



Prácticas de manejo y conservación del suelo y agua resilientes a los eventos climáticos extremos en la microcuenca Mamaniri municipio de Ayo Ayo

Management practices and conservation of soil and water resilient to the extreme climatic events in Mamaniri micro-basin of the municipality of Ayo Ayo

Rebeca Ticona Titirico

RESUMEN:

El cambio climático está modificando a nivel global el comportamiento de las precipitaciones y temperaturas, poniendo en riesgo la sostenibilidad de los agroecosistemas. Uno de sus componentes básico y estratégico que permite mitigar estos efectos es el suelo, pues tiene un carácter regulador. Con la presente investigación se planteó estrategias de manejo y conservación de suelo y agua en las zonas Huancayno y Taruta que componen a la microcuenca Mamaniri, y pertenecen a la comunidad Pomasara del municipio de Ayo Ayo del departamento de La Paz. Para ello se realizó y revalorizó estrategias de manejo y conservación del recurso suelo y agua mediante un enfoque participativo promoviendo el intercambio de saberes con 12 familias. Como resultados, se identificó que la microcuenca Mamaniri ($A=11,53 \text{ km}^2$), presenta un muy alto grado de erosión ($> 100 \text{ t/ha/año}$) en su mayor parte, debido principalmente a su topografía accidentada y la escasa vegetación por las condiciones de aridez.. Se identificaron prácticas de barreras muertas (takanas) en áreas no cultivables, barreras vivas en parcelas, márgenes del río principal, tributarios, y bordes de caminos, implantación de especies forestales como pino y kiswara, rotación y asociación de cultivos, surcos en contorno e incorporación de abonos orgánicos desarrolladas anteriormente por los agricultores con ayuda de instituciones. Por otra parte los pobladores aprovechan el agua del río Mamaniri y vertientes, almacenándola en reservorios rústicos. Con el acompañamiento se logró implementar con las familias terrazas de formación lenta con muros de piedra, barreras vivas con cohete (Kniphofia uvaria), reservorios de agua e implantación de especies forestales. Finalmente el presente estudio concluye en un planteamiento a nivel microcuenca, y en base al intercambio de saberes, de medidas eficaces y adecuadas para el manejo y conservación del recurso suelo y agua, plasmados en un mapa. Tal planteamiento permitirá planificar estrategias para la adaptación y resiliencia de las familias que componen la microcuenca, a los eventos climáticos extremos.

PALABRAS CLAVE: Conservación, suelos, aguas, resiliencia, cambio climático, microcuenca.

ABSTRACT:

Climate change is modifying globally the behavior of rainfall and temperatures, putting at risk the sustainability of agroecosystems. One of its basic and strategic components that mitigate these effects is the soil, since it has a regulatory nature. With this research, soil and water management and conservation strategies were proposed in the Huancayno and Taruta zones that make up the Mamaniri micro-basin, and belong to the Pomasara community of the Ayo Ayo municipality of the department of La Paz. To this end, strategies for management and conservation of soil and water resources were carried out and re-evaluated through a participatory approach promoting the exchange of knowledge with 12 families. As results, it was identified that the Mamaniri micro-watershed ($A = 11.53 \text{ km}^2$) has a very high degree of erosion ($> 100 \text{ t / ha / year}$) for the most part, mainly due to its rugged topography and scarce vegetation. the conditions of aridity .. Dead-barriers (takanas) practices were identified in non-cultivable areas, living barriers in plots, main river margins, tributaries, and roadsides, implantation of forest species such as pine and kiswara, rotation and association of crops, contour grooves and incorporation of organic fertilizers previously developed by farmers with the help of institutions. On the other hand, the inhabitants take advantage of the water from the Mamaniri River and springs, storing it in rustic reservoirs. With the accompaniment it was possible to implement with the families slow-growing terraces with stone walls, live barriers with a rocket (Kniphofia uvaria), reservoirs of water and implantation of forest species. Finally, the present study concludes with an approach at the micro-basin level, and based on the exchange of knowledge, of effective and adequate measures for the management and conservation of the soil and water resources, captured on a map. Such an approach will allow planning strategies for the adaptation and resilience of the families that make up the micro-basin, to extreme climate events.

KEY WORDS: Conservation, soil, water, resilience, climate change, microbasin.

AUTOR: **Rebeca Ticona Titirico:** Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. e.umsa.aa@gmail.com

Recibido: 15/02/2018. **Aprobado:** 30/03/2018.

DOI: <https://doi.org/10.53287/mysf3530wc91x>

INTRODUCCIÓN

Bates *et al.* (2008) indican que el cambio climático está modificando el comportamiento de precipitaciones y temperaturas, proyectándose para la región modificaciones relevantes en los agro-

ecosistemas como se conocen actualmente. En América Latina y el Caribe, los cambios en patrones de lluvias (intensidad, frecuencia), temperaturas máximas y mínimas, incidirán en el deterioro de los suelos, (erosión, salinización) que afectarán el

rendimiento de cultivos básicos, generando presión sobre zonas no agrícolas para convertirlas en superficies productoras de alimentos. Ello, sumado al crecimiento proyectado de la población mundial y su correspondiente demanda de alimentos, hacen que el cambio climático sea un riesgo adicional para la degradación del suelo y del agua, debido a la expansión de las zonas de cultivo y la intensificación de la producción (FAO, 2016).

Para adaptarse al cambio climático, fortalecer la agricultura familiar y garantizar la seguridad alimentaria y por otro lado asegurar la provisión de servicios ambientales o ecosistémicos en cuencas, es necesario aminorar los procesos de degradación de suelo, asegurar el suministro de agua necesaria para los habitantes, animales y la producción agropecuaria y otros (Nicholls, 2013). La producción agrícola y pecuaria en la región del Altiplano de los andes y en zonas de cabecera de valle en los últimos años se redujo, debido a múltiples factores: socioeconómicos (creciente parcelación de tierras agrícolas), variaciones de temperatura, riesgos de helada, escasa precipitación, altos riesgos de sequía durante el periodo de crecimiento de las plantas, deforestación, sobrepastoreo y otros, en determinadas épocas del año (Motavalli *et al.*, 2013).

Frente a este panorama surge la necesidad de crear estrategias orientadas a mejorar gradualmente la sostenibilidad en la gestión de los recursos naturales. Uno de los esfuerzos para lograr tal fin, es el que se viene realizando con el Proyecto de Investigación Aplicada para la Adaptación al Cambio Climático (PIA-ACC), mediante el apoyo a las comunidades productoras de la microcuenca Mamaniri, con asesoramiento y dotación de materiales para la realización de prácticas de manejo y conservación de suelos y agua, con un enfoque integral y extendido a un espacio geográfico natural como es la microcuenca, a fin de lograr un uso sostenible de sus recursos.

Con el presente trabajo de investigación se propuso una adecuada planificación en uso de los recursos suelo y agua, basándose en un análisis apoyado con herramienta SIG, inspecciones de campo y consideraciones de aspectos sociales.

