

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/317356346>

LAS TERRAZAS: TÉCNICA PARA EVITAR LA EROSIÓN Y CONSERVAR SUELOS PRODUCTIVOS

Article · September 2016

CITATIONS

0

READS

11,715

1 author:



Jose MANUEL Ramos Sánchez

Erasmus Mundus SustainT

17 PUBLICATIONS 3 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Análisis sobre la regulación e impactos mediomambientales en la producción de invernaderos en la región del Altiplano Boliviano [View project](#)

Artículo de revisión ¹

El terraceo como técnica de conservación de suelos en Bolivia: Una propuesta para Hampaturi.

José Manuel Ramos Sánchez ²

Recibido;

Aceptado;

Editor académico:

Copyright © 2016 . José Manuel Ramos Sánchez

Resumen

Mediante este documento se presenta un artículo de revisión sobre las características de uno de los principales métodos de conservación de los suelos, el terraceo o cultivo en bancales. Partiendo de la conceptualización de los fenómenos de erosión hídrica, con carácter didáctico se presentan las innovaciones generales en cuanto a la tecnología tradicional del terraceo, como de conservación de suelos en contextos de montaña. Se pone énfasis en los métodos culturales y agronómicos en un distrito rural de la capital de Bolivia, La Paz, llamado de Hampaturi, como base de todo sistema de conservación de suelo, tomándose también en consideración otros métodos mecánicos o biofísicos de control que deben utilizarse en conjunto para aumentar sus beneficios.

De este modo se ofrece un estudio de caso es una cuenca degradada, caracterizada por severas cárcavas y deslizamientos de tierras, con pérdida de tierras de cultivo y daños aguas abajo a la ciudad de La Paz. Se muestra como las terrazas bien planificadas y correctamente construidas y conservadas, aprovechando los restos arqueológicos ancestrales pueden disminuir considerablemente las pérdidas de suelo por erosión y generar beneficios económicos y medioambientales. Por lo tanto, en este caso se mostrarán algunos esfuerzos desarrollados por entes nacionales y se obtendrán algunas conclusiones para la implementación de futuros esfuerzos de restauración de terrazas en la cordillera de Los Andes.

Palabras claves: Conservación del suelo, cárcavas, erosión de suelos, terraceos, Hampaturi.

¹ The article was funded by the European Commission through Erasmus Mundus Action 2 SustainT program.

² Correspondence should be addressed to: agruexam@gmail.com.
Ph.D. in Natural resources and Environment management, University of Córdoba, Spain.

1. Introducción

Los recursos naturales son imprescindibles para la supervivencia de la humanidad, y de su uso racional, protección y conservación depende la vida de muchas especies y por supuesto de la calidad de la nuestra. La ocupación y uso inapropiados de estos recursos en zonas frágiles de montaña y propensas a amenazas, combinado con condiciones de vida igualmente frágiles e inseguras hacen que cada desastre pueda destruir y termine en muy poco tiempo con las aspiraciones y esfuerzos de muchas poblaciones y con los logros alcanzados a lo largo de muchos años en el marco del desarrollo sostenible en países en desarrollo (GTZ, 2005).

En Bolivia, los Andes conforman la tradicional región llamada sierra, puna o altiplano, generando asimetrías hídricas, climáticas y de biodiversidad a sus lados y al interior de ella; una configuración alterada por la acción antrópica y que en los últimos años ha visto incrementadas sus vulnerabilidades, favoreciendo que el riesgo a desastres se intensifique y con ello la pérdida directa de su capacidad de reproducción biótica de los recursos y del sustento de las poblaciones que allí se asientan.

Ignorar el problema creciente de la erosión del suelo inducida por la labranza o su abandono puede llegar a generar pérdidas de suelo. Uno de los resultados es un mayor flujo de agua a través del suelo desnudo, induciendo la escorrentía y la pérdida de agua depositada en el suelo y, en definitiva, una posterior pérdida del potencial productivo que incorpora esta materia orgánica arrastrada hacia otras cuencas.

Así, la continua degradación del suelo está poniendo en peligro la seguridad alimentaria y el bienestar de millones de familias de agricultores en todo el mundo y ha llevado a un desolador panorama en este inmenso desierto frío que es el altiplano andino.

Por otra parte la intensificación sostenible de la producción de cultivos es posible en la actualidad en áreas no mejoradas o degradadas, mediante el uso de tecnologías innovadoras o basadas en el conocimiento tradicional campesino. Esta evidencia indica que la productividad de las tierras agrícolas y de pastoreo es una función de la capacidad y habilidad humana y de los procesos físicos y biológicos de la naturaleza en cohabitación mutua (Noogard y Sikor, 1999), en (Altieri, 1999).

Esto ha llevado a lo que ha dado en llamarse *agricultura de conservación*. En cuanto a esta hay tres criterios interrelacionados que distinguen la agricultura de conservación de un sistema de agricultura convencional: labranza reducida o cero, cobertura permanente del suelo y rotación de cultivos. La biomasa producida por el sistema se mantiene sobre la superficie del suelo y sirve como protección física del mismo y como substrato de la fauna del suelo (Miranda, 1992).

Por otra parte y adaptándonos a la condiciones de Bolivia las terrazas bien planificadas y correctamente construidas y conservadas pueden disminuir considerablemente ante las pérdidas de suelo por erosión. Resultados obtenidos en todo el mundo constataron que con la práctica del terraceo es prácticamente posible reducir a la mitad las pérdidas de suelo por erosión, independientemente del sistema de cultivo utilizado (GTZ, 2005).

Considerando todo ello en este documento se mostrarán algunos esfuerzos desarrollados por entes en un caso particular, y se obtendrán algunas conclusiones para la implementación de futuros esfuerzos en este campo en base a la recuperación de terrazas ancestrales de tipo prehispánicas.

2. La erosión como fenómeno adverso

Una de las principales causas de la degradación y pérdida de la fertilidad de los suelos en los Andes bolivianos es sin duda la erosión. Esta implica un conjunto de fases sucesivas, que ocurren en la naturaleza muy rápidamente; en cambio la edafización o formación de los suelos es un proceso natural que ocurre muy lentamente.

La Erosión es el proceso relacionado con el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo que son causados por el agua y el viento. En el proceso erosivo de los suelos, intervienen por lo tanto, el suelo como objeto pasivo, colocado bajo ciertas condiciones de pendiente. Así mismo dos agentes activos, el agua y el viento, y un intermediario, la vegetación, que regula sus relaciones.

Este proceso es causado mayormente por el agua de lluvia. De su cantidad, intensidad y distribución depende el volumen del flujo que se desliza sobre la tierra llevando en suspensión partículas minerales, o cortando el suelo. Cuando la cantidad de agua de lluvia excede la capacidad de infiltración del suelo, fluye sobre la superficie, constituyendo el agua de escorrentía, la cual arrastra partículas de suelo en cantidad variable, de acuerdo a su volumen y velocidad; y a las resistencias que se oponen a su acción.

Como principales modos de erosión existen las siguientes :

- Erosión laminar

Consiste en la remoción de capas delgadas y más o menos uniformes del suelo sobre toda un área. Esta forma es la menos notable, pero a la vez puede ser la más peligrosa. Mediante esta clase de erosión el suelo disminuye su fertilidad debido a la reducción del espesor, disminuyendo como consecuencia la productividad de los cultivos. Las tierras con escasa cubierta vegetal están expuestas a esta forma de erosión en menor o mayor grado, dependiendo de la pendiente, resistencia del suelo e intensidad y frecuencia de las lluvias.

