



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**FICAYA**

## **CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**“IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS  
HÍDRICOS DE CONSUMO HUMANO EN LA MICROCUENCA DEL  
RÍO IRUBÍ, MEDIANTE EL MODELO SWAT Y PROPUESTA DE  
MANEJO DEL RECURSO”**

**AUTORA: Pantoja Imbaquingo Eliana Rebeca**

**DIRECTOR: Ing. Oscar Rosales**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN



## OBJETIVO GENERAL

Realizar el modelo hidrológico de los servicios ecosistémicos hídricos de consumo humano en la microcuenca del río Irubí, para proponer el manejo del recurso

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS



Caracterizar los aspectos climáticos, hidrológicos y cobertura vegetal de la microcuenca



Aplicar el modelo hidrológico SWAT en la producción de agua y aporte de sedimentos



Proponer el manejo del recurso hídrico en base a los datos obtenidos con el modelo

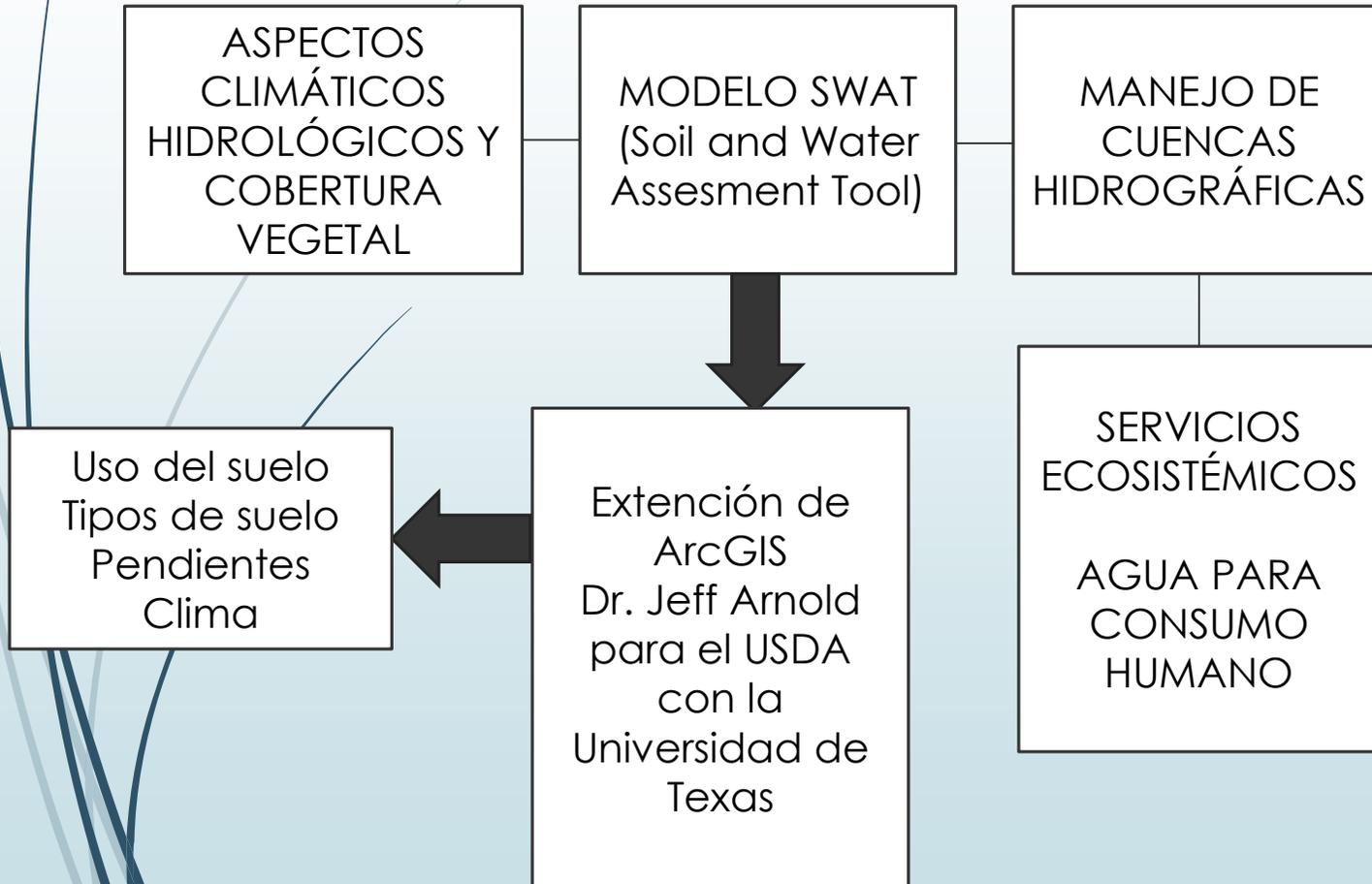


# PREGUNTA DIRECTRIZ

- ¿Los servicios ecosistémicos hídricos obtenidos con el modelo hidrológico son diferentes para los años 2009 y 2013?

# CAPÍTULO II

## REVISIÓN DE LITERATURA



## MARCO LEGAL

Constitución Política de la República del Ecuador del año 2008

Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua

Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

Plan nacional del Buen Vivir

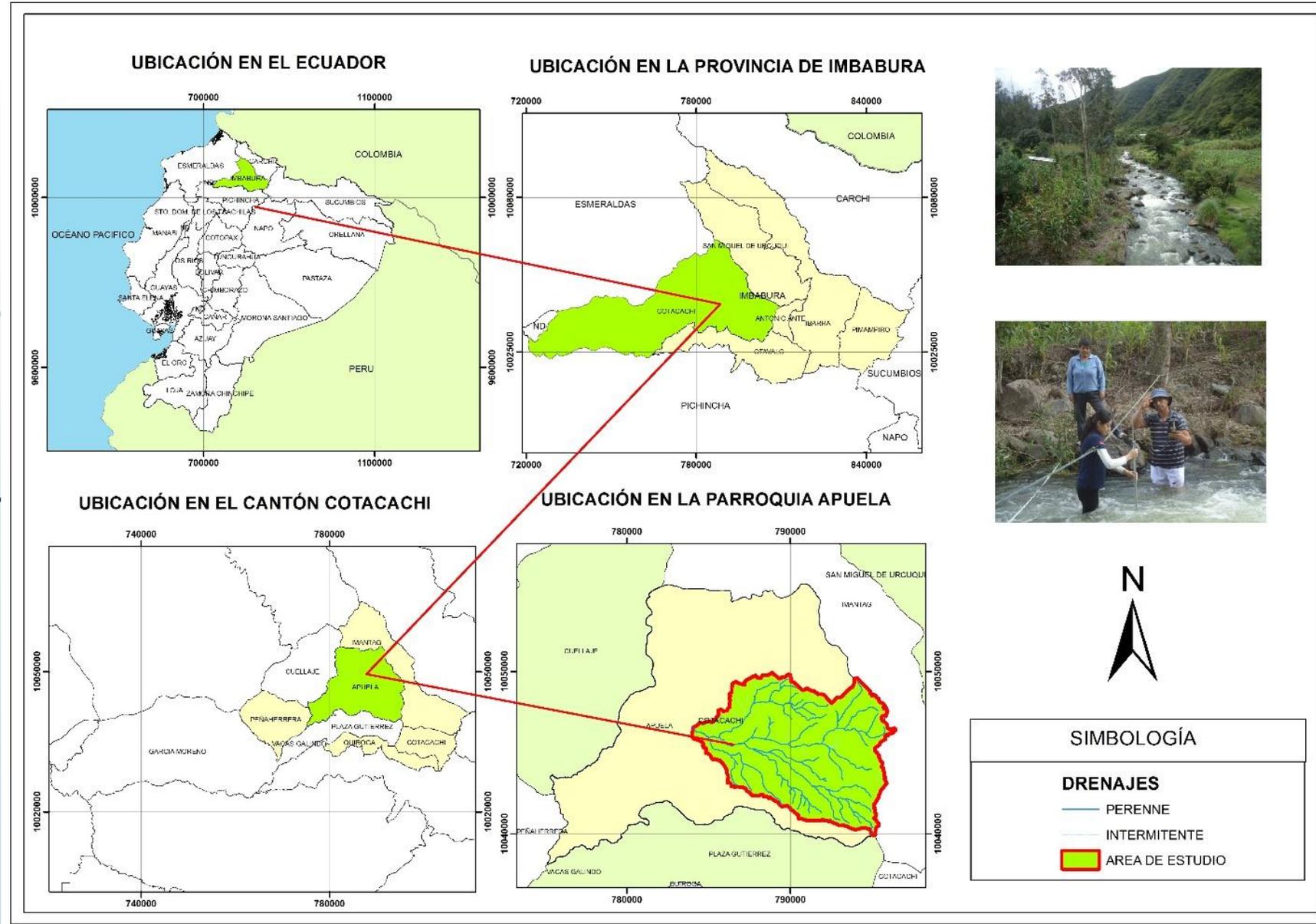
# CAPÍTULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales y equipos utilizados

Equipos	Materiales de campo	Materiales de oficina
<ul style="list-style-type: none"><li>• Molinete electrónico</li><li>• Navegador GPS (Sistema de posicionamiento global)</li><li>• Cámara fotográfica</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Libreta de campo</li><li>• Botas de caucho</li><li>• Poncho de aguas</li><li>• Cartografía base digital del IGM a escala 1:50000</li><li>• Flexómetro de 30 m</li><li>• Vehículo 4x4</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Computador personal</li><li>• Anuarios hidrológicos y meteorológicos del INAMHI</li><li>• Software ARCGIS 10.2</li><li>• Extensión ArcSWAT 2012</li></ul>

# ÁREA DE ESTUDIO



1 960 msnm en la parte baja y 4 880 msnm en la parte alta; la superficie total es de 7 738,61 hectáreas

# MÉTODOS

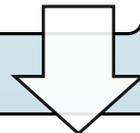
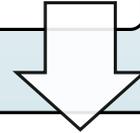
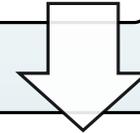
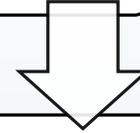
Caracterización del área de estudio

Recopilación y digitalización cartográfica base

Aplicación del modelo hidrológico SWAT

Calibración y validación del modelo hidrológico SWAT

Elaboración de propuesta de manejo del recurso hídrico



# CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

- Análisis de los parámetros de temperatura y precipitación utilizando datos meteorológicos de las estaciones Apuela, Inguincho, y Otavalo de la base de datos del INAMHI (2013)

## ASPECTOS CLIMÁTICOS

## ASPECTOS HIDROLÓGICOS:

- Análisis de drenajes principales y secundarios, cantidad, oferta y demanda de agua.