El Objetivo de la investigación ha sido el determinar las estrategias de manejo y conservación de suelo y agua en la microcuenca Mamaniri como medidas de adaptación y resiliencia a los eventos climáticos extremos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se realizó en el Municipio de Ayo Ayo, Tercera Sección de la Provincia Aroma del Departamento de La Paz. Este se encuentra ubicado al sudeste del Departamento, en la región del Altiplano sur boliviano. A 80 kilómetros de la Sede de Gobierno, la ruta de acceso es la carretera troncal La Paz – Oruro. Geográficamente, la Sección Municipal de Ayo Ayo, se sitúa entre las coordenadas 17°06'16" de latitud Sud y 68°00' 00" de longitud Oeste. Se encuentra a una altitud media de 3956 m.s.n.m (Llusco *et al.*, 2009).

El Municipio de Ayo Ayo, tiene una superficie aproximada de 506 km², que representa el 11,15%, respecto a la superficie total de la Provincia Aroma y el 0,37% respecto a la superficie total del Departamento de La Paz. La microcuenca Mamaniri, área del presente trabajo tiene una superficie aproximada de 11,53 km², perímetro de 18,39 km. Se encuentra ubicada en el municipio de Ayo Ayo, políticamente se divide en 5 comunidades, de las cuales el área en estudio comprende únicamente a la comunidad de Pomasara, que abarca 5 zonas de las cuales dos zonas conforman la microcuenca Mamaniri (Taruta y Huancayno) como se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Tabla 1 División política de las zonas en estudio.

PROVINCIA	SECCIONES MUNICIPALES	MUNICIPIO	CANTÓN	COMUNIDAD	ZONAS	MICROCUEÑA MAMANIRI
Aroma	Tercera Sección	Ayo Ayo	Ayo Ayo	Pomasara	Chacoma	X
					Mamaniri	X
					Taruta	✓
					Huancayno	✓
					Queuraquipa	X

Fuente: elaboración en base a información de PDM (2009).

Es necesario indicar que las zonas de Taruta y Huancayno comprenden un espacio mayor al área en estudio, siendo que por los fines del estudio se consideró el área que ocupan dentro de la microcuenca Mamaniri.

Materiales

En el presente estudio se utilizó: Cuaderno de campo, Tablero, Nivel en “A”, Wincha, GPS navegador, Cámara Fotográfica, Programa: ArcGis 10.2.2, Google Earth , shapefile con información climática, cobertura y uso del suelo, Modelo digital terreno (MDT).

Metodología de la investigación

- **Tipo de Investigación;** la investigación es del tipo semicualitativo, realizado con un enfoque participativo, mediante el intercambio de saberes con 12 familias de dos zonas en la microcuenca Mamaniri y 6 familias aledañas a la microcuenca, a fin de entender su realidad y lograr identificar las estrategias de manejo y conservación de suelo y agua más eficaces y adecuados a su entorno.
- **Procedimiento de investigación;** El procedimiento desarrollado para realizar la investigación se compone de 5 etapas progresivas las cuales se describen en la siguiente figura:

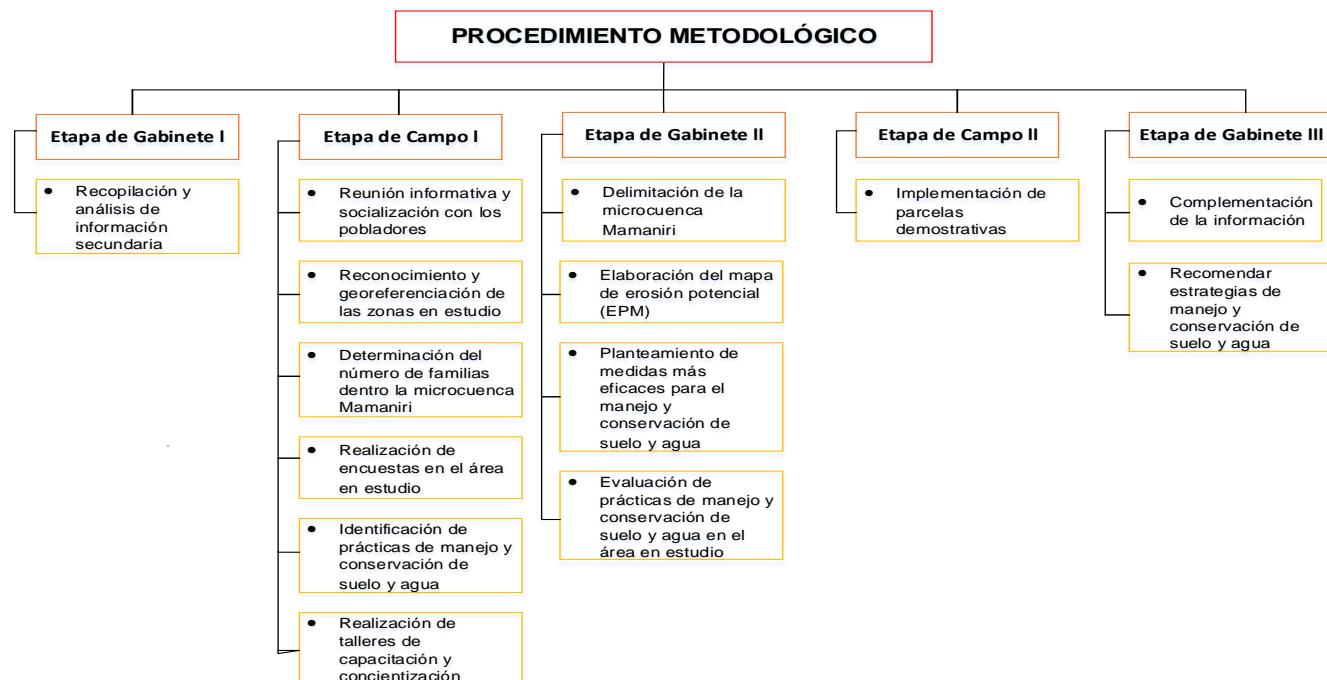


Figura 1. Esquema del procedimiento metodológico por etapas.

Fuente: Elaboración propia (2017).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población del área en estudio

Del diagnóstico realizado se identificó que la comunidad de Pomasara está compuesta de cinco zonas, de los cuales dos fueron estudiadas durante la ejecución del proyecto. Identificando que existe una

población de aproximadamente 290 habitantes incluidos niños (as), distribuidos en las dos zonas, conformando 58 familias en total, distribuidas en: 36 familias en la zona de Huancayno, y 22 familias en la zona de Taruta, de las cuales 18 participaron en el proyecto PIA-ACC.03, estando 12 dentro de la microcuenca Mamaniri.

Tabla 2. Número de familias que participaron con el proyecto (PIA-ACC.03) en la microcuenca Mamaniri.

Comunidad	Zonas	Nº de Familias	Nº Familias dentro de la microcuenca	Nº Familias beneficiadas
Pomasara	Huancayno	36	10	5
	Taruta	22	20	7
TOTAL		58	30	12

Fuente: Elaboración propia en base a diagnóstico socio-productivo (2017).

