

# **SISTEMA DE MONITOREO PARA EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS A PARTIR DE LA CUENCA PILOTO TAQUÑA**

---

**Omar Vargas M.<sup>1</sup>**

## **INTRODUCCIÓN**

La degradación ambiental es un problema muy común en la mayoría de los países, y para disminuir este problema se están implementando varias medidas (obras de mitigación) para el control de procesos erosivos y de inundación. Sin embargo estas medidas algunas veces resultan ser insuficientes, y otras responden a un Plan Estratégico consensuado.

El deterioro ambiental en la Cordillera del Tunari está en permanente avance y se caracteriza principalmente por la constante actividad de los procesos erosivos, reflejada en suelos altamente degradados, cárcavas activas en ampliación, erosión laminar y en surcos severa. Estos procesos se sitúan por lo general en lugares diferentes, respondiendo al uso en litologías frágiles, siendo un reflejo de lo que viene ocurriendo el estudio de Riesgos de Erosión y Degradación.

Un insumo importante que permitirá determinar la disminución o el aumento de los procesos erosivos es el estudio de Riesgos de Erosión y Degradación, a partir del cual es posible detectar el grado de insuficiencia o suficiencia de las medidas, partir de un seguimiento sistemático durante un determinado lapso de tiempo, y la evaluación de los datos levantados concluye en una toma de decisiones para incorporar medidas adicionales o para validar metodologías y modelos de monitoreo; todo este proceso constituye el Sistema de Monitoreo Ambiental.

Por lo general, en nuestro medio se implementan obras y acciones sin contar con un conocimiento del entorno biofísico y espacial, lo que en muchos casos trae consigo acciones de poco impacto positivo, debido a ejecución de actividades aisladas sin un enfoque integral; por tal motivo, el Programa Manejo Integral de Cuencas propone desarrollar un modelo de Monitoreo adecuado para las características ambientales de cada zona.

Este modelo contempla como lineamientos básicos la definición de la funcionalidad de las medidas de control en cuencas prioritarias, a partir de una evaluación y análisis de la información levantada en terreno; esta información es referente al comportamiento de las medidas desde su implementación hasta la fecha de valoración, para luego evaluarlas en función a su impacto en un área específica.

---

<sup>1</sup> Programa Manejo Integral de Cuencas (PROMIC). E-mail: promic@pino.cbb.entelnet.bo

## **Objetivo General**

Disponer de un Sistema de Monitoreo de las acciones del Manejo Integral de Cuencas para la Cordillera del Tunari a partir de datos de la cuenca piloto Taquiña.

## **Objetivos específicos**

El cumplimiento del objetivo general está relacionado con los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar sistemas de evaluación (planillas de campo) fácilmente manejables y transferibles para evaluar el comportamiento de las zonas de intervención (plantaciones y conservación de suelos y otros).
- Desarrollar mecanismos eficientes para recopilar datos en campo.
- Diseñar estrategias para alimentar regularmente el sistema.

## **Conceptos generales del sistema**

El sistema de monitoreo a implementarse involucra un concepto de cambio, donde para determinar el impacto y las diferencias que pudieran existir con y sin un determinado proyecto, se requiere conocer en qué medida ha cambiado la cuenca, e incluso contar con la posibilidad de proyectar el cambio hacia el futuro a partir de datos relevantes en la actualidad.

Indudablemente, el manejo de cuencas determina cambios significativos en el medio y en todo el espacio que de alguna u otra forma tenga relación con la cuenca misma, por lo tanto, al implementar y construir una obra física u otra actividad, como ser terrazas de banca, terrazas de formación lenta, zanjas de infiltración, zanjas de coronación, zanja de desviación, barreras vivas, cultivos de cobertura, plantaciones, etc., éstas tienden a ocasionar determinados cambios en el entorno de la obra y en el área de influencia de las partes bajas, provocando reacciones positivas o negativas en el medio, las cuales deben ser cualificadas y cuantificadas de acuerdo a la magnitud e importancia de estos cambios.

Los cambios en el medio ambiente por cualquier acción (obra) o intervención pueden influir de diversa manera, siendo éstos:

- Alteración del medio natural de la zona.
- Desequilibrio parcial de los recursos naturales del área.
- Desequilibrio total de los recursos naturales del área.

Es por todo lo mencionado que un sistema de monitoreo puede ayudar a definir acciones respecto a:

- Su potencialidad para controlar procesos de degradación
- Su adaptabilidad con el medio
- La adaptación del medio con relación a las acciones
- Su vida útil en estas condiciones

## Identificación de variables

La creación y desarrollo del sistema se inicia con un proceso de identificación de variables. Siendo los campos:

- Campo ambiental
- Campo socioeconómico

Las variables identificadas en el Componente Ambiental son:

- Cobertura Vegetal
- Deslizamientos
- Agricultura
- Pendiente Cauce
- Recursos hídricos

Las variables identificadas en el Componente Socioeconómico son:

- Nivel de Ingresos
- Inundaciones
- Participación Municipal

## Marco metodológico por variable

### Variables ambientales

Los parámetros ambientales determinados para el modelo de monitoreo son los siguientes:

- Cobertura Vegetal
- Recursos hídricos
- Agricultura
- Pendiente Cauce
- Movimientos en masa

Cada uno de estos parámetros tiene directa relación con un impacto (cambio) ambiental dentro de la cuenca.

El Análisis de los **Recursos Hídricos** permitirá determinar el grado de escurrimiento, el aporte de sedimento al cauce principal y la recarga de acuíferos, con proyecto y sin proyecto.

El Análisis de la **Cobertura vegetal** permitirá determinar el grado de erosión en laderas (erosión laminar), en cárcavas, con deslizamientos a partir del tipo, porte y densidad de la cobertura vegetal, para posteriormente comparar situaciones con y sin Manejo Integral de Cuencas.

El análisis de la **Agricultura** permitirá determinar el avance de la frontera agrícola y la concentración de la agricultura en fincas.

El análisis de **Movimientos en masa** permitirá determinar la actividad de la cuenca en cuanto a deslizamientos se refiere, comparando los deslizamientos suscitados en 1993 con los de 1998, a partir de lo cual se identificarán las causas de los mismos.

El análisis de la **pendiente en el cauce** dará lugar a una caracterización del efecto que tienen las obras en la regulación de las aguas, la disminución de su energía cinética y la retención de sedimentos, lo que origina un cambio de pendiente en el cauce.

Finalmente, se analizará si las medidas implementadas en la cuenca influyen en el balance hídrico.

### **Metodología para Recursos hídricos**

Las acciones del Manejo Integral de Cuencas dan lugar a cambios significativos en sitios específicos, desde donde se irradian con menor energía hacia áreas de mayor extensión, logrando al final una superficie bajo manejo con características diferentes a las iniciales.

Con respecto a la consideración de los recursos hídricos dentro del marco del monitoreo, éstos están determinados por tres parámetros:

- Balance hídrico
- Cantidad de sedimentos
- Recarga de acuíferos

El análisis del balance hídrico en la zona, permitirá conocer la disponibilidad de agua en la cuenca. Sin embargo la relación con la cobertura vegetal y protección del suelos en directa con la disponibilidad de agua en la cuenca, entonces el agua disponible puede variar a partir de la variación de los parámetros mencionados, producto de las intervenciones.

Es importante la determinación de la cantidad de sedimentos porque las inundaciones son frecuentemente ocasionadas por el arrastre de materiales hacia las partes bajas de la cuenca. La determinación de sedimentos se realizará en función al modelo de Djorovic, que permitirá comparar el aporte de sedimentos de una cuenca sin manejo con el aporte originado por la misma cuenca con manejo.

La utilidad de cuantificar el nivel de recarga de acuíferos radica en que a partir de esta cuantificación se puede llegar a determinar las diferencias de recarga debido a intervenciones en la cuenca, con el consiguiente aumento en la disponibilidad de agua para las comunidades del área de influencia.

## Metodología para el Balance hídrico

La metodología empleada para la determinación del balance hídrico propone conceptos hidrológicos relacionado a la recarga de acuíferos y plantea a su vez un balance hídrico que establece que la cantidad de agua superficial y subterránea suministrada a la cuenca es igual a la que sale de ella.

## Metodología para Cantidad de Sedimento

Para la determinación de la cantidad de sedimentos se empleó el modelo de Djourovic, el cual contempla parámetros hidrológicos (precipitación, temperatura), edáficos (geomorfología y geología) y ambientales (uso, vegetación y pendientes).

## Metodología para Recarga de acuíferos

La metodología empleada en el presente estudio es a partir del análisis de balance hídrico que establece que la cantidad de agua suministrada a la cuenca es igual a la que sale de ella.

