

**APLICACION DEL MODELO
SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL (SWAT)**

**IMPACTO DEL USO DE LA TIERRA EN LA GENERACION DE
CAUDALES Y SEDIMENTOS: CASO CUENCA DEL RIO
TUNJUELO - CUNDINAMARCA**

CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS PARA LA ASOCIACIÓN
ECOLÓGICA Y SOCIAL – ASECOL

Informe Final

Natalia Uribe Rivera
Jefferson Valencia Gómez

Santiago de Cali, Junio de 2010

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	5
INTRODUCCION	6
1. MATERIALES Y METODOS	8
1.1 EL SIMULADOR HIDROLÓGICO (SWAT)	8
1.2 DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	9
1.3 DATOS DE ENTRADA Y CONFIGURACIÓN DEL MODELO	10
1.4 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE RESPUESTA HIDROLÓGICA (URH)	19
1.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD, CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN	22
3. PRINCIPALES RESULTADOS	25
3.1 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN BÁSICA	25
3.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO	26
3.3 CALIBRACIÓN DEL MODELO	30
3.4 VALIDACIÓN DEL MODELO.	34
3.5 PROMEDIO MENSUAL DE CAUDAL Y SEDIMENTOS SIMULADOS	40
3.6 LOCALIZACIÓN ESPACIAL DE URH CON PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS Y AGUA	41
4. ESCENARIOS DE POLITICAS DE CONSERVACION	45
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN CRÍTICA DE LOS RESULTADOS	54
6. PASOS SIGUIENTES EN EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.	56
7. BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Ubicación Zona de Estudio.	10
Figura 2. Mapa de Cobertura Vegetal.	12
Figura 3. Modelo Digital de Elevación.	14
Figura 4. Ubicación Geográfica de las Estaciones Climatológicas Seleccionadas.	16
Figura 5. Mapa de Suelos.	17
Figura 6. Mapa de Subcuencas.	20
Figura 7. Mapa de Unidades de Respuesta Hidrológica.	21
Figura 9. Periodos Calibración/Validación. Fuente: Modificado SWAT manual.	23
Figura 8. Esquema Metodológico de Calibración y Validación.	23
Figura 10. Información Básica Cartográfica de la Cuenca del Río Tunjuelo.	25
Figura 11. Resultados Simulación con SWAT Cuenca Río Tunjuelo.	30
Figura 12. Análisis del Comportamiento del Caudal Aforado.	31
Figura 13. Ubicación Geográfica de Estaciones de Temperaturas Creadas.	33
Figura 14. Calibración Caudal Simulado vs Observado.	34
Figura 15. Validación Caudal Simulado vs Observado.	35
Figura 16. Curva Frecuencia - Duración de Caudal Simulado vs Observado.	36
Figura 17. Balance del Promedio Diario Multianual de Agua (mm).	37
Figura 18. Promedio Mensual del Caudal Simulado.	40
Figura 19. Promedio Mensual de Sedimentos Simulados.	41
Figura 20. Producción de Agua Anual por cada Unidad de Respuesta Hidrológica - URH.	42
Figura 21. Producción de Sedimentos Anual por cada Unidad de Respuesta Hidrológica - URH.	44
Figura 22. Promedio de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en los Puntos RCHB del Río Tunjuelo.	44
Figura 23. Cobertura Vegetal Definida para el Escenario.	46
Figura 24. Caudal y Sedimentos en Áreas de Cambio para el Escenario.	48
Figura 25. Agua y Sedimentos Anual por cada Unidad de Respuesta Hidrológica - Escenario.	49
Figura 26. Promedio Mensual de Caudal Simulado para Línea Base y Escenarios.	50
Figura 27. Promedio Mensual de Sedimentos Simulados para Línea Base y Escenarios.	50
Figura 28. Producción de Agua Anual por cada Unidad de Respuesta Hidrológica - Veredas.	52
Figura 29. Sedimentos Anuales por cada Unidad de Respuesta Hidrológica - Veredas.	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cobertura Vegetal de la Cuenca Hidrográfica del Río Tunjuelo.	11
Tabla 2. Asignación de Código SWAT para las Coberturas del Suelo.	13
Tabla 3. Estaciones de Precipitación y Temperatura.	15
Tabla 4. Estaciones de Caudales.	16
Tabla 5. Características Físicas de los Suelos Utilizadas en la Modelación Hidrológica.	18
Tabla 6. Resultado de Análisis de Sensibilidad para los Parámetros de Caudal.	26
Tabla 7. Orden de Prioridad de los Parámetros de Caudal en el Análisis de Sensibilidad.	27
Tabla 8. Errores Relativos y Absolutos Obtenidos en la Simulación.	36
Tabla 9. Datos Aforados de Sedimentos.	38
Tabla 10. Comparación de Datos de Sedimentos Simulados y Aforados.	39
Tabla 11. Promedios Multianuales de las Estaciones de Precipitación Utilizadas en la Simulación.	43
Tabla 12. Cambio en Producción de Agua y Sedimentos para la Línea Base y el Escenario 1.	50
Tabla 13. Producción Total Anual de Agua y Sedimentos para las Veredas de Interés.	53
Tabla 14. Cambio en Producción de Agua y Sedimentos para las Veredas de Interés.	53