Tenencia de tierra

Las tierras agrícolas de las familias seleccionadas en el área de estudio están compuestas por pequeñas parcelas ubicadas alrededor de sus casas y también en

lugares alejados como en los cerros, donde cada familia tiene distintas áreas de terreno cultivable y en descanso o no cultivables, como se puede apreciar en el siguiente cuadro

Tabla 2 Tenencia de tierras por familia en la microcuenca Mamaniri y áreas aledañas.

Familias	Superficie familiar (ha)	Superficie familiar + aynoca (ha)
Demetrio Alanoca	1,0	2,0
Felipe Alanoca	1,5	3,0
Severo Alanoca	1,5	4,0
J. Carlos Pañuni	1,0	2,0
Irene Alanoca	1,5	3,5
Ruperto Alanoca	1,0	3,0
Fidel Alanoca	1,0	3,0
Jaime Alanoca	1,5	4,0
Zenobio Mamani	1,5	4,0
Edwin Alanoca	1,5	2,0
Roberto Gómez	1,5	3,5
Cirilo Alanoca	1,0	3,0
Promedio	1,3	3,1

Fuente: Elaboración propia en base a diagnóstico social con encuestas (2017).

Prácticas de conservación de suelo y agua identificados

En base a entrevistas e inspecciones de campo se logró identificar diferentes tipos de prácticas de

manejo y conservación de suelo y agua que se realizaron con anterioridad, las mismas se presentan en la siguiente figura:

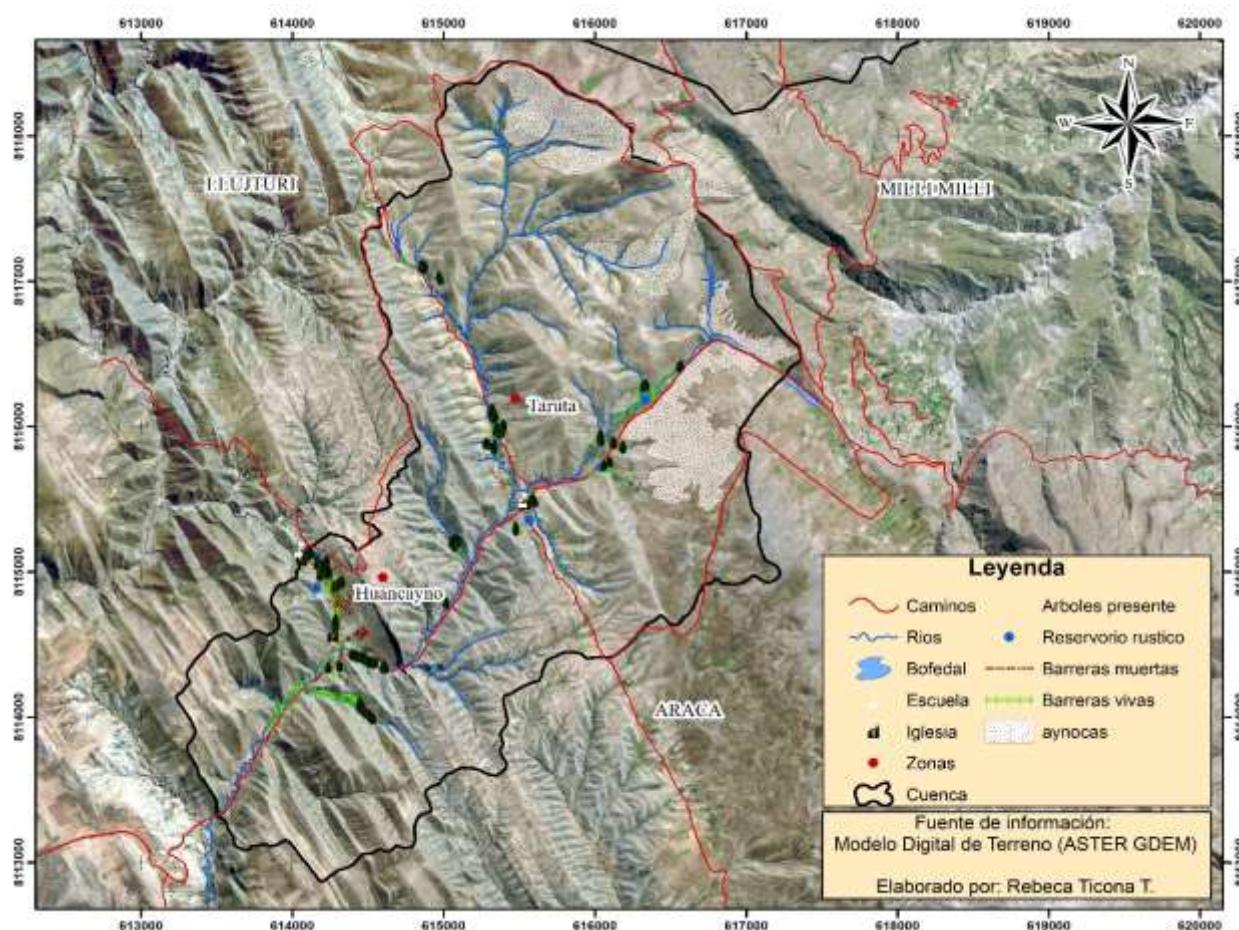


Figura 2. Prácticas Conservacionistas identificadas.

Fuente: Modelo Digital de Terreno (ASTER GDEM), imagen satelital Google Earth e inspecciones de campo.

En los siguientes apartados se describen las prácticas conservacionistas identificadas.

Prácticas conservacionistas

Esta información se recopiló realizando entrevistas, encuestas y acompañamiento a las familias dentro la microcuenca. En el cuadro 4, se enuncian los tipos de prácticas existentes en el lugar de estudio, entre ellas prácticas físicas conservacionistas establecidas con el proyecto anterior “CIPCA”, como barreras muertas para la formación de terrazas, barreras vivas (cohetillos) dispuestas en bordes del río principal, caminos y parcelas, con estas barreras también se realizan terrazas de formación lenta en laderas, presencia de especies forestales (pino y kiswara) con el fin de crear un microclima, también se identificaron prácticas agronómicas que actualmente realizan, para

la conservación del suelo basadas en conocimientos ancestrales, como la rotación de cultivos, incorporación de materia orgánica al suelo y cultivos en surcos en contorno.

Rotación y asociación de cultivos

De acuerdo a las encuestas e inspecciones realizadas, se identificó tres aynocas en la parte alta de la microcuenca, que pertenece a las cinco zonas de la comunidad Pomasara de las 16 aynocas con las que cuenta. En estas aynocas se práctica de manera alternada la rotación de cultivos combinando papa y cebada, durante dos a tres años y posteriormente la dejan descansar durante 8 a 10 años, rotando a la siguiente aynoca. En la parte media y baja de la microcuenca también se practica la rotación de cultivos con papa, cebada, haba y lechuga en parcelas

individuales, así como la asociación de estos cultivos, con el fin de conservar los niveles de productividad de los suelos y reducir el efecto de plagas y enfermedades, al interferir en su ciclo. En general la

rotación de cultivos se realiza aproximadamente durante 5 años en una misma parcela como se aprecia en el siguiente cuadro, luego la dejan descansar durante 1 a 2 años.