- Erosión en surcos

Esta clase de erosión ocurre cuando se presentan lluvias intensas y el relieve del terreno presenta irregularidades en la dirección de la pendiente. La escorrentía se concentra en algunos lugares para adquirir volumen y velocidad suficiente para hacer cortes y formar surcos. Las zanjas de pequeño tamaño formadas a lo largo de la pendiente indican las zonas de concentración de la escorrentía. Los daños por esta clase de erosión pueden ser menos graves, sin embargo por ser más manifiestos se le da mayor atención que a la erosión laminar. Estos pequeños canales pueden ser eliminados con las prácticas agrícolas de cultivo.

Debido a su considerable poder erosivo, la erosión en surcos puede contribuir en gran parte a la erosión de una ladera, dependiendo de la distancia entre surcos y de la superficie afectada.

La erosión en surcos se ve favorecida cuando la lluvia ocurre en suelos que recientemente han sido preparados para la siembra de cultivos.

- **Erosión en cárcavas**

Se presenta cuando existe una excesiva concentración de escorrentía en determinadas zonas del terreno y que posteriormente permite la ampliación progresiva de la zanja. Las labores de labranza en el sentido de la pendiente, las construcciones sin ordenamiento y los drenajes de aguas superficiales mal dirigidos son generalmente el origen de profundas cárcavas, que son imposible de borrar mediante el empleo de maquinaria agrícola convencional y que progresivamente van tomando la forma de quebradas.

La erosión por cárcavas suele ser espectacular y se encuentra muy extendida, utilizándose a menudo como síntoma característico de la erosión hídrica. Este tipo de erosión es la fuente más importante de sólidos en suspensión en los ríos, pero en términos de daño al suelo agrícola o reducción de la producción no es muy decisiva, debido a que la mayoría de las tierras sujetas a la formación de cárcavas severas son de escasa capacidad agrícola.

El control de las cárcavas es siempre difícil y costoso, de tal manera que los gastos de conservación superan por lo general el valor de la tierra; siendo mejor utilizar los recursos para prevenir las cárcavas, antes que para corregir las existentes³.

3

Las cárcavas son surcos de erosión de grandes dimensiones que desvalorizan la propiedad agrícola por impedir el tránsito de la maquinaria, disminuir el área aprovechable y causar trastornos o impedir la implantación de cultivos. La mayoría de las veces la recuperación de la cárcava es un proceso lento y costoso, y para lograr

3. Objetivos de la conservación de suelos

Como hemos visto los terrenos dedicados a la producción agrícola son los más expuestos a los efectos negativos de la erosión hídrica en la sierra, debido a que se tiene que eliminar la vegetación protectora existente para que no compita con el cultivo, y además las labores de labranza exponen

tal objetivo es necesario recurrir a un conjunto de procedimientos prácticos, tales como el cierre del área, la construcción de un canal divergente en la cabecera, la suavización de los taludes, la implantación de vegetación protectora y la construcción de empalizadas transversales.

En función de la pendiente y de la longitud de la ladera del terreno, el flujo concentrado de agua provoca el aumento de las dimensiones de los surcos formados inicialmente, hasta transformarse en grandes zanjas llamadas cárcavas. Según Alves (1978), a los efectos de evaluación práctica en el campo, las cárcavas pueden clasificarse en relación a la profundidad como:

- cárcavas pequeñas, cuando tienen menos de 2,5 m de profundidad.
- cárcavas medianas, cuando tienen de 2,5 a 4,5 m de profundidad.
- cárcavas grandes, cuando tienen más de 4,5 m de profundidad.
- en relación a la cuenca de contribución
- cárcavas pequeñas, cuando la cuenca de contribución es menor a 10 ha.
- cárcavas medianas, cuando la cuenca de contribución es de 10 a 50 ha.
- cárcavas grandes, cuando la cuenca de contribución es mayor a 50 ha.

Aunque las causas del deterioro pueden ser totalmente distintas, se pueden aplicar algunos principios básicos para la solución de la mayoría de los casos de recuperación y/o estabilización de cárcavas.

El objetivo de esta fase es detener el proceso que provoca el aumento de la cárcava; es decir, evitar que la concentración de agua continúe erosionando el lecho y desestabilice los taludes del surco.

Para cumplir tal objetivo es necesario establecer un adecuado manejo del suelo del área agrícola y demás áreas que componen la cuenca de captación (potreros, caminos, áreas de beneficio común), de modo que se obtenga una correcta distribución e infiltración del agua en toda la cuenca. En virtud del estado de la cárcava, muchas veces es necesaria la construcción de una terraza o canal divergente inmediatamente encima de la cabecera para impedir totalmente la entrada de agua. Otras veces, dependiendo de la localización, es necesario el aislamiento con cercos de todo su perímetro para evitar la entrada de animales o que los trabajos rutinarios de campo sean realizados muy próximos a los taludes de las cárcavas. Según Alves (1978), en FAO (2000), la construcción de cercos a una distancia de los bordes dos veces la profundidad máxima de la cárcava, ha mostrado buenos resultados.

al suelo al arrastre por efecto de la escorrentía superficial.

Para una mayor efectividad en el control de la erosión en las áreas de cultivo, es necesario la combinación de varias prácticas en un mismo terreno. Así mismo las prácticas de conservación de suelos en áreas de cultivo deben ser complementarias con el manejo del suelo y el uso de labores adecuadas de labranza. De ese modo obtenemos que sus objetivos fundamentales son:

- Contribuir al mejoramiento de la capacidad productiva de los sistemas agropecuarios de las cuencas, mediante la recuperación, rehabilitación, conservación y manejo sustentable de los suelos y aguas:

- Proteger con vegetación el área de suelo desnudo, para evitar el impacto directo de las gotas de lluvia, evitando el deterioro de los agregados del suelo y disminuyendo la escorrentía superficial del agua.

- Reducir la producción y transporte de sedimentos finos mediante el acondicionamiento físico del suelo, para el desarrollo de una agricultura productiva, sostenible y rentable.

Teniendo en cuenta lo anterior las prácticas de conservación de suelos en áreas de cultivo, que han promovido la instituciones locales y que han sido ejecutadas tradicionalmente por los campesinos, las podemos dividir en dos grandes grupos:

- a. Prácticas Agronómicas o agroestructurales.
- b. Prácticas mecánicoestructurales.

4. Materiales y métodos

Dado que el artículo trata de llevar a cabo una revisión de experiencias en la conservación de suelos, mediante técnicas de uso general en el área andina, la lectura, visitas de campo, síntesis bibliográfica y exposición de estos asuntos sera suficiente para cumplir con los criterios de difusión de estas importantes cuestiones para la conservación y mejora de nuestros suelos en esta determinada área.

5. Prácticas de retención del suelo y distribución y aplicación del agua mediante terrazas.

La FAO (2000) propone conceptos para las terrazas en sistemas de preparación conservacionista del suelo – labranza mínima o siembra directa, dependiendo de la:

- 1) longitud crítica del declive; y
- 2) falta o existencia de residuos de cultivos.

Utilizando cualquiera de esos conceptos, hay posibilidades de aumentar la distancia entre las terrazas en presencia de cobertura del suelo – siembra directa (u otro sistema conservacionista) – cuando se lo compara con la recomendación de la distancia para la colocación de las terrazas en el sistema tradicional de cultivo – arada y rastra.

Otro aspecto, la discusión sobre el mantenimiento o no del terraceo en áreas de siembra directa es bastante polémica. Es necesario tener en cuenta que continúa siendo válido el concepto de que la parte significativa del agua que no consigue infiltrarse en el suelo, tiende a correr sobre la superficie del suelo bajo la forma de escorrentía.

