

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO HIDROLOGICO ENTRE
BOSQUES NATIVOS Y EXOTICOS, DE DOS PARAMOS SACHAGUAYCO Y
PAMPAS DE SALASACA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.**

SANDRA DEL ROCIO TIXI CAJAMARCA

TESIS

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO
FORESTAL**

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2009

HOJA DE CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA QUE: el trabajo de tesis titulada "ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO HIDROLOGICO ENTRE BOSQUES NATIVOS Y EXOTICOS, DE DOS PARAMOS SACHAGUAYCO Y PAMPAS DE SALASACA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA" de responsabilidad de la señorita egresada Sandra del Rocío Tixi Cajamarca, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizado su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Lucia Abarca

.....

DIRECTOR

Ing. Eduardo Cevallos

.....

MIEMBRO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

Riobamba Noviembre 2009

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación dedico a Dios quien ha sido la fuerza y mi consuelo en las etapas más difíciles de mi vida a mis padres quienes siempre me apoyaron de manera incondicional, a mis hermanos que fueron los pilares fundamentales para que nunca decaiga en esta carrera, a mi esposo y a mi hijita querida Estefany la razón de mi vida quien siempre estuvo dándome las fuerzas necesarias para no decaer y así llegar a culminar con éxito mi carrera.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por su gran fidelidad. Y por ser la luz en mi vida, a mis padres las personas mas sublimes sobre la tierra, a mis hermanos quienes fueron el apoyo durante mi ida estudiantil, a mi esposo y mi preciosa nena quienes fueron la fortaleza para que culmine con éxito una de las etapas mas de mi vida.

A los ingenieros Lucía Abarca y Eduardo Cevallos quienes con sus conocimientos me guiaron en mi tesis, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recurso Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal quien abrió las puertas de esta prestigiosa institución para prepararme como profesional.

A la mancomunidad Frente Sur Occidental (FSO) perteneciente a la Provincia de Tungurahua en especial al Director técnico Ingeniero Danilo Tamaño por la apertura que me dio, de elaborar este tema de investigación.

Tabla de Contenido

CAPITULO	CONTENIDO	PAG
	Lista de cuadros	i
	Lista de Gráficos	ii
	Lista de Anexos	iii
I	Titulo	1
II	Introducción	1
III	Revisión de Literatura	4
IV	Materiales y Métodos	31
V	Resultados y Discusión	41
VI	Conclusiones	54
VII	Recomendaciones	55
VIII	Resumen	56
IX	Sumary	56
X	Bibliografía	57
XI	Anexos	

Lista de cuadros

N°	CONTENIDO	PÁG
CUADRO 1	Criterio de asistentes sobre las causas que deterioran el recurso hídrico	42
CUADRO 2	Criterio de asistentes sobre actividades de conservación	43
CUADRO 3	Superficie de paramos bosque nativo, exótico	45
CUADRO 4	Flora en bosques nativos de los páramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca.	46
CUADRO 5	Flora de bosques exóticos	47
CUADRO 6	Humedad de suelos en bosques nativos y exóticos	49
CUADRO 7	Precipitación mensual en bosques nativos y exóticos	51
CUADRO 8	Ubicación de puntos de aforo	52
CUADRO 9	Fluctuación de descarga de los puntos de aforo	53
CUADRO 11	Fluctuación de la descarga de los puntos de aforo de caudales	55

Lista de Gráficos

Nº	CONTENIDO	PAG
GRAFICO 1	Porcentaje de criterios de Asistentes sobre las causas que deterioran el recurso hídrico.	42
GRAFICO2	Porcentaje de criterios de asistentes sobre actividades de conservación.	44
GRAFICO 3	Porcentaje de especies en bosques nativos de los paramos.	47
GRAFICO 4	Porcentaje de especies en bosques exóticos	48
GRAFICO 5	Porcentaje de humedad del suelo en los bosques nativos y exóticos	49
GRAFICO 6	Precipitación mensual en bosques nativos y exóticos	51
GRAFICO 7	Porcentaje de Fluctuación de descarga de los puntos de aforo.	53

Lista de Anexos

Nº	CONTENIDO	PAG
Anexo 1	Hoja de campo para datos de especies recolectadas en los cuadrantes	68
Anexo 2	Etiquetas para muestreo de suelo	69
Anexo 3	Hoja de cálculo para obtención del porcentaje de humedad de los suelos (laboratorio)	69
Anexo 4	Formulario de campo para el registro de datos de precipitación	70
Anexo 5	Formulario de campo para el registro de datos de caudal	71
Anexo 6	Datos obtenidos del reconocimiento de especies	72
Anexo 7	Hoja de datos de porcentaje de humedad de los suelos de Sachaguayco y Pampas de Salasaca	74
Anexo 8	Datos de precipitación de Sachaguayco y Pampas de Salasaca	76

I.- ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO HIDROLOGICO ENTRE BOSQUES NATIVOS Y EXOTICOS, DE DOS PARAMOS SACHAGUAYCO Y PAMPAS DE SALASACA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

II.- INTRODUCCION

Los páramos y bosques son ecosistemas que ofrecen servicios hidrológicos que garantizan la calidad y cantidad del agua. Los páramos húmedos, particularmente en Ecuador, Colombia y Venezuela tienen una gran capacidad de retención y regulación del ciclo hidrológico, al tener cuencas parcial o totalmente dentro de unidades bajo control y manejo, de una u otra forma se está garantizando la calidad y cantidad del recurso, más aun cuando se protegen las cabeceras de las cuencas. sin embargo poco o nada se conoce sobre los procesos hidrológicos que ocurren en estos ecosistemas

El ciclo hidrológico es un modelo de circulación general que implica un despliegue complejo de los movimientos y transformaciones del agua. Es sabido que las diversas cubiertas vegetales están íntimamente relacionadas con la cuantía, distribución y posibilidades de aprovechamiento de los recursos hídricos. Los cambios antrópicos o naturales que se producen en los ecosistemas pueden tener repercusiones considerables sobre el balance hídrico local.

Esto se debe a que la cubierta vegetal, particularmente los árboles, juega un papel trascendental en la redistribución de las precipitaciones, ya que ellos modifican la cantidad de agua que alcanzan hacia la superficie.

Al producirse una precipitación sobre un bosque, el agua capturada por el dosel de la vegetación, se puede redistribuir a través del follaje (precipitación directa), escurrir por los troncos (escurrimiento fustal) o evaporar desde las hojas. Las precipitaciones que alcanzan el suelo y penetran en él, modifican la reserva del agua edáfica, esta agua se pierde por evapotranspiración o percolan hacia los estratos inferiores del suelo.

Adicionalmente hay sitios donde se han iniciado procesos de reforestación con especies nativas y exóticas desconociendo los efectos que se producirán dentro de este ecosistema, cabe indicar que un adecuado manejo de los recursos debe estar sustentado por un profundo conocimiento de los procesos hidrológicos que ocurren en la naturaleza.

A. JUSTIFICACION

Por ser los páramos de la Mancomunidad de Municipios del Frente Sur Occidental (FSO) ecosistemas que proporcionan el Recurso Hidrológico a más de 5000 usuarios tanto para riego como para consumo humano y por haber sido alterados con la introducción de especies exóticas.

La Mancomunidad creyó conveniente hacer un estudio que permitirá comparar el comportamiento hidrológico entre bosque nativo y exótico en los páramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca.

Esta información permitió conocer el comportamiento hidrológico de los bosques y plantaciones en los páramos de Sachaguayco y Pampas de Salasaca, lo cuál servirá como base para proyectos relacionados con la conservación y manejo de los páramos como una fuente de agua.

B. OBJETIVOS

General

Estudio comparativo del comportamiento hidrológico entre bosques nativos y exóticos, de dos paramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca en la Provincia de Tungurahua.

Específicos

- a) Conocer los aspectos esenciales que determinen la conservación o deterioro del recurso hídrico en los paramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca.

- b) Analizar la capacidad de retención de agua de los suelos dentro de los bosques nativos y exóticos así como su capacidad de recepción de la precipitación.

c) Estudiar la fluctuación de caudal de los bosques nativos y exóticos que descargan en el tiempo de investigación.

III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

A. LOS BOSQUES Y SU ROL HIDROLÓGICO

El rol de los bosques en el ciclo hidrológico ha estado en discusión desde hace mucho tiempo (Andreassian 2004). En general, los estudios relacionados con el impacto de los bosques sobre los flujos de agua se han realizado principalmente en Estados Unidos y Europa (por ejemplo, Hornbeck *et al.* 1993, Robinson *et al.* 2003).

En la actualidad es ampliamente aceptado que los bosques de coníferas impactan negativamente sobre los recursos hídricos; especialmente la reforestación con dichas especies se traduce en una disminución del rendimiento hídrico (Bosch y Hewlett 1982, Putuhena y Cordery 2000).

La sustitución de bosques nativos por plantaciones exóticas de crecimiento rápido es la causa de la reducción del rendimiento hídrico en pequeñas cuencas. Esto se debe principalmente a las mayores tasas de evapotranspiración de estas plantaciones, comparadas con árboles nativos, llevando a una reducción del drenaje superficial.

Algunas especies, que no son coníferas, como *Eucalyptus sp.*, pueden tener también un alto consumo de agua. Estudios realizados en el sur de la India indican que el consumo de agua por evapotranspiración en plantaciones de *Eucalyptus sp.* excede el ingreso de agua vía precipitaciones, con obvias implicancias para la recarga del suelo y subsuelo (Calder *et al.* 1997).

En el sur de Chile, Otero *et al.* (1994) encontraron, durante un período de verano, que el rendimiento hídrico de dos cuencas plantadas con *Pinus radiata* de 8 a 16 años de edad fue menor en un 28% con respecto a otras dos cuencas con bosque nativo adulto y renovals de roble.

También los impactos hidrológicos de los bosques dependen de las condiciones climatológicas y del contexto pedológico del lugar. Por ejemplo, los bosques de montaña localizados en regiones con precipitaciones anuales mayores a 3.000 mm, y donde el aporte de agua mediante nubes y neblina es importante, pueden ser considerados como “productores” de agua, ya que la deforestación podría significar una disminución de los caudales de base (Ingwersen 1985).

En Venezuela, Ataroff y Rada (2000) demostraron que la eliminación del bosque nuboso andino, por su posterior conversión a praderas, se tradujo en una reducción del rendimiento hídrico, debido a que se pierde el equivalente a un mes extra de lluvia por la menor captura del agua proveniente de las nubes.

La evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases: la forma en que el agua que se recibe por precipitación o neblina se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración.

En el presente estudio, el balance hidrológico se realizó en cada uno de los paisajes hidrológicos previamente establecidos, de acuerdo con un criterio de clasificación geoecológica que permitió integrar los diferentes componentes que inciden en el ciclo del agua.¹

1. El impacto hidrológico en las plantaciones en bosques exóticos.

Como una demostración de las capacidades de SHETRAN para predecir las consecuencias del manejo de suelo, fueron modelados los impactos hidrológicos a largo plazo de una plantación de árboles exóticos para un ambiente representativo. Específicamente, las simulaciones compararon la respuesta hidrológica sobre un ciclo de plantación (desde el inicio de la tala hasta total crecimiento) con la respuesta de un bosque nativo maduro a los veinte años. De particular interés fue la

¹ [www.http://estudioshidrologicodebosques.org.ec](http://estudioshidrologicodebosques.org.ec).

diferencia de caudal entre los dos casos, a causa de las implicaciones en las inundaciones y en el suministro de agua río abajo.

Para el bosque nativo los parámetros de vegetación los cuales determinan la intercepción y transpiración fueron constantes en el tiempo y fueron calibrados para dar condiciones de equilibrio hidrológico durante el período de la simulación. Para la plantación de árboles, la simulación comenzó con el equilibrio de las condiciones del bosque nativo.

La cuenca en su totalidad fue entonces talada y se permitió el crecimiento de una nueva plantación de árboles. Dicho crecimiento se representó por una disminución en el área de suelo desnudo para el punto de cierre del follaje, un incremento en la densidad de vegetación así como también en la densidad de las raíces. El mayor crecimiento se concentró en los primeros ocho años, pero este continuó durante los veinte años. La tasa de transpiración fue mayor que para el caso del bosque nativo.

La figura 3 compara la simulación de la descarga promedio mensual a la salida de la cuenca para los dos casos. Las condiciones de equilibrio son evidentes para el caso del bosque nativo. En promedio, la lluvia caída anual excede la evapotranspiración actual en alrededor de 100 mm, asegurando un caudal base confiable sin existir mayores inundaciones. (Como los datos meteorológicos se repiten en ciclos de cinco años, así es la respuesta de la descarga.)

Para el caso de la plantación, los primeros años son caracterizados por inundaciones y un caudal base más alto que para el caso del bosque nativo. Este es el resultado de las bajas pérdidas por intercepción y transpiración.

La columna de suelo llegó a estar totalmente saturada en invierno, permitiendo inundaciones y manteniendo un alto caudal base en verano. Después de alrededor de ocho años, sin embargo, el crecimiento de los árboles ha aumentado significativamente la intercepción y la transpiración.

El suelo llegó a estar más seco, entonces las inundaciones son eliminadas y el caudal base es menor que en el caso del bosque nativo. La lluvia caída y la evapotranspiración entran en un equilibrio aproximado (Fig. 4) y los caudales bases son, por lo tanto, provenientes en gran parte de la humedad del suelo almacenada

en los primeros años. Sin embargo, esta no es rellenada y el caudal base, por lo tanto, continua en descenso.

Se estudió el rendimiento hídrico de dos cuencas con distinta cobertura vegetal en el sur de Chile: una cuenca dominada por bosque nativo y otra dominada por plantaciones de *Pinus radiata* adulto. Además, se realizó una valoración económica del servicio ecosistémico de abastecimiento de agua por parte del bosque nativo para la población humana.

Los resultados indicaron una reducción importante en el rendimiento hídrico en la cuenca con plantaciones exóticas, en comparación con la cuenca con bosque nativo. La valoración económica indicó una pérdida en bienestar resultante de un cambio de uso del suelo, cada vez que una hectárea de bosque es transformada a otro uso competitivo que limite la provisión de agua fresca.²

2. Retención del agua en los bosques.

Una función importante de los bosques es que éstos proporcionan una protección contra la erosión del viento y contribuyen a aumentar la velocidad con la que el agua de la lluvia se infiltra y recarga las aguas subterráneas.

Además, la experiencia ha demostrado que los bosques ayudan a mantener la fertilidad del suelo ya que los nutrientes absorbidos por las raíces de los árboles son reciclados en las capas superiores del suelo con la caída de las hojas.

Los bosques ofrecen varios servicios valiosos en lo que se refiere a la protección de cuencas hidrográficas: estabilizan físicamente sus partes altas; las raíces de los árboles «bombean» agua desde el suelo para ser utilizada por las plantas, lo que reduce la humedad del suelo y la posibilidad de que se produzcan avalanchas de lodo; y las estructuras de las raíces aumentan la capacidad de agarre del suelo, ayudando así a evitar desprendimientos de tierra.

Asimismo los bosques tienden a moderar la tasa de escorrentía proveniente de las

² [www.http://losbosquesimpactohidrológico.org.com](http://losbosquesimpactohidrológico.org.com)

lluvias, reduciendo los caudales durante las crecidas y aumentándolos durante las épocas más secas, la cubierta forestal también ayuda a mantener el suministro de agua para beber.

La cubierta forestal afecta a la cantidad de agua disponible en una cuenca. En muchas regiones, la pérdida de bosques incrementará la descarga de agua debido a la reducción del volumen de agua que se transpira a la atmósfera. Sin embargo, en otras regiones esa misma pérdida puede disminuir la descarga neta.

En los bosques nublados, los árboles cumplen una función de condensación en la medida en que «despojan» de agua al aire cargado de humedad, dejándola lista para que se precipite. En otras regiones, las lluvias dependen en parte de la transpiración del aire cargado de agua proveniente de los bosques.

Los bosques cumplen un papel especialmente importante en los procesos hidrológicos controlando la erosión en las pendientes de montaña y a veces «captando» agua en los bosques nublados.