Tabla 3. prácticas de conservación de suelos identificadas por familia.

Zonas	Familias	Prácticas agronómicas			Prácticas Mecánicas o físicas		
		Rotación de cultivos	Surcos en contorno	Incorporación de materia orgánica	Terrazas de formación lenta (B. vivas y muertas)	Especies forestales	Manejo de cárcavas
Huancayno	Demetrio Alanoca	✓	✓	✓	✓	-----	-----
	Felipe Alanoca	✓	✓	✓	✓	✓	-----
	Severo Alanoca	✓	✓	✓	✓	✓	-----
	J. Carlos Pañuni	✓	✓	✓	✓	✓	Sin/mant.
	Irene Alanoca	✓	✓	✓	Sin/mant.	-----	Sin/mant.
Taruta	Ruperto Alanoca	✓	✓	✓	-----	-----	-----
	Fidel Alanoca	✓	✓	✓	-----	-----	-----
	Jaime Alanoca	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Zenobio Mamani	✓	✓	✓	✓	✓	-----
	Edwin Alanoca	✓	✓	✓	✓	✓	-----
	Roberto Gómez	✓	✓	✓	-----	-----	-----
	Cirilo Alanoca	✓	✓	✓	✓	-----	✓

Fuente: elaboración propia en base a las encuestas (2017).

Tabla 4. Rotación de cultivos familiar dentro de la microcuenca Mamaniri.

Zonas	Miembro principal familia	Años y Cultivos					
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año descanso
Huancayno	Demetrio Alanoca	Papa	Cebolla	Haba	Lechuga	Cebada	1
	Felipe Alanoca	Papa	Cebolla	Haba	Papa	Cebolla	2
	Severo Alanoca	Papa	Haba	Cebada	Papa	Haba	1
	J. Carlos Pañuni	Papa	Haba	Cebolla	Cebada	Lechuga	1
	Irene Alanoca	Papa	Cebada	Cebolla	Lechuga	Papa	1
Taruta	Ruperto Alanoca	Papa	Cebada	Cebada	Haba	Papa	0
	Fidel Alanoca	Papa	Cebada	Lechuga	Haba	Papa	1
	Jaime Alanoca	Papa	Cebada	Cebolla	Haba	Papa	0
	Zenobio Mamani	Papa	Cebada	Cebolla	Papa	Cebada	0
	Edwin Alanoca	Papa	Haba	Cebolla	Cebada	Papa	0
	Roberto Gómez	Papa	Cebada	Haba	Papa	Cebada	1
	Cirilo Alanoca	Papa	Cebolla	Cebada	Haba	Lechuga	0

Fuente: Elaboración propia en base a las encuestas realizadas (2017).

Medidas de conservación del agua

Las principales medidas para la conservación del agua identificadas, son reservorios de agua rústicos hechos por las familias de forma manual en el suelo a una profundidad aproximada de 1 a 1,50 m, revestido

con polietileno, agrofilm o realizados en suelo arcilloso sin recubrimiento adicional, también se observó reservorio mejor elaborados (forma rectangular), los cuales fueron provistos en parte por un proyecto anterior. Los reservorios identificados

permiten almacenar el agua de manera económica, a fin de darle un uso para riego y consumo animal y otro exclusivamente para consumo humano, ya que

no cuentan con un sistema de agua potable. Los tipos de reservorios locales se puede ver el en siguiente cuadro.

Tabla 5. Tipos de reservorio de agua familiar.

Tipos de reservorio de agua					
Zona	Familias	Reservorio recubierto con diferentes materiales	Reservorio rústico	Tanque de polietileno	Capacidad (m ³)
Huancayno	Demetrio Alanoca	-----	✓	-----	0,5
	Felipe Alanoca	-----	✓	✓	0,9
	Severo Alanoca	-----	✓	✓	0,9
	J. Carlos Pañuni	-----	-----	-----	0,0
	Irene Alanoca	-----	-----	-----	0,0
Taruta	Ruperto Alanoca	✓	✓	-----	1,5
	Fidel Alanoca	-----	-----	-----	0,0
	Jaime Alanoca	✓	✓	-----	4,0
	Zenobio Mamani	✓	✓	-----	4,0
	Edwin Alanoca	✓	✓	-----	3,0
	Roberto Gómez	-----	-----	-----	0,0
	Cirilo Alanoca	-----	✓	-----	2,0

Fuente: elaboración propia en base a las encuestas realizadas (2017).

Problemas identificados en la microcuenca Mamaniri

Los problemas que se presentan en la microcuenca Mamaniri son debidos a un mal uso de la tecnología agrícola, debido en parte a la disminución de mano de obra local, utilizando maquinaria agrícola para remover el suelo en sentido de la pendiente realizada en diferentes sectores de la microcuenca. Otra problemática que se identificó: fue la expansión del área agrícola, siendo que en la parte alta de la microcuenca se encuentran tres aynocas, una de ellas se habilitó en un bofedal, sector de la zona de recarga de agua para la microcuenca, que como consecuencia disminuye su efecto regulador, siendo un riesgo a futuro para la disponibilidad de agua en época de estiaje. En estas aynocas se realiza rotación de cultivos, intercalando el cultivo de papa y cebada, solo se cultiva en estas aynocas 2 a 3 años y terminado el cultivo se lo deja descansar de 8 a 10 años para que pueda recuperar su fertilidad. Sin embargo, también se realizan prácticas agrícolas bajo el sistema de monocultivo en partes altas de la microcuenca.

Potencialidades identificadas en la microcuenca Mamaniri

Con respecto a las potencialidades de la microcuenca Mamaniri, se identificó fuentes de agua en la parte alta que no se secan en el transcurso del año, siendo factible su uso en la parte media y baja de la microcuenca para fines de riego (0,45 l/s época seca), consumo animal y humano previo tratamiento. Por otra parte, existen familias con predisposición a realizar prácticas de manejo y conservación de suelo y agua, debido a que las mismas fueron concientizadas anteriormente por la institución CIPCA, siendo que el proyecto PIA-ACC.03 da continuidad a este proceso, también resulta factible el implementar prácticas en áreas de cultivo que quedan cerca de sus viviendas.

Estudio de la erosión potencial en la microcuenca Mamaniri

De la aplicación del modelo Erosion Potential Method (EPM) (Gavrilovic, 1980) sobre la microcuenca Mamaniri, se pudo identificar que la

misma presenta un Grado de erosión muy alto ($> 100 \text{ t/ha/año}$) en su mayor parte como se puede apreciar en la figura 5.

El factor que más influye en la erosión es la pendiente, por dos razones principalmente: su variabilidad ($s = 12,22\%$) y tendencia a valores extremos ($> 50\%$). Al tener la microcuenca una topografía accidentada, la erosión hídrica es la prioritaria frente a otros factores erosivos. Orsag (2010) indica que la pendiente influye de manera proporcional en el proceso de erosión hídrica, pues el agua de escurrimiento incrementa su caudal y velocidad y por consiguiente su capacidad para arrastrar las partículas del suelo aumenta considerablemente.