Así pues, dependiendo de la capacidad de infiltración de agua y del grado de cobertura del suelo, de la pendiente del terreno y de la incidencia de las lluvias erosivas, la escorrentía será mayor o menor. Por eso, debe analizarse cuidadosamente la decisión de recomendar la eliminación de las terrazas en áreas bajo siembra directa.

De antemano cabe aclarar que por ser una práctica que requiere caras inversiones, el terraceo es una técnica que debe ser usada solamente cuando no es posible controlar la erosión en forma satisfactoria, con la adopción de otras prácticas más simples de conservación del suelo⁴. Sin embargo, el terraceo es útil en lugares donde es común la escorrentía de lluvias cuya intensidad y volumen superan la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, y donde otras prácticas conservacionistas son insuficientes para controlar la escorrentía.

Según Rufino (1989) en (FAO, 2000) las terrazas son recomendables para terrenos con pendientes de entre 4 y 50%. En pendientes inferiores al 4% y cuando las extensiones son cortas deben ser sustituidas por fajas de retención, plantación en curvas de nivel o por cultivos en fajas. En extensiones largas, las áreas deben ser terracedas a partir de 0.5% de pendiente. Se recomienda por lo general una longitud de 300 m.

4 Los objetivos principales del terraceo son:

- disminuir la velocidad de la escorrentía;
- disminuir el volumen de la escorrentía;
- disminuir las pérdidas de suelo, semillas y abonos;
- aumentar el contenido de humedad en el suelo, una vez que haya mayor infiltración de agua;
- reducir el pico de descarga de los cursos de agua;
- suavizar la topografía y mejorar las condiciones de mecanización de las áreas agrícolas.

No debe excederse la longitud máxima de 500 m. en terrenos permeables de pendiente uniforme. En terreno con cárcavas o de pendiente irregular la longitud no debería exceder de 200 m.

Como vemos, la terraza es una obra de ingeniería agrícola y reviste de gran importancia debido a su función y a la eficacia de su construcción en zonas marginales y de agricultura de montaña. La planificación y ejecución de un sistema de terrazas exigen conocimientos técnicos que debe ser unido a la práctica tradicional local y al sentido común. Para lograr este objetivo es necesario observar algunos puntos importantes en cuanto a la localización de las terrazas⁵ (FAO; 2000).

5

- determinar, por medio de un nivel, el punto más alto del área a ser terraceda (terreno, propiedad o microcuenca);
- identificar la línea de mayor inclinación para que a partir de ella se comience la localización de las terrazas;
- en caso de que el declive de la línea de mayor inclinación sea uniforme, dividir la línea en secciones uniformes de declive;
- determinar la pendiente de la línea de mayor inclinación con el auxilio de un nivel óptico, clinómetro o pie-gallina;
- si la línea de inclinación es desigual, proceder a la determinación del declive de la próxima sección uniforme, siempre a partir de la terraza ya demarcada;
- después de calculada la pendiente y verificada la textura del suelo, determinar el espaciamiento vertical (EV) o espaciamiento horizontal (EH) a ser adoptado para la demarcación de la terraza;
- como medida de seguridad, localizar la primera terraza en la parte más alta del terreno, en la mitad de la distancia recomendada por el cuadro;
- basándose en la estaca clavada en la línea de mayor inclinación, localizar la línea de la terraza clavando estacas cada 20 m o cada tres pasos del pie de gallina;
- en áreas poco uniformes la distancia entre las estacas puede ser disminuida a 15 o 10 metros;
- para terrazas de absorción o en nivel, todas las estacas deben ser clavadas en la misma cota de la estaca de la línea de pendiente;
- para terrazas de drenaje o en desnivel, las estacas deben ser clavadas en las cotas calculadas de acuerdo con el desnivel deseado;
- El desnivel de 5 por 10 00 (0,5%) es el límite máximo recomendado para que el agua no adquiera velocidad suficiente para causar erosión en el canal de la terraza.

Dada su heterogeneidad se usan diversos criterios para la clasificación de las terrazas⁶. Según Bertolini *et al.* (1989) en (FAO, 2000), la selección del tipo de terraza, está relacionada con las propiedades físicas del suelo que determinan la permeabilidad del agua en su perfil. De ahí la importancia del conocimiento de la textura, la

-
- la longitud máxima de una terraza deberá ser de 600m en suelos arcillosos y de 500 m en suelos arenosos;
 - en caso de que haya necesidad de localizar una terraza de mayor longitud, deberá proyectarse un nuevo sistema de terrazas con caída a ambos lados;
 - en caso de que haya necesidad de construir una terraza algo mayor que el límite estipulado, deberá aumentarse la longitud de cada una de las parcelas de desnivel;
 - para terrazas en nivel, la longitud no tiene límite; debido mayormente a las irregularidades que pueden ocurrir en la localización o en la construcción de estas terrazas, es aconsejable construir cada 100 o 200 m un “corte transversal”, o sea un terraceo en el canal de terraza para evitar el movimiento del agua.

6 Clasificación según la condición de escurrimiento:

- Terrazas a nivel: Se emplean para almacenar agua de lluvia, para áreas de precipitación media o baja y suelos profundos de buena permeabilidad.
- Terrazas con declive: Se emplean para el control de la erosión, para áreas de precipitación abundante, con fuentes escorrentías.

Clasificación según su sección transversal:

- Terrazas de base ancha: Se labora y cultiva toda la superficie de las terrazas. En terrenos con pendientes menores del 8% (<12%) y de topografía regular.
- Terrazas de bancos alternos: El sistema no es continuo, los bancales se construyen con estructura similar a los anteriores, espaciados por una faja de terreno natural no alterada, en pendientes del 15–75 %.

Clasificación de acuerdo al tipo de desagüe:

- Terrazas con desagües hacia un sistema subsuperficial.
- Terrazas con desagües hacia un cauce o cauce empastado.
- Terrazas de absorción. (sin desagüe) estructura, la profundidad efectiva y la permeabilidad de la capa

superficial y subsuperficial en la planificación de un sistema de terraceo⁷.

Se recomienda que para la demarcación final

7 Con relación al destino de las aguas interceptadas:

- *Terrazas de absorción* : son terrazas construidas en nivel con el objetivo de retener y acumular la escorrentía en el canal para la posterior infiltración del agua y acumulación de sedimentos; son terrazas recomendadas para regiones de baja precipitación pluvial, suelos permeables y en terrenos con pendiente menor a 8 %; normalmente son terrazas de base ancha.
- *Terrazas de drenaje*: son terrazas construidas en desnivel cuyo objetivo es interceptar la escorrentía y conducir el exceso de agua no infiltrada hasta lugares debidamente protegidos (desagües). Son terrazas recomendadas para las regiones de alta precipitación pluvial, suelos con permeabilidad moderada o lenta y recomendadas para áreas con más de 8 % y hasta 20 % de pendiente normalmente son terrazas de base estrecha o media.

Con relación al proceso de construcción:

- *Tipo canal o terraza de Nichols*: Son terrazas que presentan canales de sección más o menos triangular, construidas cortando y eliminando la tierra hacia abajo; son recomendadas para pendientes de hasta 20%; generalmente son construidas con implementos reversibles, de tracción animal o manuales; utilizadas en regiones con altas precipitaciones pluviales y en suelos de permeabilidad media a baja.
- *Tipo camellón o terraza de Mangun*: Son terrazas construidas cortando y eliminando la tierra a ambos lados de la línea demarcatoria, formando ondulaciones sobre el terreno; son recomendadas para áreas con pendientes de hasta 10%; construidas con implementos fijos o reversibles, son recomendadas para regiones de baja precipitación pluvial y suelos permeables.