En conclusión, los bosques tropicales retienen agua en el suelo, regulan los caudales, influyen en la precipitación y filtran el agua de beber. El servicio de purificación por sí solo tiene un elevado valor económico en ciertas regiones. La pérdida de bosques ha erosionado su capacidad de proteger las cuencas y prestar servicios relacionados con ellas; es posible que esto continúe a medida que aumentan las presiones sobre los bosques.³

3. **Precipitación horizontal**

Este parámetro, considerado como el agua en forma de niebla que ingresa al sistema por condensación al entrar en contacto con la vegetación, adquiere importancia en aquellos paisajes cubiertos con masas boscosas y con frecuencia de días con neblina.

Dada la ausencia de mediciones directas en campo de esta variable climática, para

³ [www.http/capacidadretencióndeaguaenbosquesnativos.com](http://capacidadretencióndeaguaenbosquesnativos.com)

la estimación de la precipitación horizontal en el río Gavilanes, se consultaron diferentes bases bibliográficas y estudios realizados en territorios similares, a partir de lo cual se asumió que por cada día de neblina son captados un promedio de 11 mm de agua.

Realizado el cálculo, y en el caso particular del área de estudio, esto corresponde aproximadamente al 17% de la precipitación vertical o pluviométrica total, lo que coincide con los estimados más recientes hechos para bosque mesófilo de montaña en latitudes tropicales y subtropicales (Bruijnzeel y Proctor, 1995).

La cubierta vegetal cumple un rol elemental en cuanto a la disponibilidad de agua y los caudales generados por las precipitaciones (López 1998). Los efectos que provoca la vegetación son diversos, principalmente por los cambios producidos en la modificación y/o remoción de su cobertura.

Una reducción de la cubierta de bosques genera alteraciones al ciclo hidrológico, como también una redistribución de las precipitaciones y un aumento en la escorrentía superficial y en los procesos erosivos (Reinhart *et al.* 1963, Wright *et al.* 1990), ya que la vegetación actúa como un factor interceptor y regulador de dichos procesos (Meunier 1996).

Por otra parte, la presencia de cobertura vegetal, principalmente masas forestales, provoca cantidades importantes de intercepción de las precipitaciones (Huber y Oyarzún 1983, Oyarzún *et al.* 1985), así como también rebajas en los caudales (Calder 1992, Iroumé y Huber 2000), aunque la magnitud de respuesta es altamente variable e impredecible (Hibbert 1996).

En este contexto, es importante e interesante el estudio de los cambios de cobertura vegetal y las alteraciones que ésta provoca, sobre todo, en cuencas que no poseen control fluviométrico en su salida. Para esto es necesario contar con métodos que permitan inferir comportamientos de las escorrentías a partir de otras variables.

Uno de los métodos más utilizados es el del “número de curva”, propuesto por el USSCS (López 1998), el cual permite estimar escurrimientos directos o precipitaciones efectivas a partir de información de precipitaciones (Gujarati 1992, Chow *et al.* 1994, López 1998).

Con la información generada por la aplicación de este tipo de metodologías, se pueden obtener relaciones entre las precipitaciones y las precipitaciones efectivas, determinando de esta forma tasas y/o coeficientes de escurrimiento, lo que permite determinar porcentajes de escurrimiento, según sean los montos e intensidades de precipitación.

4. **Servicio Eco sistémico**

En la literatura se pueden encontrar pocos estudios que reporten valores económicos para el servicio ecosistémico de abastecimiento de agua por parte de los bosques templados, dado que, en su mayoría, se trata de investigaciones realizadas en bosques tropicales usando distintos métodos de valoración económica.

Por ejemplo, Kumari (1996), quien consideró el servicio ecosistémico de provisión de agua para irrigación de cultivos agrícolas por parte de bosques tropicales en Malasia, obtuvo un valor económico anual de US\$ 15/ha. En Brasil, Torres (2000) estimó el valor del servicio ecosistémico de regulación hídrica por parte de los bosques tropicales, obteniendo un valor anual de US\$ 19/ha, y Hernández *et al.* (2002) obtuvieron valores anuales de US\$ 202/ha para el mismo servicio, pero en bosques tropicales de Guatemala².

Además de la comparación con investigaciones de similar naturaleza, es importante contextualizar los valores obtenidos en este estudio, comparándolos con el valor económico de los usos convencionales que hoy tienen los bosques nativos en Chile y que corresponden fundamentalmente a usos extractivos.

Así por ejemplo, una familia rural en Chile, que posee 5 ha de bosque nativo adulto y renoval, puede generar ingresos netos anuales entre \$ 192.000/ha y \$ 330.000/ha por producción de carbón y madera aserrada respectivamente, usando técnicas

convencionales de manejo silvícola (P. Donoso, comunicación personal, 2004).

Los resultados del estudio hidrológico han mostrado una reducción importante en el rendimiento hídrico en una cuenca con plantaciones exóticas de *Pinus radiata* comparada con una cuenca dominada por vegetación de bosque nativo. Estos datos constituyen un primer avance, ya que se han comparado solamente dos cuencas, para establecer una relación precisa entre la cobertura de bosque nativo de una cuenca y el abastecimiento de agua que es capaz de generar.

Una vez establecida dicha relación, es posible valorar económicamente dicho servicio ecosistémico. Esto es particularmente importante bajo un escenario de cambio climático global donde las precipitaciones están mostrando una marcada declinación en las últimas décadas en el centro-sur de Chile, y donde las plantaciones han sustituido casi completamente a la vegetación nativa especialmente en la cordillera de la Costa.

Dada la importancia de los servicios ecosistémicos del bosque nativo, es vital estimular el desarrollo de estrategias de manejo innovadoras, que permitan maximizar los productos maderables y, al mismo tiempo, mantener e incrementar los otros bienes y servicios ecosistémicos que ofrece el bosque, y que en la actualidad no son considerados en la toma de decisiones en materia ambiental, porque no han sido cuantificados en términos físicos ni han sido valorados económicamente.

Por otro lado, y una vez realizado el proceso de valoración económica, resulta imprescindible poder internalizar los valores económicos de los servicios ecosistémicos de los bosques nativos en sistemas formales de mercado, como por ejemplo los sistemas de pago por servicios ambientales.

Los resultados de este trabajo corresponden a la valoración de uno de los múltiples servicios ecosistémicos que entregan los bosques nativos, y como tales, deben ser considerados como un punto de partida hacia un esfuerzo sostenido de incorporar la valoración económica como herramienta de información en las decisiones de política ambiental relacionadas a la conservación, manejo y gestión sustentable de

los bosques nativos templados en Chile.

Finalmente, con respecto a la valoración económica del servicio ecosistémico de abastecimiento de agua por parte del bosque nativo, los resultados presentados constituyen la base para una línea de Los resultados del estudio hidrológico han mostrado una reducción importante en el rendimiento hídrico en una cuenca con plantaciones exóticas de *P. radiata* comparada con una cuenca dominada por bosque nativo, en la cual las reservas de agua del suelo permanecen sin agotarse un mayor período de tiempo.

5. Capacidad de Retención

Es la cantidad máxima de agua que el suelo puede retener. Representa el almacenaje de agua del suelo. Se produce después de las precipitaciones atmosféricas cuando el agua gravitacional abandona el suelo, no obstante durante ese periodo se produce pérdidas por evaporación, absorción de las plantas, etc. Por ello es muy difícil de medir. Hay una medida equivalente que se realiza en el laboratorio a un $pF=3$. Corresponde al agua higroscópica capilar, es decir el agua que ocupa los poros <8 micras.

6. Capacidad de Campo

Surge este término para apilar la dificultad de medida de la capacidad de retención. Representa un concepto más práctico, que trata de reflejar la cantidad de agua que puede tener un suelo cuando se pierde el agua gravitacional de flujo rápido, después de pasados unos dos días de las lluvias (se habrá perdido algo de agua por evaporación). La fuerza de retención de agua variará para cada suelo, pero se admite generalmente una fuerza de succión de $1/3$ de atmósfera o $pF= 2,5$ y corresponde a poros <30 micras (para algunos suelos el pF de $1,8$ es más representativo).

7. Ciclo del agua

Una parte importante para comprender como manejar y utilizar adecuadamente el agua es conocer sobre el ciclo hidrológico o del agua. El ciclo del agua no se inicia en un punto determinado, sin embargo para la descripción comenzaremos con el agua de los océanos que al ser calentada se provoca la *evaporación* en forma de vapor de agua hacia la atmósfera, al ascender a la atmósfera a zonas más altas y frías el vapor de agua sufre la *condensación* y se forman las nubes.

Las nubes chocan entre sí, crecen y se provocan la *precipitación*. La precipitación cae en forma de nieve que puede ser acumulada en los glaciares y forman capas de hielo que pueden almacenar agua congelada por miles de años. En las zonas tropicales como el Ecuador, la nieve acumulada en los glaciares se funde y derrite, la nieve derretida fluye por la superficie terrestre y ayuda a alimentar los lagos, ríos y fuentes subterráneas.

La gran parte de la precipitación cae sobre los océanos y la tierra, en donde debido a la gravedad fluye sobre la superficie como *escurrimiento* superficial. El escurrimiento superficial del agua termina en lagos y los ríos, los ríos transportan el agua de regreso a los océanos. Gran parte de la lluvia caída como precipitación es absorbida por el suelo como *infiltración*. Una parte del agua infiltrada se queda como agua subterránea y otra parte emerge a la superficie a los ríos, lagos y como manantiales o vertientes.

Las plantas pueden absorber el agua del suelo y la liberan a la atmósfera en forma de vapor de agua mediante la *evapotranspiración*. Otra parte del agua subterránea llena los acuíferos donde el agua se puede almacenar por cientos o miles de años. De esta manera el agua sigue moviéndose en el planeta y este ciclo continúa, para iniciar una y otra vez (Fig. 2).

B. EL MONITOREO: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES

El monitoreo es una herramienta para generar información que permita tomar decisiones sobre el uso y manejo de los recursos naturales. Por esta razón desarrollan programas de monitoreo debido a la necesidad de contar con

información de primera mano que permita tomar decisiones adecuadas sobre el uso de los recursos naturales.

El monitoreo consiste en efectuar la evaluación de un recurso determinado para establecer su estado al momento del monitoreo. En el caso del agua, el monitoreo puede ser de lagos, lagunas, ríos, riachuelos, embalses o cualquier cuerpo de agua, ya sea este natural o artificial.

1. El monitoreo participativo

El monitoreo participativo consiste en desarrollar e implementar un sistema de monitoreo de la calidad del agua que permita la participación de las organizaciones locales de cada zona. Para el éxito de un sistema de monitoreo participativo se requiere el compromiso de los actores locales para asegurar que el proceso de monitoreo sea una iniciativa a largo plazo.

Por medio del monitoreo participativo se generan capacidades a nivel local, estas capacidades permitirán a los actores locales tomar decisiones sobre el manejo de la calidad del agua basados en la información que se genera mediante este tipo de monitoreo.

2. Objetivos del monitoreo

Los objetivos del monitoreo dependen de la información que se necesite y de las preguntas que se hagan antes de iniciar el monitoreo. Algunos de los objetivos de un sistema de monitoreo pueden ser:

- Determinar el estado de conservación de un río.
- Evaluar los efectos de un contaminante.
- Determinar las consecuencias de una industria en una microcuenca.
- Determinar el efecto de la construcción de una planta de tratamiento de aguas servidas.
- Determinar los cambios en la composición de los organismos acuáticos en época lluviosa y seca.

Estos son algunos ejemplos de los objetivos que puede cumplir el monitoreo de un río. De hecho, en algunos casos, con los datos de monitoreo se puede presionar a las autoridades para iniciar procesos de control de la contaminación y efectuar mejoras en la disposición de las aguas servidas. El monitoreo también puede ayudar también a comprobar si una obra de tratamiento de aguas servidas por ejemplo, está funcionando o no, y cuales han sido los resultados de estas construcciones. Del mismo modo, se pueden detectar los efectos de la contaminación de una fuente puntual, una industria o alguna actividad que se realice en las riberas del río.

3. Frecuencia del monitoreo

La frecuencia del monitoreo depende primeramente de los recursos con los que se cuenta y la cantidad de personal entrenado para efectuar el monitoreo. Siempre es deseable tener la mayor cantidad de información posible sobre un punto específico.

Sin embargo, en la mayoría de casos los programas de monitoreo tratan de obtener la mayor cantidad de datos con los recursos que se cuentan. Lo más importante es tratar de realizar el monitoreo en diferentes épocas del año, por ejemplo, en la época lluviosa y la época seca, y en épocas intermedias para poder observar la variación de las condiciones de los sistemas acuáticos.

Otro criterio para efectuar un monitoreo puede ser cuando ocurra un evento natural o uno provocado por el hombre, como un deslave, o un derrame de algún contaminante en un río, y por tanto se quiera evaluar el efecto de estos eventos en los cuerpos de agua.

4. Duración del monitoreo

La duración del monitoreo es deseable que se efectúe durante la mayor cantidad de tiempo posible. Es recomendable establecer sistemas de monitoreo permanentes, por lo cual es indispensable la participación de las organizaciones locales, universidades y de la comunidad. La participación de estos tres grupos permitirá establecer sistemas de monitoreo participativos a largo plazo.

5. Selección de un sitio de monitoreo

El punto más crítico dentro de un sistema de monitoreo es la selección del sitio o de los sitios donde se efectuará el muestreo de la calidad y la cantidad de agua. Aunque potencialmente cualquier río, sin importar su tamaño podría ser monitoreado, los ríos para los cuales se aplica este manual corresponden a ríos caminables, es decir en los cuales las profundidades máximas no superen 1 metro y la corriente del río permita caminar sin dificultad en el lecho del río.

Para la selección adecuada de un sitio de monitoreo se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- a. Efectúe un reconocimiento del área donde piensa establecer el sistema de monitoreo.
- b. Realice una caminata a la orillas del río en un tramo de al menos 500 metros, 250 río arriba y 250 río abajo del potencial sitio de muestreo.
- c. Registre en su cuaderno de campo cualquier actividad humana que se realice en las orillas del río, ya sea agricultura, ganadería, una industria, caminos, canales de riego, casas, o botaderos de basura. Del mismo modo registre la presencia de bosques o formaciones naturales como el páramo o zonas con matorrales. Además fuentes de sedimentación, o puntos de contaminación puntuales, un desagüe industrial o casero.
- d. Realice fotografías de las características relevantes del sitio.
- e. Trate de efectuar un mapa aproximado de la zona de estudio ubicando las principales características de la zona y las actividades que en el área se realicen (Fig. 6).
- f. De ser posible ubicar las coordenadas del sitio de monitoreo con un GPS.
- g. Efectúe una reunión con los miembros de la comunidad y del equipo de monitoreo para seleccionar las zonas de monitoreo y recopilar información adicional sobre el uso histórico de la zona.
- h. Una vez reconocida la zona de interés se debe seleccionar al menos dos sitios de muestreo, uno ubicado en una zona con poco o ningún impacto aparente y el otro río abajo de un sitio con algún tipo de impacto observable.
- i. Una vez identificado un sitio de monitoreo, este debe ser nombrado y dado un número de sitio. La información del sitio debe contener datos de la provincia,

cantón, parroquia, altitud. Este nombre del sitio es importante para el almacenamiento de la información que se genere en ese lugar.

