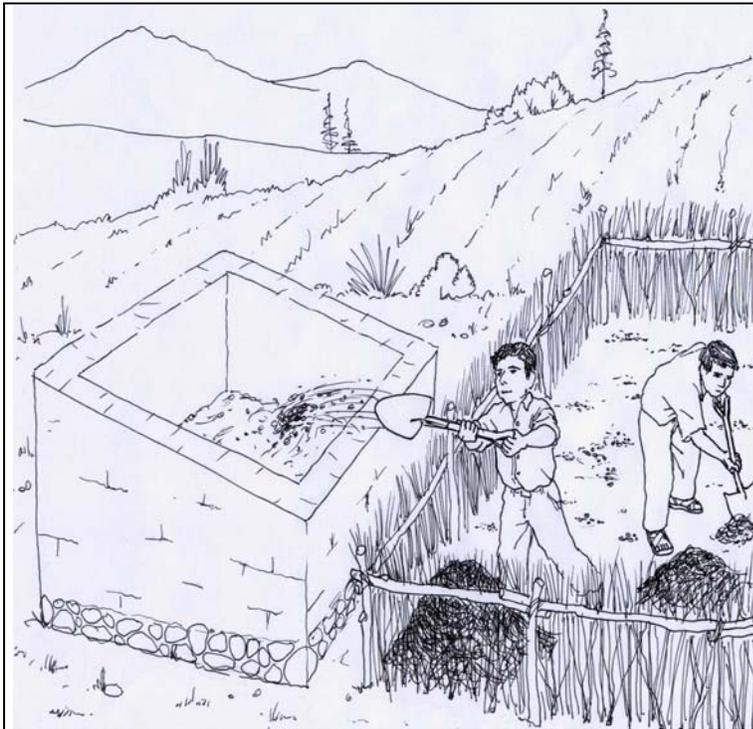


Figura 9: El uso del estercolero, en el momento del traslado del estiércol del corral al estercolero. Luego se coloca el techo (que es móvil) para guardar la calidad del estiércol.

- El estercolero consta de cuatro muros construidos con material local (adobe, piedra o tapial). Las paredes tienen el declive necesario para que el techo escurra el agua de lluvia.
- El estercolero no tiene puerta, pero su techo es móvil, lo que facilita llenar y sacar el estiércol.
- El estercolero debe estar ubicado preferentemente al lado del corral (en la parte inferior), para facilitar el traslado del estiércol.
- Las dimensiones del estercolero dependen del número de animales que se tenga en el corral. Se toma como parámetro que para 30 animales ovinos, basta que el estercolero tenga las medidas de 2 x 2 m (largo x ancho). La altura de las paredes será de 1.5 m. (la pared alta) y 1.0 m. (la pared baja).

Los estercoleros son en realidad pequeños depósitos donde se traslada el estiércol fresco con la finalidad de que se someta a un proceso de descomposición adecuado, sin perder la calidad o el contenido de los nutrientes que el material tiene. Este efecto es logrado gracias al techo, que protege el estiércol de los rayos del sol, de la lluvia (anegamiento) y del viento.

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

Debido al corto tiempo de validación de esta práctica por parte *del Proyecto*, no se cuenta aún con datos cuantitativos precisos, por ejemplo respecto a las diferencias en el contenido de nutrientes del estiércol almacenado en los estercoleros y el que permaneció en los corrales.

De todas formas, el empleo del estercolero ha facilitado mucho el manejo del estiércol y sobretodo ha permitido que en época de lluvias los corrales no se conviertan en grandes

charcos de lodo de estiércol donde los animales no tienen las mínimas condiciones de higiene y comodidad para descansar.

Por otro lado, a través del estercolero se ha mejorado la calidad del estiércol, en razón de que éste es retirado del estercolero en forma ya descompuesta, para ser incorporado directamente a los terrenos, sin necesidad de esperar tiempos adicionales como normalmente hacen los agricultores luego de sacar el estiércol de los corrales.

Otro aspecto positivo del estercolero es que facilita la recolección y el almacenamiento del estiércol derramado a campo abierto por los animales. Se ha podido comprobar en las comunidades que después de una explicación por parte de los técnicos *del Proyecto*, los comunarios recolectaban los excrementos secos de sus animales (sobretudo la bosta del ganado vacuno conocido como “torta”), para luego depositarlos en los estercoleros. Entonces, al incorporar esta práctica en las costumbres diarias del campesino, también se aumenta la cantidad de estiércol disponible, sin desperdiciar estas valiosas fuentes de materia orgánica.