La disponibilidad de maquinaria agrícola y la pendiente del terreno son otros factores que determinan la opción del proceso de construcción de una terraza (Bertolini *et al.*, 1989) en (FAO, 2000).

Con relación al tamaño de la base o longitud del movimiento de tierra

- *Terraza de base estrecha* : cuando el movimiento de tierra es de hasta tres metros de longitud; se incluyen en este grupo los cordones en con tomo.
- *Terraza de base media* : cuando la longitud del movimiento de tierra varía de tres a seis metros.
- *Terraza de base ancha*: cuando la longitud del movimiento de tierra es mayor de seis m. (generalmente hasta 12 m.

de la terraza sea necesario aumentar el declive en los últimos 20 m, lo cual facilitará el escurrimiento del agua, además de impedir que el exceso que escurre por el canal escurridero entre por el canal de la terraza. Después de realizada la localización de la curva esta deber ser compensada, suavizada, rectificadora o alineada, sin perjuicio de la gradiente, evitando así las curvas cerradas para facilitar la construcción de las terrazas.

Algunos ejemplos claves de construcción de terrazas en los Andes bolivianos son los siguientes:

Terrazas individuales

Este tipo de terraza es típica de las áreas en pendientes, fundamentalmente del 10–40 %, consistiendo en una plataforma circular u ovalada en contra pendiente del 5 – 10 %, al pie de cada árbol y que son construidas en suelo no muy rocosos o pedregosos que posean suficiente capa de suelo para soportar el corte de unos 30 cm de profundidad como mínimo.

Este tipo de terraza no conduce agua, por el contrario tiende a facilitar la absorción de la misma al pie de la planta, recogiendo los sedimentos erosionados y evitando la pérdida por erosión de los fertilizantes y nutrientes. Por estas características también resulta muy útil en las áreas de escasa lluvias, como una forma de aprovechar mejor las precipitaciones, y fundamentalmente en el período de fomento de cultivos.

Normalmente estas terrazas se construyen a mano con pico y pala siguiendo el contorno de las pendientes, y en diseño a tresbolillo fundamentalmente, realizándose preferiblemente antes de la plantación del cultivo, pues hay que tener en cuenta que cuando se realizan para

proteger plantaciones ya establecidas en los primeros momentos pueden existir afectaciones al sistema radical de los cultivos.

Barreras físicas para el control y encauzamiento de la escorrentía

Del total del agua que llega al suelo bajo la forma de lluvias intensas, una parte se infiltra y el resto pasa a formar la escorrentía, concentrándose en las depresiones naturales del terreno, escurriéndose hasta encontrar áreas de deposición natural (planicies, bajadas, red de drenaje). A medida que la escorrentía avanza, aumenta su velocidad y volumen. Cuanto mayor es la escorrentía, mayor es su capacidad de causar erosión. Según Rufino (1989) en (FAO, 2002), la velocidad crítica de escurrimiento de la escorrentía en la cual comienza el arrastre de partículas desagregadas es de 5 m/se g en suelos arenosos y 8 m/seg en suelos arcillosos.

Como hemos presentado el control eficiente de la acción erosiva de las lluvias puede ser obtenido a través de la implantación de un conjunto de prácticas de conservación de suelos complementadas con las de terraceo. Estas prácticas comprenden:

- la sistematización y la protección del área para controlar el escurrimiento superficial;
- la preparación de l suelo;
- la plantación de cultivos; y
- la cobertura.

Las prácticas de protección del área tienen por objetivo la implantación racional de obstáculos, drenajes o vías de acceso contra la acción de la escorrentía. La implantación de estas prácticas promueve alteraciones morfológicas en la superficie

del suelo. Las prácticas tradicionales implantadas para este fin son: canales escurrideros, banquetas individuales, cordones de vegetación permanente y rompe vientos (Sobral Filho, *et al.* 1980 en FAO; 2002).

Especialmente relevante es constatar que un sistema de terrazas de drenaje presume la construcción de uno o más canales de desagüe. Estos son canales destinados a recibir el agua que drena de un sistema de terrazas, conduciéndola hacia las partes más bajas del terreno, sin peligro de erosión. La clasificación de los canales de desagüe varía según su forma y naturaleza⁸.

8

La naturaleza del canal

- *Canales naturales de desagüe:* siempre que sea posible debe darse preferencia a los desagües naturales (zonas arbustivas, matorrales, pastizales bien establecidos) dotados de vegetación densa y estables para soportar la escorrentía, en función de la seguridad y bajos costos para la implantación del sistema.
- *Canales artificiales de desagüe:* cuando no existe posibilidad del uso de desagües naturales, es necesario construir especialmente canales artificiales para recibir el agua de drenaje de las terrazas.

La forma del canal

- *Canales de forma triangular o en "V":* son no recomendados para pequeñas áreas, en pendientes suaves, ya que permiten mayores velocidades, impiden la deposición de sedimentos y soportan pequeñas depresiones; pueden ser construidos con gradas, arados o moto niveladoras.
- *Canales de forma trapezoidal:* son recomendados para pendientes acentuadas; en función de la forma de su base de fondo plano, la lámina de agua es dispersada provocando una reducción considerable de la velocidad de la escorrentía; los taludes del canal deben ser construidos en la relación 4 :1, lo que facilitará la construcción y posterior mantenimiento, y pueden ser construidos con gradas, arados o moto niveladoras.
- *Canales de forma parabólica:* son recomendados para pendientes intermedias; son los canales que mejor simulan las condiciones de los cursos naturales de agua pero presentan mayores dificultades para los cálculos y su construcción; normalmente para su construcción son utilizados "bulldozers".

Teniendo en cuenta todo lo anterior podemos observar que es indispensable que la demarcación, construcción y estabilización del lecho del canal de desagüe con vegetación se realice con anticipación a la demarcación del resto del sistema de terrazas. No considerar este detalle puede provocar serios problemas de erosión en el canal y, en casos extremos, hasta provocar la formación de una cárcava.

Para la estabilización del lecho del canal de desagüe se recomienda la implantación de especies vegetales capaces de soportar las variaciones de temperatura del lugar y largos períodos de sequía, que no sea afectada por inundaciones periódicas y que promueva buena cobertura del suelo, poseer un sistema radicular agresivo con gran poder de agregación del suelo y capaz de dar firmeza a las plantas para resistir el arrastre de la escorrentía y finalmente no constituirse en planta invasora (Sobral Filho *et al.*, 1980).

Cordones de vegetación

El cordón en contorno es confundido muchas veces con la terraza de base estrecha en virtud de su semejanza de construcción. Normalmente son construidos con implementos de tracción animal o con herramientas manuales, pudiendo también ser utilizada la tracción mecánica. Estas estructuras son mucho más difundidas en regiones donde la topografía es bastante accidentada, en pequeñas propiedades o en áreas donde haya impedimento a la mecanización. Vieira (1987) menciona que los cordones en contorno son particularmente adecuados para áreas de suelos planos, arenosos donde el terraceo no presenta buenas posibilidades, o suelos cuyo horizonte sub superficial sea extremadamente

arenoso.