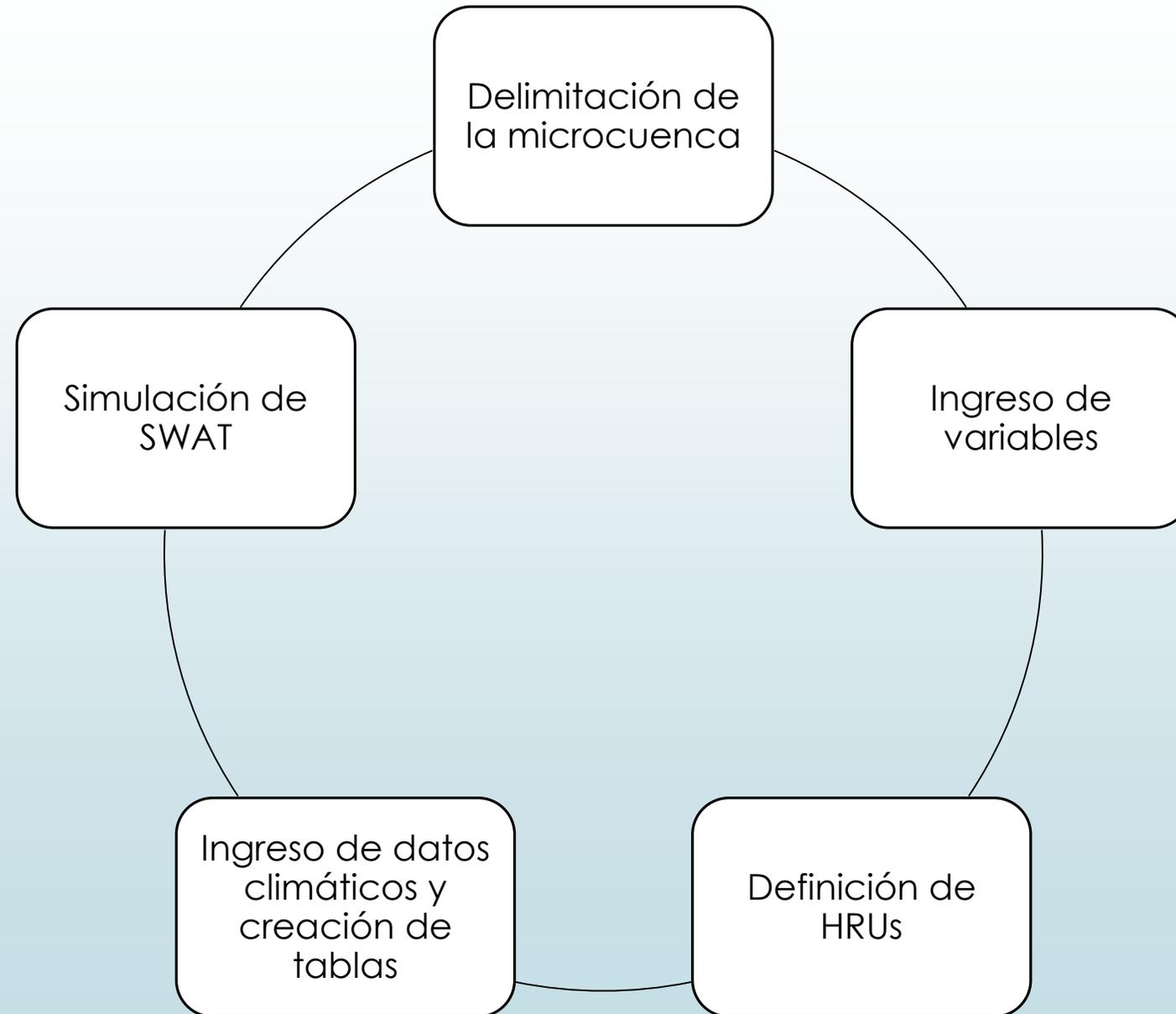
- La caracterización de la cobertura vegetal se realizó por medio de uso y cobertura vegetal. Esta información fue obtenida de salidas de campo y cartografía temática adquirida del SNI (2013).

## COBERTURA VEGETAL

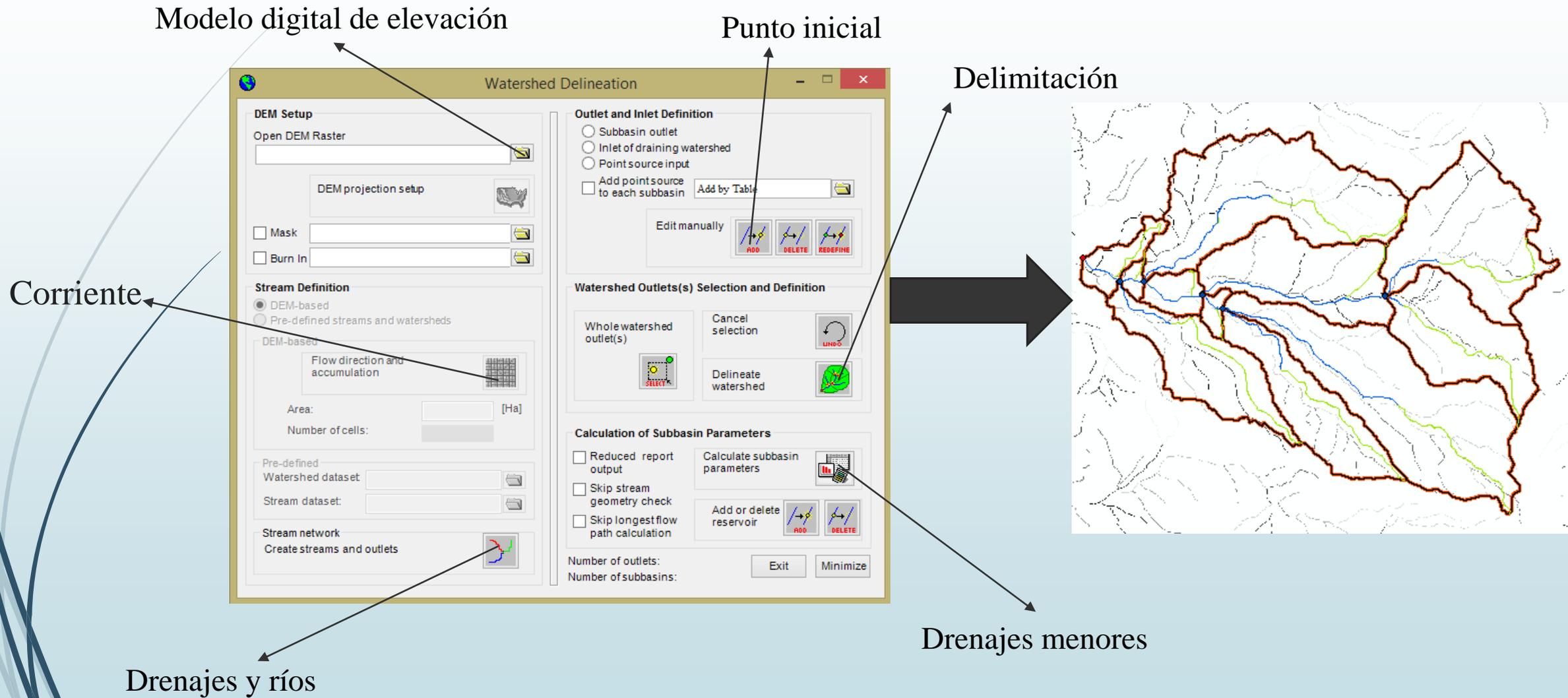
# RECOPILOACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE CARTOGRÁFICA BASE

- ▶ Mapa de ubicación
- ▶ Mapa base
- ▶ Mapa hidrológico
- ▶ Mapa de tipos de suelo
- ▶ Mapa de Isoyetas media anuales
- ▶ Mapa de Isotermas medias anuales
- ▶ Mapa Tipos de clima
- ▶ Mapa de zonas de vida
- ▶ Mapa de uso actual del suelo (2013)
- ▶ Mapa de cobertura vegetal (2013)
- ▶ Mapa de uso potencial del suelo

# APLICACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO SWAT



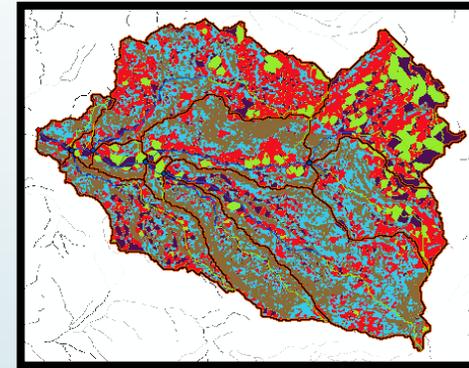
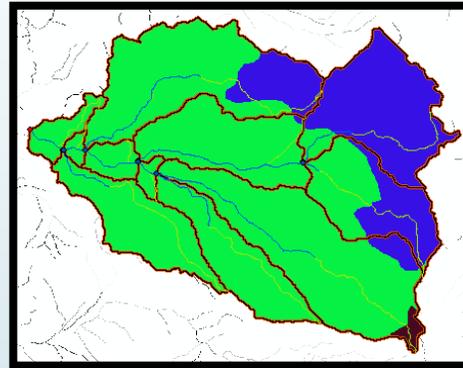
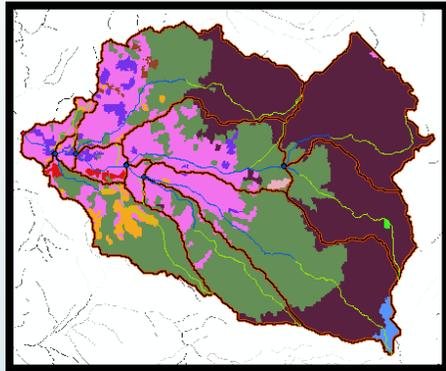
# DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA





# DEFINICION DE HRUs (unidades de respuesta hidrológica)

- Uso del suelo
- Texturas del suelo
- Definición de pendientes



## CREACIÓN DE TABLAS

- Datos de estaciones

# SIMULACIÓN DE SWAT

Setup and Run SWAT Model Simulation

Period of Simulation

Starting Date : 1/1/2009 Ending Date : 12/31/2013

Rainfall Sub-Daily Timestep

Timestep: [ ] Minutes

Rainfall Distribution

Skewed normal  
 Mixed exponential 1.3

SWAT.exe Version

32-bit, debug  32-bit, release  
 64-bit, debug  64-bit, release  
 Custom (swatUser.exe)

Printout Settings

Daily  Yearly  Print Log Flow  Print Pesticide Output  
 Monthly NYSKIP : 0  Print Hourly Output  Print Soil Storage  
 Print Soil Nutrient  Route Headwaters  Print Binary Output  
 Print Water Quality Output  Print Snow Output  Print Vel./Depth Output  
 Print MGT Output  Print WTR Output  Print Calendar Dates  
 Limit HRU Output

Set CPU Affinity  
CPU ID: 1

Setup SWAT Run Run SWAT Cancel



# CALIBRACIÓN

Interface de ArcSWAT  
SWAT CUP (Calibration Uncertainty or  
Sensitivity Program)

Algoritmo SUFI-2

ESCO: Factor de compensación por evaporación en el suelo.  
GW\_DELAY: Tiempo de retraso del almacenaje de aguas subterráneas  
ALPHA\_BF: Factor Alfa del flujo base  
GWQMIN: Valor del umbral de profundidad de agua en el acuífero superficial  
GW\_REVAP: Coeficiente REVAP de agua subterránea  
SFTMP: Temperatura de nevadas  
CN2: curva número promedio

# VALIDACIÓN

Comparación con caudales aforados

Fórmula de correlación y regresión lineal  
 $R^2=1$

# ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO.

La propuesta fue elaborada en el siguiente proceso esquemático:

- Se definió los datos generales de la propuesta, su cobertura y localización.
- Se realizó un diagnóstico general de los problemas y conflictos actuales en la calidad y cantidad de agua para consumo humano en la microcuenca del río Irubí.
- Por medio de una matriz FODA se definió las estrategias de manejo
- Se identificó a los implicados en el manejo del recurso hídrico, tanto los beneficiarios, como los agentes contaminantes y las entidades responsables y encargadas de su conservación y control.

- 
- Se enlistó las estrategias de ejecución que contienen los proyectos que serán elaborados en relación a los impactos negativos ya determinados.
  - Con el objetivo planteado se definieron las actividades que den soluciones en cada proyecto, considerando medidas de protección, conservación y prevención, que con el apoyo de los beneficiarios y los responsables del cumplimiento puedan ser alcanzados.

# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ► CARACTERIZACION DEL AREA

Aspectos climáticos, hidrológicos y de cobertura vegetal

### ASPECTOS CLIMÁTICOS

#### Apuela-Intag

MES	PRECIPITACIÓN (mm)
ENE	286.48
FEB	287.10
MAR	206.13
ABR	263.48
MAY	70.33
JUN	43.73
JUL	41.35
AGO	6.78
SEP	60.73
OCT	120.57
NOV	44.93
DIC	128.30

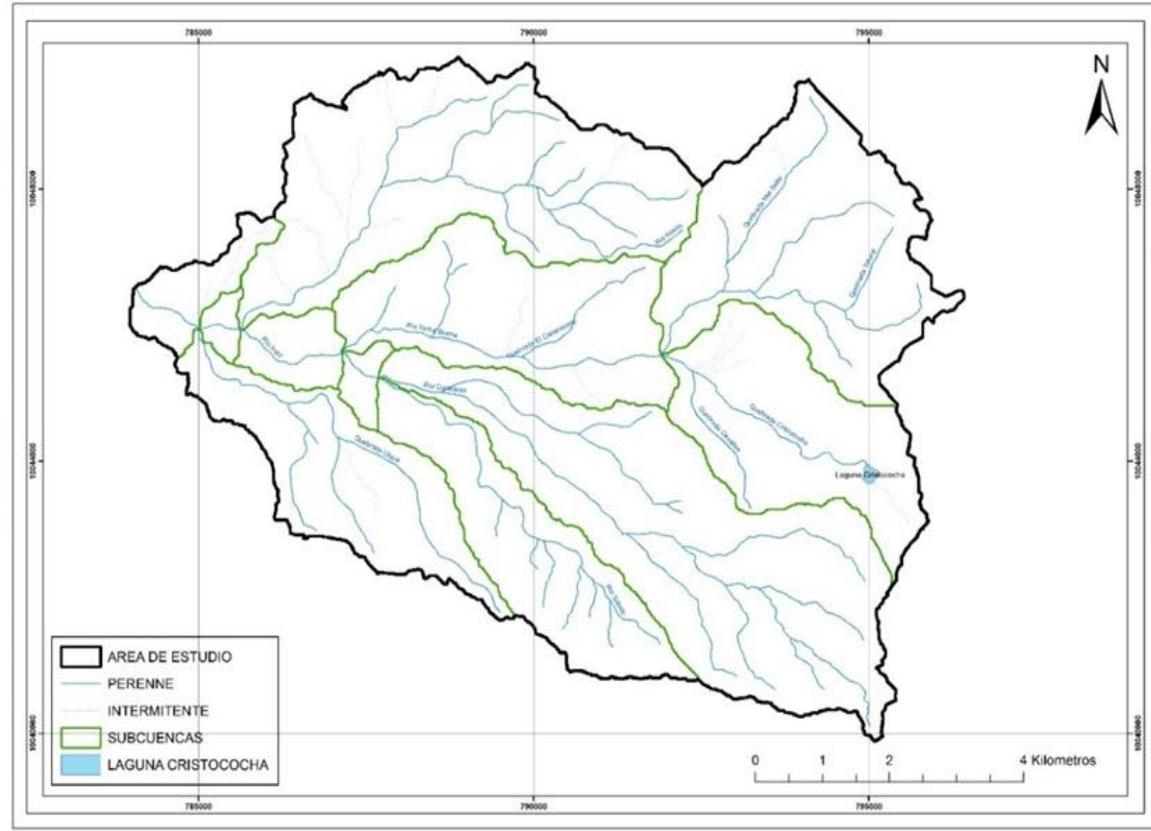
#### Inguincho

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
ENE	119.08	9.55
FEB	159.32	11.37
MAR	174.05	10.08
ABR	134.35	10.81
MAY	68.73	9.94
JUN	21.91	10.32
JUL	20.83	10.03
AGO	43.64	10.04
SEP	110.20	10.77
OCT	133.17	10.16
NOV	117.52	10.70
DIC	123.36	10.40

#### Otavalo

MES	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)
ENE	120.60	14.09
FEB	105.11	14.52
MAR	56.77	13.58
ABR	38.28	14.19
MAY	19.28	14.17
JUN	39.55	13.97
JUL	66.18	14.69
AGO	83.83	14.28
SEP	75.58	14.70
OCT	78.25	14.58
NOV	83.87	13.61
DIC	103.39	14.69

# ASPECTOS HIDROLOGICOS



Cantidad de escorrentía superficial de  $2.22 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $2226.01 \text{ l/s}$ )

Para la época seca se obtuvo un caudal de  $1,58 \text{ m}^3/\text{s}$ ; con un caudal ecológico de  $1,49 \text{ m}^3/\text{s}$ ; esto quiere decir que en esta época se puede aprovechar un caudal de  $0,079 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $6825,6 \text{ m}^3/\text{d}$ ). Para la época lluviosa el caudal medio es de  $2.48 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $214272 \text{ m}^3/\text{d}$ ), considerando el caudal ecológico antes mencionado, se cuenta con un caudal aprovechable de  $0,99 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $85536 \text{ m}^3/\text{d}$ ).

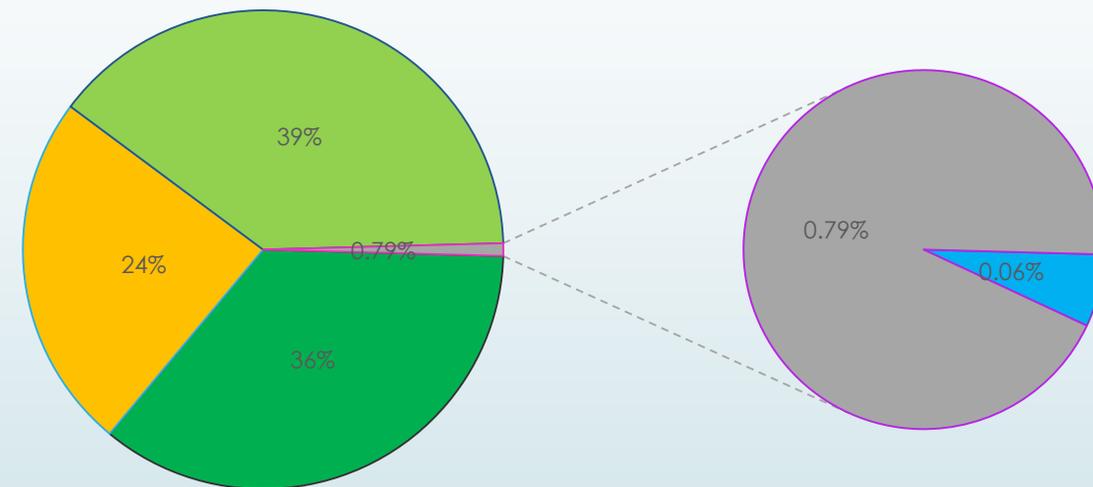
Dentro de la microcuenca se encuentran total de 240 personas. Según la encuesta Nacional de empleo, desempleo y subempleo realizada por el (INEC, 2012) en la provincia de Imbabura cada persona consume diariamente una cantidad de 170 litros de agua; es así que en la microcuenca del río Irubí se consume diariamente la cantidad de  $42500 \text{ l/día}$  ( $42,5 \text{ m}^3/\text{d}$ ).

Para definir la demanda de agua dentro de la microcuenca en época seca se tomó el caudal aprovechable menos el caudal a ser consumido obteniendo un caudal sobrante de  $6738,1 \text{ m}^3/\text{d}$ . Para la época lluviosa se encontró un excedente de  $85493,5 \text{ m}^3/\text{d}$ .

# COBERTURA VEGETAL

Cobertura	Área (has)	Porcentaje (%)
Bosque	2755.55509	35.61
Tierra agropecuaria	1870.32717	24.17
Vegetación arbustiva	3046.97319	39.37
Cuerpo de agua	4.30174	0.06
Otras áreas	61.452803	0.79
Total	7738.61	100

COBERTURA VEGETAL

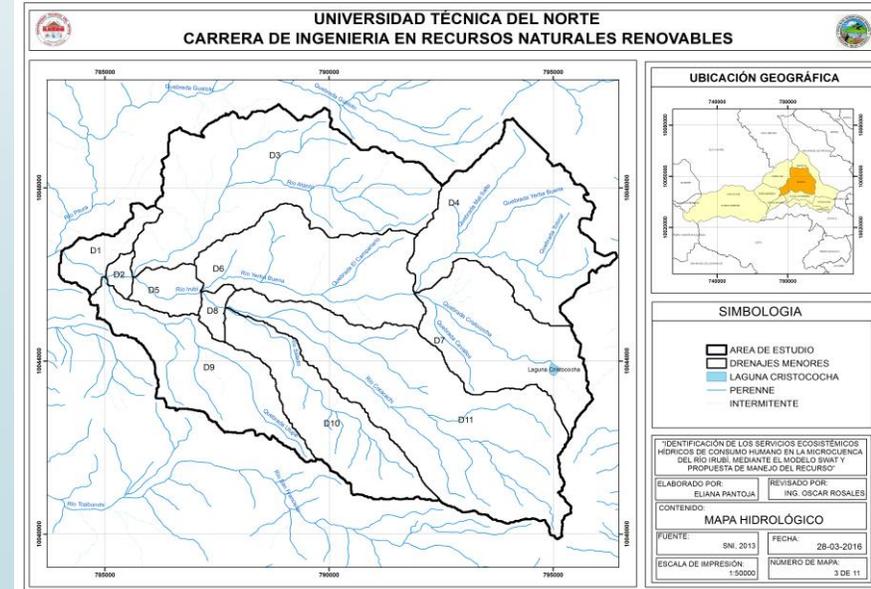
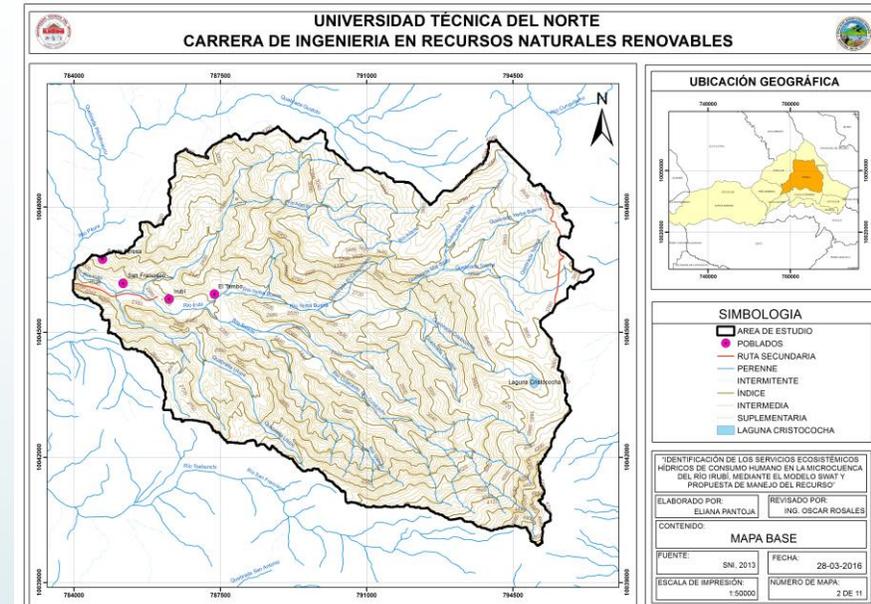