Percepción campesina

Respecto al **estercolero**, los agricultores no tienen muchos inconvenientes en la construcción de la infraestructura, ya que ésta es pequeña y no requiere gran inversión en cuanto a materiales ni mano de obra. Ciertos problemas aparecen cuando debe trasladarse el estiércol, casi en forma semanal, del corral al estercolero. Por lo demás, los comunarios han entendido la necesidad de conservar la calidad del estiércol y que por ello es primordial almacenarlo en condiciones adecuadas.

• Conclusiones y recomendaciones

Es indudable que para llegar a cambiar positivamente las formas de manejo de la materia orgánica en las comunidades, sobretudo respecto al estiércol, hace falta mucha capacitación a los comunarios y luego la persistencia de los técnicos para lograr que las prácticas se apliquen adecuadamente.

Como los estercoleros permiten conservar el estiércol en condiciones aceptables, se asegura su disponibilidad en mayor cantidad y con mejor calidad. Estos dos aspectos son fundamentales para el proceso productivo, ya que según los datos obtenidos, los agricultores sólo colocan estiércol al cultivo más importante (papa), pero las cantidades empleadas son muy bajas (2 a 3 t/ha), además que su calidad no es la adecuada.

Como el uso de estercoleros es fácilmente aplicable y adoptada por los campesinos, siempre y cuando la capacitación correspondiente haya sido buena, práctica y participativa, esta práctica recibe la **clasificación 1**. Entonces, la construcción de estercoleros es aplicable en toda la zona, incluso, debería de ser introducida en las costumbres culturales de cualquier campesino, ya que la falta de materia orgánica es una de las mayores limitaciones para la agricultura en la zona.

En circunstancias que permitan un mayor tiempo de validación (por lo menos tres años consecutivos) y cuando se cuente con recursos económicos suficientes, se recomienda hacer el análisis de nutrientes del material empleado del estercolero, para luego correlacionarlo con los rendimientos obtenidos.

3.4 Elaboración de Compost

- **Características técnicas**

La elaboración de compost también tiene como objetivo aumentar la cantidad de material orgánico destinado al uso agrícola, haciendo uso de materiales orgánicos de procedencia animal y vegetal disponibles en el lugar (estiércol, hierbas verdes, restos de cocina, rastrojo de cereales, etc.). Como las cantidades de compost producidas por pequeños agricultores generalmente no alcanzan para grandes superficies, mayormente el compost se utiliza para los huertos hortícolas y otros terrenos de menor superficie donde se requiere el mejoramiento del suelo a través de la incorporación de materia orgánica de gran calidad. Una alternativa adicional para obtener materia orgánica de óptima calidad, es la lombricultura, cuyo contenido de nutrientes es aún superior a la del compost.

En este tema de la elaboración de compost, *el Proyecto* por una parte ha retomado la metodología del Proyecto FAO-Fertisuelos, para trabajar con la elaboración de compost en pilas aéreas (véase Foto 26). Por otro lado, también se ha investigado la posibilidad de producir compost en fosas abiertas en el suelo (véase Foto 27).

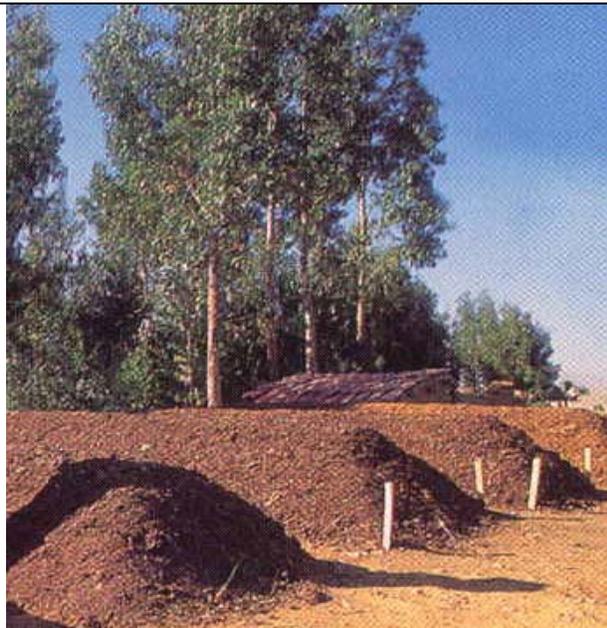


Foto 26: Compost en pilas aéreas, listo para su uso



Foto 27: Elaboración de compost en fosas u hoyos

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

En comunidades donde aún se dispone de una buena cantidad de vegetación herbácea, la posibilidad de producir compost empleando estos vegetales como principal insumo, es una de las pocas alternativas que se tiene para aumentar la cantidad de materia orgánica disponible para la agricultura. Asimismo, otros materiales orgánicos como rastrojos de los cultivos (cereales, leguminosas, etc.), ceniza de las cocinas, y por supuesto algo de estiércol, también son muy bien empleados en esta práctica.