La ecuación de ingresos y salidas es la siguiente:

$$P + I = ETR + R + Q$$

Donde:

**P** = Precipitación Media

**I** = Incorporación desde otras cuencas

**ETR** = Evapotranspiración real

**R** = Recarga del acuífero a la salida de la cuenca

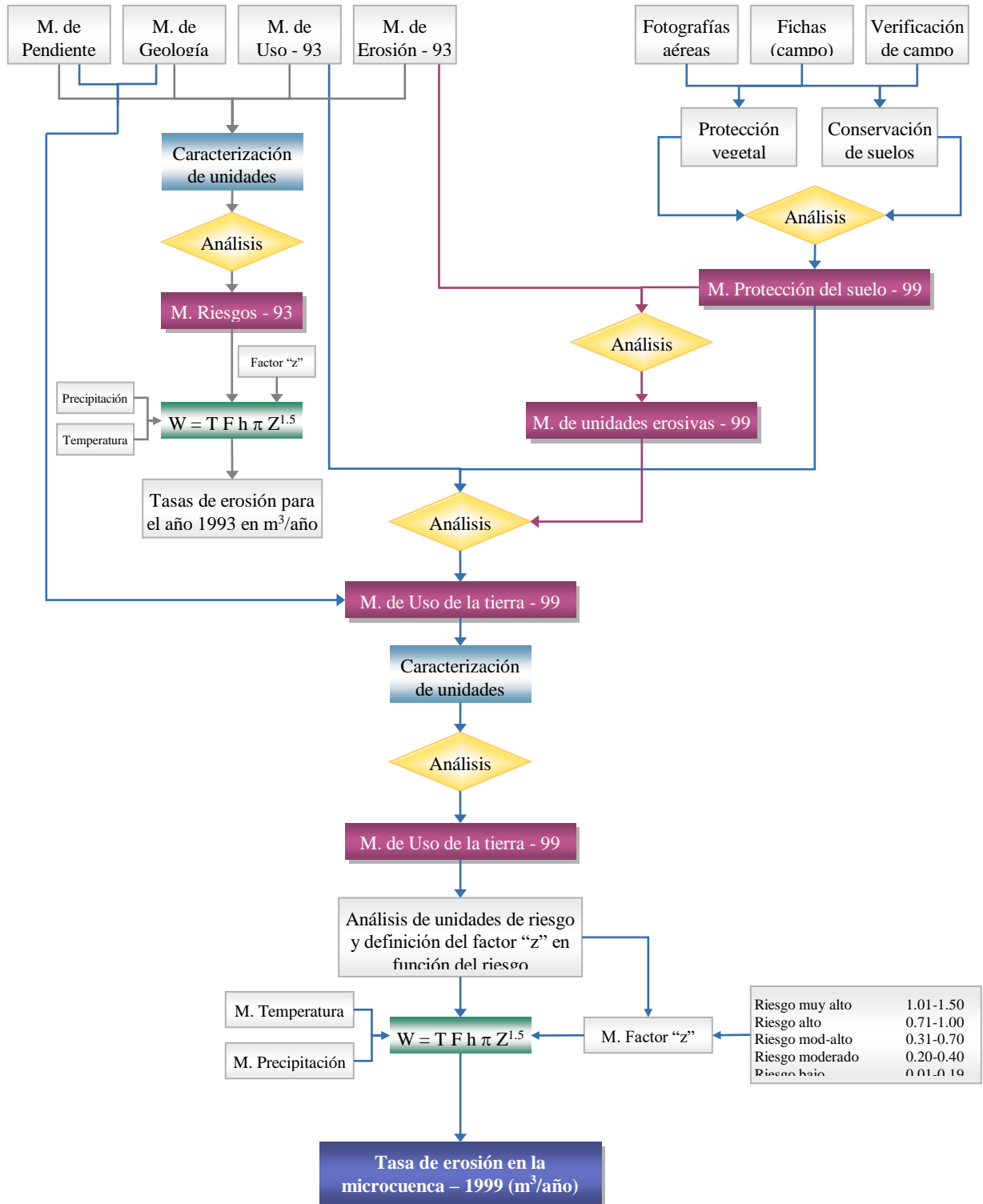
**Q** = Esguerrimiento superficial

Aislando la recarga total del acuífero a la salida de la cuenca (**R**) se obtiene:

$$R = P + I - (ETR + Q)$$

El cálculo de cada uno de los términos de la ecuación se efectúa considerando que el área de estudio no cuenta con datos propios; en consecuencia, y tal como se mencionó anteriormente, se emplean relaciones regionales y ecuaciones empíricas determinadas para otros estudios.

**Figura 1.** Modelo de Djorovic para la determinación de Tasas de Erosión



## **Metodología para análisis de la Cobertura vegetal**

La disminución de la cobertura vegetal puede ser un efecto determinante en la pérdida de suelos y en actividades relacionadas al pastoreo y preservación de la biodiversidad.

Para la determinación de cambios en la cobertura vegetal, ya sea un incremento o disminución de superficie y densidad, se procedió a la comparación de fotografías aéreas de distintos años (1:20.000 del año 1991 y del año 1997).

Las unidades de cobertura encontradas en ambas situaciones son: agricultura intensiva y moderadamente intensiva. Otra unidad es la de pastos, diferenciada en pastos de porte bajo y pastos de porte alto, de tal forma que se puede distinguir la densidad en ambos tipos de cobertura.

Vegetación arbustiva, otra de las unidades, presenta diferentes grados de asociación con pastos y árboles en muy pequeña proporción. Área con predominio de rocas. Existe otra unidad clasificada como bosque nativo, donde predomina la vegetación arbórea nativa asociada con pastizales y vegetación arbustiva. Otra unidad visible en ambas épocas es la de procesos erosivos, cuya característica es la presencia de deslizamientos.

Una vez determinadas las unidades, se establecen las diferencias en superficie para ambos años y posteriormente se realiza un análisis de densidades de cobertura vegetal.

## **Metodología para agricultura**

El estudio para la evaluación de la concentración agrícola ha sido efectuado con el apoyo de fotografías aéreas a escala 1:20.000, fotomosaicos de fincas y verificación de campo.

El estudio se basa principalmente en visitas a cada agricultor para una verificación conjunta el grado de ejecución de técnicas de conservación de suelos, a partir de fotomosaicos de la finca, siguiendo la planificación realizada anteriormente con el agricultor.

Se procedió al cálculo de las superficies de parcelas que cuentan con técnicas de conservación de suelos, densidad de medidas, tipo de medidas, grado de adaptación de las medidas y grado de apropiación por parte de las familias. A partir de estos datos se conoce el grado de ejecución global en el área de estudio.

## **Metodología para Pendiente Cauce**

El cálculo de este parámetro de monitoreo se efectúa con el propósito de identificar las zonas de retención de material y las áreas que sufrieron cambios significativos en la pendiente; sin embargo, producto de la deposición de sedimentos y de la disminución de la pendiente, se incentiva la regeneración a la vegetación en el cauce principal y un prendimiento rápido de las especies forestales cercanas.

Para el análisis de esta variable, se realiza en principio el levantamiento topográfico del área, con el fin de cuantificar el volumen retenido, posteriormente se analiza la densidad de la cobertura vegetal en el área de material retenido y en el área pendiente abajo comprendida entre dique y dique (área de influencia).

### **Metodología para Movimientos en masa (Deslizamientos)**

Con el objeto de monitorear deslizamientos, se realiza el mapeo de los procesos de remoción en masa de la cuenca Taquiña basándose en la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:20000, correspondientes a los años 1991 y 2001.

Para poder realizar un análisis sobre este parámetro, se identifican diferentes tipos de deslizamientos a través de la interpretación de fotografías aéreas de dos épocas distintas, dentro de unidades uniformes que puedan ser comparadas y de esta manera cuantifica los cambios al cabo de siete años, considerando las acciones para el control de la erosión y degradación de tierras realizadas en el marco de un plan de manejo de cuencas.

En principio, para ambas épocas se identifican deslizamientos activos, deslizamientos inactivos, deslizamientos en proceso y deslizamientos antiguos. Sin embargo, a tiempo de completar la información del año 2001 en zonas intervenidas, se identificaron otras unidades, tales como: deslizamientos reactivados y deslizamientos controlados.

### **Variables socioeconómicas**

Dentro del ámbito socioeconómico, es necesario considerar aspectos que estén relacionados con la realidad social y que constituyen variables de monitoreo, las mismas que reflejan cambios significativos, resultantes de las intervenciones en una cuenca.

Los parámetros socioeconómicos definidos para el modelo de monitoreo son:

- Inundaciones
- Nivel de Ingresos
- Participación municipal

El **nivel de ingresos** es un indicador de beneficio directo para los pobladores de la cuenca, puesto que entre los objetivos de las medidas de manejo y conservación de suelos está el de mejorar las condiciones de vida del agricultor, donde el indicador del nivel de ingresos es muy importante.

En cuanto a las **inundaciones**, se busca establecer el impacto de las intervenciones en la disminución del riesgo de desborde de las torrenteras en el área de influencia de las cuencas; es un indicador que permite apoyar la toma de decisiones a nivel municipal, con el propósito de priorizar las diferentes intervenciones en las cuencas correspondientes a su jurisdicción.

El indicador de **participación municipal** está orientado a un seguimiento de las políticas institucionales para la implementación de franjas de seguridad en los siete municipios del área de



acción del PROMIC, y busca establecer hasta qué punto las disposiciones municipales se complementan en los criterios técnicos que conforman la propuesta de Manejo Integral de Cuencas.

### **Metodología para Nivel de ingresos**

En directa relación con el monitoreo de la actividad productiva agrícola en la cuenca, se establece como uno de los principales indicadores de la variable socioeconómica el nivel de ingresos, considerando como ámbito de aplicación de este indicador a la familia campesina, puesto que la unidad de planificación operativa de las acciones de manejo y conservación de suelos es la finca campesina.