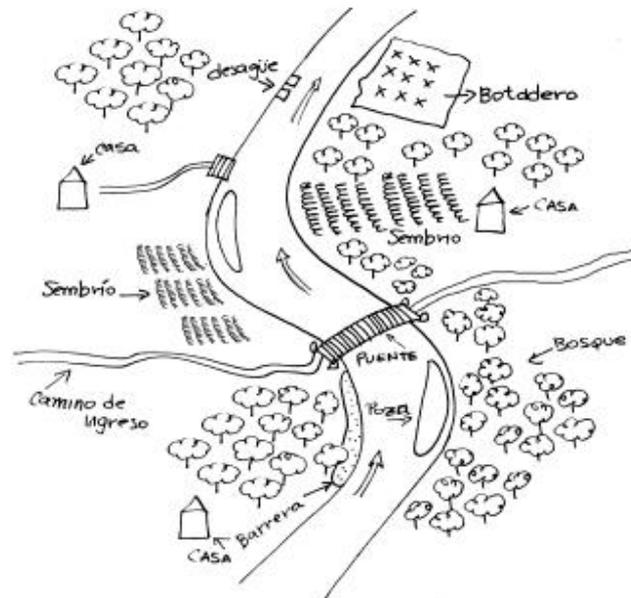
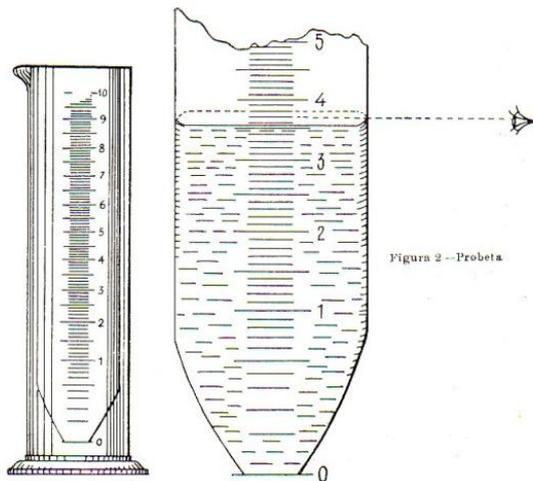


Figura 6. Diagrama de las condiciones de un sitio de monitoreo. Fuente: Carrera y Fierro (2001).

C. LA PRECIPITACIÓN Y FUNDAMENTOS DE PLUVIÓMETRO

Para una observación de superficie la cantidad de precipitación es la suma de las precipitaciones líquidas y el equivalente líquido de las precipitaciones sólidas (nieve, granizo, etc). Sin embargo debe indicarse con cada observación si se trata de la caída de lluvia, de granizo, de nieve o de una combinación de éstas.

La cantidad de precipitación debe medirse, con preferencia, en milímetros y las lecturas han de hacerse con una aproximación de 0,2 mm, cuando aquélla no pase de los 10 mm. Para precipitaciones mayores el error de lectura no deberá pasar del 2%.



1. Unidad de medida

El método más sencillo y el más corrientemente empleado para medir la cantidad de lluvia se basa en el empleo del pluviómetro. Este instrumento está constituido por un embudo especial colocado sobre un recipiente cilíndrico, sujeto a un soporte o parcialmente enterrado en el suelo.

El embudo tiene una abertura circular y horizontal de diámetro conocido. La precipitación que cae en la abertura es recogida por el embudo y conducida a un recipiente interior.

La unidad de medida de la precipitación es el milímetro (mm). Es una medida de longitud que equivale a una milésima parte del metro.

2. Explicación de la medida

La media expresada en mm, representa el espesor de una lámina de agua que se acumularía en una superficie perfecta horizontal y totalmente impermeable. Esta medida no debe ser asociada a ningún volumen en forma directa.

El volumen en cuestión, dependerá de la superficie a la que se refiere la medida. Por ejemplo, 1mm equivale a: 10cc por dm^2 , 1 litro por m^2 , 10.000 litros por ha, etc.

3. Como podemos medir la lluvia en la práctica

La forma más sencilla sería conseguir un recipiente de forma perfectamente cilíndrica y luego de la lluvia, medir el espesor de la lámina de agua que se acumuló, con la ayuda de una regla milimetrada.

Inconvenientes:

- Es difícil encontrar recipientes de forma perfectamente cilíndrica.
- Aun si se consiguiera, es difícil la apreciación y baja la precisión (imposible de medir las decimas de milímetros). Esto es relativamente más importante en lluvias de poca cuantía
- Si no realizamos la medición enseguida, parte del agua colectada puede evaporarse con lo cual se subestimaría la precipitación.

4. Como es el diseño de un pluviómetro recomendado por la organización meteorológica Mundial (OMM)

Un pluviómetro es un instrumento que recoge una muestra de precipitación. Cuanto mayor es el tamaño de la muestra, en este caso la superficie de colecta, mayor es la precisión de la estimación, pero también puede ser menor la practicidad.

El área de colecta que tienen los pluviómetros de la red pluviométrica nacional (avalados por la OMM) es de 200 cm^2 , es de forma circular y tiene el borde biselado con filo para evitar el salpicado de las gotas que en el impactan.

Como el pluviómetro se mide una vez al día, es necesario prever algún mecanismo para minimizar la evaporación del agua colectada. Esto se logra conduciendo el agua colectada a través de un embudo a un recipiente de boca mucho más chica a partir de la cual la evaporación es despreciable.

La medición de la precipitación se realiza midiendo el agua almacenada en el recipiente con una probeta especialmente graduada para este fin. Como la probeta

tiene un diámetro y por lo tanto un área menor que la boca del pluviómetro, al mismo volumen le corresponde una altura mayor.

En la probeta, la graduación ya está expresada en milímetros y décimas de milímetros ampliados, lo que facilita su apreciación. Esta probeta especial es un accesorio que viene con el pluviómetro.

5. Instalación del Pluviómetro

Estando el pluviómetro debidamente instalado el volumen de agua que recoge debe representar con bastante precisión las precipitaciones caídas sobre la zona que lo rodea.

Hay que poner especial cuidado en colocar el pluviómetro en un sitio alejado de los edificios y de los árboles que podrían formar pantalla.

También es necesario elegir un lugar no demasiado expuesto al viento. El suelo debe estar sembrado de hierba fina y no es recomendable el cemento. Siempre que sea posible se debe instalar el pluviómetro con su boca horizontal sobre un terreno nivelado y si existen objetos alrededor no deben estar a una distancia menor del instrumento de cuatro veces su propia altura.

6. Que alternativas podríamos manejar si se rompe o se pierde la probeta del pluviómetro.

Sabiendo que la superficie de colecta es 200cm^2 , entonces cada mm equivale a:

$$0,1\text{cm} * 200\text{cm}^2 = 20\text{cc}$$

Ósea que el factor será $1\text{mm}/20\text{cc} = 0,05\text{mm}/\text{cc}$.

$$532\text{cc} * 0,05 \text{ mm}/\text{cc} = 26,6 \text{ mm}.$$

Así obtendremos la medida sin ninguna pérdida de precisión⁴

⁴ [www.http/manualpluviometros.org.com](http://manualpluviometros.org.com)

7. **Efecto de Ladera**

El ***efecto de ladera*** se produce cuando una masa de aire cargada de humedad se ve obligada a ascender al encontrarse con una barrera montañosa. Al aumentar la altitud, la presión se hace progresivamente menor y se produce un descenso de la temperatura generalizado para toda la masa de aire.

Si la temperatura desciende por debajo del punto de rocío, el vapor de agua se condensa y se forman las nubes. Si la ascensión forzada y el enfriamiento continúan se desencadenan las lluvias. Aunque existen otros mecanismos de condensación, el enfriamiento por elevación adiabática es el origen de la mayor parte de las precipitaciones líquidas o sólidas que llegan al suelo.

Las precipitaciones más intensas se producen cuando la masa de aire tiene un origen oceánico, ya que las capas inferiores están prácticamente saturadas de humedad debido al intercambio con la superficie marina, y cuando el encuentro con la barrera montañosa es frontal, con lo que el ascenso forzado es más violento. Cabe esperar, de acuerdo con este esquema, que la mayoría de las precipitaciones en Asturias se produzcan ante situaciones del Norte y Noroeste, como en efecto sucede.

El ***efecto de ladera*** es la causa directa de la relación existente entre precipitación y altitud, aunque existen otros factores que veremos posteriormente que hacen que el mapa pluviométrico no sea solamente una versión simplificada del topográfico. En la realidad, la asociación con la altitud explica algo más del 50 por ciento de la variación de la precipitación total anual.⁵

D. MEDICION DE CAUDALES

El caudal de un río, es decir la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal, se expresa en volumen por unidad de tiempo. El caudal en un tiempo dado puede medirse por varios métodos diferentes y la elección del método depende de las condiciones de cada sitio. OMM, (1994)

⁵ <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/Clima/Lluvias.html>

1. Medición del caudal por el método del flotador

Este método se utiliza cuando no se puede emplear un molinete debido a velocidades o profundidades inadecuadas, a la presencia de material en suspensión, o cuando la medición del caudal deba realizarse en un período de tiempo muy corto.

a. Selección de secciones

Se deben seleccionar tres secciones transversales en un tramo recto del curso de agua. Las secciones transversales deben estar lo suficientemente espaciadas entre sí de manera a medir con exactitud el tiempo necesario para que el flotador pase de una sección transversal a la siguiente. Se recomienda un lapso de 20 segundos, aunque podrán emplearse intervalos más breves en el caso de ríos pequeños en los que la corriente sea muy veloz y en los cuales es a menudo imposible seleccionar un tramo recto de longitud adecuada.

b. Flotadores

Se pueden utilizar flotadores de superficie o de varilla. Los flotadores de superficie deben sumergirse a una profundidad inferior a la cuarta parte de la profundidad del agua. No se deberán emplear cuando se tema que la medición pueda ser afectada por el viento. Los flotadores de varilla pueden sumergirse a una profundidad superior a la cuarta parte de la profundidad del río. Los flotadores de varilla no deben rozar el lecho del canal. Durante los períodos en que las maniobras en el río pueden ser peligrosas, se pueden emplear, como flotadores naturales, árboles o fragmentos de hielo que floten en el río.

c. Procedimientos de medición

Los flotadores deben distribuirse de manera uniforme a todo lo ancho de la corriente; se deben realizar entre 5 y 10 mediciones con flotadores. Cuando se usan flotadores naturales se deben hacer 20 mediciones como mínimo, en diversas posiciones de la sección del río.

El flotador deberá lanzarse a suficiente distancia, aguas arriba de la sección transversal superior, para que pueda alcanzar una velocidad constante antes de llegar a la primera sección transversal. El tiempo en que el flotador atraviesa cada una de las tres secciones transversales se registrará por medio de un cronómetro. Este procedimiento se debe repetir con cada uno de los flotadores distribuidos a todo lo largo de la corriente.

La distancia entre el flotador y la orilla al paso de cada una de las secciones transversales puede ser determinada mediante métodos ópticos adecuados, por ejemplo con un teodolito. La profundidad de la corriente en ciertos puntos en la sección transversal se puede determinar mediante métodos de topografía.

d. Cálculo de la velocidad

La velocidad del flotador es igual a la distancia que separa las secciones transversales divididas por el tiempo invertido en recorrerla. La velocidad corregida del flujo en cada sección es igual a la velocidad del flotador multiplicada por un coeficiente basado en la forma del perfil vertical de las velocidades y en la profundidad relativa de inmersión del flotador.

El coeficiente que debe aplicarse a la velocidad medida se debe determinar en lo posible, para cada sitio, por medio de un análisis de las mediciones del caudal efectuadas por el método del molinete. Cuando no se disponga de esas mediciones, se puede utilizar un factor F de ajuste según la Tabla 1 para una estimación aproximada.

Tabla 1. Factor F de ajuste de la velocidad del flotador en función de la relación R , entre la profundidad de inmersión del flotador y la profundidad del agua.

<i>R</i>	<i>F</i>
0,10 o menos	0,86
0,25	0,88
0,50	0,90
0,75	0,94
0,95	0,98

FUENTE: Organización Meteorológica Mundial, 1986

Cuando se usan flotadores naturales, se deben trazar en un gráfico las velocidades en función de la distancia a la que se encuentran de la orilla, lo que permitirá determinar la velocidad media en la superficie del río.

La velocidad media de la corriente en la sección transversal es igual a la velocidad media en la superficie multiplicada por un coeficiente K, cuyo valor se deduce, si es posible, de las medidas anteriores hechas con un molinete para caudales más pequeños.

e. Cálculo del caudal

Para calcular el caudal se emplea la siguiente fórmula.⁶

$$Q = A * V * Fc$$

E. GRUPOS FOCALES

“Una reunión de un grupo de individuos seleccionados por los investigadores para discutir y elaborar, desde la experiencia personal, una temática o hecho social que es objeto de investigación”. Erróneamente, los grupos focales generalmente son considerados una modalidad de talleres participativos por lo cual es importante hacer una distinción entre ellos.

Los talleres participativos implican la participación de un número de personas y el énfasis está puesto en el desarrollo de unas preguntas y unas respuestas entre los talleristas y los participantes. En cambio, los grupos focales requieren de procesos

⁶ [www.http://guiamediciondecaudales.com](http://guiamediciondecaudales.com)

de interacción, discusión y elaboración de unos acuerdos dentro del grupo acerca de unas temáticas que son propuestas por el investigador.

Por lo tanto el punto característico que distingue a los grupos focales es la participación dirigida y consciente y unas conclusiones producto de la interacción y elaboración de unos acuerdos entre los participantes”

1. Porqué utilizar las técnicas de grupos focales.

El principal propósito de la técnica de grupos focales en la investigación social es lograr una información asociada a conocimientos, actitudes, sentimientos, creencias y experiencias que no serían posibles de obtener, con suficiente profundidad, mediante otras técnicas tradicionales tales como por ejemplo la observación, la entrevista personal o la encuesta social.

Estas actitudes sentimientos y creencias pueden ser parcialmente independientes de un grupo o su contexto social, sin embargo son factibles de ser reveladas por medio de una interacción colectiva que puede ser lograda a través de un grupo focal.

Comparada con la entrevista personal, la cual tiene como objetivo obtener información individualizada acerca de actitudes, creencias y sentimientos; los grupos focales permiten obtener múltiples opiniones y procesos emocionales dentro de un contexto social.

Sin embargo, una de las ventajas de la entrevista personal, la de un mayor control sobre el informante, se convierte en desventaja para el investigador en un grupo focal, debido a que los participantes pueden tomar la iniciativa y la conducción de la discusión y ocultar esa opinión individual tan valiosa.

Comparado con la técnica tradicional de la observación científica, un grupo focal permite al investigador obtener una información específica y colectiva en un corto período de tiempo.

Sabemos que la metodología de la observación tiende a depender más del desarrollo de los acontecimientos, en cambio en el grupo focal el investigador recrea, genera o precipita una dinámica al desarrollar un guión de discusión a partir

de las temáticas - preguntas. En este sentido los grupos focales no son naturales sino organizados.

2. El papel de la técnica de los grupos focales en la investigación.

Los grupos focales pueden ser usados en las etapas preliminares o exploratorias de un estudio, también son de gran utilidad para evaluar, desarrollar o complementar un aspecto específico de dicho estudio o también cuando se ha finalizado para evaluar su impacto o para producir nuevas líneas de investigación. Ellos pueden ser usados como una técnica específica de recolección de información o como complemento de otras especialmente en las técnicas de triangulación y validación.

3. Ventajas Y Desventajas De La Técnica De Grupos Focales

Korman, argumenta que la interacción social es una característica fundamental de los grupos focales ya que la dinámica creada entre los participantes permite resaltar y rescatar su concepción de su realidad, sus vivencias, su lenguaje cotidiano, sus valores y creencias acerca de la situación en que viven. La interacción también permite a los participantes preguntarse uno a otros y reconsiderar sus propios puntos de vista sobre sus experiencias específicas. Pero más que eso, consiste en traducir vivencias, experiencias, creencias y costumbres propias de una subcultura al lenguaje de una cultura total de la cual la primera forma parte.

La principal ventaja de la investigación a través de los grupos focales es la de obtener una descripción global de los conocimientos, actitudes y comportamientos sociales de un colectivo social y la forma en que cada individuo es influenciado por otro en una situación de grupo.

Otra ventaja es que permiten analizar y seleccionar la información de una manera tal que ayuda a los investigadores a encontrar cual es el asunto importante y cual no lo es, cuál es el discurso real y cual el ideal. Como resultado, la brecha existente entre lo que la gente dice y lo que hace puede ser mejor entendida. Sus múltiples comprensiones y significados son revelados por los participantes, en consecuencia las múltiples explicaciones de sus conductas y actitudes serán más rápidamente reelaboradas y comprendidas por parte de los investigadores.