La elaboración de compost en pilas aéreas ha tenido mayor éxito debido al tiempo relativamente corto del proceso (3 a 4 meses). En cambio, la elaboración de compost en fosas u hoyos, aunque requiere de menos cuidados, no ha tenido muy buena aceptación debido principalmente al mayor tiempo que se requiere para la descomposición del material empleado (cerca de un año). De todas maneras, como el tiempo de validación ha sido apenas de dos años, se recomienda que ambos tipos de prácticas sean todavía más estudiadas y evaluadas, ya que son tecnologías sencillas y accesibles para el pequeño agricultor.

Los resultados obtenidos respecto al incremento de la cantidad de material orgánico muestran que tomando como base una cantidad determinada de estiércol, la cantidad de material orgánico se multiplica en relación de 1:3 ó 1:4 cuando se elabora el compost.

Percepción campesina

De acuerdo a los agricultores que validaron la elaboración de compost, este material les permite dar utilidad a las hierbas o malezas que crecen por todas partes de la comunidad, de las cuales antes no obtenían ningún beneficio.

- **Conclusiones y recomendaciones**

Se ha observado que hay restricciones de materiales y tiempo para elaborar compost en grandes cantidades (por ejemplo para sembrar 1 ha de papa). Por ello, se enfatiza una vez más, que lo más recomendable es que este material sea empleado en pequeñas superficies, sobretodo para la producción intensiva de hortalizas en los huertos hortícolas. Sin embargo, a pesar de esta limitación, la elaboración de compost tiene muchas ventajas y es fácilmente aplicable y adoptada por el campesino dedicado y comprometido con la calidad de sus suelos.

Por esta razón, la práctica de elaboración de compost recibe la **clasificación 2**, es decir, es aplicable en toda la zona, pero se debe tomar en cuenta que recién después de un proceso de capacitaciones intensivas una mayor cantidad de campesinos estará dispuesta invertir tiempo en esta actividad. De todas maneras, la elaboración de compost es uno de los mejores ejemplos de reciclaje de todos los materiales orgánicos en el campo, y por ende tiene gran potencial para contribuir al mejoramiento de los suelos a través del aumento de la cantidad de materia orgánica en los mismos.

3.5 Uso de Mulch (Mulch)

- **Características técnicas**

El uso de mulch consiste en cubrir la superficie del suelo con materiales orgánicos (rastrajo de paja de cereales, hojarasca de bosque, etc.) e inorgánicos (principalmente piedra), con la finalidad de protegerlo del impacto directo de las gotas de la lluvia, cuyo efecto erosivo es muy fuerte sobre todo en un suelo desprotegido y sin cobertura. Por otro lado, el mulch tiene un efecto retardador de la evaporación del agua del suelo, favoreciendo de esta manera a la mayor disponibilidad de humedad para las plantas. Finalmente, el uso de mulch es una forma indirecta y gradual de incorporar Materia Orgánica al suelo, a través de la descomposición del material empleado como mulch.



Foto 28: Aplicación de mulch después de la siembra (paja de cereales)

El mejor momento para la aplicación del mulch sobre el suelo es luego de realizar las siembras. De esta manera, el proceso de germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas es favorecida con un ambiente fresco y con la humedad suficiente para lograr una población adecuada y homogénea. Asimismo, en caso de una escasez de lluvias después de las siembras, el mulch puede evitar que se pierda todo el sembradío por falta de humedad.

Otro momento de aplicar el mulch es después de una labor cultural, como aporques o carpidas, cuando el suelo queda removido y expuesto a una mayor evaporación de humedad.

Sin embargo, también hay limitaciones en el uso del mulch, sobretodo cuando la temporada es muy lluviosa y cuando los cultivos son susceptibles a los excesos de humedad. De todos modos, en zonas semi-áridas las potenciales ventajas de esta práctica son mucho mayores que sus posibles desventajas.