■ BOSQUE ■ TIERRA AGROPECUARIA ■ VEGETACIÓN ARBUSTIVA  
■ CUERPO DE AGUA ■ OTRAS AREAS

# CARTOGRAFIA TEMÁTICA

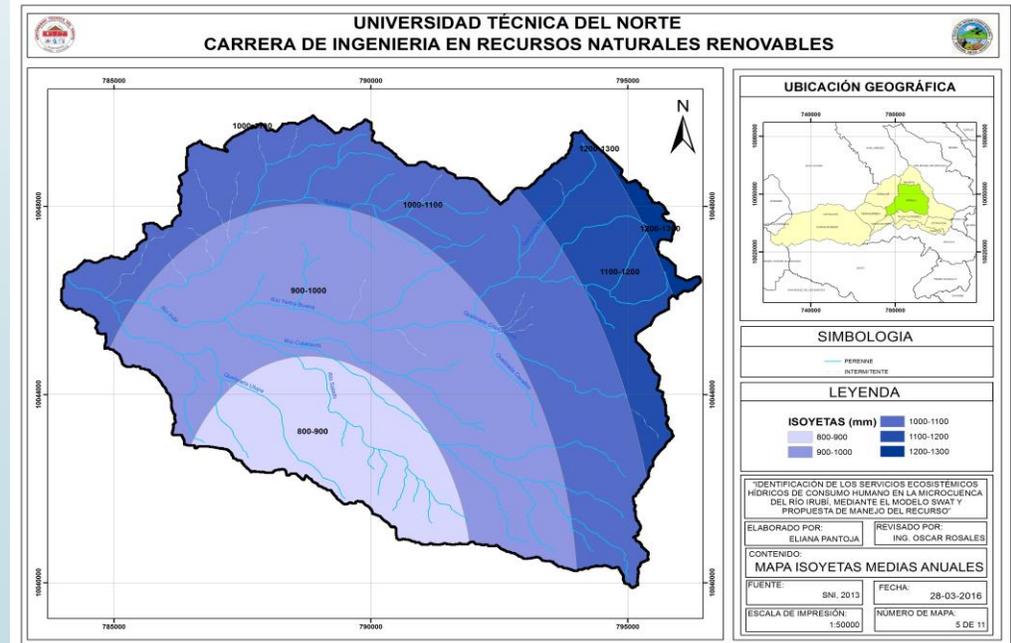
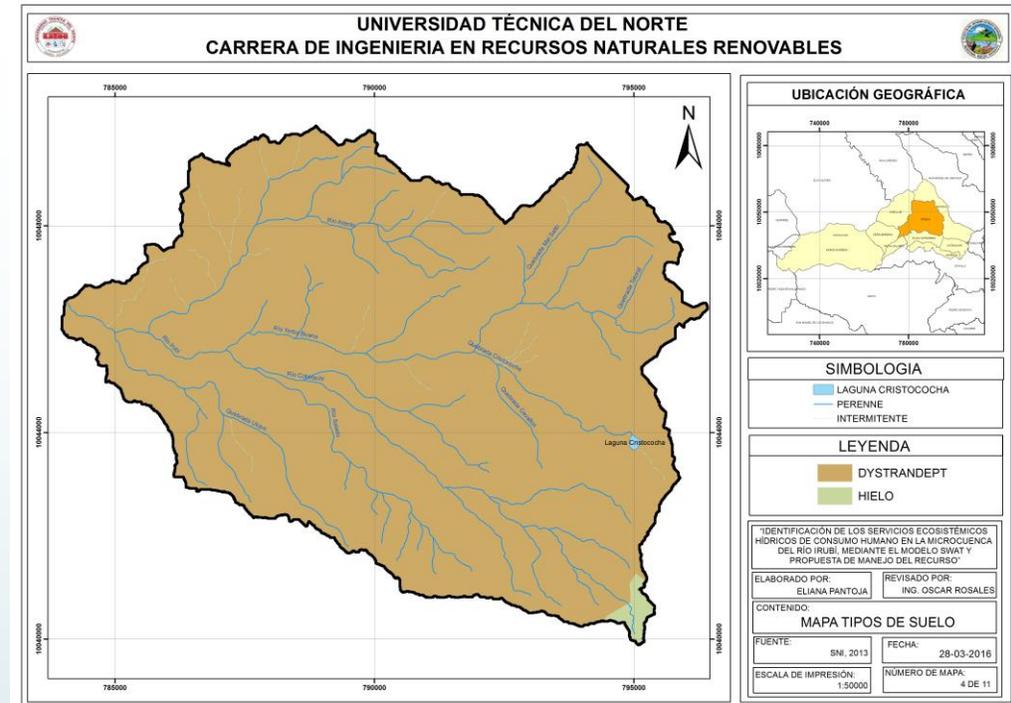
El área de estudio tiene un área de 7738,61 has, se encuentra en un rango altitudinal de 1960 a 4880 msnm, tiene dos principales vías de acceso y se encuentran las comunidades de Irubí y Guamirla.

Nombre	Tipo
Quebrada Ulupe	PERENNE
Quebrada Cristococha	PERENNE
Río Irubí	PERENNE
Quebrada Mal Salto	PERENNE
Río Salado	PERENNE
Río Atanto	PERENNE
Río Yerba Buena	PERENNE
Río Cotacachi	PERENNE
Quebrada Campanario	PERENNE
Quebrada Totoral	PERENNE
Quebrada Cevallos	PERENNE



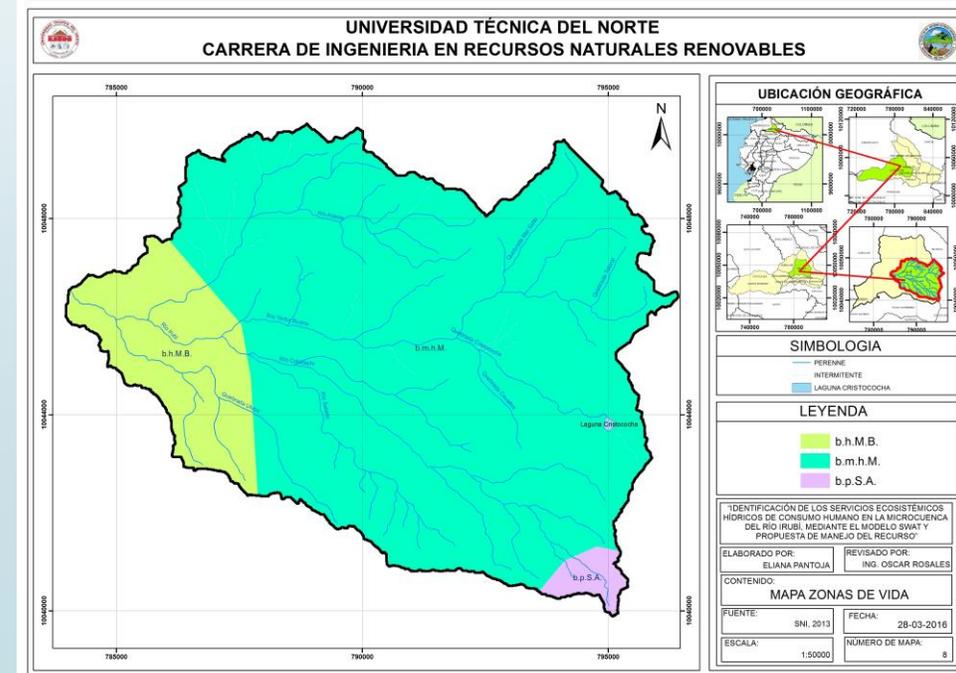
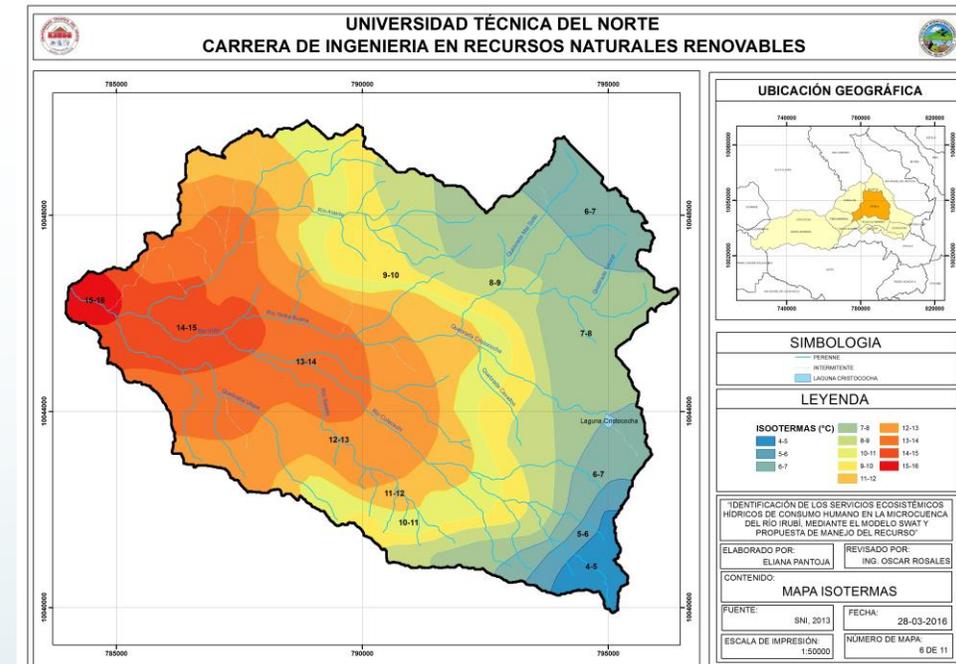
Orden	Grangrupo	Area (has)	Porcentaje (%)
Hielo	Hielo	53.75	0.69
Inceptisol	Dystrandept	7684.86	99.31
<b>Total</b>		7738.61	100

Rango	Área (has)	Porcentaje (%)
800-900	1176.44	15.20
900-1000	3058.98	39.53
1000-1100	2600.19	33.60
1100-1200	806.32	10.42
1200-1300	96.69	1.25
Total	7738,61	100