RESUMEN

El conocimiento de los procesos hidrológicos y los cambios climáticos que ocurren sobre las cuencas hidrográficas que abastecen de agua a la población del municipio de Santafé de Bogotá D.C. permite medir el grado de afectación de la misma y predecir las tendencias. Esta información permitirá desarrollar procesos de planificación y toma de decisiones en el corto, mediano y largo plazo. En los últimos años, los modelos hidrológicos han sido cada vez más utilizados para comprender y gestionar las actividades naturales y humanas que afectan a los sistemas de cuencas hidrográficas. Estos modelos hidrológicos puede contener parámetros que no se puede medir directamente debido a las limitaciones de la medición (Beven, 2000). En este estudio se empleo el programa Soil and Water Assessment Tool (SWAT¹) en la cuenca del Río Tunjuelo en el municipio de Santafé de Bogotá D.C. – Cundinamarca para cuantificar todas las variables del balance hídrico del flujo del agua en el suelo (Producción de agua, agua en el suelo y recarga de acuífero profundo) y agua en la vegetación (Evapotranspiración potencial y actual) para un periodo diario de 11 años (1999-2009). El modelo fue calibrado y validado comparando con datos existente de caudal; esta metodología básicamente consistió en: a) Calibración del modelo, para lograr un ajuste satisfactorio entre los datos medidos y los simulados, mediante un análisis de sensibilidad en los parámetros del modelo, con un periodo de calibración de 5 años de observación (2000-2004): b) Validación del modelo, para evaluar la capacidad predictiva mediante la comparación de los datos medidos y simulados para un periodo de 5 años de observación (2005-2009).

¹ http://www.brc.tamus.edu/swat/publications/swat-calibration-techniques_slides.pdf

INTRODUCCION

Uno de los problemas ambientales que enfrenta el mundo actual es la escasez del agua para consumo humano, agrícola, industrial, entre otros, tanto en calidad y cantidad. El estrés hídrico mundial esta proyectándose dentro de 20 años, poniendo en crisis los ecosistemas y a la humanidad por las consecuencias que pudiera ocasionar este problema. Colombia no es ajena a este problema; para evitar este inconveniente muchos organismos están trabajando actualmente en diversos estudios para la conservación y el buen uso de este recurso.

A pesar de conocer las magnitudes de la problemática, pocas veces se realiza un análisis sistemático donde se muestre cuál es el impacto que tiene el uso del suelo, la pendiente, la precipitación y el tipo del suelo en la generación de caudales y sedimentos, elementos fundamentales para priorizar áreas donde se podría intensificar la producción para liberar áreas nuevas que se puedan dedicar a la conservación. Los balances hídricos y en especial la retención de agua en el suelo, los aportes del acuífero superficial al caudal y la evapotranspiración potencial y real son elementos necesarios para realizar el trade off entre la conservación de los ecosistemas y los ingresos que generan los actuales sistemas de producción. Con base en este trade off se estima la posibilidad de generar nuevos ajustes a la producción de tal forma que se puedan liberar áreas que se integren nuevamente a los corredores ecológicos pero a su vez, determinar espacialmente aquellas áreas donde los aumentos en productividad generan suficientes beneficios sociales que compensen las reducciones de ingresos que se generaban en las áreas cedidas.

La cuenca del Río Tunjuelo (código 2120-09) hace parte integral de la gran cuenca del río Bogotá, localizada al sur oriente del Distrito Capital y el municipio de Soacha. El río Tunjuelo nace en la laguna de los Tunjos o Chisacá a 3.850 msnm, en las estribaciones del páramo de Sumapaz, y desemboca en el río Bogotá a 2.540 msnm. Los principales tributarios de la cuenca son los ríos Chisacá, Mugroso y Curubital que desciende del páramo de Sumapaz y alimentan el embalse de Chisacá y el embalse de la Regadera, constituyendo el sistema de abastecimiento de agua potable de la Empresa de

Acueducto y Alcantarillado de Bogotá para la localidad de Usme. Las 41.534,6 Ha de área que posee la cuenca están distribuidas en diversas proporciones en las localidades de Usme, Ciudad Bolívar, Kennedy, Tunjuelito, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal, Puente Aranda, Antonio Nariño, Bosa y el municipio de Soacha. La parte alta y media de la cuenca está constituida por suelo rural, rico en agua y biodiversidad, siendo una zona de preservación y protección ambiental; a diferencia de la cuenca baja con suelo urbano.²

Por estas razones los objetivos de este trabajo han sido: 1. Recopilar, ajustar y sistematizar la información biofísica de la cuenca del Río Tunjuelo para su análisis hidrológico, 2- Evaluar el impacto del uso actual de la tierra en generación de caudales picos, llenado de acuíferos superficiales, caudal mínimo en épocas secas y generación de sedimentos. 3- Priorizar las áreas donde existe el potencial de modificar las externalidades ambientales, para intensificar los sistemas de producción y aquellas dedicadas a la regeneración.