La participación en un grupo focal tiene innumerables ventajas tanto desde el punto de vista cognitivo como desde lo psicológico. La oportunidad de ser parte de un proceso participativo, decisorio, de ser considerados como "conocedores" y la principal, ser parte del trabajo investigativo puede ser un elemento que favorece la autoestima y el desarrollo de un grupo.

Si un grupo logra conformarse tanto en su parte funcional como social, podrá explorar interpretaciones y soluciones a problemas particulares que no podrían ser ni analizados ni solucionados por sujetos aislados, ya que individualmente puede ser muy intimatorio. Son extremadamente útiles, en situaciones cuando los participantes están comprometidos en algo que ellos creen importante pero que las condiciones objetivas no permiten, lo que facilita proceso de conciliación, de intereses comunes y búsqueda de soluciones negociadas.

Los grupos focales son particularmente útiles para dirimir diferencias cuando existen fuertes discrepancias, por ejemplo, entre los participantes o beneficiarios y los planificadores o coordinadores de un programa; también lo son cuando es imposible prescindir del lenguaje cotidiano y la cultura de un grupo particular de interés para un estudio, e igualmente cuando se necesita explorar el nivel de consenso en un contexto social dado.

F. MAPAS PARLANTES

Los mapas parlantes son instrumentos técnicos metodológicos que permiten la organización y comunicación de las decisiones del medio comunal, a través de la diagramación de escenarios (pasado, presente y futuro) en mapas territoriales.

El objetivo metodológico de los mapas parlantes es recoger de manera gráfica la percepción de los participantes sobre el territorio local y fortalecer su identidad campesina. Así, este mapa deberá reflejar los aspectos más importantes del territorio local, por ejemplo áreas forestales, pastizales, áreas de cultivo, espacios urbanos, fuentes de agua, etc.

Los mapas parlantes son de gran riqueza para observar las tendencias de ordenamiento territorial de la comunidad y los predios familiares. Por ejemplo,

algunos mapas se enfocan en los factores de conexión externa al territorio mostrando caminos y vías de comunicación, mientras que otros en temas de posesión de tierra o división del espacio urbano. Tiene una mayor relevancia en espacios rurales y en comunidades específicas.

1. **Construcción de Mapas Parlantes**

La construcción de los mapas parlantes es un proceso participativo de tres pasos:

- a) Convocatoria y socialización de proceso metodológico
- b) Dibujo del Mapa
- c) Verificación en campo

a. Convocatoria y socialización de proceso metodológico

Ello comprende la convocatoria de los actores claves del proyecto y la socialización del proceso de construcción de los mapas parlantes enfatizando al mismo tiempo la importancia de la participación organizada en la construcción de dichos instrumentos y la utilidad en los diagnósticos y auto evaluación progresiva.

b. Dibujo del Mapa

Tomando como referencia los planos catastrales de la comunidad se dibujan los mapas, en ello se señalan los linderos comunales y los hitos geográficos más importantes como son; las vías de comunicación, fuentes acuíferas, áreas de cultivo, áreas de pastoreo, áreas forestales, etc. incluyendo las principales infraestructura de la comunidad. Para la gráfica de los mapas es importante seguir algunas pautas:

- 1) Organizar a los participantes en grupos y solicitarles que recuerden, observen, analicen y dibujen su comunidad, enfatizando la situación de sus recursos en diferentes tiempos (pasado, presente y futuro).
- 2) Cada mapa deberá contener los aspectos más importantes que hacen al territorio, por ejemplo, cursos de agua, vías de ubicación, áreas forestales, infraestructura de riego, puestos de salud, etc.
- 3) Cada grupo presenta los mapas y se identifican las semejanzas y las carencias

de cada uno de ellos.

4) Se discute con los participantes que temas prioritarios o problemas presentan los mapas y que dicen sobre las actividades de las personas que construyen el territorio.

Para la elaboración de los mapas se usan elementos naturales o acuarelas sobre materiales locales disponibles. Otro aspecto resaltante en la experiencia, es que los campesinos han representado sus aspiraciones con figuras que recortaron de revista y diarios, pegándolos en los mapas, sobre todo en los mapas de planificación.

c) Verificación en campo

Una vez dibujados los mapas, los participantes deben realizar un recorrido por las principales áreas con la finalidad de contrastar los sectores y zonas de tratamiento, durante el recorrido los participantes hacen las correcciones respectivas pintando y coloreando lo que observan directamente en el terreno.

2. Qué tipos de mapas se realizan

Cada Comunidad puede elaborar tres tipos de Mapas del pasado, presente, futuro.

a. *Mapa del Pasado.*

En la experiencia de MARENASS, en los mapas del pasado se muestra que hace 20 ó 30 años atrás los recursos naturales estaban mejor conservados, existía mayor capacidad de producción y la seguridad alimentaria estaba garantizada; así mismo un mejor manejo de pastizales, ilustra también la poca cantidad de habitantes que existía en lo que ese entonces era una hacienda, grafica también la inexistencia de carreteras, escuelas y de otros servicios; todo ello sustentado por la memoria colectiva de los ancianos.

b. *Mapa del Presente.*

Asimismo, en los mapas presentes se ilustra los problemas que las comunidades enfrentan en la actualidad como la escasez de recursos, conflictos, baja autoestima, pobreza y hasta desesperanza y son los dirigentes quienes exponen esta parte.

c. ***Mapa del Futuro.***

En el se proyecta la situación de la comunidad a 30 años la cual es la visión de futuro de los jóvenes, ilustra las esperanzas y sueños, plasma las ideas de progreso y bienestar para las generaciones futuras, grafica una vida digna, explicita una voluntad de cambio basada en compromisos; sobre esta base se asumen compromisos institucionales.

3. **Para qué sirven los mapas parlantes?**

Estos tres mapas se convierten en la Línea Base Comunal que sirve como referente de comparación para evaluar resultados en el tiempo y para elaborar los planes anuales por comunidad.

La comunidad a través de los Mapas Parlantes proyecta el ordenamiento del área comunal enfatizando en el uso y administración colectiva de los recursos: agua, tierra, bosques y poblaciones. Esta herramienta gráfica, práctica, simple y barata está basada en el lenguaje de los pueblos andinos, pues los Mapas Parlantes hablan a través de símbolos que nos aproximan a lo que quieren expresar.⁷

G. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

². [www. http/mapasparlantes .alternativasdetalleres.com](http://mapasparlantes.alternativasdetalleres.com)

Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

1. Importancia de los SIG

Las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía, analizar patrones, relaciones, y tendencias en la información, todo con el interés de contribuir a la toma de mejores decisiones.

H. INVENTARIO FORESTAL

El inventario forestal consiste en extraer información de un bosque para saber como aprovecharlo, es como una radiografía del bosque, un resumen de su situación en un tiempo dado. Se trata de relevar una serie de cualidades de los árboles y el ambiente en determinados puntos del bosque (llamados parcelas) considerandos representativos según los objetivos del inventario.

Para ubicar el recurso (la mancha boscosa) así como para diferenciar las categorías de bosque que luego serán inventariadas, se utilizan fotografías aéreas imágenes satelitales, apoyadas en la información de mapas.

A su vez, luego de realizado el inventario, se pueden volcar los datos obtenidos en mapas que superponen la información de las imágenes con la obtenida a campo, resultando de esto la posibilidad de obtener más datos en la forma de una subdivisión más detallada.

El inventario forestal dará lugar a un Plan de Ordenación, donde se planificará y organizará la producción forestal conforme a leyes económicas, sin ir en detrimento

de las biológicas. Es un planteo netamente ecológico, donde se incluye al hombre en el mismo. En esencia, aplicando un Plan Ordenación, el bosque futuro mantendrá las características del ecosistema a través de intervenciones (cortas).

Con dichas intervenciones silvícolas es posible reducir a menos de la mitad del tiempo necesario para alcanzar las mismas dimensiones de los árboles que en el bosque natural. También se logra un mejoramiento en calidad expresado en sanidad del bosque y forma de los árboles.⁸

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

⁸ [www.http/sistemasdinformación.gis.org.ec](http://sistemasdinformación.gis.org.ec).

1. Localización

El presente estudio se realizó en los bosques nativos y exóticos ubicados en los páramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca pertenecientes a los cantones Mocha y Tisaleo, localizados en la Provincia de Tungurahua.

2. Ubicación geográfica*

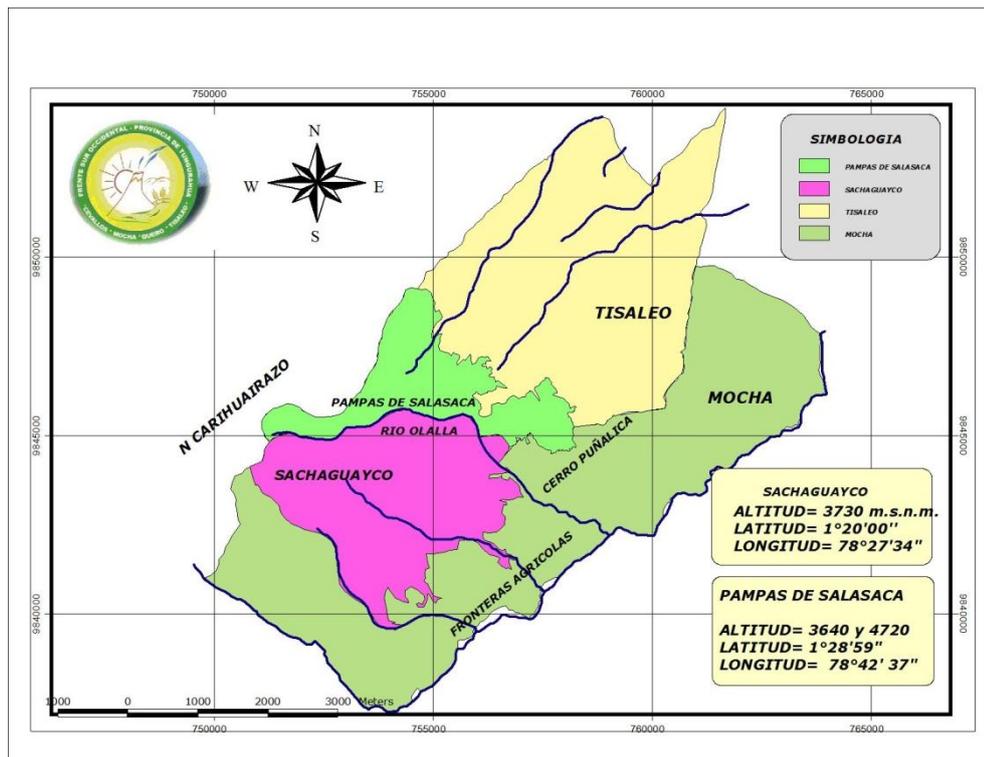
Los bosques de los páramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca pertenecen a la Mancomunidad del Frente Sur Occidental.

PARAMO	CANTON	ALTURA(msnm)	LATITUD	LONGITUD
Sachaguayco	Mocha	3730	1° 20' 00"	78°27'34"
Pampas de Salasaca	Tisaleo	3640-4720	1° 28'59"	78°42'37"

Límites de las áreas de estudio.

PARAMO	CANTON	NORTE	SUR	ESTE	OESTE
Sachaguayco	Mocha	Río Olalla	Río Mocha	Frontera Agrícola	Nevado Carihuirazo
Pampas de Salasaca	Tisaleo	Cantón Tisaleo	Río Olalla	Cerro Puñalica	Nevado Carihuirazo

* Diagnostico elaborado por la Mancomunidad del Frente Sur Occidental



3. Clasificación ecológica**

En los páramos de Sachaguayco tenemos dos zonas de vida: Bosque Húmedo Sub-Alpino (bhSA), ubicado entre los 3.000 y 3.600 msnm, con una temperatura media que oscila entre 6 y 12 °C; y una precipitación anual de 1.000 a 2.000 mm. El **Páramo pluvial Sub Alpino (ppSA)**, esta entre 3600 y 4800 msnm, la temperatura oscila entre 3 y 6 grados centígrados y un rango de precipitación anual entre 1000 y 2000 mm.

El paramó Pampas de Salasaca es una **Tundra pluvial Alpina (tpA)**, se encuentra sobre los 4800 msnm, la temperatura en esta formación fluctúa entre 1.5 y 3°C, y la precipitación anual entre 700 y 1 000 mm.

4. Características del suelo***

Los suelos de estos paramos son de origen volcánico, negro arcillosos, contienen altos porcentajes de materia orgánica, el pH es ácido, Poseen una elevada tasa de retención

** Estudio de factibilidad de Recursos Naturales elaborado por el Honorable Consejo Provincial de Tungurahua.

*** Diagnostico elaborado por la Mancomunidad del Frente Sur Occidental.

de agua y una gran permeabilidad, parte de estos suelos poseen un capa arable de 30 a 60 cm

B. MATERIALES Y EQUIPOS

1. Materiales de campo

Libreta para campo, flexómetro, papelotes, estacas (50cm), alambre galvanizado, flotador, machete, pilas, botas, marcadores, cartulina, maskin, material vegetativo, lápiz, fundas plásticas, etiquetas, mapas, soporte de madera, botella tesalia, embudo, silicona, probeta, regla,

2. Equipos

Vehículo, GPs, cámara fotográfica, cronometro, computadora, programas como ArcView Gis 3.2 y programas de cálculo.

C. METODOLOGIA.

1. Aspectos esenciales que determinan la conservación o deterioro del recurso hídrico en los paramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca.

a. Planificación y ejecución de los talleres participativos.

- 1) Se realizó un taller participativo por cada cantón Mocha/Tisaleo mediante oficios se convoco a los representantes de los diferentes caseríos, se formo dos grupos de trabajo con la finalidad de adquirir la información de los aspectos más relevantes que causan el deterioro, y determinar las posibles actividades de conservación del recurso hídrico en los paramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca, que se logro atraves de una lluvia de ideas.
- 2) Se valoro las respuestas obtenidas en el taller de acuerdo a la siguiente tabla de calificación.

Tabla 1. Calificación de los aspectos del deterioro y conservación del recurso hídrico

VALOR	DETERIORO	CONSERVACIÓN
1	Ninguna	Muy Buena
2	Bajo	Buena
3	Medio	Regular
4	Alto	Nula

Fuente: Sandra Tixi

3) con la valoración obtenida se procedió a la sistematización de los resultados y se expuso en porcentajes para una mejor interpretación.

b. Elaboración de mapas parlantes

- 1) Se tomo como referencia los mapas realizados por el Proyecto PlanTeL (Planificación Territorial de Actores Locales)
- 2) Se dividió en dos grupos de trabajo y se les explicó la metodología que se utilizara; con lo cual se logró recoger de manera grafica la percepción de los participantes en cuanto a la situación actual de los páramos.
- 3) Se realizó una plenaria con los participantes con la finalidad de hacer una presentación y discusión de los mapas elaborados por cada uno de los grupos.

c. Delimitación de las áreas de estudio

- 1) Con los mapas parlantes se fijó las zonas de investigación en el campo.
- 2) Con la colaboración de técnicos locales y un GPS se obtuvo la base de datos georeferenciada de los dos paramos y se delimitó la superficie del bosque nativo y exótico. Mediante la ayuda del programa ArcView Gis 3.2 se elaboraron los mapas de estas zonas de estudio.

d. Reconocimiento de la flora

- 1) Se realizo dos salidas de campo a cada páramo (Sachaguayco y Pampas de Salasaca).
- 2) En la primera salida se determino una parcela en el bosque nativo y otra en el bosque exótico en cada páramo, con la ayuda de una cinta métrica, estacas, y piola se diseño las parcelas cuyas dimensiones fue de 10 *10m (100m²).
- 3) En la segunda salida se procedió a recolectar las especies existentes estas muestras fueron etiquetadas y llevadas para ser identificadas en el herbario de la

ESPOCH y departamento de Aguas y Bosque. Los resultados se colocaron en una hoja de registro. **Anexo 1.**

4) Para determinar el porcentaje por especies en cada una de las parcelas se multiplico el numero de individuos de cada especie por 100 y se dividió para el numero total de individuos en la parcela.