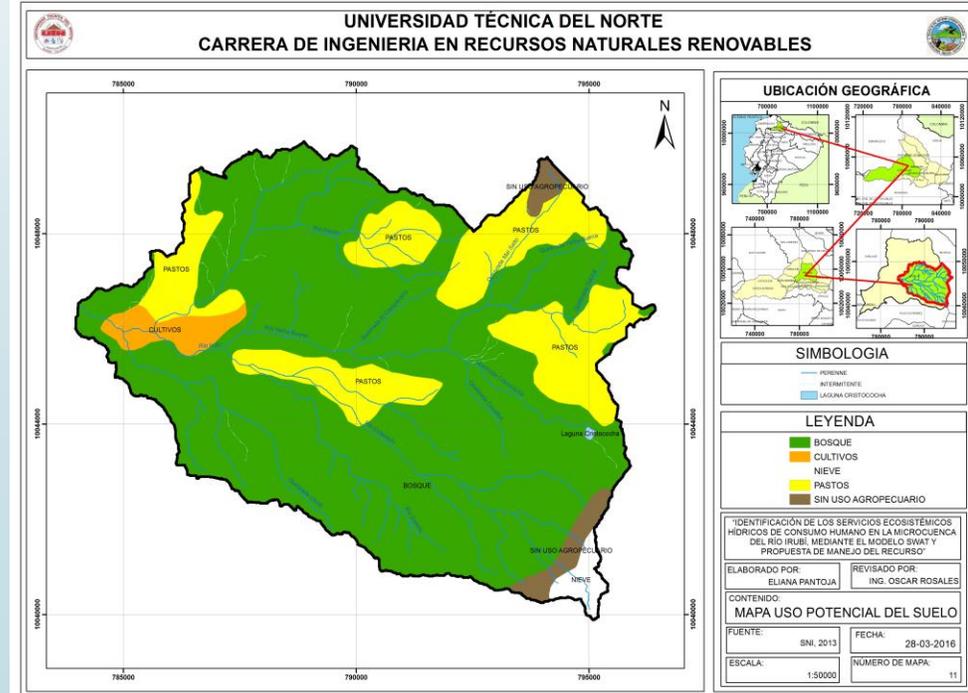
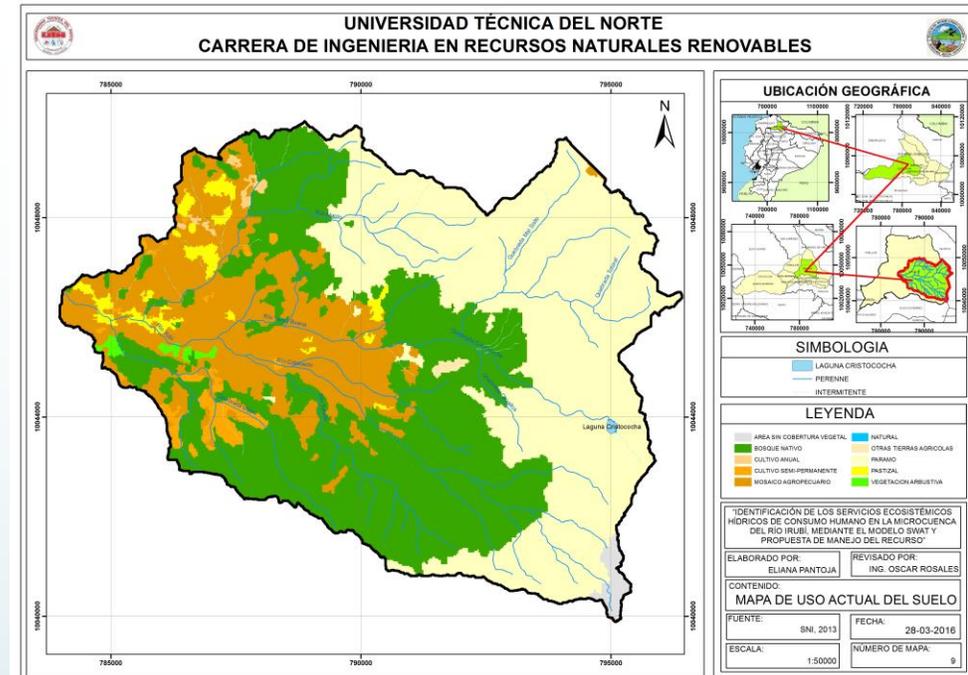
Rango (°C)	Área (has)	Porcentaje (%)
4-5	149.3	1.93
5-6	115.9	1.50
6-7	636.5	8.22
<b>7-8</b>	<b>1175.9</b>	<b>15.20</b>
8-9	692.8	8.95
9-10	649.5	8.39
10-11	701.3	9.06
11-12	810.9	10.48
12-13	1095.1	14.15
13-14	1102.7	14.25
14-15	512.8	6.63
15-16	95.9	1.24
TOTAL	7738,61	100

CODIGO	ZONA DE VIDA	AREA (HAS)	PORCENTAJE (%)
b.p.S.A.	BOSQUE PLUVIAL SUB ALPINO	136.18	1.76
<b>b.m.h.M.</b>	<b>BOSQUE MUY HUMEDO MONTANO</b>	<b>6558.87</b>	<b>84.76</b>
b.h.M.B.	BOSQUE HUMEDO MONTANO BAJO	1043.55	13.49
TOTAL		7738.61	100



Uso actual	Área (has)	Porcentaje (%)
Bosque nativo	2755.56	35.60788167
Pastizal	155.82	2.013596046
Vegetación arbustiva	32.23	1.16948883
<b>Páramo</b>	<b>3014.75</b>	<b>38.9572195</b>
Natural	4.30	0.055588019
Area sin cobertura vegetal	61.45	0.794106474
Cultivo semi-permanente	139.84	1.807097166
Otras tierras agrícolas	15.69	0.202802066
Mosaico agropecuario	1535.78	19.84565592
Cultivo anual	23.19	0.299622943
<b>Total</b>	<b>7738.61</b>	<b>100</b>

Aptitud	Área (has)	Porcentaje (%)
<b>Bosque</b>	<b>5682.53</b>	<b>73.43</b>
Cultivos	181.85	2.35
Pastos	1591.54	20.57
Sin uso agropecuario	181.43	2.34
Nieve	101.26	1.31
<b>Total</b>	<b>7738.61</b>	<b>100</b>



# MODELAMIENTO HIDROLÓGICO SWAT

		VARIABLES CLIMÁTICAS													
ESTACIÓ		TMPMX	TMPMN	TMPSTDMX	TMPSTDMN	PCPM		PCPSK	PR_W	PR_W		RAINHHM	SOLAR		WDA
N	MES					M	PCPSTD	W	1	2	PCPD	X	V	DWPT	V
M318	ENE	21.66	9.75	0.54	0.36	60.59	2.30	1.07	0.03	0.94	5.15	9.10	15.26	12.36	3.60
	FEB	21.20	9.49	0.75	0.64	62.59	3.07	1.19	0.04	0.89	6.83	9.92	13.85	12.19	3.50
	MAR	22.31	10.06	0.74	0.41	40.09	2.06	0.98	0.06	0.84	4.11	6.42	15.10	12.57	4.40
	ABR	22.17	9.87	0.85	0.56	45.53	2.88	1.56	0.03	0.87	5.97	10.80	13.40	12.55	4.50
	MAY	22.65	9.95	0.71	0.59	25.58	2.19	1.74	0.10	0.77	4.00	6.94	14.11	12.60	5.00
	JUN	22.52	10.09	0.57	0.47	12.29	1.34	3.09	0.23	0.37	1.97	6.24	13.85	12.46	5.90
	JUL	22.17	9.80	0.68	0.47	7.91	1.02	3.26	0.19	0.23	2.18	4.80	14.78	12.34	7.30
	AGO	22.61	9.91	0.63	0.33	5.13	0.73	3.33	0.13	0.06	2.25	3.32	15.76	12.30	7.80
	SEP	22.87	9.86	0.81	0.46	12.49	0.78	3.22	0.23	0.20	1.62	1.76	16.88	12.35	7.40
	OCT	22.62	9.63	0.83	0.78	30.27	1.50	1.27	0.06	0.84	3.56	5.90	16.38	12.41	5.50
	NOV	22.12	9.45	0.66	0.47	41.49	2.63	2.02	0.03	0.90	5.62	11.90	16.46	12.59	4.60
	DIC	21.27	9.28	0.82	0.51	52.48	3.15	1.32	0.00	0.94	6.99	9.76	15.81	12.30	4.10

# Uso del suelo

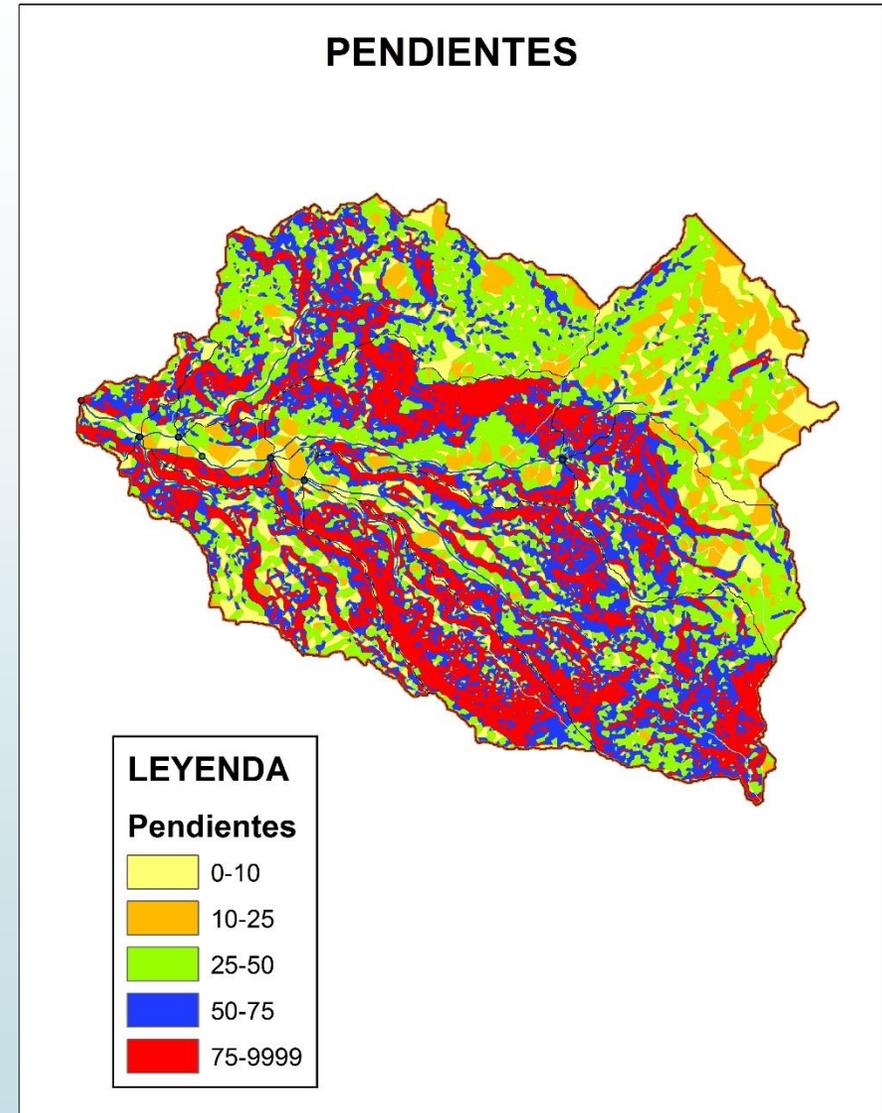
Uso del suelo (SNI)	Uso del suelo (SWAT)
Bosque nativo	FRSE (Forest Evergreen)
Pastizales	PAST (Pasture)
Vegetación arbustiva	FRST (Forest Mixed)
Páramo	RNGB (Range Brush)
Cuerpos de agua	WATR (Water)
Áreas sin cobertura vegetal	BARR (Barren)
Cultivos semi-permanentes	FPEA (Field Peas)
Otras tierras agrícolas	AGRR (Agricultural land row crops)
Mosaico agropecuario	AGRC (Agricultural lands close grown)
Cultivos anuales	COFF (Coffe)

# Texturas del suelo

Parámetros del suelo		
TIPO DE SUELO	Dystrandept	
	Franco	Franco-limoso
TEXTURA	Franco	Franco-limoso
HYDGRP	D	C
SOL_ZMX	1000	2000
ANION_EXCL	0.5	0.5
SOL_CRK	0.5	0.5
TEXTURE	Loam	Silty Loam
SOL_Z	750	1000
SOL_BD	1.44	1.37
SOL_AWC	3.2	0.18
SOL_CBN	1.72	1.72
SOL_K	18.6	12.19
CLAY	18	20
SILT	40	60
SAND	42	20
ROCK	10	10
SOL_ALB	0.18	0.18
USLE_K	0.43	0.41