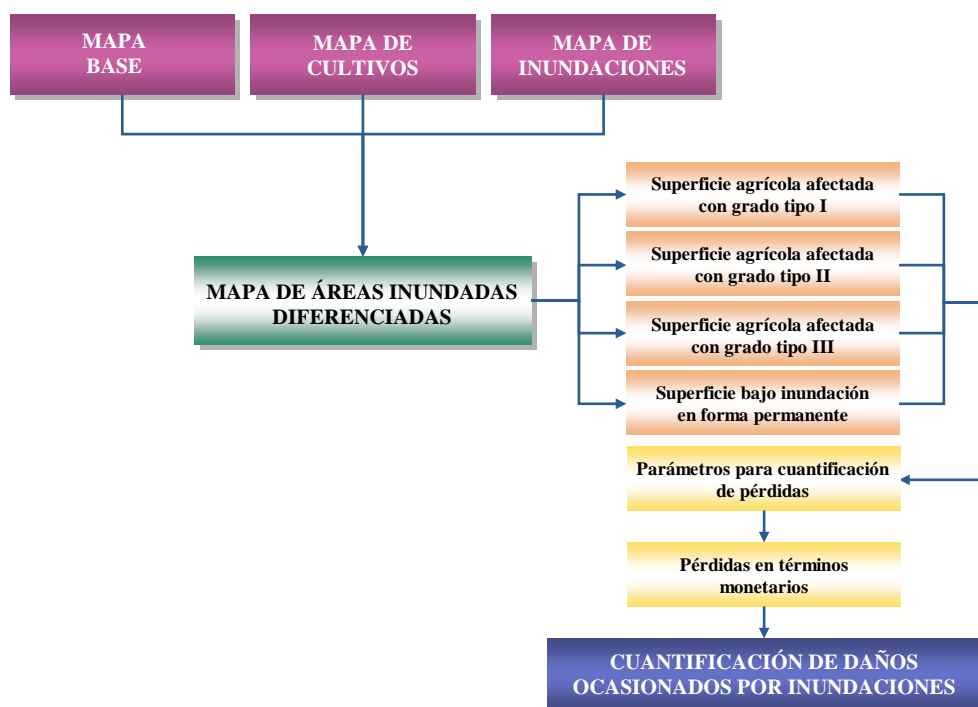
Para el seguimiento y monitoreo de este indicador, es preciso contar con una caracterización inicial de la actividad productiva de la familia campesina, con la finalidad de establecer la importancia de los ingresos económicos, tanto monetarios como no monetarios.

Se define un “año cero” para la recopilación de esta información al inicio de intervenciones en la cuenca, sobre la base del Diagnóstico Rural Participativo que se desarrolla con las comunidades de la cuenca para efectuar una caracterización social, cultural y económica de la población asentada en el área. Con esta información, se estructura un banco de datos que será alimentado en períodos anuales con información recolectada por los responsables del componente Manejo de Fincas para una agricultura sostenible en laderas; es decir, para el seguimiento del indicador nivel de ingresos, se infiere información de campo vinculada con otros indicadores complementarios del sistema de monitoreo del PROMIC.

### **Metodología para Inundaciones**

Mediante el levantamiento de datos de las zonas afectadas por desbordes de las torrenteras empleando mediciones y análisis de las inundaciones, se debe lograr establecer la frecuencia de las mismas, intensidad de lluvias en estos eventos y superficies afectadas, con datos de información pluviométrica de la parte alta (cuenca) y baja (zona de influencia), para que de este modo sea posible determinar las causas físicas de la inundación o desborde.

El modelo que se presenta es una secuencia que permite llegar a determinar áreas para los diferentes grados de daños y tipos de cultivos afectados, a partir de la elaboración de mapas temáticos.



**Figura 2.** Modelo para la cuantificación de daños ocasionados por inundaciones.

De acuerdo a la magnitud de la inundación (respecto a la superficie afectada y causa del desastre), relacionada con el área total de la cuenca y área de influencia, se pudo asignar una valoración en cuanto al grado de daño, para lo cual se ha elaborado una ficha que contiene aspectos de precipitación, superficies, posibles causas físicas del desborde o inundación y observaciones generales para un apoyo a la evaluación de pérdidas económicas; por lo tanto, un componente de valor es el análisis de las precipitaciones y las consecuencias de las mismas en el área de influencia.

La metodología propuesta para la elaboración de mapas temáticos y para la estimación de pérdidas económicas, puede ser aplicada en cuencas similares con características rurales.

A partir de planillas de cálculo y tablas preestablecidas, se llega a cuantificar los daños en pérdidas agrícolas causadas por efecto de las inundaciones y deposición de material de arrastre, con resultados expresados en términos monetarios.

### **Metodología para Participación Municipal**

A través de este indicador se busca establecer el grado de involucramiento de los municipios en las acciones de Manejo Integral de Cuencas, a través de un seguimiento de las diferentes disposiciones municipales para la administración territorial.

El proceso se inicia con un levantamiento de información de los diferentes municipios, referida a franjas de seguridad en los márgenes de las torrenteras, políticas municipales sobre uso del suelo y preservación de canales de drenaje en el área de influencia de las cuencas; donde el ámbito espacial de relevamiento de esta información es la zona del Valle, donde están concentrados los asentamientos humanos y las diferentes inversiones en infraestructura social y productiva.

Esta información, una vez espacializada en el sistema de monitoreo del PROMIC, se complementa con los datos y criterios técnicos que el Programa suministra a los diferentes municipios para apoyar a la resolución de conflictos emergentes de la implementación de franjas de seguridad en las diferentes torrenteras.

## **METODOLOGÍA**

### **Marco metodológico integral**

Partiendo de un enfoque integral, el monitoreo macro considera toma los datos contenidos en el diagnóstico biofísico y en la evaluación de intervenciones, a partir de los cuales se identifican las variables relevantes, diferenciadas en dos componentes: ambiental y socioeconómico.

Para el componente ambiental se identificaron cinco variables: Recursos hídricos, cobertura vegetal, agricultura, deslizamientos y pendiente cauce.

Para la variable recursos hídricos, se tienen resultados sobre la dinámica de la cuenca a partir del análisis de datos de balance hídrico en épocas diferentes.

Las variables cobertura vegetal, agricultura y deslizamientos se analizan simultáneamente en el mapa de Riesgos de Degradación.

La variable pendiente cauce es analizada a partir de datos topográficos de épocas distintas (antes y después de las obras).

La variable correspondiente a cobertura vegetal se obtiene a partir de levantamientos de información en campo, para aquellos sitios en los que se efectuaron intervenciones con medidas biológicas y biomecánicas.

La variable agricultura se obtiene a partir de levantamiento de información en campo para aquellos sitios donde se efectuaron intervenciones con medidas de conservación de suelos, tales como: terrazas de formación lenta, terrazas de absorción, labranza mínima, miniterrazas, barreras vivas, etc.

Para el caso del componente socioeconómico, se identificaron tres variables: nivel de ingresos, inundaciones y participación municipal.

La variable correspondiente al nivel de ingresos se obtiene a partir del análisis de datos levantados a nivel de fincas en zonas intervenidas, comparando aspectos económicos antes y después de las intervenciones, donde los datos iniciales son obtenidos a partir de los Diagnósticos Rurales Participativos.

La variable correspondiente a inundaciones es obtenida a partir de un análisis estadístico espacial de datos levantados en campo, principalmente en el período de lluvias, los mismos que reflejarán las pérdidas ocasionadas por inundaciones.

La variable participación municipal se obtiene a partir de un diagnóstico sobre el nivel de involucramiento del municipio en el MIC (Manejo Integral de Cuencas), con presupuesto y con actividades dentro de su Plan Operativo. Los Resultados del Sistema se obtienen de acuerdo al siguiente proceso:

Analizando y comparando las curvas de balance hídrico de dos épocas (antes del MIC y después del MIC) se obtiene el **Resultado 1** del sistema.

El **Resultado 2** es alcanzado a partir del análisis de las variables agricultura, cobertura vegetal y deslizamientos, considerando diferentes épocas.

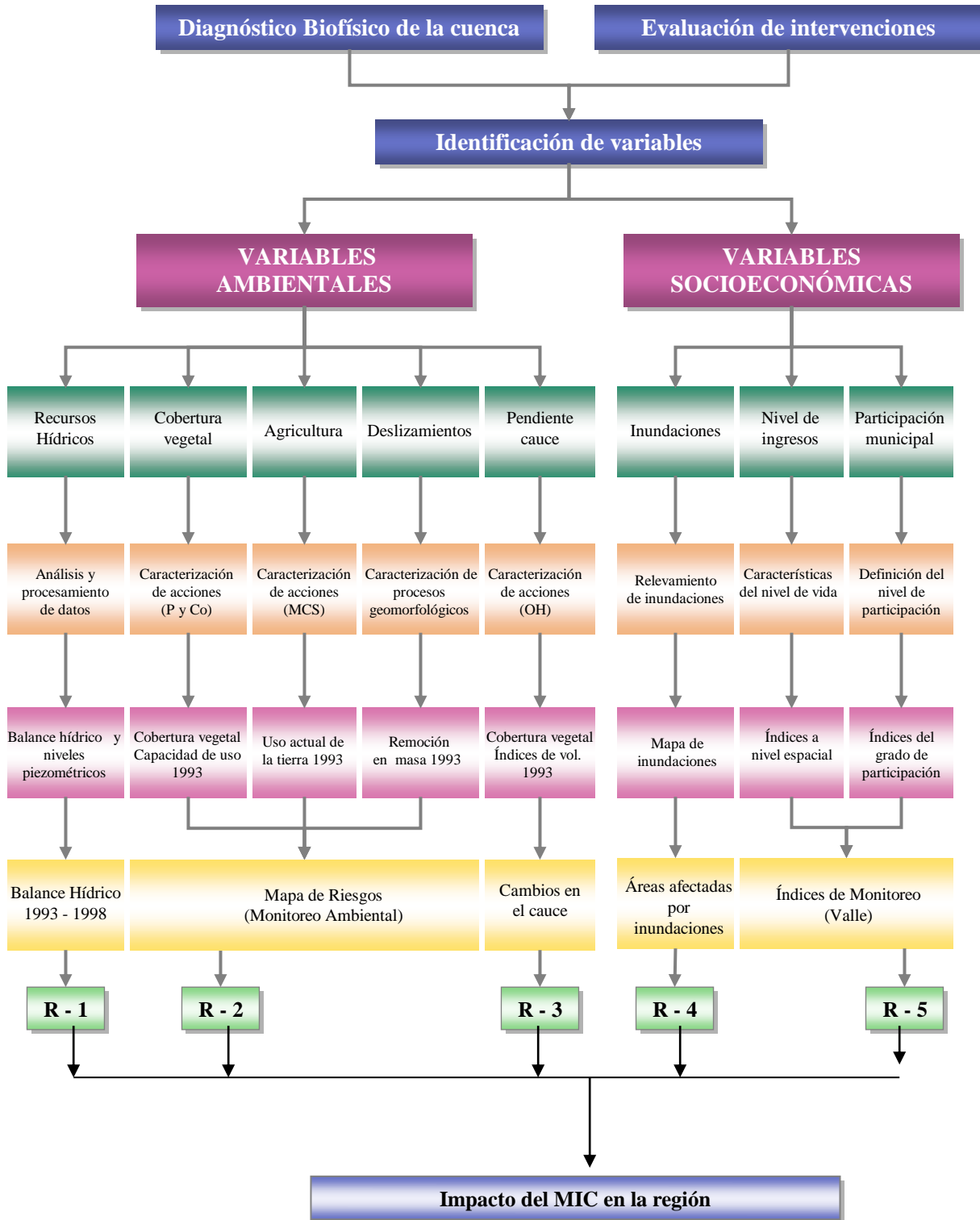
El **Resultado 3** es obtenido a partir del análisis de datos topográficos levantados antes de la construcción de las obras en cauces y tributarios, y los levantados después de cinco años, para determinar el volumen retenido y la variación de la pendiente.