2. Capacidad de retención de agua de los suelos en bosques nativos, exóticos y la capacidad de recepción de la precipitación.

a) Toma de muestras de suelo

- 1) En Sachaguayco se extrajo 8 muestras de suelos al azar, 6 en bosque nativo y 2 en plantaciones de pino, esto debido a que existe una mayor extensión de bosque nativo. En Pampas de Salasaca se obtuvo 4 muestras en bosque nativo y 4 en plantaciones de pino.
- 2) El muestreo se realizó una vez por semana
- 3) La muestra fue tomada a una profundidad de 0.30m.
- 4) Se colocó en una doble funda plástica con el fin de que no pierda la humedad real.
- 5) Estas fueron etiquetadas para llevarlas al laboratorio del Departamento de Suelos de la ESPOCH para determinar el porcentaje de humedad. (**Anexo 2**)

b) Determinación del porcentaje de humedad de suelo

- 1) Las muestras fueron pesadas para determinar el peso húmedo.
- 2) Se introdujo en la estufa a una temperatura de 105°C por un lapso de tiempo de 24 horas.
- 3) Se dejó reposar hasta que se enfrió y luego se registró el peso seco de la muestra.
- 4) Estos datos se llevaron en una hoja de registro. **Anexo 3.**
- 5) Se determinó el porcentaje de humedad de cada uno de las muestras de los diferentes bosques, aplicando la siguiente fórmula.

$$\%H = \left[\frac{Ph - Ps}{Ps} \right] * 100$$

Donde:

%H= Porcentaje de humedad del suelo

Ph = Peso del suelo húmedo

Ps = Peso del suelo seco.

c. Recepción de la precipitación

1) Fabricación del pluviómetro casero

- a) El soporte se construyó con tiras de madera cuyas dimensiones fue de 0,04m*0.04m*2m.
- b) En el extremo del soporte se sujetó con alambre galvanizado una botella de plástico con tapa de capacidad es de 5 lt.
- c) En la tapa se inserto un embudo de 11cm de diámetro para la recolección de agua lluvia. El soporte se introdujo 50cm en el suelo **Foto 1**

2) Distribución de Pluviómetros

- a) 4 pluviómetros en el paramo Pampas de Salasaca en plantación de pino y 4 pluviómetros en bosque nativo, mientras que en el paramo Sachaguayco se colocaron 6 en bosque nativo y 2 en plantaciones de pino.
- b) Con la ayuda de un Gps se ubicaron geográficamente las coordenadas y se instalaron los pluviómetros.

3) Frecuencia de Monitoreo

- a) Con una probeta de 50ml y una frecuencia de 8 días se midió el agua lluvia receptada en cada uno de los pluviómetros.
- b) Estos datos se registraron en hojas de campo, durante cuatro meses desde Septiembre hasta Diciembre del 2008. **Anexo 4**

- c) Cada pluviómetro constituyo un punto de monitoreo para determinar la precipitación en bosque nativo y exótico.



Foto 1. Modelo Pluviómetro Casero.

3. Fluctuación del caudal que bosques nativos y exóticos.

a. Establecimiento de los puntos de aforo del caudal

- 1) Se ubico un punto de aforo en la Quebrada la Carbonería ubicada en el páramo de Sachaguayco y otro punto de aforo en la Quebrada Olalla en Pampas de Salasaca.
- 2) Se identificó una sección longitudinal en el río de 10m relativamente uniforme y en línea recta
- 3) Se colocaron 5 estacas de madera cada 2.5m
- 4) Con un Gps se tomó las coordenadas UTM de los puntos de aforo de caudal, de cada zona de estudio para ubicarlos en el mapa.

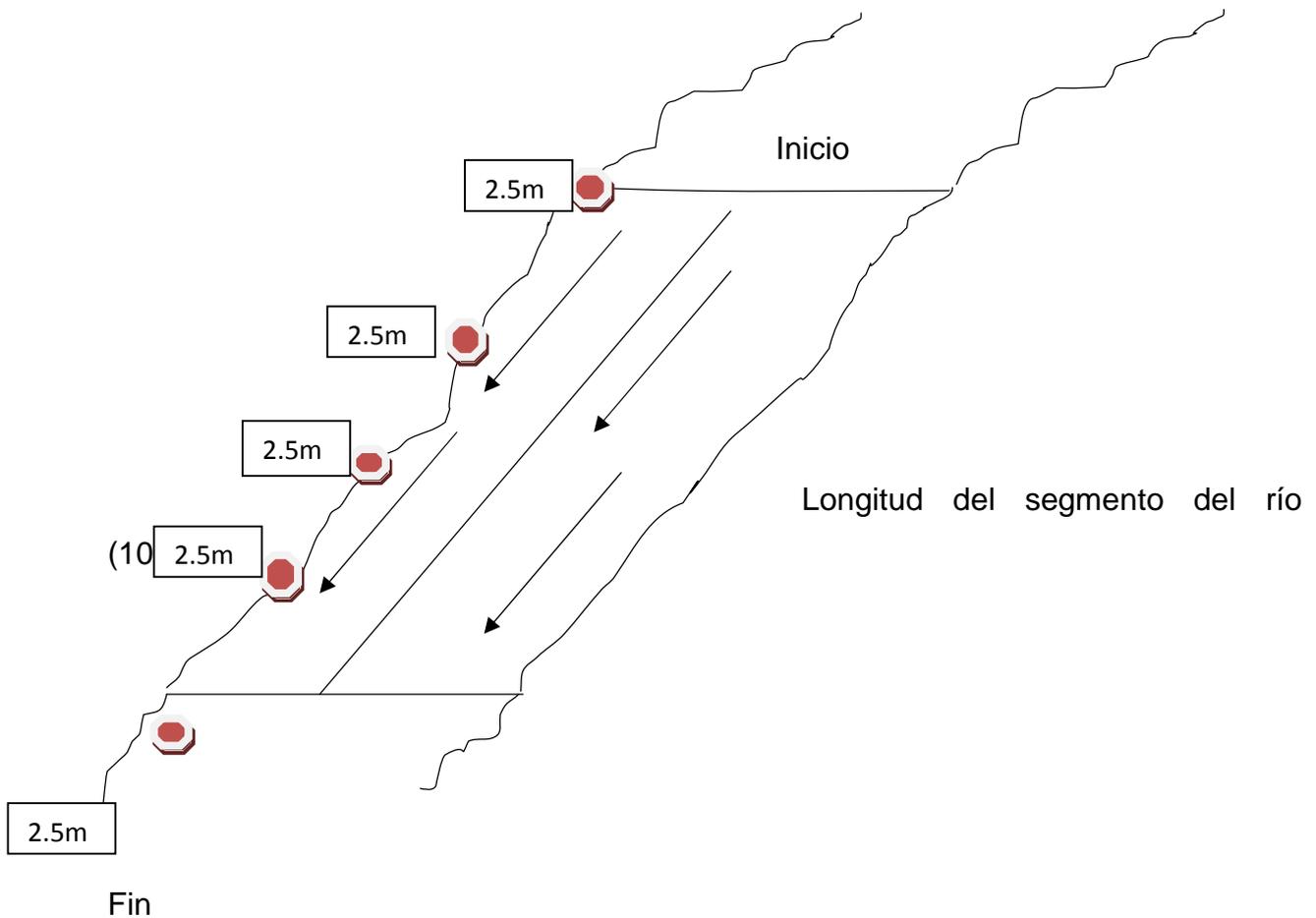


Figura 2. Esquema de la sección del río evaluado

Medición del caudal por el método del flotador.

- 1) Una vez ubicado los puntos de aforo se procedió a la medición del caudal.
- 2) Para determinar el caudal, se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q = A * V * Fc \text{ (l/s)}$$

Donde:

Q= Caudal

A = Área del caudal

V = Velocidad del río en un tramo de 10m

F_c = Factor de corrección o coeficiente de rugosidad (0,8 para ríos de base rocosa).

- 3) **Determinación de la velocidad.**- con la ayuda de un cronometro se tomó el tiempo que demora el cuerpo flotante (corcho) desde el punto 0 (inicio) hasta los 10m, esta actividad se repitió 5 veces a fin de determinar una velocidad promedio. Una vez obtenido los datos se aplicó la formula de French (citado por De Acevedo y Acosta, 1984):

$$V = e/t \text{ (m/s)}$$

Donde:

V = velocidad

e = espacio mínimo recorrido (10 m) o longitud de la sección.

t = tiempo que recorre el flotador

- 4) **Área del caudal.**- se midió con un flexometro el ancho del río en la sección de los 10m al inicio, en la mitad y al final, con estos datos se determino un promedio del ancho. Con una regla se logró obtener la profundidad del río cada 30cm en cada uno de los tramos que señalamos anteriormente y se determino el área promedio. Fig 3. Para lo cual se aplicó la siguiente formula.

$$AQ = A \text{ (m)} * P \text{ (m)}$$

Donde:

AQ = Área del caudal

A = Ancho del caudal promedio

P = Profundidad promedio

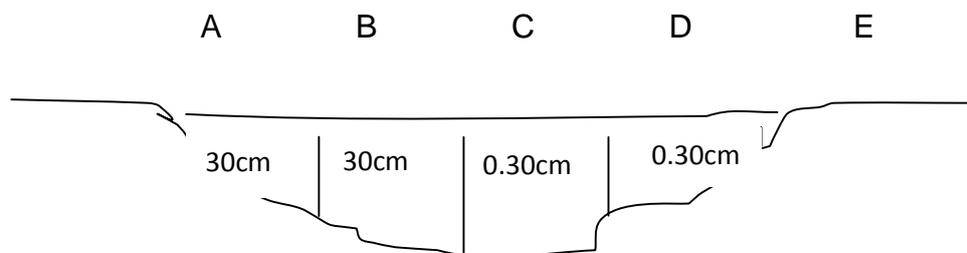


Fig. 3 Diagrama del perfil del río

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. ASPECTOS ESENCIALES QUE DETERMINAN EL DETERIORO Y CONSERVACIÓN DEL RECURSO HIDRICO.

1. Talleres y Mapas parlantes

a. En el **Cantón Mocha** participaron las comunicdades de: Atillo, Mocha Puñalica, Chilcapamba, Aso. Palacios, Sr. Germán Barona, Sr. Alfredo Barona. En el **Cantón Tisaleo** participaron las asociaciones Santa Marianita, Hermano Miguel, Corazón de Jesús y el Cabildo El Calvario. En estos talleres se identifico aspectos que están afectando en forma directa o indirecta al recurso hídrico en los páramos y además las posibles soluciones para la conservación del mismo.

CANTÓN	EVENTO	NUMERO	TEMA	# PARTICIPANTES
MOCHA	Taller	1	Mapas parlantes	30
TISALEO	taller	1	Mapas parlantes	34

Fuente: Sandra Tixi

b. **Criterio de Asistentes sobre las causas que deterioran el recurso hídrico.**

En el cuadro 1 y gráfico 1. En Sachaguayco los participantes mencionaron que la quema del pajonal y el avance de la frontera agrícola son las actividades que más deterioran el recurso hídrico con un 33 y 23% respectivamente, y el 10% manifestó que las áreas deforestadas causan el menor impacto. Mientras que en Pampas de Salasaca los aspectos que mayormente afectan con 32y 24% son las plantaciones de pino y avance de la frontera agrícola y el 12% expresó que el menor impacto es causado por las áreas deforestadas.

Como se observa en cada uno de los páramos los aspectos que afectan al deterioro son diferentes y depende de la realidad local de cada una de las zonas. Según (Hofstede, 2001) explica que las mayores actividades que se realizan en los

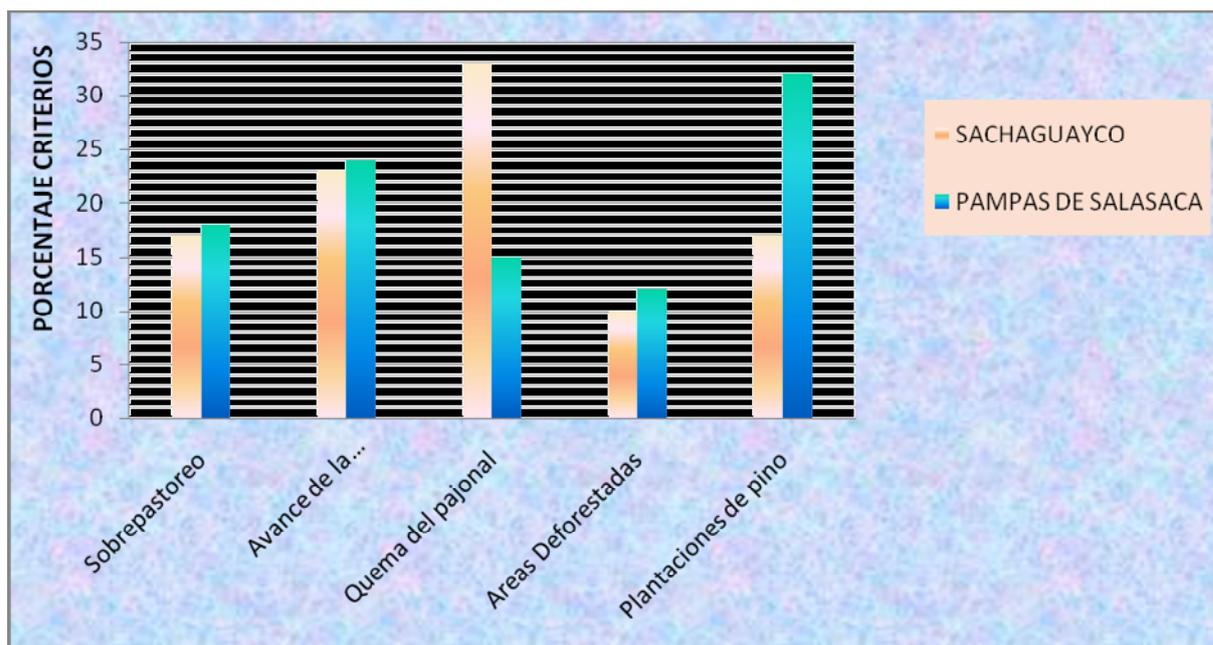
paramos andinos es la quema del pajonal para luego utilizar en labores agrícolas y silvopastoril lo cual coincide con los datos obtenidos en esta investigación. Otra de las causas que menciona este autor es que las plantaciones de pino tienen una biodiversidad limitada lo que les hace ser vulnerables al ataque de plagas y enfermedades.

Cuadro 1. Criterio de Asistentes sobre las causas que deterioran el recurso hídrico.

CAUSAS	PARAMO SACHAGUAYCO (%)	P.PAMPAS DE SALASACA (%)
Sobre pastoreo	17	18
Avance de la Frontera Agrícola	23	24
Quema del pajonal	33	15
Áreas Deforestadas	10	12
Plantaciones de pino	17	32
TOTAL PARTICIPANTES	100	100

Fuente: Sandra Tixi.

GRAFICO 1. Porcentaje de criterios de Asistentes sobre las causas que deterioran el recurso hídrico.



c. Criterios de asistentes sobre actividades de conservación de los páramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca.

Como se observa en el cuadro 2 y *grafico 2* el 27% de los participantes en Sachaguayco mencionan que mantener el paramo en su estado natural es uno de los aspectos que permitirá que el caudal de ríos no siga disminuyendo, el 20% dice que el fomentar el turismo es una de las alternativas para tener ingresos económicos y de esta manera no causar impactos negativos en el paramo.

En Pampas de Salasaca en cambio el 24% de asistentes mencionan que el forestar con especies nativas ayudara a la recuperación de los suelos que están siendo afectados por las plantaciones de pino, mientras que el 18% apoya a que el paramo se mantenga en su forma natural sin intervención humana. De acuerdo a los resultados obtenidos los pobladores de estos paramos dan soluciones de acuerdo a las problemáticas que identificaron y a los recursos con los que cuentan. Posiblemente estas actividades serán difícil aplicarles debido a que el paramo tiene varios dueños y ellos utilizan estas zonas en actividades que sean rentables.