Castro Filho (1989) comenta que el cordón en contorno en la propiedad agrícola, puede ser usado para:

- protección general de la propiedad (en cualquier área, para el control del escurrimiento superficial);

- estabilización de los márgenes de ríos, acequias, represas y áreas adyacentes a puentes;

- recuperación de áreas degradadas con presencia de cárcavas;

- protección de cortes de caminos y barrancos;

- en áreas frutícolas ya instaladas principalmente con cultivos de espaciamiento reducido entre líneas, donde la construcción de terrazas puede afectar las raíces de las plantas.

Los cordones de vegetación permanente son fajas en contorno, intercaladas al cultivo principal, mantenidos con especies perennes que desarrollan una densa vegetación con el objetivo de reducir la velocidad del escurrimiento superficial (Sobral Filho, 1980). Los cordones con vegetación pueden ser utilizados tanto para cultivos anuales como perennes y representan una alternativa para los agricultores que no disponen de recursos para la

construcción de terrazas, por ser una práctica de costo relativamente bajo. Para la construcción de cordones con vegetación es necesaria mano de obra, herramientas manuales o equipo de tracción animal y material reproductivo de las especies vegetales a ser implantadas. Como práctica aislada, el cordón con vegetación ha mostrado ser eficiente en áreas con pendientes hasta 10% (Sobral Filho *et al.*, 1980). Para pendientes mayores se recomienda el uso combinado con otras práctica conservacionistas.

El uso combinado de cordones en contorno (surcos de absorción) y cordones con vegetación ha mostrado ser una buena opción para el control del escurrimiento superficial. Mientras están siendo formadas las barreras vegetales, los surcos de absorción desempeñan una función importante, además de acumular humedad para el crecimiento de la vegetación del cordón (Castro Filho, 1989).

En los cordones con vegetación se sugiere la implantación de especies de ciclo corto con gran densidad de raíces y desarrollo rápido aéreo. Vieira (1987) menciona también la posibilidad de usar leucaena (*Leucaena leucocephala*), leguminosa y excelente forrajera; siendo un excelente banco de proteínas para la alimentación del ganado. Otros cultivares como la *Moringa olifera lam.* o la *Gliricidia sepium* pueden ser excelentes instrumentos de contención como setos vivos y banco de alimentos para el ganado local.

Terrazas de banco, bancales o de absorción

Las terrazas de banco o bancales consisten en una serie de plataformas o escalones planos o casi planos, construidas sobre terrenos de pendiente fuerte y separados por paredes muy inclinadas protegidas por vegetación o muros de piedra. Debido a la topografía irregular del terreno de la zona andina, las terrazas de banco se convierten en una alternativa válida para la conservación del suelo, mejoramiento de los cultivos y para el aumento de la producción. Se construyen en pendientes superiores al 20 % y menores de 55 % y con profundidades de suelo entre 20 a 60 cm., generalmente en zonas agrícolas, con escasez de suelos planos y en donde se justifique además de la inversión, la gran cantidad de mano de obra.

En la construcción se debe lograr el mayor ancho posible de la terraza para facilitar las labores agrícolas. El ancho de la terraza dependerá también de los siguientes factores:

- Profundidad del suelo. A mayor profundidad mayor ancho.
- Pendiente del terreno. A menor pendiente el ancho será mayor esfuerzo a realizar.

La construcción de las terrazas de banco es una actividad que requiere el empleo de bastante mano de obra y de tiempo. Por eso, normalmente se realizan con la participación de muchos agricultores, lo que despierta el espíritu de colaboración en la comunidad.

En lugares con fuerte relieve ondulado y pedregosidad menos intensa los agricultores utilizan cordones de vegetación, aislados o asociados a la terraza de bancos con piedra, siguiendo el procedimiento anteriormente descrito. La terraza de

banco con piedra o con vegetación, ya adaptada a las condiciones de las pequeñas propiedades, debe ser asociada a otras prácticas conservacionistas para que se obtenga un control efectivo del proceso erosivo. En las terrazas de banco con vegetación debe plantarse, después de la demarcación de una faja (faja de retención) de aproximadamente 1,5 a 2 m, especies como cañas, pastos, o alpiste perenne, entre otras, para que aseguren la tierra y permitan la formación de la terraza de banco. Para las terrazas de banco con piedra, después de la demarcación de la primera curva, se construye una pared de piedra en lugar de la faja de retención. La longitud y altura de la pared van en función de la cantidad disponible de piedras y de mano de obra. Luego de la construcción de las fajas de vegetación o de piedras, el laboreo debe realizarse siempre con la reja cayendo en dirección a la faja en la pared. De esta manera va formándose el peldaño de la terraza de banco, con las siguientes características:

Altura e inclinación del talud . No mayor de 2.0 metros. La contrapendiente en suelos al secano puede ser de 2 a 5 %, y en zonas de riego o fuerte precipitación debe ser a nivel.

Cuando el talud es de tierra se recomienda la siembra de pastos para dar una mayor estabilidad.

Cuando el muro es de piedra se recomienda dejar una pequeña pestaña de 10 Cm. de ancho entre el muro y la zona de cultivo, con la finalidad de evitar que colapse.

Si existe piedras en el terreno se puede utilizar para la construcción del muro, teniendo en cuenta que debe tener un cimiento igual al 30% del total del muro, y un ancho no menor de 0.60 m.

De ser necesario debe construirse una acequia de desviación para captar y evacuar el agua en la parte superior del predio, para evitar así daños en las

terrazas⁹.

9

Su proceso constructivo es el siguiente:

1. Reconocimiento del terreno para verificar si las condiciones son las adecuadas para la construcción de terrazas de absorción.
2. Señalar la ruta para los caminos y canales de riego. Cuando el muro es de piedra se debe acopiar anticipadamente el material. Se recomienda alturas no mayores a 1.0 m.
3. La terraza se construye comenzando por un extremo y por secciones de 1 m. de ancho. En cada sección se retira la capa superficial del suelo (10 a 15 cm.). En la primera sección la tierra superficial se coloca a un costado de la faja de la terraza a construir.
4. Realizar el corte del terreno, desmenuzar los terrones y arrastrar el material hacia la zona de relleno. Esta operación se realiza hasta completar con el terraplén de la terraza y el borde interno tenga la profundidad deseada.
5. Una vez formada la terraza de la primera sección, se continúa con la siguiente sección, retirando el suelo superficial y extendiéndolo sobre el terraplén de la primera sección.
6. Se continúa con las siguientes secciones hasta terminar la terraza, cubriéndose la última sección con la tierra superficial de la sección.
7. Para la construcción de la segunda terraza, se traza la tercera curva a nivel, partiendo del mismo lado que para el trazo inicial.
8. Verificar el nivel de la terraza tanto en el borde interno como en el borde externo, así como la profundidad deseada en el borde interno.
9. Realizar la siembra de pastos, asegurando su prendimiento ya sea con agua de riego o en la época de lluvia.
10. En las zonas de producción al secano el terraplén deberá tener una contra pendiente de 2 a 5 %, en cambio en las zonas de riego y alta pluviosidad serán a nivel y con una gradiente longitudinal de 1 %.

Se recomienda la construcción de terrazas de absorción en terrenos con pendientes desde 30% hasta más de 55%. En terrenos con pendiente menores a 30 % no es económicamente viable, siendo mejor la construcción de terrazas de formación lenta.

Terrazas de formación lenta

Esta es una de las prácticas más difundidas en Bolivia. Estas consisten en franjas secuenciales que dividen la ladera en secciones perpendiculares a la pendiente, cuyos límites superiores e inferiores están orientados por las curvas a nivel y protegidos por muros de piedra (pircas) o bordos de tierra. Las terrazas son formadas progresivamente por efecto del arrastre y acumulación de sedimentos.