Lo mencionado anteriormente, describe un panorama dramático en cuanto a la erosión, sin embargo, esto quizás no sea notado contemplando en el panorama visual que da la cuenca, al respecto Meco et al. (2011) indica, que este efecto visual se debe en parte al carácter efímero de los rasgos erosivos, que se evidencian principalmente durante eventos extremos (tormentas) e inmediatamente después su suceso, y que son enmascarados por prácticas agrícolas. (ver figura 4)

Al respecto se evidenció prácticas que son ampliamente difundidas en la microcuenca, como:

- Prácticas convencionales de laboreo agrícola realizadas periódicamente.

- Utilización de agroquímicos en respuesta a la disminución de la fertilidad de los suelos.

Por lo anterior y a fin de contrastar la información analizada de erosión, es necesario indicar que la profundidad de los suelos es un indicador de la fertilidad de los suelos así como el espesor del horizonte más superficial (Orsag, 2010), en función a la topografía de terreno lugares casi planos tienden a tener profundidades mucho mayor que en pendientes pronunciadas, sin embargo la baja reposición de materia orgánica hace que el suelo tenga un horizonte superficial poco notorio, lo que refleja su baja fertilidad.

Nuevas áreas de cultivos con Terrazas de formación lenta con muros de piedra

Las terrazas de formación lenta con muros de piedra se construyeron siguiendo las curvas de nivel con ayuda del nivel en “A”, en una parcela de 450 m^2 aproximadamente, como una de las parcelas modelo, teniendo la pendiente del 35% medida en campo de forma directa con el triángulo de pendientes y la profundidad del suelo que fue 50 cm, distanciamientos entre una terraza de formación lenta a otra fue de 3,5 m. se puede apreciar en la siguiente tabla, terminada la obra de conservación y a medida que se vaya preparando el suelo se irá modificando la pendiente, donde se cultivara diferentes especies y/o cultivos asociados. (Ver figura 5)

Tabla 7. Relación entre la Pendiente, profundidad y Dimensiones de las Terrazas de formación lenta con muros de piedra.

Pendiente del Terreno (%)	Profundidad efectiva del suelo (m)	Ancho Total de la Plataforma (m)	Área de la parcela (m ²)	Nº de platabandas
35	0,50	3,5	450	10

Fuente: Elaboración propia a partir de Orsag (2001), en base a resultados de campo, familia de Demetrio Alanoca, zona Huancayo (2017).

Recomendación de estrategias resilientes de manejo y conservación de suelo y agua

En base a los resultados anteriormente descritos, se conceptualizó a la microcuenca Mamaniri como una superficie para planificar prácticas que ayuden a contribuir en la gestión del suelo y agua en el corto y

mediano plazo. Es así que se construyó en base a experiencias de manejo y conservación de suelo y agua aplicadas por los pobladores, uso del suelo e información técnica (pendiente y erosión potencial) un mapa de medidas antierosivas, en el cual se consideran alternativas de prácticas para una misma

superficie, a fin de flexibilizar la planificación y adecuarla a condiciones particulares. (ver figura 6)

El color verde representado en la anterior figura, indica la incorporación de abonos orgánicos y la siembra en surcos en contorno con la finalidad de prevenir el arrastre de suelo, aumentar la infiltración del agua de riego, lluvia y mantener mayor humedad en el suelo en comparación con sistemas tradicionales, del total de área en porcentaje ocupa un 2,5%.

El color beis indica el manejo de pasturas, incorporación de sistemas agroforestales, zanjas de infiltración también se incluyen barreras vivas con especies nativas del lugar como chilliwares, cohetillos, falaris y tolares que no demanden recurso económico adicional para adquirir de otro lugar ya que estas especies son plantas perennes de crecimiento denso y entre otros beneficios que el agricultor puede aprovechar como forraje para sus ganados. El Cultivo en franjas es otra manera de cultivar alternando una parte no cultivable (cobertura vegetal nativa), y con cultivos (anuales o perennes). Dentro la superficie en porcentaje ocupa un 45% del total del área de la microcuenca.

El color lila representa a las prácticas como: restauración de praderas implementando especies nativas del lugar y menos pastoreo, forestación parte alta y baja de la microcuenca que desde un punto de vista de manejo a nivel microcuenca se debería de forestar con especies adaptables al lugar y que no haya pastoreo ni agricultura, para poder conservar el recurso agua y proteger la erosión de suelos, también incorporar rotación de cultivos ya que se encuentra en la parte media y alta “aynucas” comunales, alternando un cultivo con otro con la finalidad de aprovechar equilibradamente los nutrientes del suelo y no practicar un solo cultivo, Zanjas de infiltración también una alternativa como cosecha de agua de lluvia. Estas prácticas se ubican en un área equivalente al 33% del área total.

El color rosa indica prácticas como: siembra surcos en contorno ya que la población mayormente se

encuentra en este sector, y realiza una agricultura intensiva, rotación de cultivos alternando cultivos como: leguminosas, gramíneas, tubérculos y hortalizas. Implementación de terrazas de formación lenta con barreras vivas y muertas, prácticas ya implementadas en el área demostrando su factibilidad, estas prácticas cubren un 21% del área de la microcuenca.

En cuanto al manejo y conservación del recurso agua superficial, se recomienda almacenarla en reservorios familiares próximos a sus viviendas y áreas de cultivo, los cuales deben dimensionarse en función al caudal de sus aguas que cuenta cada poblador. Diseñados los reservorios de forma circular, ya que en lugares con características similares dio buenos resultados como la duración del tiempo de vida y distribución de agua para riego, también otro diseño de conservar el agua en tanques negros de polietileno, recomendando que los reservorios cuenten con un bebedero para facilitar el consumo animal. También recomendando una alternativa el sistema de riego por aspersión es más aplicable a la zona y que se aplique en cultivos de alto valor y que permitan la seguridad alimentaria de las familias como hortalizas.

CONCLUSIONES

La revisión conceptual llevada a cabo, y la metodología planteada en función de los objetivos del estudio, dieron una serie de resultados que permiten establecer las siguientes conclusiones:

Se logró Identificar las estrategias de manejo y conservación de suelo y agua que se realizan actualmente en la microcuenca Mamaniri, las cuales se componen de prácticas agronómicas: incorporación de abonos orgánicos, rotación de cultivos (tubérculos, gramínea, leguminosas y hortalizas), cultivos en surcos en contorno (en pendientes menores a 15%). Prácticas físicas o mecánicas: barreras vivas (cohetillo) en laderas, bordes de parcelas, caminos y riberas de cauces, barrera muerta (muros de piedra) únicamente en una propiedad familiar cubriendo aproximadamente 900 m², y presencia de especies forestales, realizadas en el año 2001 con apoyo de la institución CYPCA. La

conservación del recurso agua se realiza mediante captaciones de vertientes y afluentes, almacenándose en reservorios rústicos de baja capacidad ($< 4 \text{ m}^3$), y se utiliza para el riego, consumo animal y humano.

Se fortaleció los conocimientos de 18 familias en la temática del manejo y conservación de suelo y agua a nivel microcuenca, mediante talleres participativos e implementación asistida de prácticas conservacionistas en un área de $150 \text{ m}^2/\text{familia}$ en promedio.