Coincidiendo con Hofstede 2001 el interés por preservar la riqueza naturalística de los paramos ha crecido considerablemente en los últimos años y la estrategia adoptada para esto es utilizar ordenadamente los recursos naturales, garantizando el aprovechamiento sostenible de las especies y de los ecosistemas, así como su restauración y mejora

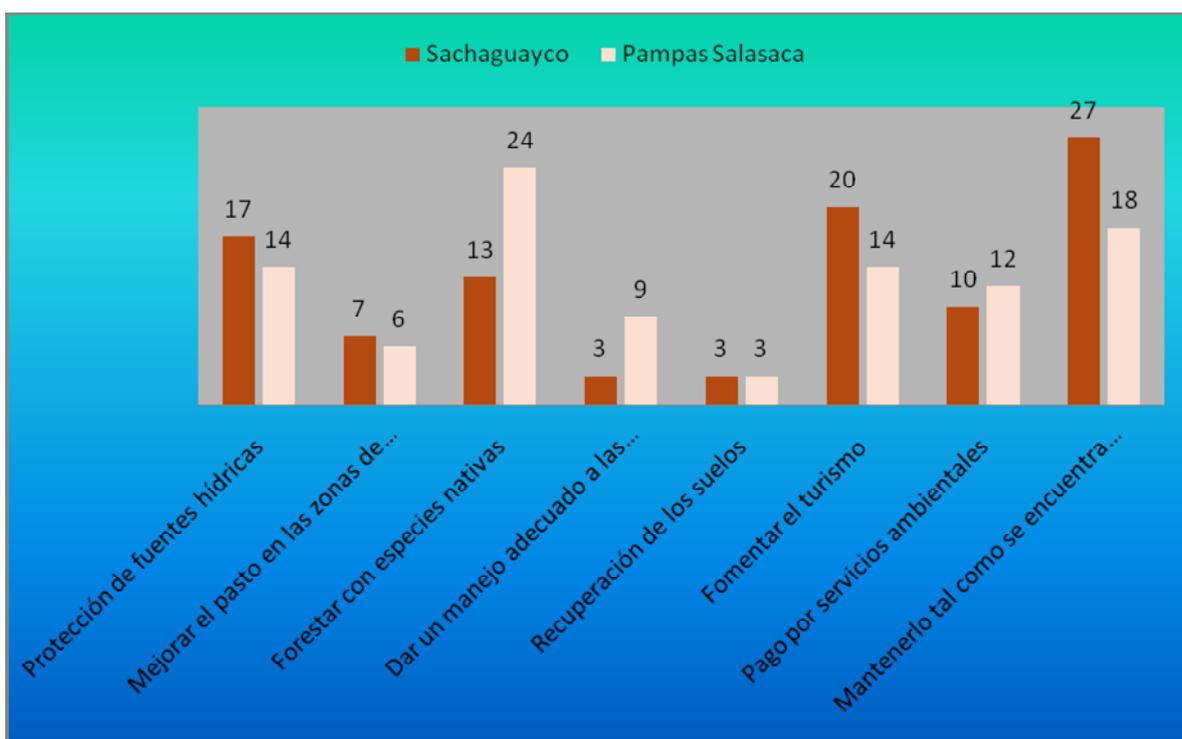
Cuadro 2. Criterios de asistentes sobre actividades de conservación.

ACTIVIDADES PARA CONSERVACIÓN	Paramo Sachaguayco (%)	P. Pampas de Salasaca (%)
Protección de fuentes hídricas	17	14
Mejorar pastos	7	6
Forestar con especies nativas	13	24

Manejo de plantaciones de pino	3	9
Recuperación de suelos	3	3
Fomentar el turismo	20	14
Pago por servicios ambientales	10	12
Mantener el paramo en su estado natural	27	18
TOTAL DE PARTICIPANTES	100	100

Fuente: Sandra Tixi

GRAFICO 2. Porcentaje de criterios de asistentes sobre actividades de conservación.



Fuente: Sandra Tixi.

d. Extensión de los paramos (sachaguayco - pampas de salasaca) y hectareas de bosque nativo y exotico.

En el cuadro 3 y mapa 1 se puede observar el área total de los paramos y bosque nativo y exotico en estudio.

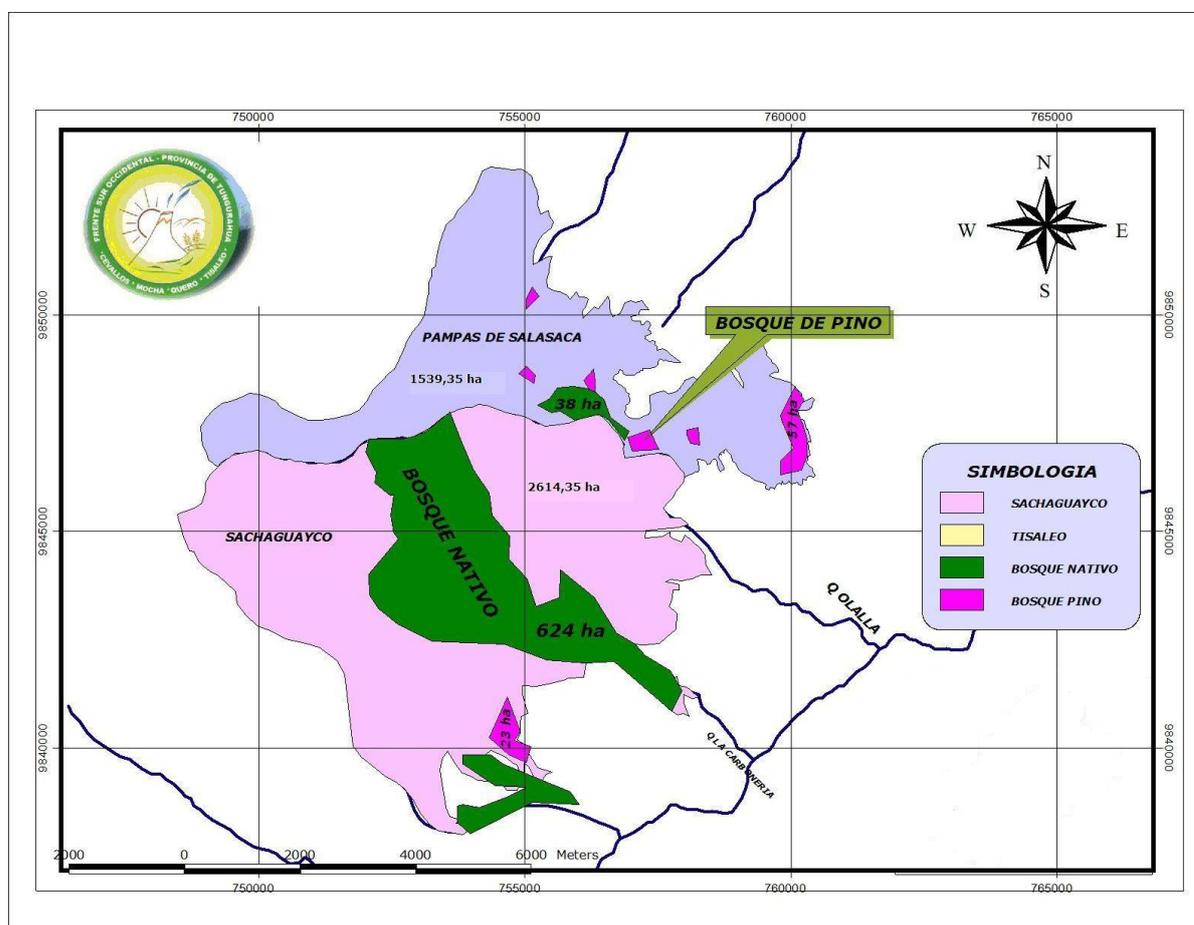
Cuadro 3. Superficie de paramos, bosque nativo y exotico

PARAMO	CANTÓN	B.NATIVO (ha)	B.PINO (ha)	SUPERFICIE (ha)
Sachaguayco	Mocha	624	23	2,614,35
Pampas de Salasaca	Tisaleo	38	57	1,539,35

Fu

ente: *Sandra Tixi*

MAPA 1. Superficie de paramos (ha), tipo de vegetación



Fuente: Sandra Tixi

Según el MAPA 2 se observa que el paramo de Sachaguayco tiene 23ha de pino y 624ha de bosque nativo a diferencia de Pampas de Salasaca que cuenta con 57ha de pino y 38ha de bosque nativo, por lo que el paramo de Sachaguayco posee una extensión mucho más amplia y conservada.

e. Inventario y reconocimiento de la flora

1) Flora en bosques nativos de los páramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca

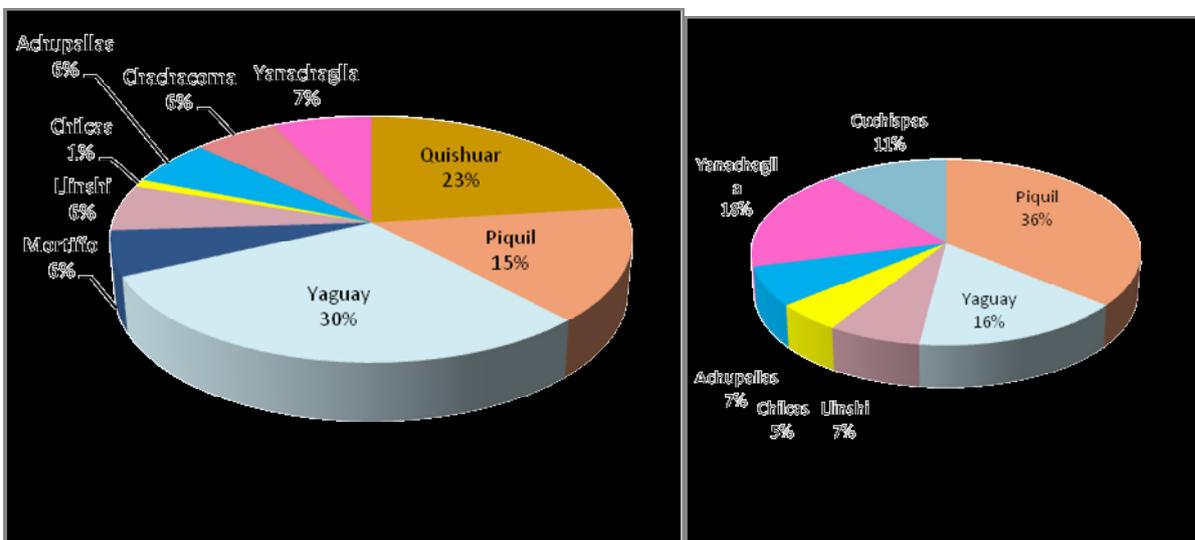
Cuadro 4 y gráfico 3, en el paramo de Sachaguayco las especies que dominan es el Yagual (*Polylepys incana*) con un 30% seguido el Quishuar (*Buddleja incana*) con un 23% en Pampas de Salasaca se registro 36% Piquil (*Gynoxys sp*) y 18% de Chachacoma (*Escallonia myrtilloides*). Las especies encontradas en las zonas de estudio se encuentran a partir de los 3200 a 3800msnm lo cual coincide con Seron, que indica que estas especies son muy comunes en los paramos andinos y se encuentran desde los 1500 hasta los 3900msnm.

Cuadro 4. Flora en bosques nativos de los páramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca.

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO	SACHAGUAYCO		PAMPAS DE SALASACA	
		Nº IND	%	Nº IND	%
Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	12	23	0	0
Piquil	<i>Gynoxys sp</i>	8	15	16	36
Yagual	<i>Polylepys incana</i>	16	30	7	16
Mortiño	<i>Vaccinium florifundun</i>	3	6	0	0
Illinshi		3	6	3	7
Chilcas	<i>Brachiotium letifolyum</i>	1	1	2	5
Achupallas	<i>Bromelaceae</i>	3	6	3	7
Chachacoma	<i>Escallonia myrtilloides</i>	3	6	0	0
Yanachaglla	<i>Miconia salisifolia</i>	4	7	8	18
Cuchispas	<i>Monticalia vacciniodes</i>	0	0	5	11
TOTAL		53	100	44	100

Fuente: Sandra Tixi

Grafico 3. Porcentaje de especies en bosques nativos de los paramos.



2)

FI

ora en los Bosques Exóticos en Sachaguayco y Pampas de Salasaca

En los paramo de Sachaguayco como en Pampas de Salasaca domina el pino con un 42 y 45% respectivamente, cabe indicar que existe remanentes naturales que están asociados con estas plantaciones, se registro especies como las Almohadillas, Cacho de Venado y Piquil en porcentajes menores en relación a los pinos. Cuadro 5 y grafico 4.

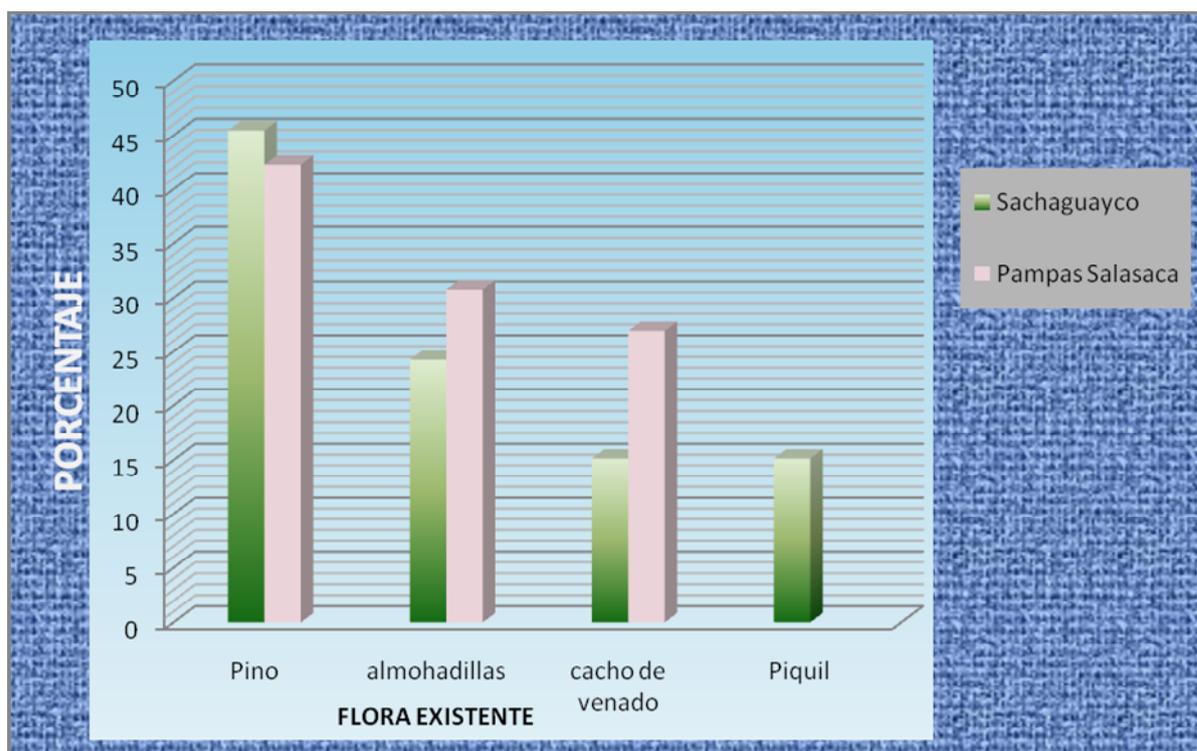
Cuadro 5. Flora de los bosques exótico

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO	SACHAGUAYCO		PAMPAS DE SALASACA	
		Nº IND	%	Nº IND	%
Pino	<i>Pinnus radiata</i>	11	42	15	45
almohadillas	<i>Azorella scirpu</i>	8	31	8	25
cacho de venado	<i>Halenia weddliana</i>	7	27	5	15
Piquil	<i>Gynoxys sp</i>		0	5	15
TOTAL		26	100	33	100

Fue

nre: Sandra Tixi

GRAFICO 4. Porcentaje de especies en bosques exóticos



B. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y RECEPCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN.