En el diseño es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tipo de muro.
- Ancho promedio de la Terraza
- Altura de muro en función de la pendiente.

El ancho de la terraza está dado por la distancia entre los muros y se recomienda que en la medida de las posibilidades sea lo más ancho posible para facilitar el uso de la yunta y las labores culturales del cultivo. El ancho de la terraza dependerá de la pendiente del terreno y la profundidad del suelo. A menor pendiente y mayor profundidad, el ancho será mayor.

Para trazar las curvas de nivel, se realiza primero la verificación de la pendiente del terreno, utilizando un palo de un metro de largo, el cual se lo coloca a nivel en el suelo y se mide el desnivel. La profundidad se mide realizando una pequeña

calicata, obteniendo los parámetros de la distancia entre líneas a nivel. Luego con el nivel en "A", previamente calibrado, se trazan las líneas a nivel, y se marcan de manera visible. Tanto el trazado de las curvas a nivel, como la construcción de las terrazas se inician por la parte más alta y de mayor pendiente del terreno.

Para el replanteo de la distancia entre curvas base se deberá tener en consideración, las especificaciones técnicas, las formas e implementos de labranza y el compromiso y posibilidades de las familias involucradas. En zonas húmedas y/o de alta precipitación, el trazado y la construcción de las terrazas deberán realizarse con desnivel de 1 %, hacia el lugar de evacuación de los excesos de humedad.

Se recomienda que las distancias entre muros no deben ser menores a 5 m., pues la mayoría de las familias utilizan la tracción animal (yunta) para la labranza, lo que dificultaría esta actividad.

Es importante tener en cuenta la relación inversa entre la pendiente del terreno y la distancia entre bordos o pircas. En el caso de Terrazas de Formación lenta de Tierra, la construcción se inicia con la remoción de una franja de tierra de 0.60 m. de ancho y 0.80 m. de profundidad, sobre la curva de nivel y con el suelo removido se forma el camellón de la terraza aguas arriba de la línea de nivel. Se recomienda apisonar la tierra sobre el camellón para darle mayor consistencia y poder hacer resistencia al agua de escorrentía y evitar así desbordes. Al finalizar la construcción en la parte inferior del muro quedará una zanja de infiltración, la misma que servirá para el almacenamiento de agua de lluvia. Cuando se utiliza champa, deberá construirse un cimiento con una base mínima de 50 cms.

El camellón de tierra debe ser levantado

hasta la altura que permite la masa de suelo excavada, recomendando se alturas de hasta 1.50 m.

Cuando el camellón es de tierra, deberá complementarse con la instalación de una barrera viva de protección que puede ser de arbustos, frutales o una combinación de éstos con pastos, de modo que permitan su estabilización. La plantación se realizará en la parte superior del muro y la especies serán seleccionadas de acuerdo a la zona agroecológica.

Las terrazas construidas con muros de tierra, necesitan de un mantenimiento por lo menos una vez al año, hasta lograr su completa estabilización y puedan cumplir así con su función de retención del agua y sedimentos hasta concluir su formación (GTZ, 2005).

Tratamiento de cuencas basado en incentivos: El caso de Hampaturi.

Ballivián, A. (2008) señala que el 98% de las terrazas agrícolas presentes en Bolivia son de origen precolombino.

En el caso particular de la zona de Hampaturi de la provincia del departamento de La Paz, esta presenta áreas de terraza agrícolas que habrían sido construidas por diferentes asentamientos humanos que poblaron la región en diferentes épocas. Las primeras construcciones habrían sido de filiación tiwanacota (Quinta época 750 a 1200 d.C.). Luego intervinieron los señoríos aymaras (Pacajes 1200 a 1425 d.C.) para finalmente verificarse la presencia y desarrollo de esta tecnología por parte del Imperio Incaico con el Inca Tupaj Yupanqui (1471-1493 d.C.) mediante la posible implantación de mitimaes.

La tecnología empleada está muy emparentada con Tiahuanaco, pues las terrazas

agrícolas son grandes, amplias y bajas (de muros bajos), típicas de esta cultura, en contraste a las terrazas de los Incas y Pacajes que eran elevadas.

Las terrazas agrícolas precolombinas son estructuras conservacionistas que funcionan exteriorizando tres principios físicos básicos, que también se manifiestan en otras infraestructuras andino-amazónicas: la regulación térmica, la humedad relativa y la turbulencia, y el flujo continuo del agua y nutrientes.

El calor del sol que ocurre durante el día es acumulado, almacenado y conservado, en las piedras del muro de contención de las terrazas agrícolas y, principalmente, en el suelo aprovechando su contenido de humus orgánico, su actividad microbiológica y el contenido de agua. Según el tipo de terraza agrícola, durante la noche el calor del sol, almacenado y conservado en las rocas del muro, y en el humus (relacionado directamente con la dinámica de los microorganismos) y la humedad presentes en el suelo agrícola, es irradiado lentamente produciendo un efecto termorregulador microclimático apropiado, que protege a los cultivos de las heladas, generados por los descensos bruscos de la temperatura.

El aire frío de las heladas que impacta sobre la infraestructura de las terrazas agrícolas, se mezcla con el aire caliente que se irradia desde el muro de piedras y del suelo rico en humus y húmedo, atenuándose la temperatura e incrementándose la humedad relativa, lo que minimiza y controla los efectos negativos de las heladas.

En las terrazas agrícolas o taqanas, el agua que se infiltra a las partes inferiores y, cumplida su función nutritiva, se evacua para ser aprovechada

en los planos inferiores, llevando a ellos los nutrientes solubles movilizados desde la terraza superior, principalmente aquellos nutrientes móviles dentro del suelo como son los nitratos.

La erosión hídrica se ve disminuida y se controla eficientemente con las terrazas agrícolas, porque el tamaño y la cantidad de material que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión depende de la velocidad con que ésta fluye, la cual, a su vez, es resultante de la longitud y el grado de pendiente del terreno. Al disminuir estas dos condicionantes y cultivarse en surcos a nivel, se evita la escorrentía del agua superficial, controlando, de esta manera, el arrastre del material.

Aproximaciones preliminares permiten establecer una superficie de terrazas precolombinas a nivel nacional cercana a las 650.000 hectáreas que se encuentran en diverso estado de conservación, pero con muchas posibilidades de ser recuperadas.

Sólo en el departamento de La Paz, utilizándose técnicas de fotointerpretación y comprobación de campo, se ha identificado la existencia de terrazas precolombinas o taqanas, en diverso estado de conservación y en distintas provincias que cubren, aproximadamente, una superficie de 230.000 hectáreas, de las cuales en el presente, sólo un 25% está en uso.

Como alternativa a este escenario actualmente en Bolivia se están proponiendo diversos medios para incrementar la producción y productividad, así como para ampliar la frontera agrícola. De este modo existen numerosas acciones relacionadas con el riego, tecnificación del agro, programas de desarrollo rural, programas de lucha contra la pobreza y programas de colonizaciones. La mayoría de estos proyectos son de largo y mediano

plazo, pues involucran endeudamiento externo, por la gran cantidad de capital y tecnología requeridos, gastos que no se ven reflejados en los beneficios obtenidos.