Se logró modelar la erosión de la microcuenca Mamaniri por el método Gavrilovic, determinando que en su mayor parte esta presenta un grado de erosión de grave a muy grave ($> 100 \text{ t/ha/año}$), en el 60% de su área.

De la evaluación comparativa entre las prácticas existentes de manejo y conservación de suelo y las propuestas basadas en el análisis de erosión potencial, pendiente del terreno y proximidad a las viviendas, se concluye que existe una similitud, sin embargo debido a que las prácticas existentes se realizan de manera dispersa, su efecto es local y por tanto no significativo en la reducción de la erosión a nivel de microcuenca. Por otra parte, los reservorios rústicos para la conservación del agua conservan una fracción reducida del agua que ingresa a la cuenca.

Se elaboró un mapa de medidas para el manejo y conservación de suelo y agua, adecuadas a las condiciones agroecológicas de la microcuenca Mamaniri, el cual propone prácticas agronómicas (incorporación de abonos, surcos en contorno, rotación y asociación de cultivos, cultivos en franjas) que estas prácticas ocuparan un 45%. Prácticas físicas o mecánicas (zanjas de infiltración, recuperación de praderas nativas, manejo de praderas, terrazas de formación lenta con barreras vivas y muertas), sistemas agroforestales y forestación con especies que se adapten al lugar, de los cuales ocuparan un 55%. Así también se recomendó el almacenado del agua superficial en reservorios familiares estables de cemento y tanques, el diseño será en función al caudal de agua que presenten.

Se concluye que las prácticas planificadas a implementarse a mediano y largo plazo en la

microcuenca ayudaran a contrarrestar a los eventos climáticos extremos, volviéndose el área resiliente y adaptándose la población con las medidas eficaces para la conservación de los recursos naturales (suelo y agua), tomando en cuenta a nivel familiar como a nivel microcuenca, para que estas prácticas sean eficientes con el tiempo y puedan conservar de manera conjunta la población del área.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds. (2008). *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
- FAO. (1980). *Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradoación de los Suelos*. Roma, Italia.
- (2016). *Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe*. Disponible en: <http://www.fao.org/americanas/perspectivas/suelo-agua/es/>
- Gaete, N., Carrasco, J. (s.f.) *Prácticas de conservación de suelos y aguas para el control de la erosión hídrica*. Centro Regional de Investigación Carillanca y La Plata, Chile. 23 p. Visitado en 14 de abril de 2016. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR25073.pdf>
- Gavrilović, Z. (1988). *The use of an empirical method (Erosion Potential Method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential stream*. Wallingford, England.
- KURMI. (2001). *Cosecha de Aguas Pluviales en Comunidades Aymaras del Altiplano Central La Paz – Bolivia*. pp 35.
- Llusco, R. D., Alarcón, C. G. (2009). *Plan de Desarrollo Municipal de Ayo Ayo (PDM)*. Gobierno Municipal Autónomo de Ayo Ayo.

- Municipio productivo y democrático. La Paz, Bolivia. pp 1 – 10.
- Mamani, J. M. (2013). *Impacto del Bono Conservación de Suelos, En las Unidades Económicas Campesinas del Proyecto Manejo Integral Subcuenca Mullaca Luribay-Provincia Loayza.* Tesis Grado. Facultad de agronomía UMSA. La Paz, Bolivia pp.14-17.
- Motavalli, P. P., Aguilera, J., Blanco-Canqui, H., Valdivia, C., Seth, A., García, M. (2013). *Cambio climático y adaptación en el Altiplano boliviano. Los suelos y el cambio climático: consecuencias y potencial de adaptación en el Altiplano andino.* Bolivia pp 99-115 Visitado en 20 de abril de 2016. Disponible en: http://www.cides.edu.bo/webcides/images/pdf/Cambio_climatico_en_el_altiplano_boliviano.pdf
- Nicholls, C. I. (2013). *Enfoques agroecológicos para incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas al cambio climático. Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático.* Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (REDAGRES), Red Adscrita al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Proyecto de: la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), Medellín – Colombia 218 p.
- Orsag, V. (2010). *El recurso suelo principios para su manejo y conservación.* Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Geográfica. FOBOMADE. La Paz, Bolivia. 473 p.
- Raudes, M., Sagastume, N. (2009). *Manual de Conservación de Suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.* Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 75 p. Visitado en 19 de abril de 2016. Disponible en: http://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo3Manual_Conservacion_de_Suelos..pdf
- SENAMHI. (2017). *SISMET* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Bolivia.. Visitado en 28 de agosto del 2017. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php>
- TAMMES. (2000). *Atajados, Su Diseño y Construcción.* Plural Editores. Cochabamba –Bolivia pp 21 – 100.