El **Resultado 4** correspondiente a la variable socioeconómica referida al ingreso familiar, es obtenido a partir del análisis de gráficos, figuras y datos levantados en fincas.

El **Resultado 5** se obtiene confrontando los resultados de las variables inundación y participación municipal.

Finalmente, se procede al análisis de toda la información disponible (Resultado 1, Resultado 2, Resultado 3, Resultado 4 y Resultado 5) con el fin de identificar los impactos del MIC en varios ámbitos.

**Figura 3.** Modelo de Monitoreo del Manejo Integral de Cuencas



## RESULTADOS

Los resultados obtenidos son en principio categorizados en dos grupos:

- Grupo de Resultados 1, 2 y 3, pertenecientes a las variables ambientales
- Grupo de Resultados 4 y 5, pertenecientes a las variables socioeconómicas

### **Variables Ambientales**

Los resultados de las variables ambientales son:

- Recursos hídricos
- Agricultura, cobertura vegetal y deslizamientos
- Pendiente cauce

De la variable Recursos hídricos obtenemos el balance hídrico del cauce principal, así como volúmenes de recarga.

De las variables agricultura, cobertura vegetal y deslizamientos obtenemos el mapa de Riesgos de Erosión y Degradación de la cuenca antes de las intervenciones y que comparado con el mapa de Riesgos producto de las intervenciones, da como resultado unidades de riesgo en etapa de cambio. Sin embargo, a partir de este resultado es posible realizar proyecciones para planificar acciones directas.

De la variable Pendiente cauce se obtienen datos topográficos antes de las intervenciones y datos topográficos después de las intervenciones, con intervalos de 1 año, cuya gráfica refleja el comportamiento de las obras.

### **Análisis de la Cobertura Vegetal**

La cobertura vegetal a partir de las intervenciones realizadas tiene a incrementarse, debido a la presencia de una mayor concentración de humedad en esas áreas intervenidas. Un concepto aplicado dentro del marco del MIC es: cualquiera sea la acción realizada, siempre es acompañada con plantaciones.

La cobertura vegetal resulta ser un indicador importante del estado de la cuenca, debido a que influye directamente en la erosión y degradación de tierras, motivo por el cual es necesario considerar a la variable “cobertura vegetal” vital dentro el sistema de monitoreo general.

#### **a. Unidades de Cobertura**

Este sistema de seguimiento a las acciones permitirá identificar el grado de comportamiento de las medidas implantadas como ser: Estructuras mecánicas transversales (Diques de gavión, piedra y madera), Biológicas (asentamiento de plantas en hoyos, banquetas y fajas y/o trenzado de ramas

con fines de protección; también las plantaciones como bosquetes familiares, barreras vivas y linderos en terrenos agrícolas), biomecánico como ser a biotampas, enrejados y el mantenimiento de las medidas si fuera necesario, información que será apoyado con un monitoreo fotográfico de las zonas intervenidas.

Las plantaciones y sistemas agroforestales comprenden 4 etapas:

- Plantaciones 1991-1996
- Plantaciones 1996 – 1997
- Agroforestería 1992 –1995
- Agroforestería 1996

Las zonas bajo monitoreo son 16, en las cuales se forestaron, considerando el factor altitudinal y la profundidad efectiva de los suelos, las siguientes especies que se mencionan en el cuadro siguiente:

**Cuadro 1.** Especies arbustivas y arbóreas utilizadas en plantaciones de la cuenca Taquiña.

<b>Especies arbustivas</b>	<b>Especies arbóreas</b>
Kiswara	Kewiña
Kapa kapa	Ciprés
Moto Moto	Sauce
Retama	Álamo
Sewenca	Molle
Pasto Phalaris	Aliso
	Eucalipto
	Ceibo
	Pino

Cada una de las zonas tiene sus características en cuanto a:

- a) Prendimiento de la vegetación
- b) Incremento (densidad de plantas)
- c) Adaptación de especies (grado de comportamiento de las medidas)
- d) Cambio de uso
- e) Presión sobre la unidad
- h) Cambios de uso en el sistema
- i) Grado de protección (cobertura vegetal)

Entonces a partir del análisis de estos parámetros que se determina el valor de la zona en función a la protección a la biodiversidad y a la densidad de la cobertura vegetal.

## b. Densidades y Cambios en el Uso

A partir del análisis de la cobertura vegetal en las áreas intervenidas se tienen los siguientes detalles:

La evaluación se realiza anualmente, levantando información en fichas diseñadas específicamente para cada medida, esto con el propósito de disponer la información, que pueda ser utilizada en la medición de impactos ambientales en diferentes zonas de alta montaña en el ámbito de la cuenca.

El sistema de evaluación de **las medidas mecánicas** estará en función al grado de comportamiento de las obras. Estos rangos adicionalmente serán complementados al monitoreo general de la cuenca intervenida, al comportamiento de taludes de camino de acceso y a las prácticas agroforestales (formación de pequeños bosquetes familiares, barreras vivas, cercos y linderos, etc.)

Para la **cobertura vegetal** se tomará en cuenta el porcentaje de prendimiento, el grado de estabilización de la cárcava o microcuenca como también el incremento de la cobertura vegetal en un lapso de tiempo (5 años).

**Cuadro 2.** Análisis comparativo de unidades vegetales

<b>USO 2001</b>	<b>Área ha</b>	<b>Incr/Decr</b>
Bosque nativo	188.58	-12.39
Vegetación arbustiva	54.05	33.94
Uso pastoril	847.93	-148.89
Uso silvopastoril denso	208.33	33.54
Uso silvopastoril ralo	66.86	66.86

## Recursos hídricos

Para esta variable se tiene previsto el análisis de dos componentes:

- Balance hídrico
- Aporte de sedimentos

## Balance hídrico

La cuenca Taquiña tiene como colector principal al río Taquiña, que va de Sud a Oeste con una longitud de 11.5 Km, su pendiente promedio encima de la cota 2830 m.s.n.m. es 35% y en el área de su desembocadura es de 6%, con un ancho promedio de 20 m. de lecho.

El área de la cuenca se encuentra dentro un clima seco o región semiárida. Según la clasificación de Copen, el clima que corresponde a la cuenca es micro térmico, con invierno seco.



## Precipitación

La cuenca Taquiña cuenca con tres estaciones meteorológicas y tres estaciones limnigráficas, las cuales tienen como característica principal el registro automático de variables con una resolución temporal a elección de acuerdo a la finalidad del estudio.

El régimen pluviométrico es muy marcado, el periodo de lluvias abarca los meses de diciembre a marzo, con noviembre y abril como meses de transición. La precipitación media anual es de 782 mm, el 84% de la precipitación anual ocurre entre los meses de noviembre a marzo de un año hidrológico, y el restante 16% de la lluvia anual precipita entre los meses de octubre a abril.

## Balance hídrico localizado y disponibilidad de agua

El modelo para el análisis del balance hídrico trabaja con una escala de tiempo continuo y representa el área a modelar en subcuencas para tomar en cuenta la variación espacial del tipo de suelo, uso de suelos, precipitación, etc. Este modelo cuenta con los siguientes procesos: radiación solar, deshielo, escorrentía superficial, evapotranspiración, amortiguación por el tránsito de caudales, pérdidas por desbordes, generación de sedimentos debido a tormentas aisladas, evaporación de aguas superficiales, precolación y humedad del suelo.

Las abstracciones hidrológicas para cada subcuenca son estimadas utilizando el número de curva del SCS, considerando el incremento del perfil de humedad del suelo generado por las precipitaciones, afectadas por los procesos de escorrentía superficial, precolación, reflujos, evapotranspiración en cultivos y evaporación en suelos.

El volumen de escorrentía superficial es estimado utilizando el número de curva como una función del contenido diario de humedad del suelo. La estimación de los caudales pico se efectúa con una modificación de la fórmula racional.

En el cuadro siguiente se presenta un resumen mensual de los valores obtenidos para cada una de las variables del balance hídrico, efectuado para la cuenca Taquiña considerando la situación anterior a la intervención del MIC.