- **Resultados de la validación**

Funcionamiento de la práctica

En años pasados el desecho de la trilla de cereales (la paja) siempre era sub-utilizada o en definitiva abandonada en el campo sin aportar ningún beneficio. Sin embargo, en los últimos años este material está siendo utilizado incluso para alimentar a los animales, debido al déficit de forraje y otras fuentes de alimentación que se presentan en las comunidades rurales de la zona.

Pese a las reducidas cantidades disponibles de paja de cereales para ser utilizadas como mulch, los efectos positivos que brinda esta práctica han permitido su uso en ciertas superficies de cultivos prioritarios. Respecto a la cantidad mínima de mulch necesaria para obtener efectos adecuados, se ha determinado que en el caso de la paja de trigo, una cantidad entre 150 a 200 gr/m² es lo recomendable.

Los resultados de la validación muestran que por efecto del mulch se logra incrementar el porcentaje de humedad en 2 a 3 %, que frecuentemente es una cantidad suficiente para marcar la diferencia entre la vida o la muerte de las plántulas recién germinadas. Por ejemplo, las mediciones en varias parcelas de investigación muestran que los rendimientos de los cultivos bajo tratamiento con mulch, han sido mayores que el testigo (sin mulch) en un rango promedio del 45%. Sin embargo, debido al poco tiempo de investigación en este tema, no se han podido obtener datos en cuanto al incremento de la materia orgánica en el suelo, ni al mejoramiento de las condiciones físico químicas del mismo.

Respecto al material empleado para mulch, se ha determinado que el uso de paja de cereales tiene algunas desventajas, porque es consumido por el ganado, así como fácilmente transportado por el viento. El empleo de restos de bosque u hojarasca de especies nativas (que tiene el mismo efecto de prevenir la pérdida de humedad del suelo) es solamente posible en lugares donde se disponga de este material.



Foto 29: Mulch con restos de bosque en cultivo de maíz



Foto 30: Mulch de paja de cereales en cultivo de haba

Percepción campesina

Aunque el efecto de retener humedad es reconocido por los comunarios, gran parte de ellos no han tenido la oportunidad de implementar la práctica, por no contar con el material necesario. Por ejemplo, la paja de cereales es preferiblemente empleada como alimentación precaria de sus animales en época seca (así como en algunos casos en pequeñas cantidades para la elaboración de compost).

Algunos agricultores no se interesan en aplicar mulch a sus terrenos, porque dicen que necesitan la paja de cereales para hacer adobes o tapiales que emplean en la construcción de corrales o viviendas.

Conclusiones y recomendaciones

El efecto del mulch es muy notorio durante las primeras semanas de desarrollo de los cultivos y cuando se producen intervalos de sequía importantes (mayores a 15 días).

Los cultivos en los cuales ha resultado mejor la aplicación de mulch son: trigo, maíz y papa. Sin embargo, con seguridad varias otras especies también responderán bien a esta práctica, siempre y cuando se la aplique en el momento oportuno y en las cantidades adecuadas. Gracias a los efectos positivos, pero debido a la resistencia de los campesinos para adoptar la aplicación de mulch en sus parcelas, esta práctica recibe la **clasificación 2**. En síntesis, el efecto de mulch como una práctica de buen manejo del suelo está comprobado, pero se requiere aún mucha capacitación práctica para lograr que los campesinos que apliquen el mulch por lo menos a sus cultivos más importantes.

Una recomendación que valdría la pena tomarla en cuenta, es la siguiente: Si se carece de paja de cereales, una buena alternativa es utilizar los pastos nativos que normalmente se tienen en las comunidades, cortándolos y aplicando de la misma forma sobre la superficie del suelo. El pasto incluso es más pesado que los desechos de la trilla de cereales, lo cual favorece a que el viento no lo transporte a otros lugares.

Capítulo 4

Otras prácticas de CSA en proceso de validación

Al margen de las prácticas presentadas en los capítulos 2 y 3, *el Proyecto* ha iniciado la validación en los últimos tres años de otras prácticas que también están muy ligadas a las actividades conservacionistas. Por sus características, estas prácticas requieren de mayor tiempo de observación y por ello las presentamos como prácticas de las cuales aún no se tienen referencias muy claras.

4.1 Siembra Directa (SD) con cero labranza

En las condiciones que actualmente se encuentran los suelos de la zona, principalmente el bajo contenido de materia orgánica y la fuerte compactación, la práctica de Siembra Directa (SD) no ha reportado resultados favorables durante los tres años de investigación. De todas maneras a continuación se presenta la información básica de la práctica para que el lector tenga idea de cómo se llevó a cabo la validación.