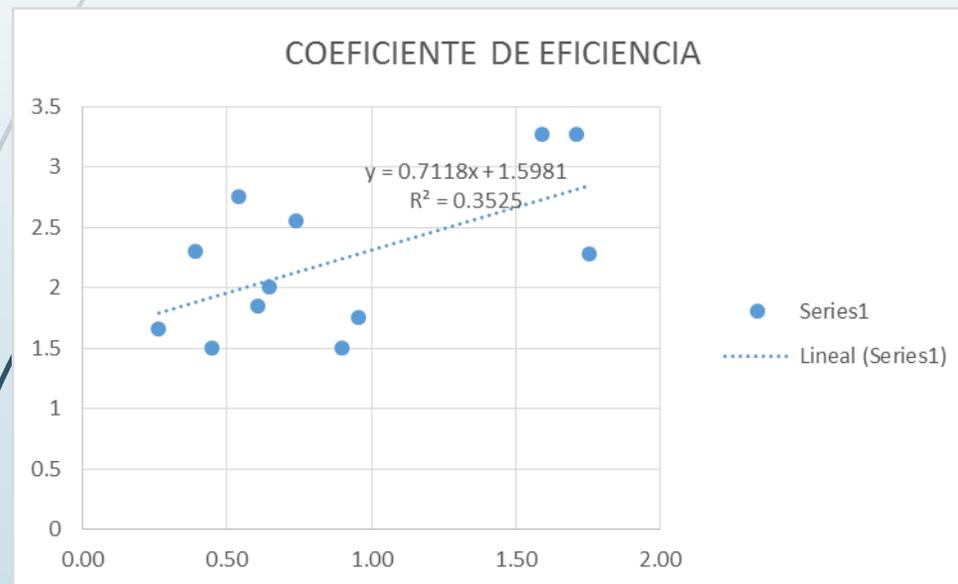
# Pendientes

PENDIENTE (%)	AREA
0-10	922.59
10-25	803.71
25-50	2247.33
50-75	1901.49
75-999	1862.52



Periodo 2009-2013 de precipitación (Prec), caudal lateral (LatQ), caudal superficial (SurQ), caudal subterráneos (GwQ), percolación (Perco.), evapotranspiración real (Et.), evapotranspiración potencial (Etp), contenido inicial de agua en el suelo (Swo) y caudal total mensual (Water yield). Inicialmente se verificó si los datos de los caudales totales mensuales eran similares a la sumatoria de los caudales superficiales, laterales y subterráneos.

## CAUDALES

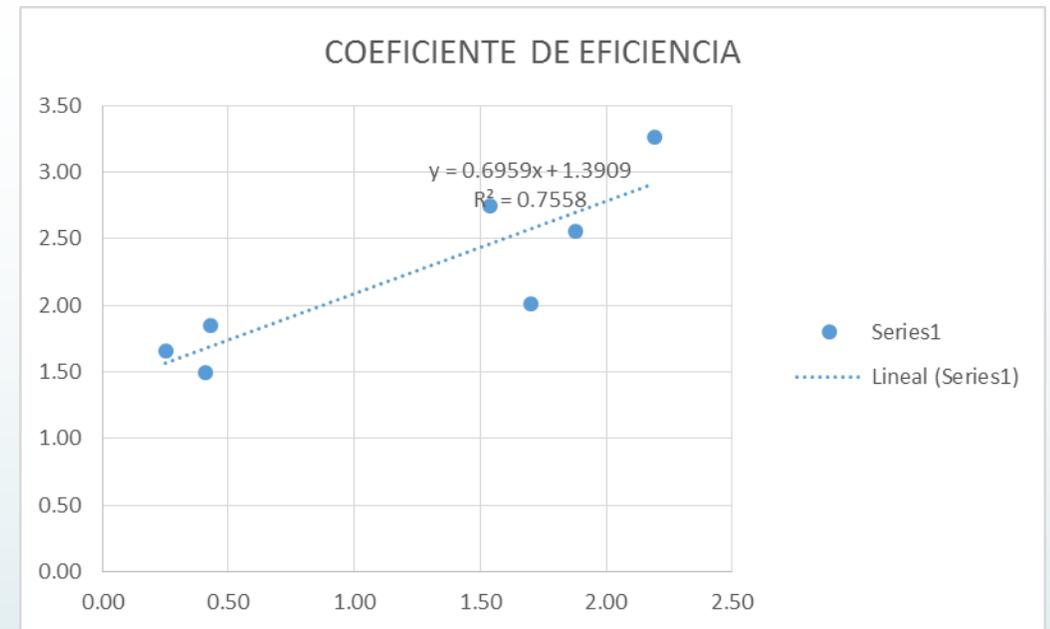


(Galván, et al, 2007)

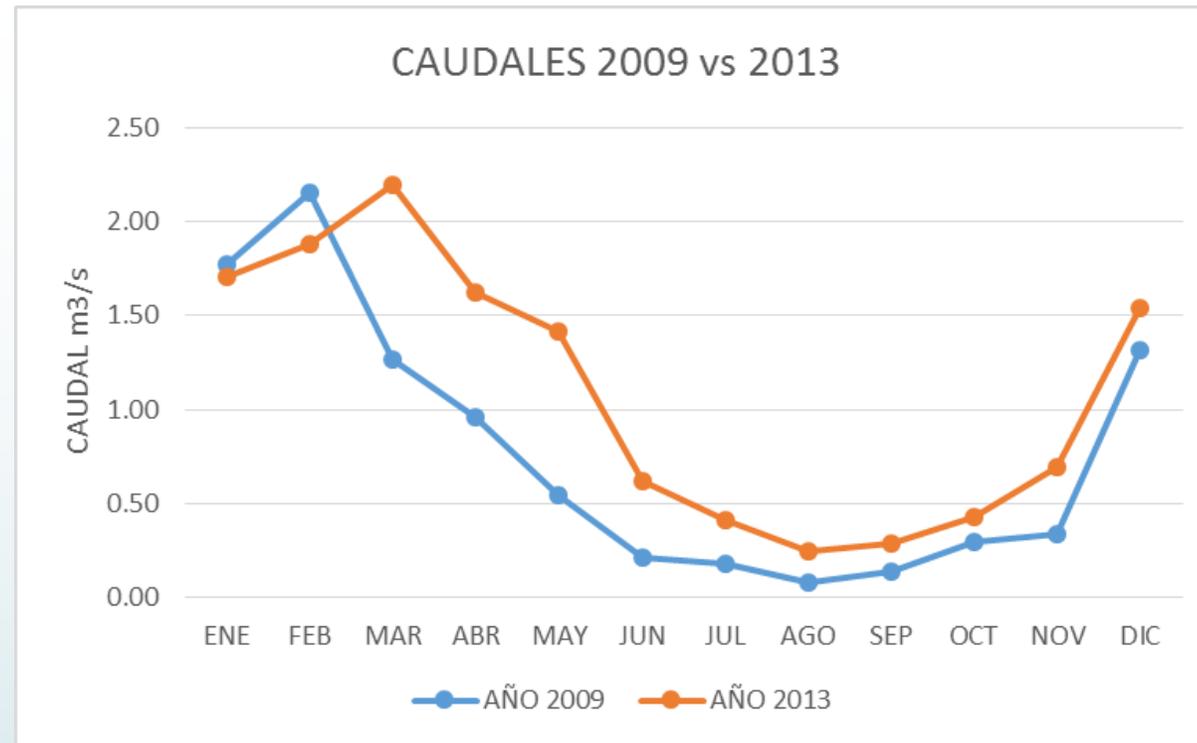
MES	2009	2010	2011	2012	2013
ENE	0.64	3.94	0.55	1.66	0.64
FEB	2.12	3.13	0.90	1.97	0.74
MAR	1.43	1.98	1.32	1.24	1.59
ABR	1.01	1.71	3.43	0.91	1.71
MAY	0.60	1.22	2.68	0.52	1.75
JUN	0.28	0.58	1.47	0.21	0.90
JUL	0.18	0.53	0.74	0.16	0.45
AGO	0.13	0.33	0.16	0.07	0.26
SEP	0.14	0.13	0.17	0.13	0.96
OCT	0.14	0.07	0.07	0.25	0.61
NOV	0.34	0.02	0.04	0.32	0.39
DIC	1.26	0.87	0.30	1.21	0.54

(Wagener, Wheater, & Gupta, 2004)

MES	2009	2010	2011	2012	2013
ENE	1.77	0.69	0.47	2.25	1.70
FEB	2.15	0.80	1.98	2.12	1.88
MAR	1.26	1.72	3.08	2.30	2.19
ABR	0.96	1.85	2.34	1.51	1.63
MAY	0.54	1.89	2.21	1.28	1.42
JUN	0.21	0.97	0.92	0.44	0.62
JUL	0.18	0.48	0.43	0.25	0.41
AGO	0.08	0.28	0.12	0.14	0.25
SEP	0.14	1.03	0.06	0.13	0.29
OCT	0.29	0.65	0.51	0.10	0.43
NOV	0.33	0.42	0.65	1.70	0.70
DIC	1.31	0.58	1.66	1.39	1.54



La calibración se realizó utilizando la interface SWAT-CUP, se ejecutaron 100 simulaciones de las cuales la que se ajustó a la realidad fue la simulación número 18.



los servicios ecosistemicos hídricos simulados por el modelo son diferentes en el año 2009 que en promedio mostró un caudal total de 0.77 m<sup>3</sup>/s en comparación con el año 2013 que mostró un caudal promedio de 1.09 m<sup>3</sup>/s.

# Resultados de aforos

MES	CANTIDAD	
	m3/s	l/s
Enero	2.007158	2007.16
Febrero	2.555561	2555.56
Marzo	3.267669	3267.67
Julio	1.497296	1497.30
Agosto	1.656990	1656.99
Octubre	1.846177	1846.18
Diciembre	2.751246	2571.25

Para la época seca se realizó las mediciones en los meses de Julio y Agosto obteniendo un caudal de 1.49 m<sup>3</sup>/s y 1.65 m<sup>3</sup>/s respectivamente con una velocidad media de 0.50 m/s para el mes de julio y 0.60 m/s en el mes de agosto.

Para la época con mayor cantidad de lluvia se tomó los meses de octubre, diciembre, enero, febrero y marzo; y se pudo observar que los meses con mayor caudal son marzo con una cantidad de 3.26 m<sup>3</sup>/s seguido de diciembre con un caudal de 2.75 m<sup>3</sup>/s con una velocidad media de 0.62 m/s y 0.69 m/s respectivamente.

# PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS

Producción de sedimentos.

Mes	Sedimentos (t/has)
Ene	1.02
Feb	2.39
Mar	2.74
Abr	3.53
May	0.81
Jun	0
Jul	0.01
Ago	0.01
Sep	1.51
Oct	0.01
Nov	0.04
Dic	0.12

Irubí 0.99 t/has.