ANEXOS

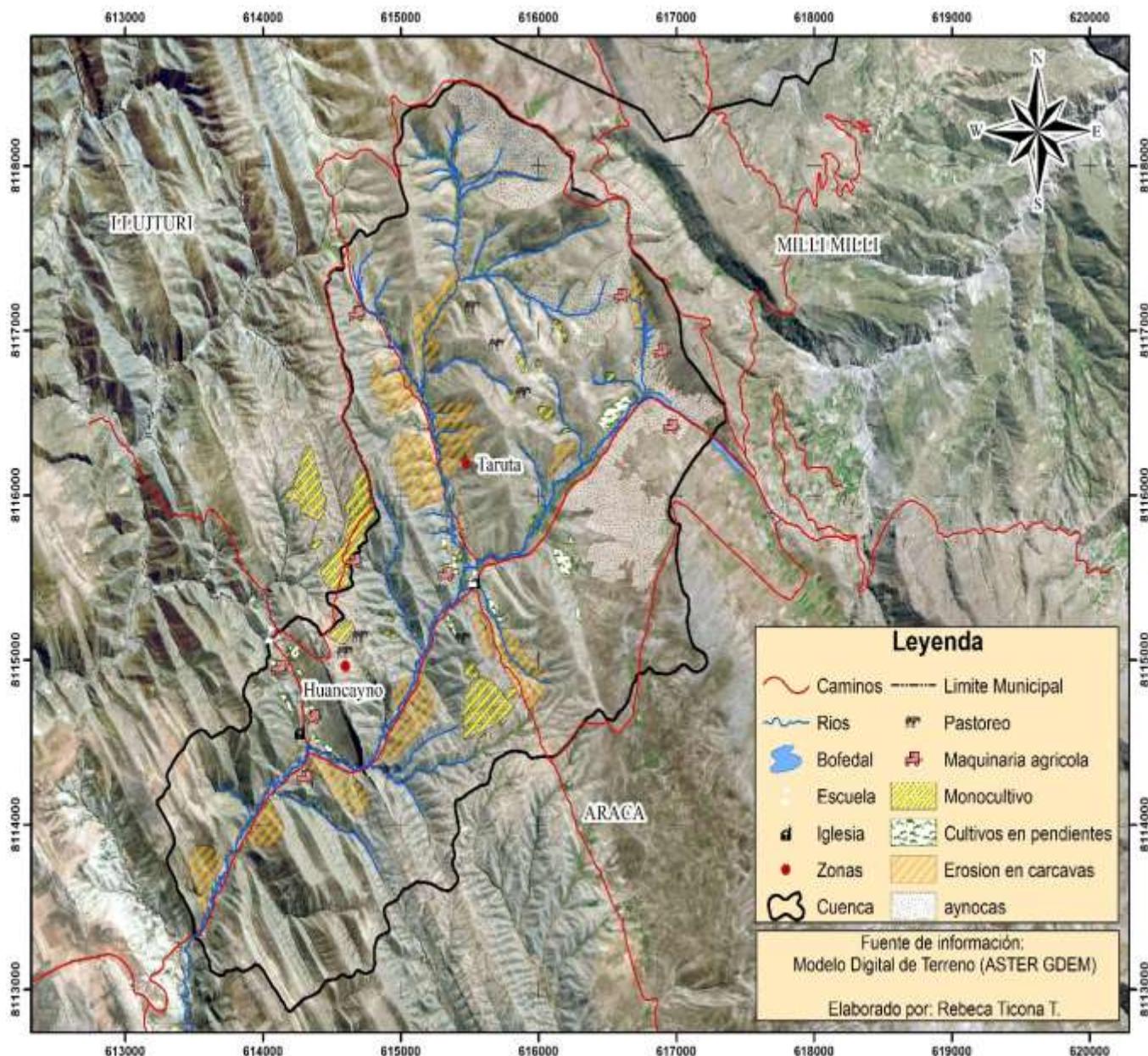


Figura 3. Problemas identificadas dentro la microcuenca.

Fuente: Modelo Digital de Terreno (ASTERGDEM), imagen satelital Google Earth e inspecciones de campo (2017).

Prácticas de manejo y conservación del suelo y agua resilientes a los eventos climáticos extremos en la microcuenca Mamaniri municipio de Ayo Ayo.

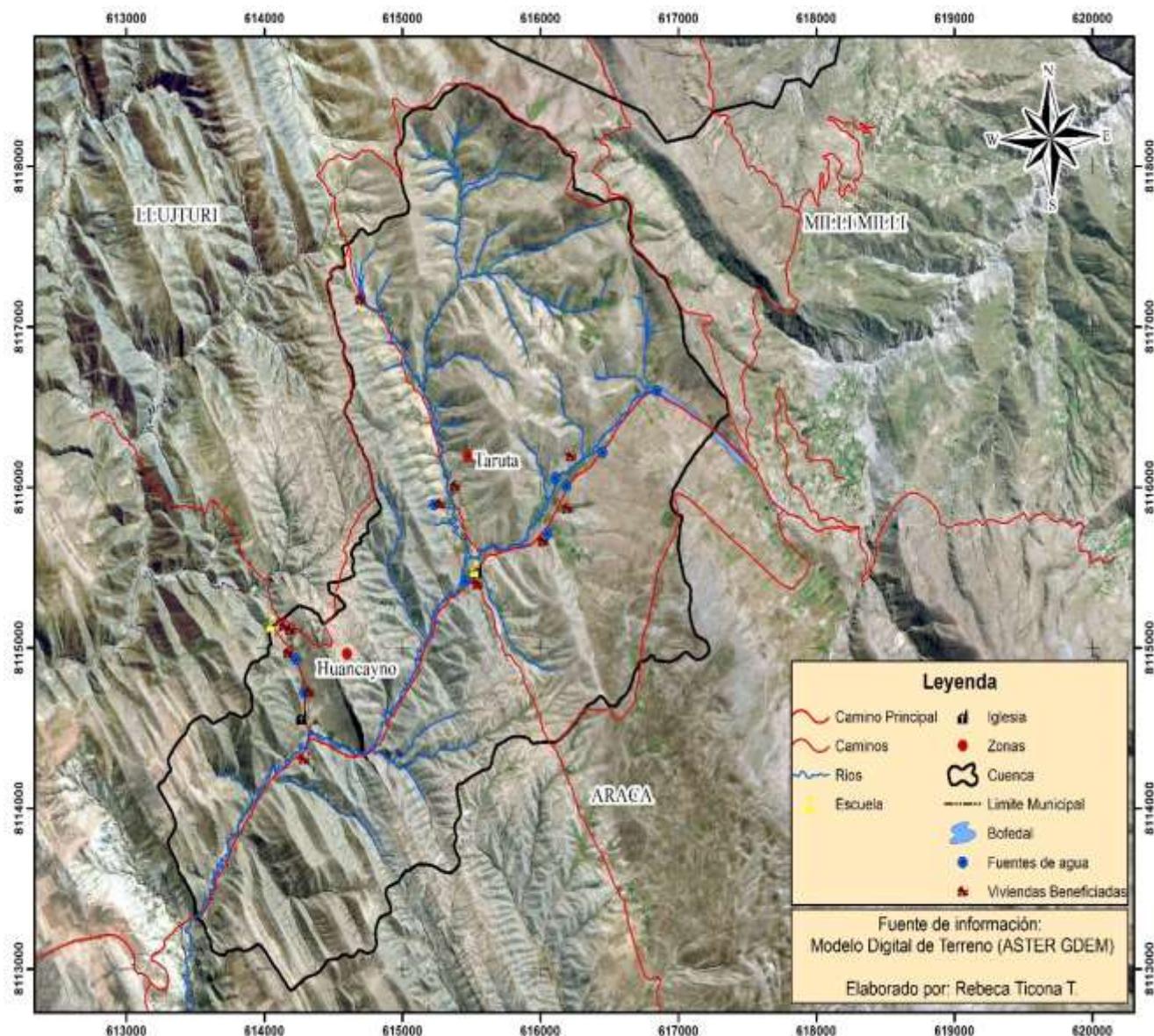


Figura 4. Potencialidades dentro la microcuenca.

Fuente: Modelo Digital de Terreno (ASTER GDEM), imagen satelital Google Earth e inspecciones de campo (2017).