**Cuadro.3.** Valores promedio mensuales, sin intervención del MIC

Mes	Precipitación (mm)	Nieve (mm)	Escorrentía Superficial (mm)	Escorrentía Sub-super (mm)	Producción de Agua (mm)	Evapo Transpira (mm)
Enero	164.6	0.0	43.1	11.5	56.6	72.3
Febrero	115.0	0.0	31.5	8.7	49.2	62.1
Marzo	108.1	0.0	25.7	11.4	48.4	67.0
Abril	27.8	0.0	3.3	2.4	13.1	34.4
Mayo	3.2	0.0	0.1	0.1	1.4	12.4
Junio	4.1	0.0	0.1	0.0	1.3	9.3

Mes	Precipitación (mm)	Nieve (mm)	Escorrentía Superficial (mm)	Escorrentía Sub-super (mm)	Producción de Agua (mm)	Evapo Transpira (mm)
Julio	6.3	0.0	0.4	0.0	1.6	9.4
Agosto	14.6	0.0	0.7	0.1	3.9	14.0
Septiembre	27.1	0.0	1.8	0.1	6.6	19.8
Octubre	42.9	0.0	5.2	0.1	10.7	25.0
Noviembre	79.7	0.0	14.6	0.3	23.2	54.3
Diciembre	110.0	0.0	18.8	1.2	24.6	61.0
<b>Sum. Anual</b>	<b>703.5</b>	<b>0.0</b>	<b>145.2</b>	<b>35.8</b>	<b>240.5</b>	<b>441.0</b>

Asimismo, en el cuadro siguiente se observa el resumen mensual de los valores obtenidos para cada una de las variables del balance hídrico, efectuado para la cuenca en estudio considerando la situación posterior a la intervención del PROMIC.

**Cuadro 4.** Valores promedio mensuales, con intervención del MIC

Mes	Precipitación (mm)	Nieve (mm)	Escorrentía Superficial (mm)	Escorrentía Sub-super (mm)	Producción de Agua (mm)	Evapo Transpira (mm)
Enero	164.6	0.0	38.6	12.8	56.4	73.8
Febrero	115.0	0.0	28.3	9.2	47.1	63.1
Marzo	108.1	0.0	22.7	12.1	48.5	68.1
Abril	27.8	0.0	2.8	2.5	12.9	34.4
Mayo	3.2	0.0	0.0	0.1	1.4	12.4
Junio	4.1	0.0	0.1	0.0	1.3	9.3
Julio	6.3	0.0	0.3	0.0	1.6	9.4
Agosto	14.6	0.0	0.5	0.1	3.8	14.2
Septiembre	27.1	0.0	1.4	0.0	6.5	19.9
Octubre	42.9	0.0	4.5	0.1	10.2	25.2
Noviembre	79.7	0.0	12.8	0.4	21.5	55.0
Diciembre	110.0	0.0	16.5	1.4	23.9	61.5
<b>Sum. Anual</b>	<b>703.5</b>	<b>0.0</b>	<b>128.4</b>	<b>38.7</b>	<b>234.9</b>	<b>446.1</b>

A partir de estos datos se procede a la modelación obteniendo resultados que visualizan la variación que sufren los componentes del balance hídrico como consecuencia de la intervención y ausencia de intervención del MIC en la cuenca Taquiña, donde se puede destacar los siguientes resultados.

Precipitación promedio anual escenario 1993 y 1998 = 703.5  
 Área de Modelación: 11.67Km<sup>2</sup>

## **Caudal superficial**

Escenario 1993	144.3mm=54 l/seg
Escenario 1998	127.6mm=47 l/seg

El caudal superficial de 1998 respecto a 1993 disminuye en un 13%, resultado asociado a un incremento de la infiltración y almacenamiento en la cuenca debido a las acciones del MIC.

## **Caudal subterráneo**

Escenario 1993	160.8mm
Escenario 1998	164.8mm

El caudal subterráneo posterior a la intervención, aumenta en un 3% con relación a la situación anterior a la intervención, incremento asociado a que el MIC genera zonas de mayor aporte de flujo subterráneo, debido al manejo especial de los cultivos, reducción de pendientes y reforestación.

## **Producción de agua**

Escenario 1993	239 mm=89 l/seg: Coeficiente de escurrimiento = 0.34
Escenario 1998	233 mm=86 l/seg: Coeficiente de escurrimiento = 0.32

La producción promedio anual de agua de 1993 comparada con 1998 disminuye en un 3 % y el coeficiente de escurrimiento sufre una reducción del 6%, resultados que indican que la intervención del MIC incrementó la infiltración profunda y el aporte al agua subterránea.

## **Evapotranspiración**

Escenario 1993	439.2mm
Escenario 1998	444.3mm

La evapotranspiración después del MIC tiene un aumento de 1.2 %, resultado esperado debido a que el MIC, incrementó las áreas de cobertura vegetal en la cuenca piloto.

## **Sedimentos**

De acuerdo a los objetivos del estudio y a la metodología adoptada, los resultados del presente trabajo están en función a tablas, cuadro y mapas, en los cuales se expresan principalmente, la situación sin proyecto, situación actual (con proyecto).

Los cambios que se pudo apreciar en el estudio fueron:

- Cambios en mapas de Uso
- Cambios de mapa de Erosión

- Cambios de mapa de Riesgos
- Cambios en Tasas

En una etapa inicial se elabora los siguientes mapas a partir de fotointerpretación con verificación de campo:

- Mapa de Protección Vegetal-1999
- Mapa de Conservación de Suelos-1999

### Mapas de Uso Actual de la Tierra 1993 y 2001

#### Análisis Comparativo entre el mapa de Uso-1993-2001

**Cuadro 5.** Superficies de Uso correspondiente a los períodos 1993-2001

<b>Unidad de mapeo 1993</b>	<b>Superficie Ha. 1993</b>	<b>Unidad de mapeo 2001</b>	<b>Superficie Ha. 2001</b>
Uso agrícola	15.22	Uso agrícola intensivo	13.11
Áreas agrícolas degradadas	2.58	Uso agrícola moderadamente intensivo	3.32
Cárcavas	9.33	Cárcava activa	2.44
Uso Pastoril	33.40	Uso Pastoril	19.38
Uso Silvopastoril ralo	4.16	Uso Silvopastoril ralo	3.86
		Uso Silvopastoril denso	10.29
		Uso arbustivo denso	9.98
		Uso arbustivo ralo	2.30

A partir de un análisis de los mapas de uso de 1993 y 1999 se observa:

Que el área agrícola disminuye en 13.8 %. Aproximadamente producto de la implementación del modelo de fincas (concentración de la agricultura) y esto da lugar a una disminución del riesgo.

El área agrícola degradada de 1993 es recuperada y aumenta en 22.2 % a un nivel manejable (uso agrícola moderadamente intensiva), la cual cuenta con medidas de conservación de acuerdo a sus características (barreras vivas y terrazas de formación lenta).

La cárcava activa disminuye drásticamente en un 73.8 %, sin embargo este porcentaje ha pasado a constituir otras unidades, producto de las intervenciones del MIC, siendo estas unidades:

- Uso Silvopastoril denso
- Uso arbustivo denso
- Uso arbustivo ralo

Esta disminución fue posible a intervenciones múltiples en las cárcavas como ser:

- Control y estabilización de taludes con medidas biomecánicas (biotampas, banquetas) y biológicas (plantaciones).
- Manejo de aguas en cabeceras con medidas mecánicas y biomecánicas (diques de gavión y de madera).
- Control de cárcava con medidas mecánicas (diques transversales de gavión), para disminuir la erosión lateral y la erosión basal.

El uso pastoril disminuye en un 42%, debido a la plantación de especies arbustivas en esta zona, dando lugar a que se constituyan en arbustales ralos.

El uso silvopastoril ralo disminuye en un 7%, y pasa a constituir unidades silvopastoriles densos.

Si analizamos de manera general vemos que en todas las unidades de 1993 hubo una disminución significativa, y la superficie que disminuye pasa a constituir nuevas unidades de uso, que son apreciadas en 1999 siendo una respuesta para frenar los procesos erosivos intensos.

### Mapas de Unidades Erosivas 1993 2001

#### Análisis Comparativo entre el mapa Erosión-1993 y 2001

**Cuadro 6.** Superficies de Unidades Erosivas correspondiente a los periodos 1993- 2001

<b>Unidad de mapeo 1993</b>	<b>Superficie Ha 1993</b>	<b>Unidad de mapeo 2001</b>	<b>Superficie Ha. 2001</b>
Cárcava activa	9.33	Cárcava activa	2.82
		Cárcava mod. Activa	3.08
		Cárcava lig. activa	2.61
Deslizamiento	4.03	Deslizamiento mod. Activo	3.39
Erosión laminar ligera	2.77	Erosión laminar ligera	16.36
Erosión laminar moderada	29.26	Erosión laminar moderada	27.90
Erosión laminar severa	15.91	Erosión laminar severa	5.39
Erosión retrograda activa	3.42	Erosión retrograda lig-activa	1.74
		Erosión en surcos	1.40

Analizando los resultados obtenidos, correspondientes a dos épocas (1993-2001), se observa:

Que la cárcava activa disminuye en un 69.7 %, debido a las intervenciones en cabeceras en taludes y en la cárcava misma, dando lugar a que las características cambie en cuanto a su intensidad y origen a otros grados, como son las cárcavas ligeramente activas y cárcavas moderadamente activas. Sin embargo la superficie total de las cárcavas es de 8.51 ha frente a 9.33 que abarcaba la cárcava en 1993. Esto debido a que zonas estabilizadas y con una densidad alta de cobertura vegetal pasaron a constituir un área de erosión laminar y ya no parte de la cárcava.