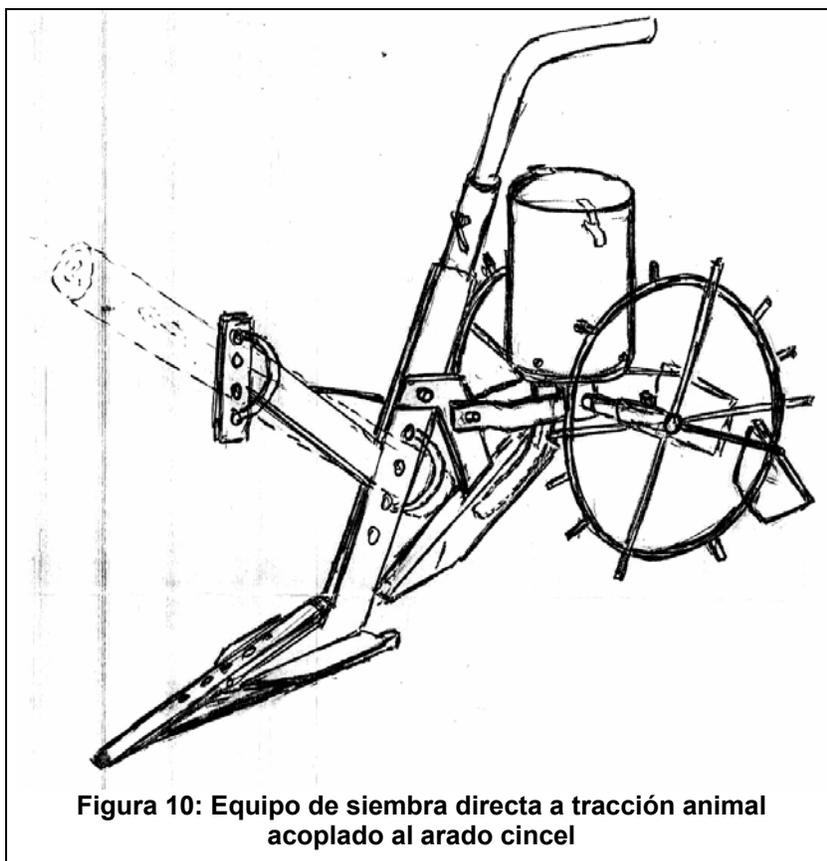


Figura 10: Equipo de siembra directa a tracción animal acoplado al arado cincel

El implemento empleado para la SD fue el arado cincel a tracción animal, al cual se acopló una sembradora de **rotación horizontal** desarrollada en coordinación con CIFEMA de Cochabamba.

Esta sembradora permite depositar las semillas directamente en el interior de las fisuras abiertas por el arado cincel. Las distancias de siembra son reguladas por medio de los discos giratorios removibles o intercambiables según la especie a sembrar.

Por las características de la sembradora, las especies que pueden sembrarse mediante este sistema son principalmente: trigo, maíz, arveja, tarwi, frijol, y otras cuya forma de semillas sea regular y homogénea y cuyo tamaño no

muestra gran variabilidad (que esté dentro de los márgenes de los cultivos señalados anteriormente).

Lamentablemente en este tipo de siembra no se ha podido incorporar ningún tipo de fertilización, debido a que se carecía de un sistema de alimentación automático de estiércol o fertilizante químico.

Resultados de rendimiento de tres años (véase Cuadro 1), comparando la SD con la labranza tradicional (arado de palo) y con el empleo de una labranza mejorada para cosecha de agua, han demostrado que tanto en cultivos de maíz, trigo y tarwi, la SD siempre obtuvo los rendimientos más bajos.

Cuadro 1. Rendimientos de tres años en maíz, trigo y tarwi, con tres sistemas de labranza a tracción animal

TRATAMIENTO	Primer año		Segundo año		Tercer año		Duncan 5 %
	Cultivo	Rend. tn/ha	Cultivo	Rend. tn/ha	Cultivo	Rend. tn/ha	
(1) Tradicional arado de palo	Maíz	2.9	Trigo	2.0	Tarwi	0.35	A
(2) Tradicional más arado cincel	Maíz	4.1	Trigo	2.9	Tarwi	0.37	A
(3) Siembra directa	Maíz	2.0	Trigo	1.2	Tarwi	0.21	A

Aunque el análisis estadístico (Duncan 5%) indica que en los tres años no hay diferencias significativas en los rendimientos de los cultivos por efecto del tipo de labranza realizado, sin embargo estas pocas diferencias que se presentan, pueden ser muy significativas para los agricultores.