1. Porcentaje de humedad del suelo en los bosques nativos y exóticos

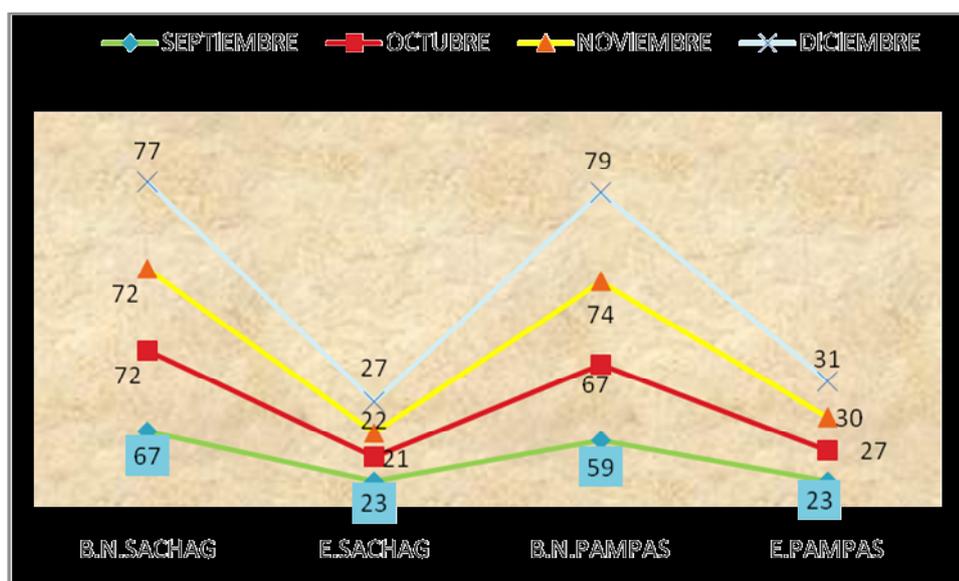
En cuadro 6 y gráfico 5 se observa que en Sachaguayco el bosque nativo tiene un 77% de humedad máxima en el suelo, registrada en diciembre y la mínima fue 67% de humedad en septiembre, mientras que en el bosque exótico la máxima fue en diciembre con 27% y la mínima en octubre con 21%. A diferencia del paramo Pampas de Salasaca, en el bosque nativo registró una máxima de 79% en diciembre y una mínima de 59% en el mes de septiembre, en cuanto al bosque exótico la máxima fue de 31% en diciembre y la mínima en septiembre con el 23%, en los dos casos el bosque nativo tiene mayor porcentaje de humedad debido posiblemente a la mayor cobertura vegetal del sistema, por ende son beneficiosos en comparación a los bosques exóticos (pino), en los que encontramos menor cobertura vegetal menor incrementándose la evapotranspiración. (Anexo 7).

Cuadro 6. Humedad del suelo en los bosques nativos y exóticos

MESES	SACHAGUAYCO		PAMPAS DE SALASACA	
	B. NATIVO %	B. EXÓTICO %	B. NATIVO %	B. EXÓTICO %
SEPTIEMBRE	67	23	59	23
OCTUBRE	72	21	67	27
NOVIEMBRE	72	22	74	30
DICIEMBRE	77	27	79	31
TOTAL	288	93	279	111
MIN	67	21	59	23
MAX	77	27	79	31

Fuente: Sandra Tixi

Grafico 5. Porcentaje de humedad del suelo en los bosques nativos y exóticos



2. Capacidad de recepción de la precipitación

a. Precipitación mensual en bosques nativos y exóticos.

En Sachaguayco y pampas de Salasaca en los bosques nativos la máxima precipitación se presentó en el mes de diciembre con 149 y 75mm respectivamente de igual manera en los bosques exóticos con 16mm en Sachaguayco y 33mm en Pampas de Salasaca. La diferencia de precipitación que se registró en los dos

paramos (Sachaguayco y Pampas de Salasaca) puede deberse al efecto de ladera que hace relación directa entre la precipitación y la altitud Iniguez (2002). Cuadro 7 y gráfico 6. **Anexo 8.**

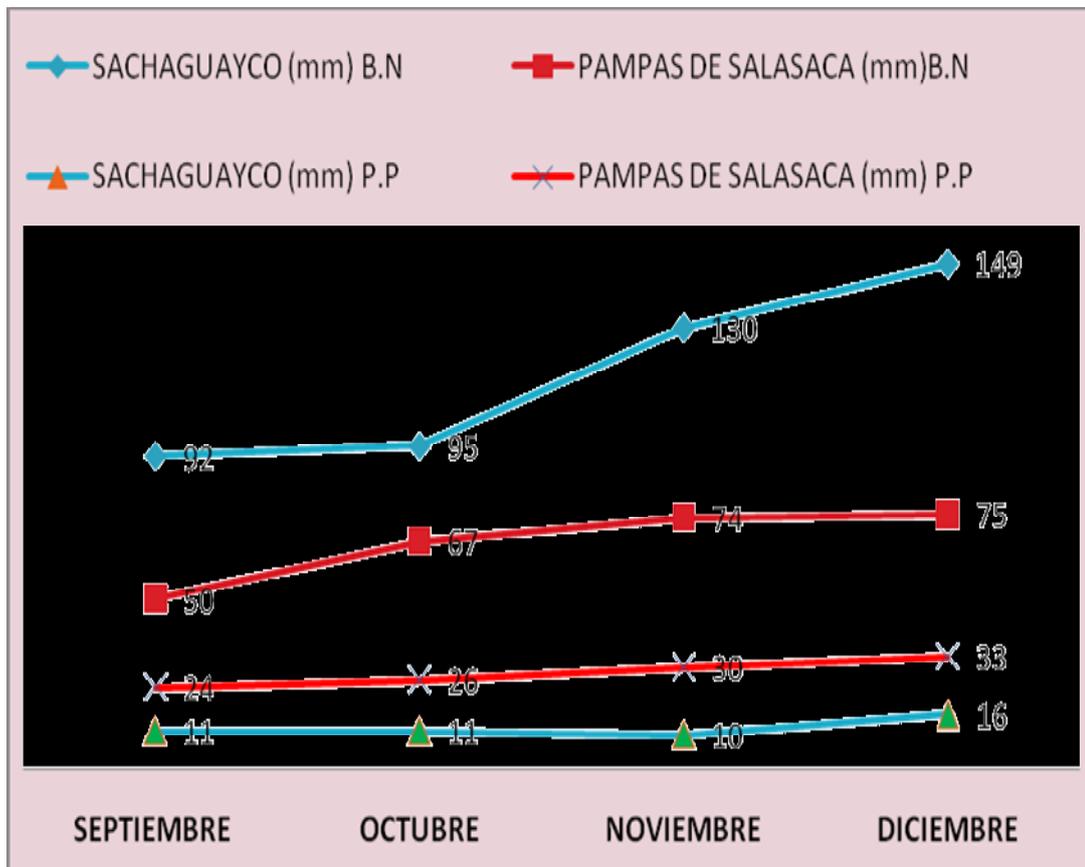
Las precipitaciones dependen mucho de la cubierta vegetal es así que en los bosques nativos se observa que existe altas precipitaciones a diferencia de los bosques exóticos que tienen doseles densos y no permiten que el agua lluvia caiga directamente al suelo, por este motivo es que la mayor cantidad de precipitación es absorbida por los árboles esta información es de un estudio realizado por PROMAS-Universidad de Cuenca que en una primera etapa de investigación monitoreó dos microcuencas una de pino y una de vegetación nativa.

Cuadro 7. Precipitación mensual en bosques nativos y exóticos.

MESES	BOSQUE NATIVO		BOSQUE EXOTICO	
	SACHAGUAYCO (mm)	PAMPAS DE SALASACA (mm)	SACHAGUAYCO (mm)	PAMPAS DE SALASACA(mm)
SEPTIEMBRE	92	50	11	24
OCTUBRE	95	67	11	26
NOVIEMBRE	130	74	10	30
DICIEMBRE	149	75	16	33
Σ	466	266	48	122
MAX	149	75	16	33
MIN	92	50	11	24

Fuente: Sandra Tixi

Grafico 6. Precipitación mensual en bosques nativos y exóticos.



C. FLUCTUACIÓN DE DESCARGA EN LOS BOSQUES NATIVOS Y EXÓTICOS DURANTE EL TIEMPO DE INVESTIGACIÓN.

1. Determinación de los puntos de aforo o de monitoreo.

En el paramo Pampas de Salasaca se encuentra la Quebrada Olalla donde en ella se ubicó un punto de monitoreo y en el paramo de Sachaguayco en la quebrada Q. La Carbonería, las coordenadas de estos puntos en la Cuadro 8.

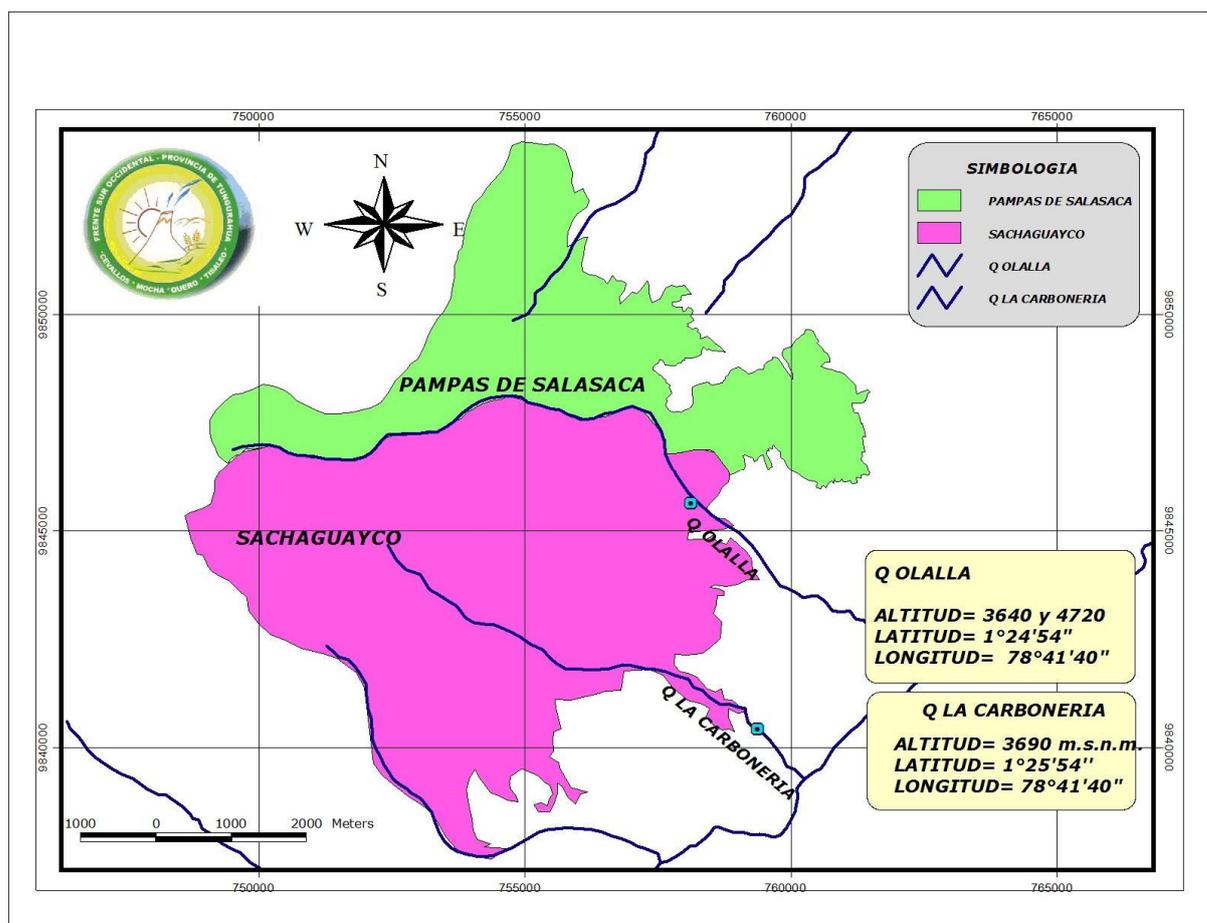
El punto de aforo se determinó por su capacidad de almacenamiento y la superficie de cobertura vegetal y el punto de monitoreo por la accesibilidad para llegar a la zona de estudio.

Cuadro 8. Ubicación de los puntos de Aforo.

PUNTOS DE AFORO	COORDENADAS		ALTITUD
	N	E	
Q. LA CARBONERÍA (SACHAGUAYCO)	1°25'54"	78°41'70"	3690
Q. OLALLA (PAMPAS SALASACA)	1°24'00"	78°41'40"	3850

Fuente: Sandra Tixi

MAPA 3. Ubicación de los puntos de Aforo.



2. Fluctuación de la descarga de los puntos de aforo.

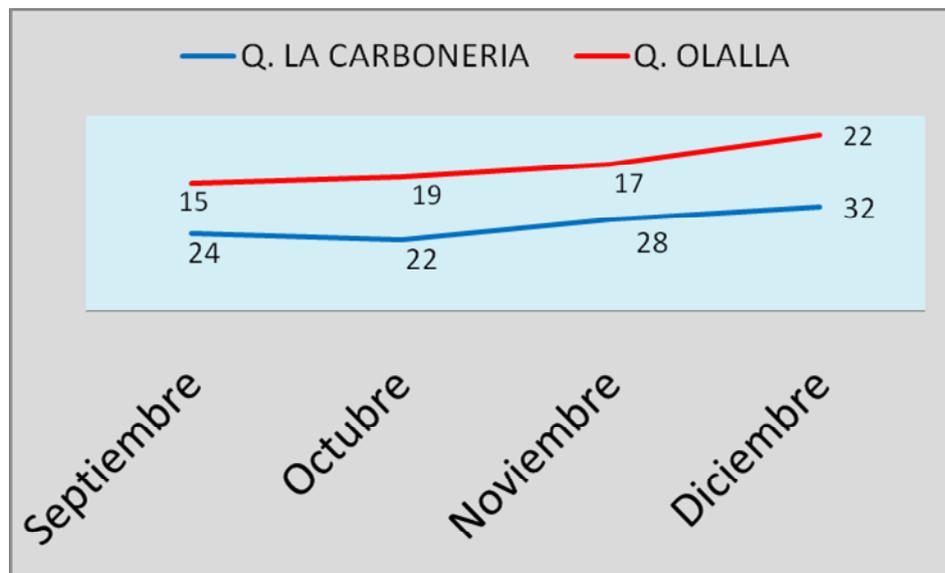
En la Quebrada La Carbonería se registra una descarga de caudal de 32 l/s siendo la máxima en el mes de Diciembre y la mínima en el mes de Octubre con 22l/s, en la Quebrada Olalla la máxima fue de 22 l/s y la mínima 15 l/s. Cuadro 9 y Grafico 7. (Anexo 9)

Lo que coincide con Roger (1997) que dice que la descarga de caudales se encuentra relacionada directamente con las precipitaciones debido a que los humedades retienen el agua lluvia y van descargando paulatinamente hacia los ríos o riachuelos.

Cuadro 9. Fluctuación de descarga de los puntos de aforo.

PUNTOS DE AFORO	Caudal Q(l/s)				
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Q. LA CARBONERIA	24	22	28	32	27
Q. OLALLA	15	19	17	22	18

Grafico 7. Porcentaje de Fluctuación de descarga de los puntos de aforo.