A los deslizamientos activos en principio, se incorporo medidas de conservación y plantaciones arbustivas, medidas que dieron lugar a que estos deslizamientos pasen a un grado inferior en cuanto a su clasificación, constituyéndose en deslizamientos moderadamente activos. El deslizamiento disminuyó en dimensión en un 15.8 % y en un grado inferior.

La erosión laminar ligera es una unidad muy importante en el marco de l análisis, porque esta unidad aumenta en un 490 %, lo que significa que la disminución de los otros grados de erosión laminar como es la erosión laminar moderada y la erosión laminar severa aportaron con su superficie para 1999 al de la erosión laminar ligera, producto de las intensas medidas de conservación de suelos y plantaciones realizadas en esta unidad erosiva.

Con respecto a la erosión laminar moderada esta disminuye en un 4.6 % debido principalmente a las plantaciones arbustivas efectuadas en estas laderas. La superficie que cambia pasa a ser parte de la erosión laminar ligera.

Con la erosión laminar severa ocurre algo similar, debido a que también disminuye y su superficie para a constituir parte de la erosión laminar moderada y también parte de la erosión laminar ligera. Este grado de erosión disminuye en un 66 %.

Otro aspecto importante es lo que ocurre con la erosión retrograda, ya que esta es frenada e ingresa a un estado de regeneración y estabilización, motivo por el cual esta erosión disminuye en un 49.1%, debido al manejo de aguas y del sistema de drenaje de la cárcava en cabeceras.

La erosión en surcos que si bien se presentaba en la zona durante la gestión de 1993, pero debido al nivel de detalle no fue posible mapear, sin embargo producto de un mal manejo del agua, del suelo y de factores ajenos al del comunario, como es el cambio de áreas de escurrimiento en el área se origina surcos en parcelas agrícolas ocasionando una ampliación de esta unidad.

Para su control se requiere de técnicas más agresivas en la parte alta de su parcela, que según el agricultor este realizada una vez pase el periodo de lluvias.

## **Mapas de Riesgos de Erosión Y Degradación De Tierras 1993-2001**

### **Análisis Comparativo entre el mapa de Riesgos-1993 y el mapa de Riesgos-2001**

**Cuadro 7.** Superficies de Riesgo correspondiente a los periodos 1993-2001

<b>Unidad de mapeo (1993 – 1999)</b>	<b>Superficie 1993 (ha.)</b>	<b>Superficie 2001 (ha.)</b>	<b>Porcentaje</b>
Bajo	0.348	0.34	-2.29
Moderado	21.97	29.03	+32.13
Moderado alto	19.57	19.82	+1.27
Alto	16.10	12.12	-24.72
Muy Alto	6.68	3.30	-50.59

A partir del análisis de los mapas de Riesgos correspondientes a los periodos 1993 y 2001, se aprecia que el riesgo bajo mantiene su una superficie similar y la misma ubicación.

El Riesgo moderado es el que si tiene datos interesantes porque aumenta considerablemente debido al impacto de las medidas realizadas en las áreas de Riesgo Muy alto, alto y moderadamente alto, que sin lugar a dudas tuvieron su efecto, sin embargo es necesario continuar el monitoreo de estos sitios y del efecto de las medidas de control.

El Riesgo Moderadamente alto se mantiene en la misma ubicación y con las mismas superficies que el riesgo bajo, sin embargo eso no significa que no haya sufrido cambio alguno, sino que parte de la superficie correspondiente a este grado de riesgo a pasado a constituirse en áreas de riesgo moderado y una superficie similar de muy alto y alto riesgo a pasado a constituir el riesgo moderadamente alto, motivo por el cual no se observa cambios muy significativos en esta unidad.

El Riesgo Alto tiene una disminución significativa, debido a una respuesta inmediata de la microcuenca hacia las medidas sin embargo esta disminución puede ser ya no con esa intensidad apreciada sino con mayor lentitud debido a que las mejoras complementarias requerirán de mayor tiempo para su apreciación.

El Riesgo Muy Alto es el que al igual que la unidad de Riesgo Moderado presenta cambios fuertes, porque disminuye drásticamente y este cambio es lógico, porque son precisamente en estos sitios donde se intensifico la implementación de medidas de control, por lo tanto esta dentro lo previsto esta respuesta. Sin embargo si observamos la microcuenca detenidamente podemos apreciar que pese a la aplicación de medidas similares en sitios activos, la respuesta no fue la misma, debido a que algunas áreas reaccionaron mas rápidamente que otras. Un mayor análisis de estos cambios micro puede ser un complemento futuro a este trabajo.

### **Tasas de Erosión de la Microcuenca Qopa Corral 1993 y 2001**

#### **Análisis Comparativo entre las tasas de erosión de la Microcuenca-1993 y 2001**

**Cuadro 8.** Tasas de erosión en la microcuenca para los años 1993-2001

<b>Rango de tasas de erosión m<sup>3</sup>/ha</b>	<b>Superficie en ha. (1993)</b>	<b>Superficie en ha. (2001)</b>
<300	22.32	29.36
300 – 1200	19.57	19.81
> 1200	22.78	15.43

A partir del análisis comparativo de las tasas de erosión (1993-2001) de la microcuenca se puede apreciar que la tasa de erosión < a 300 m<sup>3</sup>/ha aumenta en 23.9%, debido a que las intervenciones hicieron que la erosión en laderas disminuya pero sin frenarse. Por otra parte la tasa de erosión entre 300 – 1200 m<sup>3</sup>/ha también aumenta, aunque mínimamente, siendo este aumento en 1.2%. Finalmente la tasa > a 1200 m<sup>3</sup>/ha disminuye en un porcentaje importante (32.3%), siendo que esta

tasa en la gestión 1993 predomina en cárcavas activas y zonas de deslizamiento y producto de intervenciones importantes en cárcavas, principalmente en cabeceras frenando la erosión retrógrada, es que se produjo esta disminución.

Por lo tanto la disminución de una tasa alta a una baja es debido a la reducción de la erosión en laderas y cárcavas, pasando esta superficie de tasa alta de un grado superior a un grado inferior (tasa baja), razón por la cual la tasa baja aumenta en superficie.

A partir de un análisis de las tasas de erosión determinadas a partir de este trabajo de investigación se llego a la conclusión de que los resultados reflejan lo que en realidad ocurre en el campo, en comparación con aquellos reportados en un estudio de verificación de la erosión hídrica en la cuenca Taquiña (1996), siendo estos los siguientes:

- 8 – 29 mm/ha/año
- 31 – 44 mm/ha/año
- 50 – 63 mm/ha/año

La lamina de suelo removido por hectárea/año, son resultados a los que catalogamos demasiado altos. Si asumimos estos valores y aceptamos una perdida de suelo en estas proporciones, sin lugar a dudas que las laderas serranías con pendiente fuerte llegarían a establecerse como tierras altamente degradadas (band lands) en la cuenca Taquiña. Fenómeno que en la realidad no esta ocurriendo.

Los resultados encontrados son:

- 1.3 mm/ha/año de lámina de suelo perdido , considerada como baja
- 6.15 mm/ha/año de lámina de suelo perdido , considerada como moderado
- >6.15 mm/ha/año de lámina de suelo perdido, considerada como alta

## Resultado de Recarga

En el cuadro 9 se presentan las características hidromorfométricas de la cuenca piloto Taquiña.

**Cuadro 9.** Características hidromorfométricas de la cuenca Taquiña

Cuenca	Características de la cuenca					Curso principal		
	Área de drenaje (Km <sup>2</sup> )	Coef de Compacidad	Altitud (m.s.n.m.)			Pendiente media	Pendiente media	Longitud
			Máxima	Mínima	Media			
Taquiña	19.7	1.3	4560	2920	3710	50.7	19.5	8.54

El área de influencia de la cuenca presenta diferentes cuerpos sedimentarios a la entada del acuífero. Este tiene fuertes pendientes y espesores de 400 metros (BRGM, 1996). Por otra parte, las



formaciones lacustres y fluvio lacustres tienen espesor de 600 metros. Estas últimas descansan sobre el Zócalo Paleozoico.

El presente estudio fue realizado a partir de la siguiente fórmula:

$$R = P + I - (ETR + Q)$$

Donde:

R = Recarga del acuífero a la salida de la cuenca

P = Precipitación media

I = Incorporación desde otras cuencas

ETR = Evapotranspiración real

Q = Escurrimiento superficial

Para la determinación de la precipitación media anual se efectúa con la relación:

$$P_{ma} = -665.3 + 0.385 H$$

Donde:

P<sub>ma</sub> = Precipitación media anual (mm)

H = Altura del sitio de estimación (m.s.n.m)

Para el caso de la evaporación potencial, el cálculo se efectúa con la siguiente relación:

$$ETR = P / (0.9 + (P/L)^2)^{1/2}$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real anual (mm/año)

H = Altura (m.s.n.m.)

P = Precipitación media anual (mm)

Al contar con todos los elementos que intervienen en el balance hídrico de la cuenca Taquiña, se calcula la recarga, siendo esta de R=482.5 mm, que expresada en términos de volumen alcanza a 2793943 m<sup>3</sup>.

## **Resultado de Agricultura**

### **Distribución de terrenos agrícolas en la cuenca en 1991**

Antes de la intervención del PROMIC no había una concentración de la agricultura dentro de un área específica como las fincas actuales en las cuales se realiza la producción continua en un área limitada. Las parcelas se controlaban dispersas en todo el espacio productivo del agricultor, sin importar el grado de la pendiente.