Criterios para la valoración de los riesgos de erosión

Clase	Riesgos de erosión	Riesgo de erosión actual t/ha
1	Baja	0-12
2	Moderada	12-24
3	Alta	24-50
4	Muy alta	>50

Fuente: (FAO , 1985)

# Propuesta de manejo

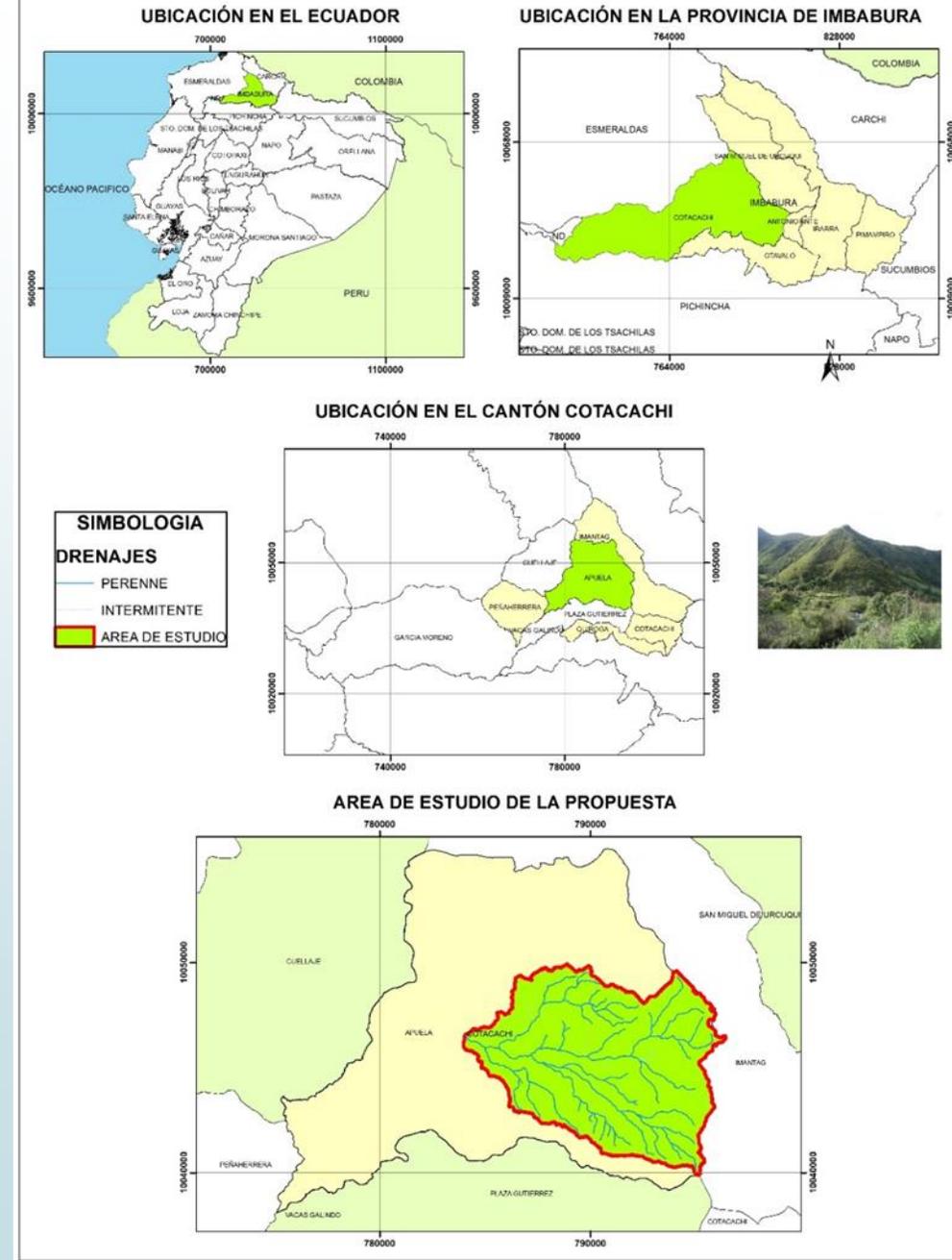
Esta propuesta de manejo servirá principalmente a los habitantes de la comunidad Irubí y a las autoridades del GAD parroquial de Apuela ya que contarán con información necesaria para poder gestionar el recurso hídrico que es de suma importancia para los pobladores.

## Diagnóstico y problema

Descripción de la situación actual del área :  
Intervención para diferentes actividades como agricultura y ganadería

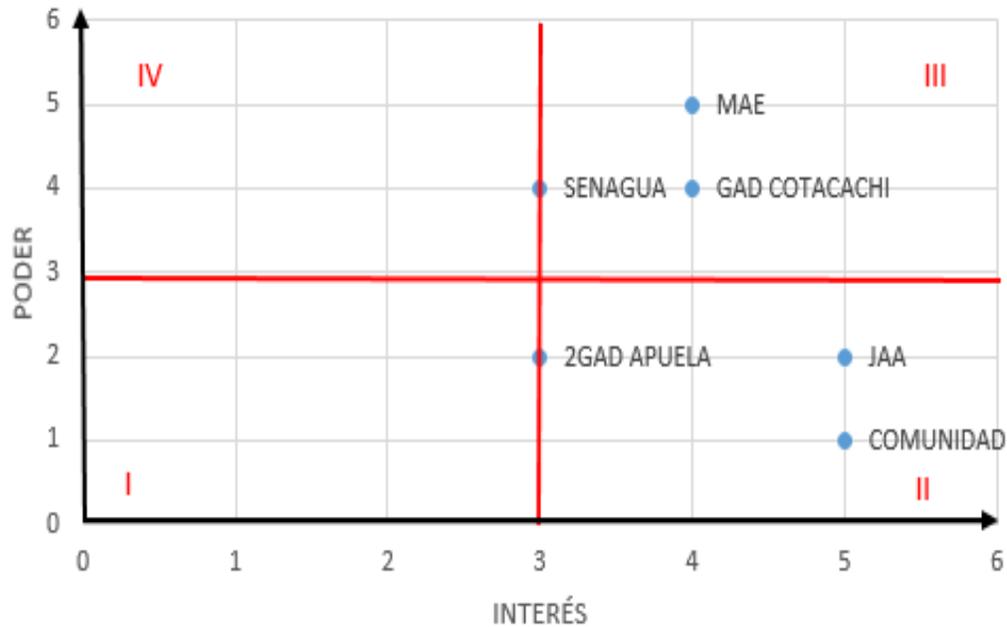
Identificación, descripción y diagnóstico del problema

### COBERTURA Y LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO



# ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS

SELECCIÓN DE ORGANIZACIONES CLAVE O ESTRATÉGICAS



Ítem	Organización	Interés		Poder	
		Descripción	Puntuación/5	Descripción	Puntuación/5
1	Comunidad	Agua de consumo	5	Grupo interesado	1
2	Junta administradora de Agua	Mejoramiento organizativo y estructural	5	Autonomía de gestión Grupo organizado	2
3	GAD Parroquial Apuela	Incentivar el desarrollo de actividades comunitarias, preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente	3	Coordinación con los demás GAD Autonomía financiera Gestión en toda la parroquia de Apuela.	3
4	GAD Municipal Cotacachi	Aplicar la propuesta de manejo	3	Gestión en todo el cantón Cotacachi Crear ordenanzas Partidas presupuestarias	4
5	SENAGUA	Protección de fuentes hídricas y manejo adecuado del agua	3	Gestión de los recursos hídricos. Gestión a nivel nacional	4
6	MAE	Conservación del ecosistema. Uso sustentable de los recursos naturales estratégicos para alcanzar el buen vivir.	4	Gestión a nivel nacional Rectoría de la gestión ambiental.	5



## Objetivo general

Elaborar la propuesta de manejo del recurso hídrico de la microcuenca del río Irubí que contenga estrategias, proyectos y actividades; para que aporten al mejoramiento, conservación y aprovechamiento del agua.

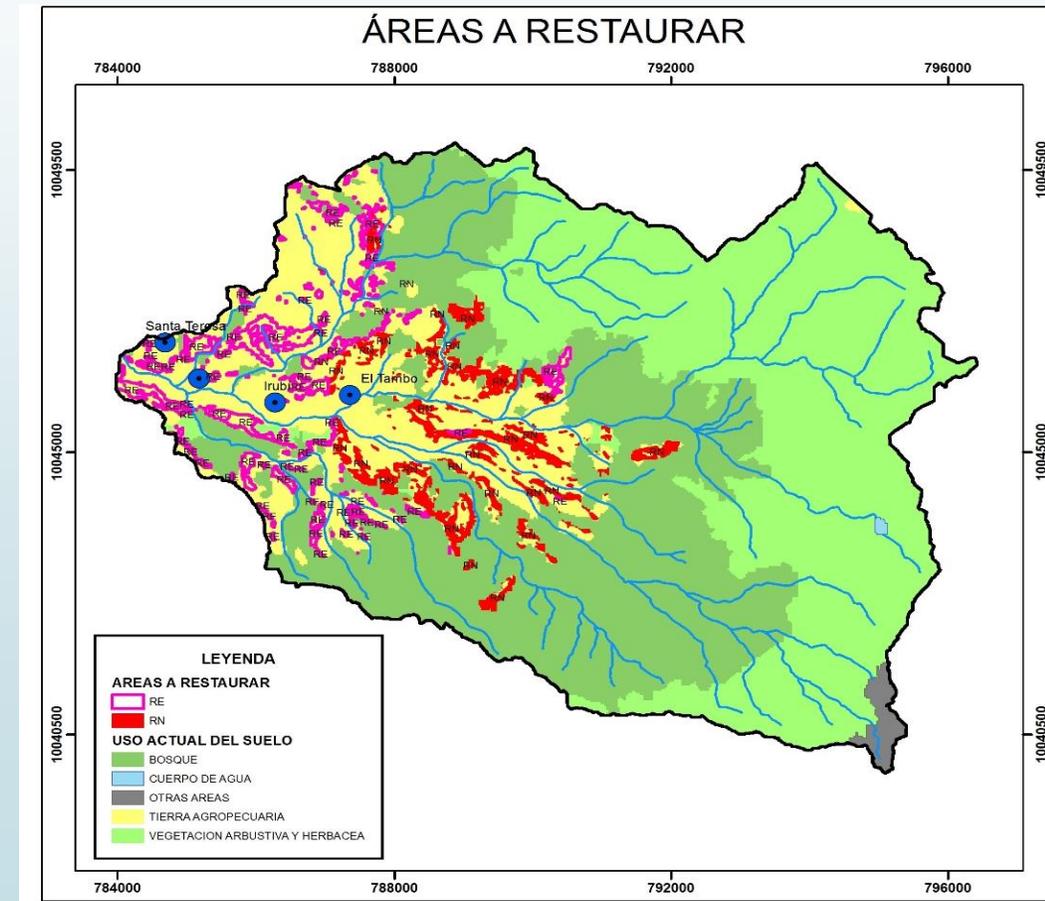
## Objetivos específicos

- Establecer estrategias para la conservación de caudales dentro de la microcuenca.
- Conseguir que la población adquiriera conocimientos sobre protección del medio ambiente y la importancia de la conservación del mismo.
- Describir proyectos y actividades que aporten a la prevención, mitigación, protección y conservación del agua

# Estrategia 1: Prevención y mitigación.

**Meta:** Prevenir y disminuir los efectos negativos por causa de malas prácticas ambientales, ejecutar obras, actividades o medidas dirigidas a moderar y atenuar los impactos perjudiciales sobre el entorno humano y natural.