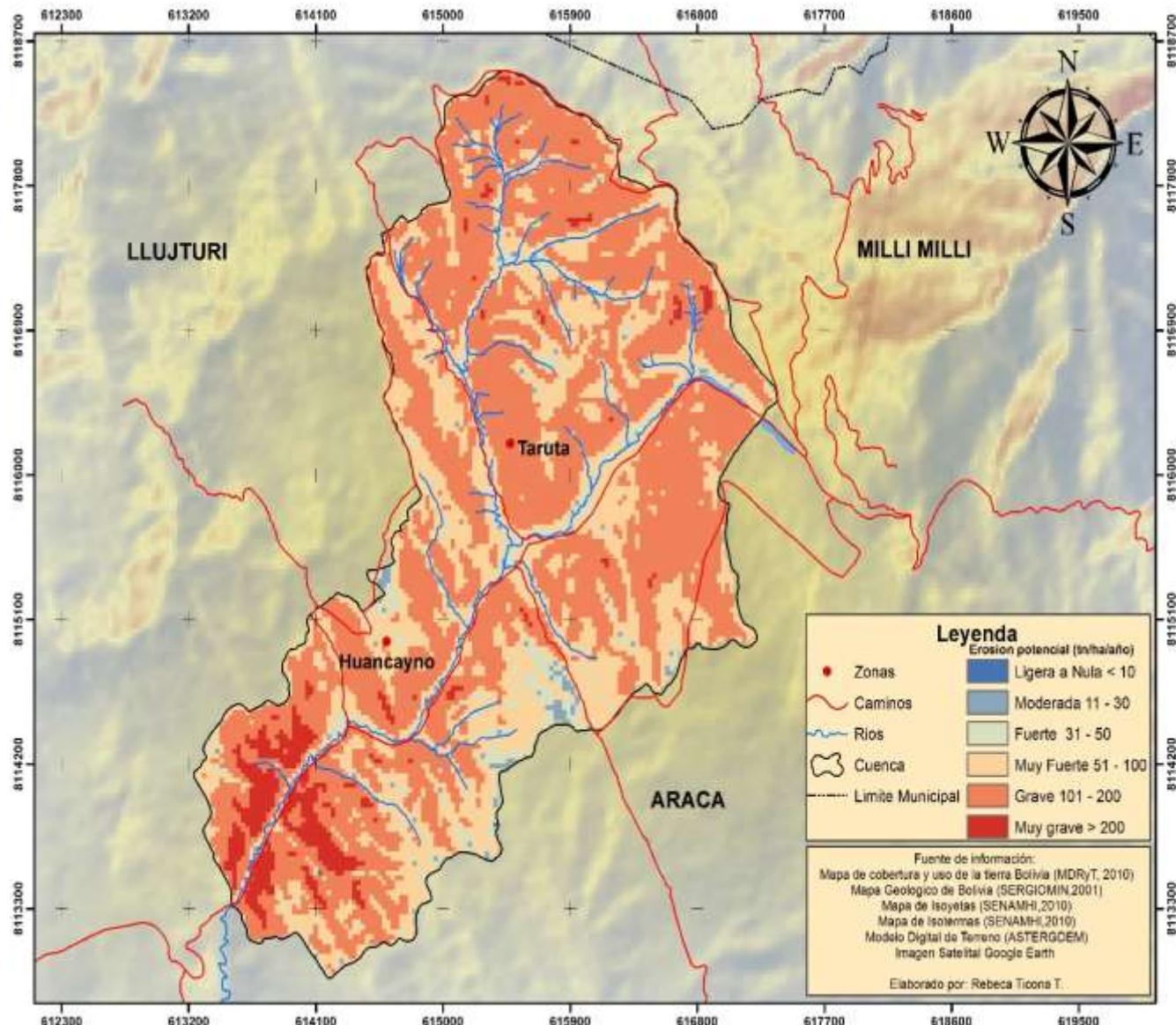


Figura 5. Erosión potencial calculada mediante el método EPM en la microcuenca Mamaniri.

Fuente: Elaboración propia en base al software ArcGis 10.2 (2017).

Prácticas de manejo y conservación del suelo y agua resilientes a los eventos climáticos extremos en la microcuenca Mamaniri municipio de Ayo Ayo.

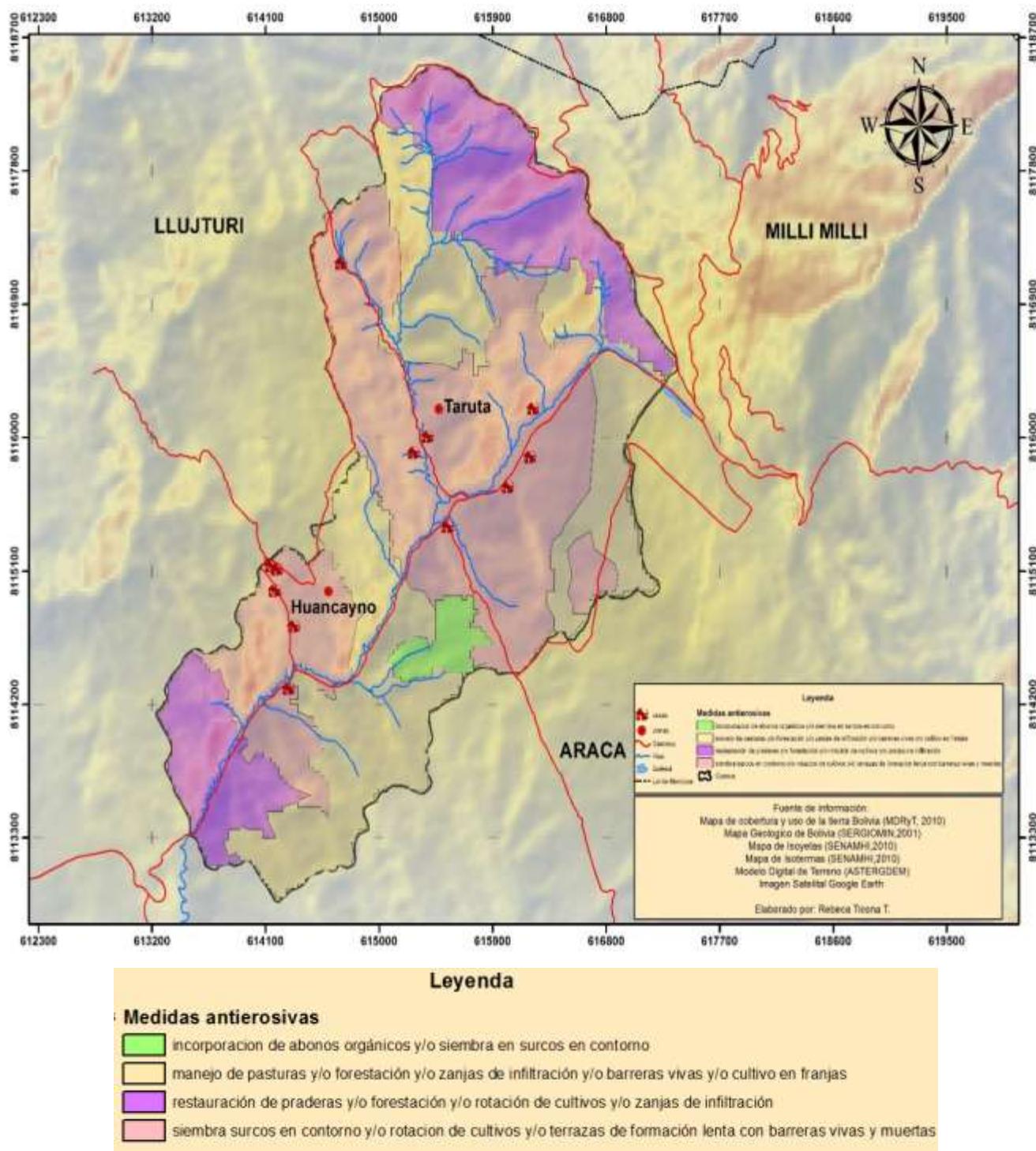


Figura 6. Medidas Planteadas para la microcuenca Mamaniri.

Fuente: Elaboración propia en base al software ArcGis 10.2 (2017),