Tomando como apoyo los datos del Cuadro 1 y observando las condiciones de los suelos de las comunidades donde intervino *el Proyecto*, se concluye indicando que la SD podrá ser una alternativa viable, cuando se llegue a mejorar las condiciones generales del suelo, sobretodo su contenido de materia orgánica que es básica para recuperar la estructura y estabilidad de los agregados.



Foto 31: Equipo de Siembra Directa en pleno funcionamiento

4.2 Mulch de piedra

Las piedras tienen un efecto natural en la protección del suelo contra el efecto erosivo de las gotas de lluvia y del escurrimiento superficial. Por otro lado actúan como agentes retardadores de la evaporación de la humedad del suelo. Estos dos principales efectos benéficos de las piedras pueden percibirse de manera natural, al observar que las plantas en el campo se mantienen más verdes y vigorosas cuando emergen de entre un montón de piedras.



Foto 32: Piedras alineadas a manera de alfombra. En los espacios entre piedras se siembran las semillas

Estos efectos son precisamente los que sustentan la práctica del mulch de piedra, la cual consiste en acomodar las piedras en una determinada superficie de terreno, formando una especie de “alfombra” (véase Foto 32). Previamente se debe realizar una pequeña remoción del suelo, para facilitar que las raíces de las plantas o pastos sembrados tengan la facilidad de penetrar en el sustrato.

La siembra se realiza derramando las semillas (al voleo) en los espacios entre piedras. Posteriormente éstas se cubren con un poco de arena o tierra suelta y tamizada.

La siembra se realiza

Se aclara que las piedras son de tamaño pequeño a mediano (entre 8 a 20 cm de diámetro) para facilitar su manipulación incluso por los niños.



Foto 33: Mulch de piedra sembrado con pastos

Las plantas o los pastos sembrados bajo este sistema, tienen mayores posibilidades de desarrollar, incluso después de que sean sometidos a pastoreo intenso, ya que las piedras impiden que sean arrancados por los animales desde la raíz; esto favorece al rebrote.

El mulch de piedras es empleado también en las plantaciones forestales, en cuyo caso cada planta se protege en forma individual, colocando primero una capa de material orgánico (pastos, paja de cereales, etc.) y luego las piedras.

El efecto de esta práctica será más notorio en las plantas frutales, si adicionalmente se toman precauciones para realizar una buena plantación, la cual consiste principalmente en la apertura de hoyos de por lo menos 0.80 x 0.8 x 0.80 m. (largo x ancho x profundidad) y una buena preparación del sustrato, incorporando materiales orgánicos, tales como paja de cereales, estiércol descompuesto, compost, etc.



Foto 34: Planta protegida con mulch de piedra

Capítulo 5

Conclusiones

La lucha contra la degradación de los Recursos Naturales no debe concebirse como el esfuerzo aislado de unas cuantas personas, sino como la suma de voluntades de instituciones (cualquiera sea su naturaleza) y de pobladores de las áreas rurales.

Es en ese afán, que el Proyecto JALDA quiere compartir los resultados conseguidos en el corto período de validación y dejar los mismos como un pequeño aporte para que otras instituciones continúen sobre éstas y otras experiencias el camino hacia un Desarrollo Rural Sostenible basado en la Conservación de Suelos y Aguas.

Con seguridad existen muchas otras prácticas que por el tiempo y la capacidad reducida *del Proyecto* no han podido ser validadas. Sin embargo, pensamos que por lo menos las prácticas de CSA más importantes para la zona son presentadas en este documento. Ojalá la información generada respecto a prácticas de CSA en otras instituciones y experiencias, pueda complementarse mutuamente con el contenido de este documento, y que sirva como material de consulta para estudiantes, técnicos, docentes universitarios y público en general.

Esperamos que los usuarios de esta información sean críticos desde el punto de vista constructivo y que con sus aportes mejoren cada vez más la información disponible respecto a este tema.

Para finalizar, deseamos agradecer a todos los pobladores y en especial a los Líderes Conservacionistas de las comunidades de Tomoroco, Kaynakas, Sirichaca, Patallajta y Talahuanca, cuyo esfuerzo y dedicación ha sido vital para el proceso de validación de las prácticas de conservación de suelos y aguas presentadas en este documento. Nuestro deseo es que en base a esta experiencia, los comunarios valoren, conserven y mejoren cada día más los pocos Recursos Naturales que les quedan.