En el caso de las infraestructuras agrarias es recurrente las llamadas con propuestas de rehabilitación y recuperación de terrazas o taqanas ancestrales, buscando desarrollar una agricultura que sea “agronómicamente viable, económicamente rentable y ecológicamente estable”; y si bien las terrazas o taqanas se remontan a siglos atrás, son hasta hoy la única forma eficaz de evitar la erosión indiscriminada en las laderas de las zonas montañosas y contrarrestar los efectos del cambio climático. Se considera que en estas terrazas o taqanas, actualmente en desuso o abandonadas, existe un gran potencial para desarrollar la agricultura recuperando esta tecnología ancestral.

El siguiente análisis en base al inventariado preliminar, permite obtener algunos indicadores bastante alentadores, para la recuperación de las terrazas. Del área aproximada total que alcanza las 230.000 hectáreas de terrazas, existentes en el departamento de La Paz, sólo un 25% está en uso, lo que representa aproximadamente 57.500 hectáreas, las restantes 172.500 hectáreas, presentando serias posibilidades de recuperación.

Tomando en cuenta, que el área actual cultivada en el departamento de La Paz, es aproximadamente de 400.000 hectáreas, la incorporación de las 172.500 hectáreas de terrazas recuperables, incrementaría en más del 43% la superficie cultivable actual.

Dicho de otro modo si se tiene en cuenta a las tierras en descanso, podría incrementarse en un 25%, si sólo se recuperara el 70% de las 650.000 hectáreas de terrazas precolombinas, que se

encuentran abandonadas y en diversos estados de conservación, en diferentes regiones del país.

En el caso del distrito de Hampaturi este está conformado por 22 comunidades con una población de alrededor de 22 mil habitantes. La zona es productora de una variedad de cultivos destinados al auto consumo y a la comercialización en la ciudad de La Paz de los que se destaca la papa en sus diferentes variedades y otros como lechuga, cebolla, nabo, haba y zanahoria.

Los pobladores que son agricultores, se dedican también a producir flores como los gladiolos, a la crianza y la pesquería de la trucha de río en Pongo y a la extracción de áridos (arena) como actividades económicas del distrito.

Buscando diversificar sus fuentes de ingresos ha surgido en los últimos años iniciativas turísticas que aúnen la valorización del patrimonio y que se conviertan en el futuro en un atractivo turístico agroecológico.

Así, desde hace años, entre los cultivos agrícolas de los comunarios de Hampaturi, era común hallar rastros de caminos de piedra o pequeños muros que formaban parte de las terrazas de cultivo de culturas prehispánicas.

Los vestigios de los asentamientos tiwanacotas datan de hace 800 a 1.600 años. El sitio donde fueron hallados estos rastros se encuentra cerca de la comunidad de Lorokhota, en la jurisdicción de la Subalcaldía rural de Hampaturi, perteneciente al municipio paceño.

De este modo se pueden resaltar las alteraciones que sufrió el paisaje natural por la edificación de las terrazas de cultivos, también llamadas takanas. En el lugar existen caminos de piedra y rutas troperas para camélidos, una vasta red de sendas empedradas que conectaban entre sí a las

diferentes cuencas.

Las investigaciones arqueológicas han sacado a la luz que las civilizaciones precolombinas se establecieron en pequeñas poblaciones en mesetas y trabajaron ampliando la frontera agrícola para el cultivo rotativo de tubérculos andinos. Los tiwanacotas tuvieron que salvar muchos problemas de altitud, pendientes, erosiones hídricas y eólicas con la implementación de terrazas de cultivos en las laderas que aún se pueden ver en algunos lugares de la ciudad paceña,

Entre los factores que se presume impulsaron a los antiguos habitantes del lugar a elegir estos predios para su cultivo están el acceso a tierras de calidad y la cercanía a fuentes de agua como lagos o ríos. También eran importantes el clima y el hallazgo de tierras aptas para el pastoreo, con zonas mineralógicas, con gravas y arcilla.

Las terrazas agrícolas o takanas son un sistema de cultivo que se originó en la época prehispánica y que se instaló en las laderas de las montañas con un singular manejo del recurso hídrico.

Por todo ello posteriores investigaciones de la Delegación Municipal para el Fomento de la Interculturalidad (DMFI) identificaron las potencialidades agrícolas de Hampaturi a partir de un estudio y confirmó que, por ejemplo, en la región se cultivaban más de 6.000 variedades de papa, el tubérculo principal que alimentaba a los miles de habitantes del valle de La Paz durante la época prehispánica, y también en la actualidad.

Nos encontraríamos ante una sabiduría ancestral, un conocimiento intercultural que permitió controlar hasta el clima y manejar el recurso hídrico para el riego de las plataformas líticas destinadas a los cultivos.

Dado este potencial encontramos que es claro que la implementación de un proyecto de promoción agrícola intercultural a través del cultivo tradicional y la re utilización de las terrazas tiwanacotas, además de la reintegración de variedades endémicas de la papa son dos armas para la puesta en valor de los recursos endógenos de este territorio.

Como proyectado dimanante de esta estrategia se calcula que la restauración de mil metros cuadrados de una aynoqa o sector de cultivo podría costar 40 mil bolivianos.

La Delegación Municipal para el Fomento de la Interculturalidad (DMFI) que coordinó el estudio con la Subcaldía de Hampaturi, a quedado a cargo de apoyar la recuperación y producción de variedades nativas de papa con la restauración de las terrazas agrícolas prehispánicas y el intercambio comercial como uno de los elementos de sostenibilidad para la integración ciudadana.

Teniendo en cuenta todo lo anterior a continuación se presenta una propuesta de proyecto apoyado por un enfoque basado en incentivos. Mediante este los agricultores son concienciados sobre la erosión e involucrados en el control de cárcavas y otras medidas para protección de las cuencas (Wocat, 2011).

En este caso sería necesario iniciar un proceso de auto-gestión acompañada de los habitantes de la zona a fin de involucrar a los usuarios de la tierra en el control de la erosión del suelo de las cuencas aguas abajo de la ciudad de La Paz.

En el contexto de esta iniciativa los agricultores serían involucrados en el proceso por medio de reuniones organizadas en las cuales podrían ajustar las intervenciones del Programa a sus propias necesidades por medio de un proceso interactivo.

De este modo, a corto plazo principalmente la ciudad de La Paz, río abajo, se beneficiaría de la implementación de las tecnologías de control de erosión. Por esta razón, los agricultores deberían ser pagados para construir las terrazas de producción agraria y control de la erosión.

Un largo período de concienciación debería ayudar a asegurar que los agricultores incorporasen las tecnologías de prevención de la erosión en sus tierras de cultivo por arriba de las cárcavas.

La agencia de desarrollo debería dar seguimiento periódico al estado de las estructuras pero la mayor parte del mantenimiento estaría en manos de los propios agricultores aunque proporcionando apoyo técnico y algún transporte de materiales. Al final de la fase de implementación se efectuaría una evaluación interna y otra externa.

El enfoque incluiría capacitación en aspectos técnicos y en la planificación a largo plazo para el uso sostenible de la tierra. Algunos agricultores serían capacitados como encargados y a su vez capacitarían a otros agricultores. Durante el período de construcción, el personal capacitaría a los agricultores en las prácticas de suelos directamente en el campo.

Si bien la erosión es principalmente un proceso natural, en este caso es agravado por prácticas agrícolas inadecuadas. El objetivo es aquel de convencer a los agricultores sobre la necesidad de proteger sus tierras agrícolas y estabilizar las cárcavas aguas abajo y de la importancia general de

implementar tecnologías para combatir la erosión (Idem, 2011).