Proyectos	Actividades
<ul style="list-style-type: none"><li>Proyecto de recuperación de espacios degradados.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Forestación y reforestación.</li><li>Protección de espacios en proceso de regeneración.</li></ul>



Estrategia 2: Educación ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto de Señalización de la fuente de captación de agua de consumo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de señalización</li> <li>• Señalizar las áreas prioritarias de donde se obtiene el agua para consumo humano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artículo 12 de la Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto de buenas prácticas ambientales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talleres de capacitación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Art. 209 de la Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto de socialización de la propuesta de manejo del recurso Hídrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taller de socialización de propuesta de manejo del recurso hídrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constitución Política de la República del Ecuador</li> </ul>

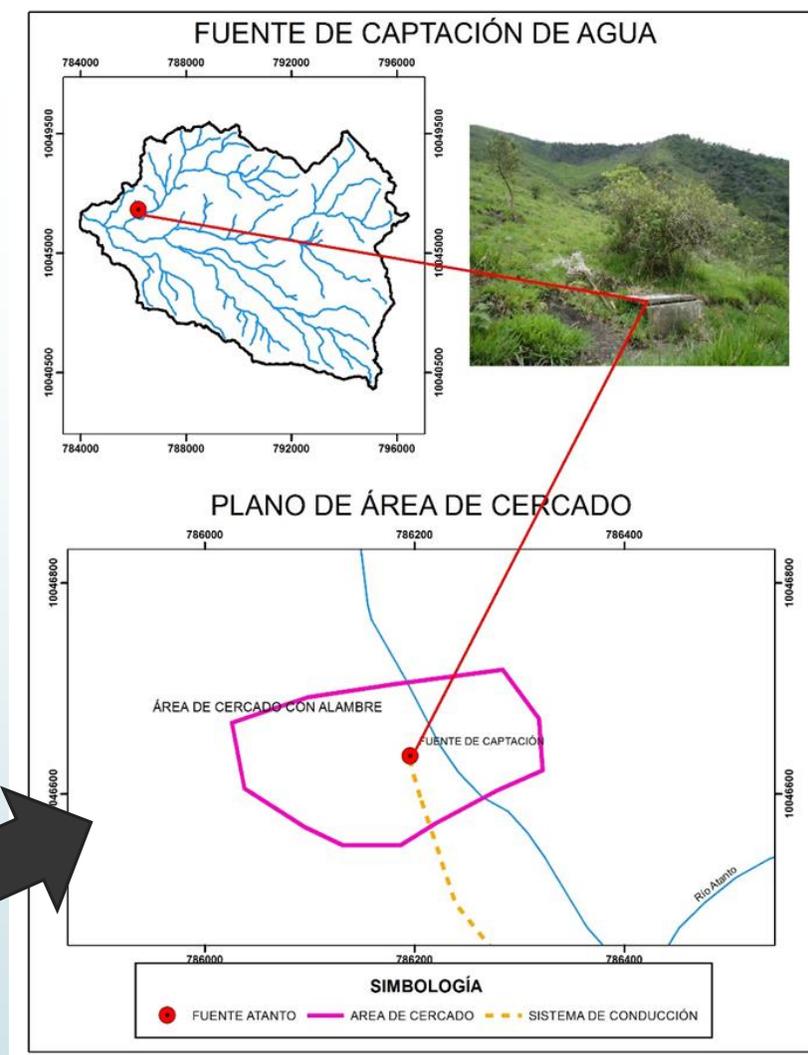
## Proyecto 2: Proyecto de conservación de la cobertura vegetal

Beneficiarios: Los beneficiarios directos serán los 230 pobladores de la microcuenca del río Irubí.

**Actividad 1:** Protección de áreas en buen estado de conservación.

La microcuenca posee una cantidad de 2755.5 hectáreas de bosque y 3046.9 hectáreas de vegetación arbustiva; dentro de las cuales se encuentra incluida el área de páramos, prioritarios para la producción de agua.

Entidad responsable: Ministerio del Ambiente, Autoridades encargadas de la Reserva ecológica Cotacachi-Cayapas



**Proyecto 3: Proyecto de uso y aprovechamiento adecuado del agua.**

**Actividad 1:** Protección física del área de las fuentes principales de abastecimiento de agua.

Para esto se debe realizar el cercado con alambre de púas y postes de cemento, en un área de 751.4 metros

150 postes de cemento y 1504 metros de alambre de púas

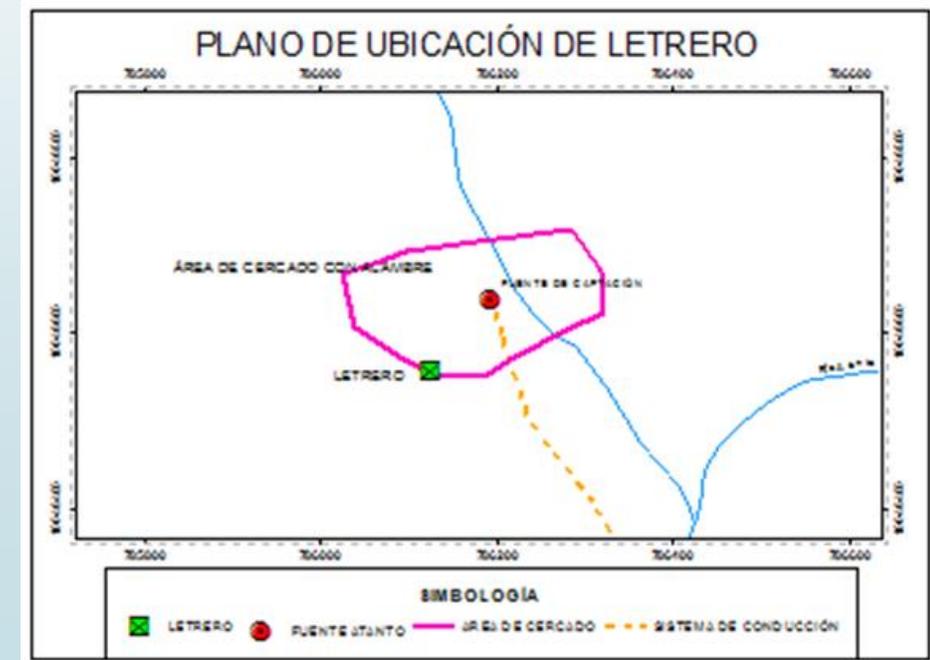
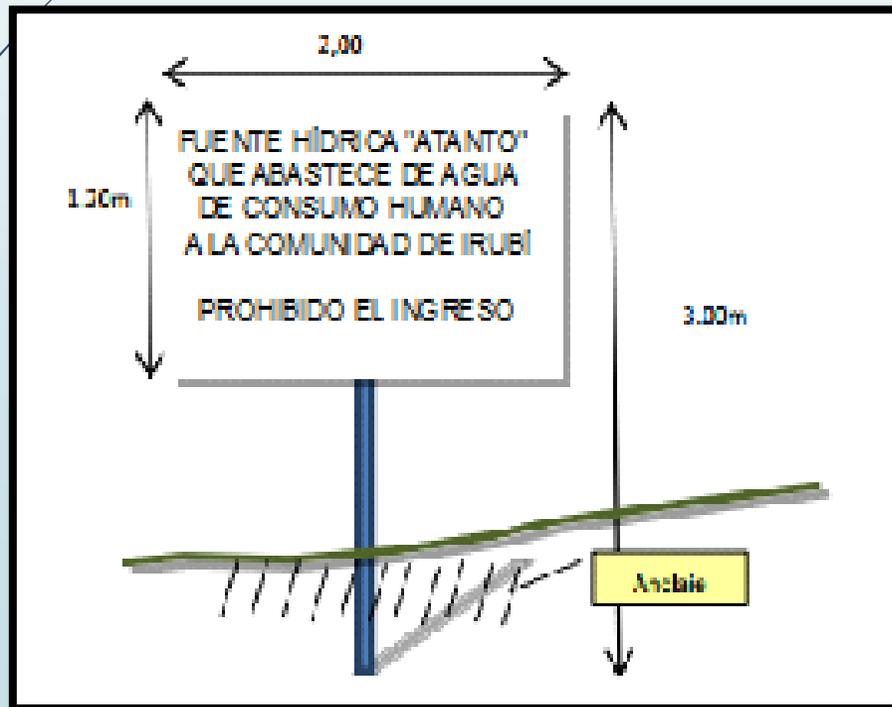
## Estrategia 2: Educación Ambiental

**Meta:** Educar a los usuarios que forman parte de la microcuenca del río Irubí sobre la importancia de mantener y cuidar las fuentes de agua para consumo humano, garantizar la protección y conservación del recurso hídrico y los recursos naturales de la microcuenca.

**Proyecto 1:** Proyecto de Señalización de la fuente de captación de agua de consumo

Actividad 1: Obtención de señalización

Actividad 2: Señalizar las áreas prioritarias de donde se obtiene el agua para consumo humano.



# Proyecto 2: Proyecto de buenas prácticas ambientales

## ► Actividad 1: Talleres de capacitación

MES	TALLER	TEMAS A TRATAR	ENTIDAD ENCARGADA
MES 1	Taller de socialización de la Ley orgánica de recursos hídricos y aprovechamiento del agua	<ul style="list-style-type: none"><li>• Derechos de la naturaleza: Conservación del recurso hídrico</li><li>• Deberes y atribuciones de las juntas administradoras de agua potable.</li><li>• Autonomía de gestión y suficiencia financiera.</li></ul>	SENAGUA
MES 2	Taller de prevención de incendios	<ul style="list-style-type: none"><li>• El monte y sus funciones</li><li>• Los incendios forestales</li><li>• Técnicas para evitar incendios</li></ul>	GAD Municipal de Cotacachi
MES 3	Taller de agroecología	<ul style="list-style-type: none"><li>• Que es agroecología</li><li>• Técnicas agroecológicas</li></ul>	MAGAP



- **Proyecto 3: Proyecto de socialización de la propuesta de manejo del recurso Hídrico**

**Beneficiarios:** Los beneficiarios directos serán todas las personas del área de influencia que se abastecen de agua de consumo; e indirectos los habitantes que se encuentran en las riveras del río en la parte baja.

**a) Actividad 1: Taller de socialización de propuesta de manejo del recurso hídrico**

Las actividades a realizarse para la realización del taller de socialización de la propuesta de manejo del recurso hídrico en la microcuenca del río Irubí se enumeran a continuación:

1. Identificar a los actores directamente involucrados en el área de influencia del proyecto.
2. Realizar un taller de socialización de la propuesta de manejo de las fuentes hídricas para consumo humano a los actores identificados de la comunidad de Irubí.

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- ▶ El área de estudio tiene un rango de precipitación media anual de 1000-1100 mm, la temperatura media de 10 °C, cuenta con 11 drenajes de tipo perenne y la cobertura vegetal predominante corresponde a vegetación arbustiva.
- ▶ Los servicios ecosistémicos hídricos simulados por el modelo son diferentes en el año 2009 que en promedio registró un caudal total de 0.77 m<sup>3</sup>/s en comparación con el año 2013 que registró un caudal promedio de 1.09 m<sup>3</sup>/s.
- ▶ El modelo mostró un ajuste del coeficiente de eficiencia satisfactorio para la microcuenca del río Irubí, graficando los datos simulados y medidos y aplicando la fórmula de correlación y regresión lineal con un valor de 0,75; concluyendo que no se presentaron errores sistemáticos y que se obtuvo un buen ajuste entre datos simulados y medidos.

- 
- La calibración del modelo es esencial como herramienta de trabajo para la obtención de resultados cercanos a la realidad sobre todo para caudales que sirvieron para la generación de la propuesta de manejo de la microcuenca, el cual aportará al buen uso sustentable del recurso hídrico.
  - Después de tomar en cuenta la cantidad de agua para consumo humano, la microcuenca genera un caudal excedente de  $6738,1 \text{ m}^3/\text{d}$  en época seca y para la época lluviosa se encontró un caudal de  $85493,5 \text{ m}^3/\text{d}$  que puede ser aprovechado en proyectos de aprovechamiento del recurso hídrico.

# RECOMENDACIONES

- ▶ La propuesta de manejo del recurso hídrico puede ser utilizada en futuros proyectos de aprovechamiento de agua dentro de la microcuenca.
- ▶ Realizar mediciones de caudales continuamente dentro de la microcuenca para tener un seguimiento del aumento o disminución del afluente.
- ▶ Aplicar el modelo hidrológico SWAT en otras microcuencas similares para definir la cantidad de agua y aporte de sedimentos
- ▶ Socializar los proyectos con GADs parroquiales para que se incentive la protección de microcuencas
- ▶ Se debería proponer la compra de los terrenos aledaños a la fuente, para garantizar la protección y conservación de bienes y servicios ambientales que brinda la fuente como tal.



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**