En 1991 los terrenos destinados a la agricultura comprendían 37.79 has de las cuales 11.87 ha se cultivaban en la forma tradicional sin técnicas de conservación de suelos y el restante 25.52 ha se encontraban en descanso.

### **Distribución de terrenos agrícolas en la cuenca en 1997**

Si se considera el terreno de plantaciones forestales y las plantaciones de Phalaris en banquinas, actualmente la superficie destinada a la agricultura es de 57.24 has en las cuales se viene implementando diferentes técnicas de conservación de suelos.

Esto significa que en el periodo de 1991 a 1997 el área destinada a la agricultura ha aumentado según un factor de 1.51, totalizando el incremento a una superficie de 19.45 has. Esto se atribuye a la menor población asentada en la cuenca (1991) y a las expectativas económicas que brinda la conservación de suelos (1997).

En 1991 la actividad agrícola era mucho menos intensiva, debido en primer lugar a la menor extensión del área habilitada por año para cultivar y en segundo lugar debido a que 67.5% de los terrenos descansaban de 6 a 10 años dado por la menor presión de la población sobre el recurso.

## **Conservación de Suelos**

### **Técnicas de conservación de Suelos**

A través del área de Manejo y Conservación de Suelos se realiza una combinación de prácticas destinadas a proteger el suelo y mantener o mejorar su productividad. De acuerdo a las condiciones climáticas, geológicas y geomorfológicas del área de trabajo se implantó 4 tipos de técnicas de conservación de suelos.

- Terrazas de banco
- Muros de formación lenta de terrazas
- Barreras vivas de Phalaris y otros arbustos.
- Labranza mínima

Las medidas mencionadas se combinan con medidas agronómicas como la siembra en curvas a nivel, cultivos de cobertura, cultivos en fajas, cultivos asociados, rotación de cultivos e incorporación de abonos orgánicos. Los objetivos generales de las medidas son:

- Reducir los procesos de erosión y degradación de suelos agrícolas
- Mantener o mejorar la fertilidad de los suelos
- Controlar cabeceras de cárcavas mediante la construcción de terrazas de banco
- Contribuir a la infiltración del agua
- Reducir la ampliación de la frontera agrícola
- Producción diversificada y continua en terrenos con conservación de suelos
- Disponer de ejemplos multiplicadores para las condiciones del área.

### **Planificación del espacio productivo**

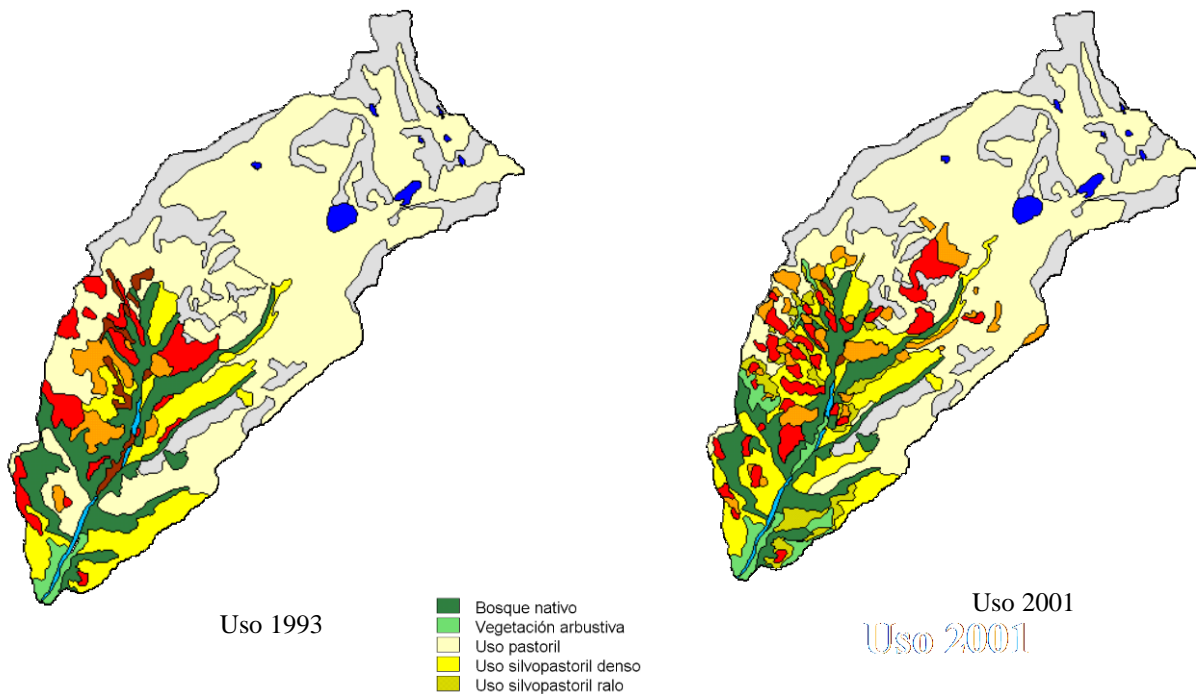
Los agricultores junto con el PROMIC han planificado su espacio productivo bajo el concepto de manejo de finca por medio de fotografías ampliadas, asignando a cada unidad diferentes usos de acuerdo a la vocación del terreno, como por ejemplo: Plantaciones en pequeños bosquetes para uso múltiple. La superficie total de la cuenca Taquiña es de 1970 has, de las cuales 667.47 has corresponden al área del presente estudio. 846.063 has son propiedad de la cervecería Taquiña donde en la actualidad se viene realizando trabajos de conservación de suelos y 456.467 has pertenecen a agricultores que por afiliados a otros sindicatos agrarios o por razones personales no participan en la realización de conservación de suelos.

Los 667.47 has mencionadas en el presente estudio se encunaran divididos entre 11 familias de las cuales con 10 se ha planificado su espacio productivo como finca bajo el concepto de conservación de suelos.

**Cuadro 9.** Tenencia de tierra por familia para la planificación de finca.

<b>Agricultor</b>	<b>Superficie total</b>	<b>Superficie planificada</b>
Cirilo Fuentes	29.2089 ha	28.2290 ha
Ciprián Montesinos	16.5761 ha	12.0451 ha
Lucas Mamani	15.5917 ha	12.5360 ha
Juan Rocha	14.5159 ha	11.3866 ha
Eugenio Luna	14.1254 ha	11.5911 ha
Esteban Luna	3.7619 ha	3.76119 ha
Tomás Luna	7.3585 ha	3.8139 ha
Gregorio Ríos	24.2462 ha	22.6673 ha
Flia A. Ríos	297.2926	3.0689 ha
Flia. Villca y Fuentes	24.2327 ha	
Flia. Fuentes		9.7897 ha
Flia. Villca		14.4430 ha
<b>TOTAL</b>	<b>667.4709 ha</b>	<b>133.3325 ha</b>

En el presente cuadro podemos observar que la gran diferencia entre el espacio productivo (667.4709 has.) y el área planificada (133.3325 has.) se debe a que gran parte del área total de estudio es pedregoso o destinado al pastoreo y no a la agricultura

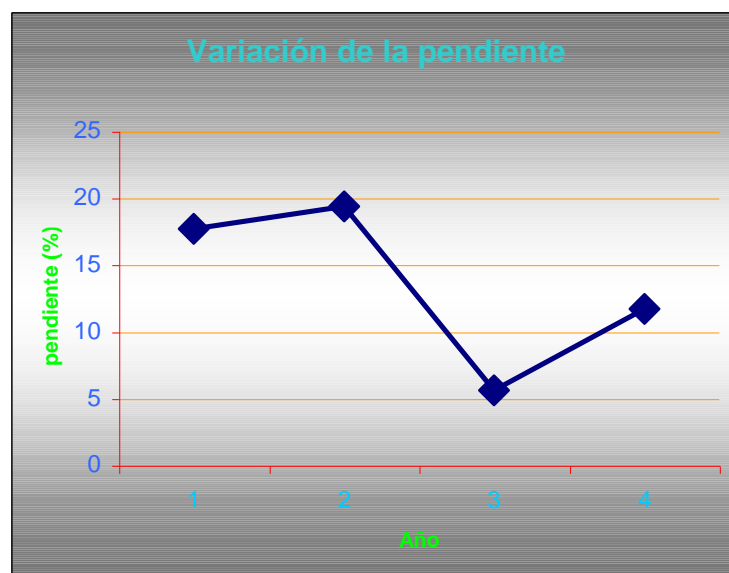


### Pendiente Cauce

Con respecto a la pendiente en el cauce se determinaron puntos de inflexión que son el inicio de obra, la deposición, la erosión y la consolidación esto se observa en el cuadro 10.

**Cuadro 10.** Zonas de deposición y erosión en el cauce

	Inicio de obra	deposición	erosión
1	17.7	eo	eo
2	19.4	224.15	0
3	5.6	900.74	0
4	11.7	275608	108.1



### **Análisis de los Movimientos en masa**

Al efectuar la comparación de los mapas de remoción en masa de los años 1991 y 2001, se observa diferencias, más que todo con relación a la reactivación de los deslizamientos en zonas controladas por acciones biomecánicas y biológicas, y también en los deslizamientos que se hallan en proceso.

En el año 1991, los deslizamientos activos, son los que predominan en las cárcavas activas como en Linkhu Mayu, Qopa Corral I y II, en el cauce principal y en algunos tributarios secundarios, éstos deslizamientos, en su mayoría están asociados a los deslizamientos en proceso, constituyendo zonas de alto riesgo, siendo al mismo tiempo las fuentes de mayor aporte de sedimentos hacia el valle.