6. Conclusiones

Los proyectos de terraceo agrícola deben contemplar la propiedad entera, un grupo de propiedades o hasta la misma micro cuenca hidrográfica, en la cual están localizadas las propiedades agrícolas, para que la construcción de las terrazas en cualquier parte, pueda ser integrada al sistema general, sin problemas ni gastos innecesarios. La planificación es por tanto fundamental. En este aspecto no se debe excluir la posibilidad de una redistribución de las áreas agrícolas, cercos y caminos para adecuar su arreglo a los preceptos de utilización adecuada del suelo y de la administración agrícola.

Una vez constatada la necesidad de la construcción de terrazas para la protección de un área, se debe realizar un estudio previo que considere el uso actual, observando la naturaleza del suelo; las depresiones naturales o locales para la construcción de canales y escurrideros artificiales; el escurrimiento de aguas en áreas vecinas, en caminos o en cárcavas; la pendiente y longitud del declive; la presencia de surcos de erosión o cárcavas; la localización de los caminos y las informaciones sobre el régimen pluviométrico.

Antes de ser ejecutada cualquier práctica conservacionista de prevención de la erosión, se debe proceder a uniformar el área; o sea, por medio del uso de motoniveladoras, gradas, arados, instrumentos de tracción animal o manual tapar huecos, cunetas, surcos provocados por la erosión, retirar tocones o raíces, o hasta eliminar el antiguo sistema de terraceo.

Como alternativa más viable a nivel de predios individuales las miniterrazas son menos estables en suelos arenosos, donde necesitan el apoyo de otras obras de conservación, como las barreras vivas, barreras muertas y acequias de infiltración. Los mejores resultados se obtienen en suelos de moderadamente profundos a profundos. En suelos mal drenados puede aumentar el riesgo de encharcamiento. Si la parcela es pedregosa, se recogen las piedras y se construirían mini barreras muertas, para controlar la erosión y facilitar la siembra en los surcos. Durante el 1er año después de cada aguacero fuerte se debe inspeccionar las terrazas. Después del 1er. año se debe prestar atención a las sedimentaciones que se incrementan con los cultivos limpios, retirar los sedimentos y restituir la capacidad de los canales.

La labranza en surcos resulta más apropiada para pendientes de moderadas a fuertes (mayores al 15%). Después de unas tres temporadas las miniterrazas en formación mejoran la infiltración y el control de la erosión. Para aprovechar la formación de mini-terrazas, se recomienda combinar la labranza en surcos con prácticas que mejoran la fertilidad en los surcos, como la siembra de leguminosas o la aplicación de abono orgánico.

Cuando se usase tracción animal, se deberían dar de tres a cuatro pasos de arado por cada una de las curvas trazadas. Si el trabajo de arar por el mismo surco se repite cada año, en el terreno se irán formando mini-terrazas. La siembra del cultivo, la aplicación de abonos y de mulch se debe concentrar en los surcos de labranza. En cada ciclo agrícola se debe roturar por los mismos surcos. Cuando las mini-terrazas se han formado requieren un mantenimiento continuo, a fin de conservar los taludes y mantener una pequeña pendiente inversa.

Como el establecimiento de esta práctica se necesita bastante mano de obra, pero se debe combinar con prácticas de mejoramiento de la fertilidad de los suelo para hacer un uso intensivo de la tierra. Se utilizarían en este caso en cultivos como maíz, frijol, hortalizas y tubérculos. El libre pastoreo de los animales debería ser controlado, ya que destruye las mini-terrazas.

Como hemos observado en el caso de estos espacios andinos el control de la erosión se mejoraría en la medida que se formaran las miniterrazas y se combinaran con otras técnicas. En suelos de baja infiltración y de fuertes lluvias es muy probable que se forman canalillos, por eso se aconseja combina la obra con barreras vivas o muertas y acequias de infiltración. Para contrarrestarlo las mini-terrazas mejorarían la infiltración y concentrarían el agua en las zonas de enraizamiento de los cultivos. Combinadas con la no quema de rastrojos y el mulch se mejoraría la retención del agua en el suelo (Zenker, 1978).

Además estas facilitarían el riego cuando se cultivasen semilla de frijol, maíz u hortalizas. Las mini-terrazas reducirían también el efecto de la erosión por el viento; pero, por si solas, no mejorarían la fertilidad del suelo a menos que se combinen con la aplicación de abono orgánico y/o rastrojos en la franjas roturadas.

Por todo ello se recomienda la introducción de otras prácticas agroecológicas y de reproducción biótica, que unidas a estas barreras físicas pueden dar lugar a pequeños oasis de producción en las limitadas condiciones de producción de aquellas áreas alto andinas tales como la del distrito de Hampaturi.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece la ayuda prestada por el equipo de la Universidad Loyola de la Paz, Bolivia en el uso de la información tratada y sistematizada en este documento.

REFERENCIAS

- ALTIERI, M.** (1999): Agroecología, bases Científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Nordan.
- ALVES, C.S.** (1978): Controle e estabilização de voçorocas. Trigo e Soja - *Boletim Técnico FECOTRIGO*, **37**, Porto Alegre. pp. 6-9.
- BALLIVIAN, J.A.** (2008): "Paisajes cultivados en los valles altos de La Paz: una introducción a la problemática", ponencia XXII Reunión anual de Etnología, MUSEF, La Paz, Bolivia.
- BERTOLINI, D., GALETTI, P.A., Y DRUGOWICH, M.I.** (1989): Tipos e formas de terraços. En: *Simpósio sobre terraceamento agrícola*, 1988, Campinas, SP. Anais. Fundação Cargill, Campinas. pp. 79- 98.
- CASTRO FILHO, C.** (1989): Cordões em contorno e cordões de vegetação permanente. En: *Manual Técnico do Sub-programa de manejo e conservação do solo*. Curitiba. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Paraná. pp. 23-238.
- Food and agriculture re Organisation, FAO** (2000): Manual de prácticas integradas de conservación de tierras y aguas. Boletín de tierras y aguas de la FAO, Número 8.
- German Technical cooperation, GTZ**, (2005): "Tecnologías de manejo y conservación de recursos naturales, para reducir la vulnerabilidad frente a fenómenos naturales y socio naturales". Programa de Desarrollo Rural sostenible de Cajamarca.
- MIRANDA, L.**, (1992): Memoria Curso Taller: Conservación de Suelos Agrícolas y Productividad. Cooperación Técnica Suiza (COTESU). Cochabamba, Bolivia. 1992. 54 p
- NOOGARD, R.B. & SIKOR, T.** (1999): "Metodología y práctica de la Agroecología". En Altieri, M.A. (1999).
- RUFINO, R.L.** (1989): Terraceamento. En: *Manual Técnico do Subprograma de Manejo e Conservação do Solo*, Curitiba. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, Paraná. pp. 21-235.
- SOBRAL FILHO, R.M., MADEIRA NETO, J. DAS, FREITAS, P.L. DE, Y SILVA, R.L.P. DA.** (1980): Práticas de Conservação de Solos.(EMBRAPA-SNCLS, Miscelânea, 3). EMBRAPA-SNCLS, Rio de Janeiro. 88 p.
- VIEIRA, M.J.** (1987): Solos de baixa aptidão: opções de uso e técnicas de manejo e conservação. (IAPAR, Circular No. 51). IAPAR, Londrina. 68 p.
- WOCAT**, (2011): Estudios de caso. Donde la tierra es más verde. Disponible solamente en inglés: descargar del sitio: www.wocat.net
- ZENKER, R.** (1978): Conservação do solo: práticas conservacionistas. (mimeografiado) Secretaria da Agricultura, Porto Alegre. 34 p.