VI. CLONCLUSIONES

1. El mayor deterioro que se produce en los páramos de Sachaguayco es por la quema del pajonal y en Pampas de Salasaca son las plantaciones de pino seguido del avance de la frontera agrícola en estos dos sitios.
2. Las actividades que mas sugieren las comunidades para la conservación de los paramos es mantener en su estado natural así como fomentar la forestación con especies nativas.
3. Según el inventario las especies con mayor frecuencia son el Yagual (*Polylepys incana*) en Sachaguayco y el Piquil (*Gynoxys sp*) en Pampas de Salasaca como especies nativas y como exótica el pino.
4. Los bosques nativos son los que mantienen mayor humedad en un 77 y 79% en los dos para paramos, no así en los bosques exóticos que presentaron entre 21y 23% de humedad.
5. En el mes de Diciembre se presento la mayor precipitación 149, 75, 16, 33mm tanto en bosque nativo como exótico y las mínimas en el mes de Septiembre 92, 50, 11, 24mm.
6. De las quebradas existentes en los paramos en la Carbonería se registró el mayor caudal 32 l/s y la Quebrada de Olalla fue de 22 l/s.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para disminuir el deterioro de los páramos se sugiere implementar proyectos de ecoturismos, manejo de las plantaciones, recuperación de suelo, planes de reforestación con especies nativas,
2. Realizar investigaciones y recuperación en lo referente a la flora y fauna por la diversidad de especies encontradas en el área de estudio.
3. Actualizar la cartografía existente en la Mancomunidad del Frente Sur Occidental para un mejor desarrollo de los proyectos en el futuro.
4. Realizar un Plan de Manejo de las plantaciones existentes en estos páramos para de esta manera reducir el impacto ambiental que estos ocasionan a este ecosistema.
5. Motivar a las comunidades sobre la importancia que tienen los páramos en cuanto a la conservación del recurso hídrico.

VIII. RESUMEN

En la presente investigación: se realizó un estudio comparativo del comportamiento hidrológico entre un bosque nativo y una plantación de pino en dos páramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca en la Provincia de Tungurahua. Realizando talleres participativos, recogiendo información de las causas que deterioran el páramo, siendo la más relevantes las plantaciones de pino y la quema del pajonal; según opinión de los asistentes las actividades que deberían realizar para conservar el páramo son: reforestación con especies nativas y fomentar el turismo, mapas parlantes para conocer la situación actual del páramo; la flora que se encontró en Sachaguayco la especie que domina en cuanto al bosque nativo es el Yagual (*Gynoxys* sp) y en Pampas de Salasaca el Piquil (*Polylepys incana*) en las plantaciones de pino la especie dominante fue el pino (*Pinus radiata*) asociado de algunos remanentes naturales como las almohadillas, cacho de venado entre otras, determinando las precipitaciones cada 8 días obteniendo las máximas en diciembre y las mínimas en septiembre, la variación del contenido de agua en el suelo se realizó hasta los 0,30m de profundidad, en este caso se obtuvo los máximos porcentajes de humedad en diciembre y las mínimas en septiembre, teniendo una relación con las precipitaciones; además se estudio la fluctuación del caudal en los bosque nativos y exóticos en la quebrada la Carbonería, obteniendo la mayor descarga de 32l/s en diciembre mientras que en la quebrada la Carbonería fue de 22 l/s en el mismo mes, esta investigación duro desde septiembre hasta diciembre.

IX. SUMMARY

A comparative hydrologic study at Sachaguayco and Pampas of Salasaca high land grass in the province of Tungurahua was done between the native forest and a plantation of pine. The causes that deteriorate the high land grass were the pine plantations and the grass increasing the tourism activities and publicity to know the actual high land situation were recommended. The dominant native specie at the forest of Sachaguayco was the Yagual (*Gynoxys* sp) and at the Pampas of Salasaca was the Piquil (*Polylepys incana*). In the Pine plantations the dominant specie was the Pine (*pinnus radiata*) which is associated with some others natural specie like: almodillas, cacho de venado among others. The precipitations happen every eight days being the strongest in December and the weakest in September 0.30m of depth was dug to know the soil humidity getting the highest percentages of humidity in December and the weakest in September. This test is related with the precipitations. The caudal variation in the native and exotic forest was studied being the highest unloading in December with 32 l/s and 22 l/s at quebrada la Carboneria in the same month. This investigation took place from September to December.

X. BIBLIOGRAFIA.

- [www. http/mapasparlantes .alternativasdetalleres.com](http://www.mapasparlantes.alternativasdetalleres.com)
- [www.http/sistemasd información.gis.org.ec.](http://www.sistemasdinformación.gis.org.ec)
- [www.http/estudioshidrologicodebosques.org.ec](http://www.estudioshidrologicodebosques.org.ec)
- <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/Clima/Lluvias.html>
- [www.http/capacidadretencióndeaguaenbosquesnativos.com](http://www.capacidadretencióndeaguaenbosquesnativos.com)
- [www.http/manualpluviometros.org.com](http://www.manualpluviometros.org.com)
- [www.http/guiamediciondecaudales.com](http://www.guiamediciondecaudales.com)

ANEXOS

ANEXO 1. HOJA DE CAMPO PARA DATOS DE ESPECIES RECOLECTADAS EN LOS CUADRANTES.

PARAMO: BOSQUE NATIVO:

PARROQUIA: CANTÓN:

CUADRANTE: FECHA:

#	TIPO DE ESPECIE	NOMBRE	# DE INDIVIDUOS	OBSERVACIONES
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Anexo 2. Etiquetas para muestreo de suelo

Etiquetas para muestras de suelos

Muestra N°:.....Lugar:

Bosque Nativo..... Bosque exótico:.....

Nombre del responsable:.....Fecha de Recolección:.....

Anexo 3. Hoja de cálculo para obtención del porcentaje de humedad de los suelos (laboratorio).

Formula para calcular el porcentaje de humedad

$$\%H = (Ph - Ps) / Ph * 100$$

Donde:

Ph= peso del suelo húmedo

Ps= peso del suelo seco.

Muestra	Fecha	Peso Seco	Peso Húmedo
Muestra 1			
Muestra 2			
Muestra 3			
Muestra 4			
Muestra 5			
Muestra n			

Anexo 4. Formulario de campo para el registro de datos de precipitación.

PRECIPITACIÓN

Sistema de monitoreo participativo de la calidad del agua. Formulario de campo # 2.

Paramo:.....Nombre del responsable:.....

Bosque Nativo..... Bosque Exótico:

En observaciones registrar: Despejado, nublado, llovizna, aguacero, otro.

Fecha	Hora	Cantidad (ml)	Observaciones
Semana 1			
Semana 2			
Semana 3			
Semana 4			
Semana 5			
Semana 6			
Semana 7			
Semana 8			
Semana 9			
Semana 10			
Semana.....			
Total			

Anexo 5. Formulario de campo para el registro de datos de caudal

CAUDAL

Paramo:..... Río:.....

Fecha: Hora:

Nombre del responsable:.....

Para el cálculo del caudal se utiliza la siguiente fórmula:

Repeticiones	Tiempo	Tramo	Profundidad	Longitud
1		1		10m
2		2		10m
3		3		10m
4		4		10m
5				10m

ANEXO 6. Datos obtenidos del reconocimiento de especies

a. Bosque Nativo del Paramo de Sachaguayco

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	N° DE INDIVIDUOS	PORCETAJE
Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	12	24
Piquil	<i>Gynoxys sp</i>	8	15
Yagual	<i>Polylepys incana</i>	16	31
Mortiño	<i>Vaccinium florifundun</i>	3	5
Illinshi negro	<i>Brachyotium ledifolium</i>	3	5
Chilcas	<i>Brachiotium letifolyum</i>	1	2
Achupallas	<i>Bromelaceae</i>	3	5
mortiños	<i>Vaccinium florifundun</i>	1	2
Chachacoma	<i>Escallonia myrtilloides</i>	2	4
Yanachaglla	<i>Miconia salisifolia</i>	4	7
TOTAL		50	100

b. Bosque Exótico del Paramo de Sachaguayco

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO	N° DE INDIVIDUOS	PORCENTAJE
Pino	<i>Pinnus radiata</i>	11	42
almohadillas	<i>Azorella scirpu</i>	8	31
cacho de venado	<i>Halenia weddliana</i>	7	27
Total		26	100

c. Bosque Nativo del Paramo Pampas de Salasaca.

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO	N° DE INDIVIDUOS	PORCENTAJE
Piquil	<i>Gynoxys sp</i>	16	36,4
Yagual	<i>Polylepys incana</i>	7	15,9
Cuchispas	<i>Monticalia vacciniodes</i>	5	11,4
Illinshi negro	<i>Brachyotium ledifolium</i>	3	6,8
Chilcas	<i>Brachiotium letifolyum</i>	2	4,5
Achupallas	<i>Bromelaceae</i>	3	6,8
Yanachaglla	<i>Miconia salisifolia</i>	8	18,2
TOTAL		44	100

d. Bosque Exotico del Paramo Pampas de Salasaca

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO	N° DE INDIVIDUOS	PORCENTAJE
Pino	<i>Pinnus radiata</i>	15	45
almohadillas	<i>Azorella scirpu</i>	8	24
cacho de venado	<i>Halenia weddiana</i>	5	15
Piquil	<i>Gynoxys sp</i>	5	15
Total		33	100

ANEXO 7. HOJA DE DATOS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LOS SUELOS DE SACHAGUAYCO Y PAMPAS DE SALASACA

TIPO DE BOSQUES	% DE HUMEDAD DE LOS SUELOS DEL PARAMO DE SACHAGUAYCO																			
	SEPTIEMBRE								OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	03-09-2008	#####	#####	####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####			
B. Nativo	68%	60%	51%	55%	48%	53%	51%	58%	62%	67%	64%	58%	66%	52%	59%	65%	62%			
B. Nativo	65%	67%	64%	66%	58%	55%	48%	45%	60%	70%	64%	73%	58%	61%	60%	65%	64%			
B. Nativo	67%	65%	60%	62%	48%	48%	51%	48%	63%	73%	52%	68%	65%	61%	76%	68%	77%			
B. Nativo	67%	70%	64%	69%	61%	63%	57%	59%	65%	68%	61%	60%	68%	60%	74%	76%	75%			
B. Nativo	61%	64%	50%	61%	53%	62%	50%	60%	68%	74%	60%	77%	60%	65%	70%	72%	78%			
B. Nativo	63%	61%	58%	62%	50%	54%	49%	52%	60%	65%	59%	71%	62%	65%	61%	71%	73%			
B. Exotico	27,45%	22,13%	24,50%	29,10%	20,60%	23,45%	16,14%	19,86%	19,56%	16,89%	20,35%	22,34%	19,80%	21,77%	27,85%	24,65%	30,35%			
B. Exotico	19,54%	17,53%	20,65%	23,10%	18,60%	20,15%	17,53%	22,34%	17,14%	20,89%	24,67%	25,19%	23,78%	21,73%	25,45%	29,45%	32,34%			
Σ	392%	385%	348%	376%	318%	335%	306%	322%	378%	418%	360%	407%	378%	364%	400%	417%	428%			
PROMEDIO	65,29%	64,22%	57,96%	62,65%	52,94%	55,84%	50,93%	53,72%	62,98%	69,59%	60,03%	67,83%	63,07%	60,68%	66,59%	69,49%	71,30%			

TIPO DE BOSQUE	% DE HUMEDAD EN LOS SUELOS PAMPAS DE SALASACA																
	SEPTIEMBRE				OCTUBRE					NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	01-09-2008	08-09-2008	15-09-2008	22-09-2008	29-09-2008	06-10-2008	13-10-2008	20-10-2008	27-10-2008	03-11-2008	10-11-2008	17-11-2008	24-11-2008	01-12-2008	08-12-2008	15-12-2008	22-12-2008
	B. Nativo	60,43%	54,67%	61,69%	58,54%	64,89%	66,34%	57,43%	71,65%	70,95%	71,65%	75,89%	74,23%	77,45%	80,15%	80,15%	81,34%
B. Nativo	57,67%	55,32%	59,47%	59,10%	67,32%	63,45%	60,15%	69,98%	73,67%	73,45%	78,76%	67,65%	72,56%	77,56%	76,34%	79,85%	80,25%
B. Nativo	59,69%	56,89%	61,23%	53,65%	63,12%	69,13%	66,48%	72,65%	72,98%	71,65%	70,45%	72,89%	78,89%	79,80%	71,65%	72,12%	81,76%
B. Nativo	60,35%	59,46%	63,45%	58,68%	68,90%	70,98%	69,58%	71,98%	75,98%	74,98%	79,76%	73,54%	76,45%	80,98%	70,67%	79,76%	80,47%
B. Exotico	28,35%	19,78%	23,78%	20,43%	25,68%	28,76%	22,89%	31,87%	31,45%	32,64%	28,65%	31,45%	29,65%	30,65%	30,76%	33,10%	31,17%
B. Exotico	20,63%	21,38%	22,15%	15,65%	23,45%	26,76%	29,78%	29,10%	32,17%	30,54%	31,65%	30,67%	27,78%	31,20%	30,98%	32,14%	32,23%
B. Exotico	26,45%	23,68%	29,54%	19,98%	26,54%	30,54%	27,56%	29,87%	31,65%	29,65%	32,13%	31,98%	25,60%	29,89%	31,56%	29,67%	30,56%
B. Exotico	24,56%	25,75%	22,70%	20,12%	22,57%	25,30%	21,76%	20,54%	25,56%	29,90%	27,45%	29,89%	26,89%	30,18%	32,98%	31,16%	31,45%
Σ	338%	317%	344%	306%	362%	381%	356%	398%	414%	414%	425%	412%	415%	440%	363%	439%	451%
PROMEDIO	42%	40%	43%	38%	45%	48%	44%	50%	52%	52%	53%	52%	52%	55%	0,4541875	0,548925	0,5638

ANEXO 8. Datos de Precipitación de los paramos Sachaguayco y Pampas de Salasaca.

TIPO DE BOSQUE	Resultados de Precipitación Paramo de Sachaguayco																
	SEPTIEMBRE				OCTUBRE					NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	03-09-2008	10-09-2008	17-09-2008	24-09-2008	01-10-2008	08-10-2008	15-10-2008	22-10-2008	29-10-2008	05-11-2008	12-11-2008	19-11-2008	26-11-2008	03-12-2008	10-12-2008	17-12-2008	24-12-2008
B Nativo	275	238	183	201	215	230	250	280	366	403	329	384	355	377	399	430	520
B Nativo	403	329	293	348	280	275	280	305	352	512	403	531	420	390	389	458	565
B Nativo	370	335	275	350	335	350	302	378	420	531	384	512	403	430	586	592	722
B Nativo	384	441	348	403	380	375	368	357	393	458	366	375	458	403	549	620	670
B Nativo	421	275	238	275	250	239	258	299	366	467	375	540	375	393	329	476	550
B Nativo	223	275	183	275	250	280	269	320	458	531	329	549	384	390	495	549	655
B de Pino	128	101	110	146	120	115	110	100	118	82	92	110	92	100	156	178	230
B de Pino	92	73	92	110	100	102	105	103	105	86	101	104	113	125	135	165	220
TOTAL (ml)	2296	2067	1722	2108	1930	1966	1942	2142	2578	3070	2379	3105	2600	2608	3038	3468	4132
TOTAL (mm)	115	103	86	105	97	98	97	107	129	154	119	155	130	130	152	173	207

TIPO DE BOSQUE	RESULTADOS																
	SEPTIEMBRE					OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	01-09-2008	08-09-2008	15-09-2008	22-09-2008	29-09-2008	06-10-2008	13-10-2008	20-10-2008	27-10-2008	03-11-2008	10-11-2008	17-11-2008	24-11-2008	01-12-2008	08-12-2008	15-12-2008	22-12-2008
B Nativo	238	183	293	238	275	311	293	366	350	330	368	375	382	350	365	345	375
B Nativo	201	192	256	243	311	275	220	348	367	380	350	370	399	375	350	360	389
B Nativo	256	201	238	183	275	329	320	384	320	355	370	399	359	385	379	384	400
B Nativo	284	220	275	293	329	366	348	384	390	389	365	378	345	399	398	365	390
B Pino	137	92	128	92	146	165	128	183	195	170	165	155	167	155	160	158	140
B Pino	113	101	123	64	128	154	174	174	198	155	189	150	168	166	170	184	165
B Pino	134	119	137	92	146	174	165	179	190	165	190	182	179	180	190	155	130
B Pino	128	106	234	119	82	110	201	137	128	130	128	135	150	170	160	160	190
TOTAL (ml)	1491	1214	1684	1324	1692	1884	1849	2155	2138	2074	2125	2144	2149	2180	2172	2111	2179
TOTAL (mm)	75	61	84	66	85	94	92	108	107	104	106	107	107	109	109	106	109