Para realizar el análisis de los deslizamientos, el mapa de 1991, se ha sobrepuesto al mapa de 1997, habiéndose distinguido las siguientes diferencias:

- En zonas intervenidas (deslizamientos activos y en proceso), se ha producido la reactivación de los deslizamientos en su base y asimismo se ha incrementado el área del deslizamiento en proceso, manteniendo la cobertura vegetal que fue implantada durante las acciones de control.
- Los deslizamientos en proceso, continúan su acción debido a que existen fracturas subparalelas al corte principal del deslizamiento y por cuyas aberturas se infiltra el agua, por otro lado en algunos casos los trabajos de control de taludes realizado en años anteriores, ha provocado la aceleración del deslizamiento debido a que las plantaciones realizadas, los métodos empleados (fajinas, banquetas y otros), han sido contraproducentes por cuanto se ha incrementado la infiltración en una zona de remoción en masa y como consecuencia se produce la inestabilidad de los taludes.

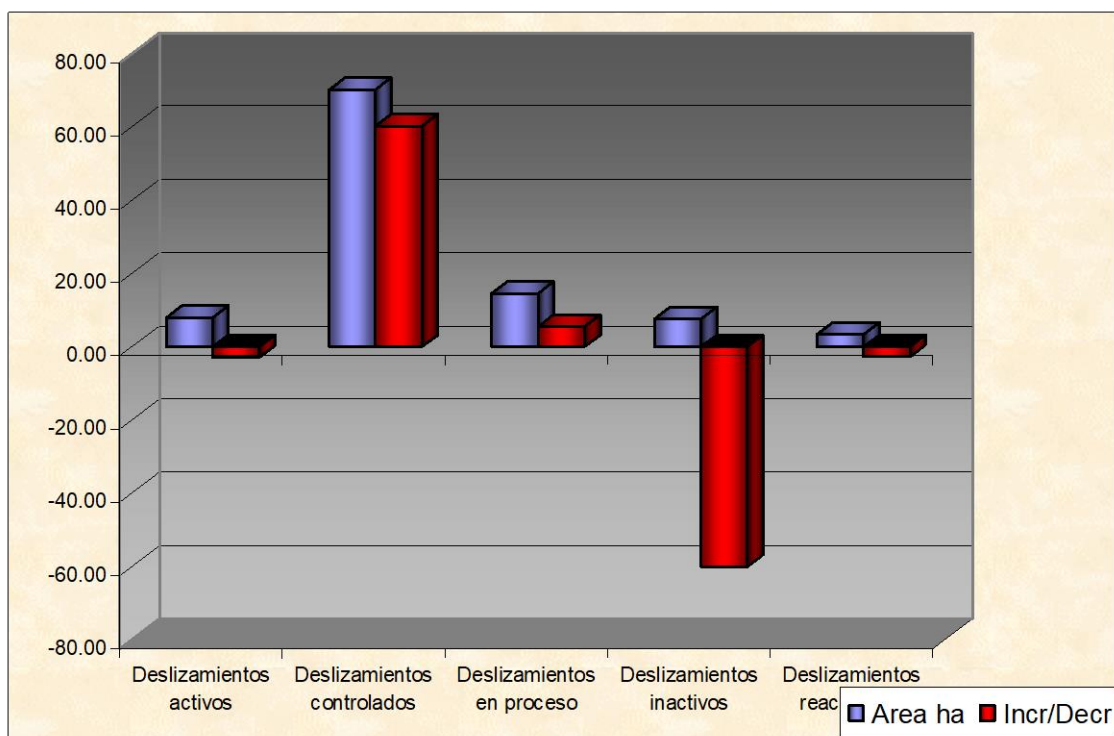
- Los campesinos al habilitar áreas de cultivo en zonas de deslizamientos en proceso, han originado la desprotección vegetal, mayor infiltración y por ende la aceleración de los deslizamientos en proceso convirtiéndolos en activos.
- Al incursionar el PROMIC en la cuenca Taquiña, ha logrado a que los campesinos apliquen las medidas de conservación de suelos con buenos resultados, lo que provocó el retorno de otros campesinos, los que habilitaron tierras de cultivo con y sin medidas de conservación de suelos y como una de las consecuencias, se produjo nuevos deslizamientos.
- En el cauce principal existen algunos deslizamientos activos incontrolables, porque la pendiente es mayor a 100 %, erosión subterránea permanente, infiltración por cultivos, erosión lateral fuerte, estrangulamiento del cauce en algunos tramos de su recorrido y zona bastante removida y activa.
- La apertura de sendas y caminos de acceso (Linkhu Mayu), han provocado la formación de cárcavas y algunos deslizamientos que deben ser considerados.

## Superficies

Para determinar los cambios realizados en la cuenca Taquiña por las obras implantadas, se ha efectuado el mapeo, comparación de los mapas de remoción en masa de los años 1991-2001 y análisis de las unidades fotointerpretadas de 2 épocas distintas. Esto con el objeto de visualizar mediante la comparación (dentro de las unidades uniformes), la diferencia de áreas degradadas por efecto de los deslizamientos y de esta manera cuantificar las variaciones al cabo de 6 años de intervención, con acciones de control de la erosión y degradación de tierras bajo un plan de manejo integral de cuencas. En tal sentido, los datos se muestran a continuación en el cuadro 11.

**Cuadro 11.** Deslizamientos y su análisis comparativo

Unidades	Area ha	Incr/Decr
Deslizamientos activos	7.90	-2.93
Deslizamientos controlados	70.21	60.28
Deslizamientos en proceso	14.66	5.46
Deslizamientos inactivos	7.56	-60.10
Deslizamientos reactivados	3.39	-2.70



## Nivel de ingresos

**Cuadro 12.** Ingresos en manejo y conservación de suelo 1996 - 1999

<b>FINCA CON M.C.S (1999)</b>			
<b>Cultivo</b>	<b>Ing.Bruto</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Ben.Neto</b>
Papa	6131.45	2502.26	3629.19
Claveles	3316.58	1571.86	1774.72
Oca	335.01	234.09	100.92
Avena	350.08	221.11	128.98
Tarwi	125.63	93.8	31.83
<b>Total</b>	<b>10258.75</b>	<b>4623.12</b>	<b>5665.64</b>

<b>FINCA CON M.C.S (1999)</b>			
<b>Cultivo</b>	<b>Ing.Bruto</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Ben.Neto</b>
Papa	6131.45	2502.26	3629.19
Claveles	3316.58	1571.86	1774.72
Oca	335.01	234.09	100.92
Avena	350.08	221.11	128.98
Tarwi	125.63	93.8	31.83
<b>Total</b>	<b>10258.75</b>	<b>4623.12</b>	<b>5665.64</b>

## Inundaciones

Los resultados del monitoreo de inundaciones se expresan en el cuadro siguiente.

**Cuadro 13.** Monitoreo de inundaciones en áreas agrícolas

Áreas afectadas debido a inundaciones (1999)									
N°	Cuenca	Comunidad	Clas.	Tipo	Sup. Total (m2)	Grado Afectado	Sup. Afect (m2)	(%) Perdida	Descripción
1	La Llave	Anocaraire	1	For/Arb	7938	G4	7791		Sunchus, Cañahuecas, Eucaliptos, Molles
2	La Llave	Anocaraire	1	Arb	2401	G4	2352		Se tiene molles, sumchus, acacias, cañahuecas
3	La Llave	Anocaraire	1	Arb/For	128625	G4	127253		Molles, Sumchus, Acacias, cañahuecas
4	La Llave	Anocaraire	1	Arb	116326	G4	108290		Acacias de porte alto
5	La Llave	Anocaraire	2	Pampa	18081	G3	15974	0	Terreno donde se produjo rebalse
6	La Llave	Anocaraire	2	Arb	35574	G4	35574		Acacias de porte bajo
7	La Llave	Anocaraire	2	Arb	51695	G4	51499		El terreno se colmato de sedimento
8	La Llave	B. Licenciada	2	Invern.	22785	G4	4704		Rebalse de aguay algo de sedimento
9	La Llave	B. Licenciada	2	Maiz	4900	G2	2842	100	Cultivo de maiz depositado de sedimento
10	La Llave	Sexta Parte	2	Arb	14308	G4	14308		Construccion de casa y cultivos de maiz mas arbusttos
11	La Llave	Sexta Parte	3	Viviendas	31360	G3	31311		Construccion de casa y cultivos de maiz mas arbusttos
12	La Llave	Sexta Parte	3	Maiz	10045	G3	10045	15	Arbustales de porte pequeño

## Participación Municipal

**Cuadro 14.** Participación de los municipios en Planes de Manejo

Municipio	Involucramiento en MIC (%)		Contraparte		Interes (%)		Convenios	
	1993	2000	1993	2000	1993	2000	1993	2000
Cercado	20	80	No	Sí	15	75	No	Sí
Colcapirhua	0	25	No	No	10	20	No	Sí
Quillacollo	10	55	No	No	10	60	No	Sí
Tiquipaya	20	70	No	Sí	25	80	No	Sí
Vinto	15	95	No	Sí	20	100	No	Sí
Sacaba	10	20	No	No	10	30	No	Sí
Sipe Sipe	0	10	No	No	0	20	No	No

## CONCLUSIONES

- El Sistema de Monitoreo tiene carácter modular, es decir que de acuerdo a lo que se quiere monitorear es posible separar los marcos metodológicos en módulos que permita levantar información relevante para la toma de decisiones.
- El Sistema de Monitoreo es transferible y fácilmente manipulable.
- El Sistema de Monitoreo es adaptable a varios escenarios y compatible con diferentes escalas, es posible monitorear departamentos, provincias, municipios, cuencas, fincas, parcelas, con el fin de identificar impactos.