La Asociación Ecológica y Social (ASECOL) actualmente se encuentra trabajando en el desarrollo de un programa de conservación en la cuenca del Río Tunjuelo y en las áreas protegidas; para lo cual este artículo brinda un apoyo en conocimiento en lo que se refiere a modelos hidrológicos para el análisis de cuencas hidrográficas por medio de herramientas de sistemas de información geográfica.

Los resultados de este trabajo permitirán enfocar las actividades del municipio en la implementación de un proyecto que permita a la población de la zona contar con mecanismos para la gestión a mediano y largo plazo de la conservación de su biodiversidad y bosques, a través de la reducción de presiones a los ecosistemas forestales alto-andinos.

² Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Tunjuelo (POMCA Tunjuelo). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Consorcio Planeación Ecológica – Ecoforest.

1. MATERIALES Y METODOS

1.1 El Simulador Hidrológico (SWAT)

El modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) fue desarrollado por el USDA-ARS (Agricultural Research Service) es un modelo de tiempo continuo, que opera en un intervalo de tiempo diario y está diseñado para predecir el impacto en el manejo del suelo y la vegetación en la producción de agua, sedimentos y químicos agrícolas en grandes y complejas cuencas con variación en suelos, uso de suelo y condiciones de manejo en largos periodos (Arnold et al., 1987).

El modelo está conformado por un conjunto de sub-modelos, los cuales se emplean para simular distintos procesos hidrológicos. El modelo hidrológico está basado en la ecuación general de balance hídrico:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw})$$

donde SW_t es el contenido final de agua en el suelo (mmH_2O); SW_0 es el contenido de agua inicial en el día i (mmH_2O); t es el tiempo (día); R_{day} es la cantidad de precipitación en el día i (mmH_2O); w_{seep} es la cantidad de agua acumulada en la zona no saturada del perfil del suelo en día i (mmH_2O); Q_{gw} es la cantidad de flujo de retorno en el día i (mmH_2O); (Arnold et al., 1991).

Los principales componentes del modelo incluyen: el clima, hidrología, sedimentación, temperatura del suelo, crecimiento de cultivos, nutrientes, pesticidas y manejo de cultivos. En SWAT, una cuenca se divide en subcuencas múltiples, que están divididos en unidades de respuesta hidrológica (URHs) que consisten en áreas homogéneas de uso de la tierra y características del suelo, las cuales son identificadas dentro de un espacio de simulación de SWAT.

1.2 Descripción Área de Estudio

La cuenca del Río Tunjuelo (código 2120-09) hace parte integral de la gran cuenca del río Bogotá, localizada al sur oriente del Distrito Capital y el municipio de Soacha. El río Tunjuelo nace en la laguna de los Tunjos o Chisacá a 3.850 msnm, en las estribaciones del páramo de Sumapaz, y desemboca en el río Bogotá a 2.540 msnm.

Los principales tributarios de la cuenca son los ríos Chisacá, Mugroso y Curubital que desciende del páramo de Sumapaz y alimentan el embalse de Chisacá y el embalse de la Regadera, constituyendo el sistema de abastecimiento de agua potable de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá para la localidad de Usme. Las 41.534,6 Ha de área que posee la cuenca están distribuidas en diversas proporciones en las localidades de Usme, Ciudad Bolívar, Kennedy, Tunjuelito, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal, Puente Aranda, Antonio Nariño, Bosa y el municipio de Soacha.

La parte alta y media de la cuenca está constituida por suelo rural, rico en agua y biodiversidad, siendo una zona de preservación y protección ambiental; a diferencia de la cuenca baja con suelo urbano.

A nivel ambiental la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca) tiene jurisdicción en la parte rural del distrito capital y el municipio de Soacha; la Secretaría Distrital de Ambiente en la parte urbana y la Unidad Especial de Parques Naturales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el área correspondiente al Parque Nacional Natural del Páramo de Sumapaz.³

La cuenca del río Tunjuelo limita al oriente con el municipio de Chipaque, al sur oriente y occidente con el municipio de Pasca, al nor-occidente con el municipio de Mosquera y hacia el norte con las localidades de Kennedy, Bosa, San Cristóbal, Antonio Nariño, Rafael Uribe y Puente Aranda. Esta cuenca se encuentra dentro de las coordenadas Este 983069.028 m. – 1002396 m. y Norte 1004395.939 m. – 963814.9929 m., en el Sistema de Referencia Proyectado Colombia Zona Bogotá, ver Figura 1.

³ Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Tunjuelo (POMCA Tunjuelo). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Consorcio Planeación Ecológica – Ecoforest.

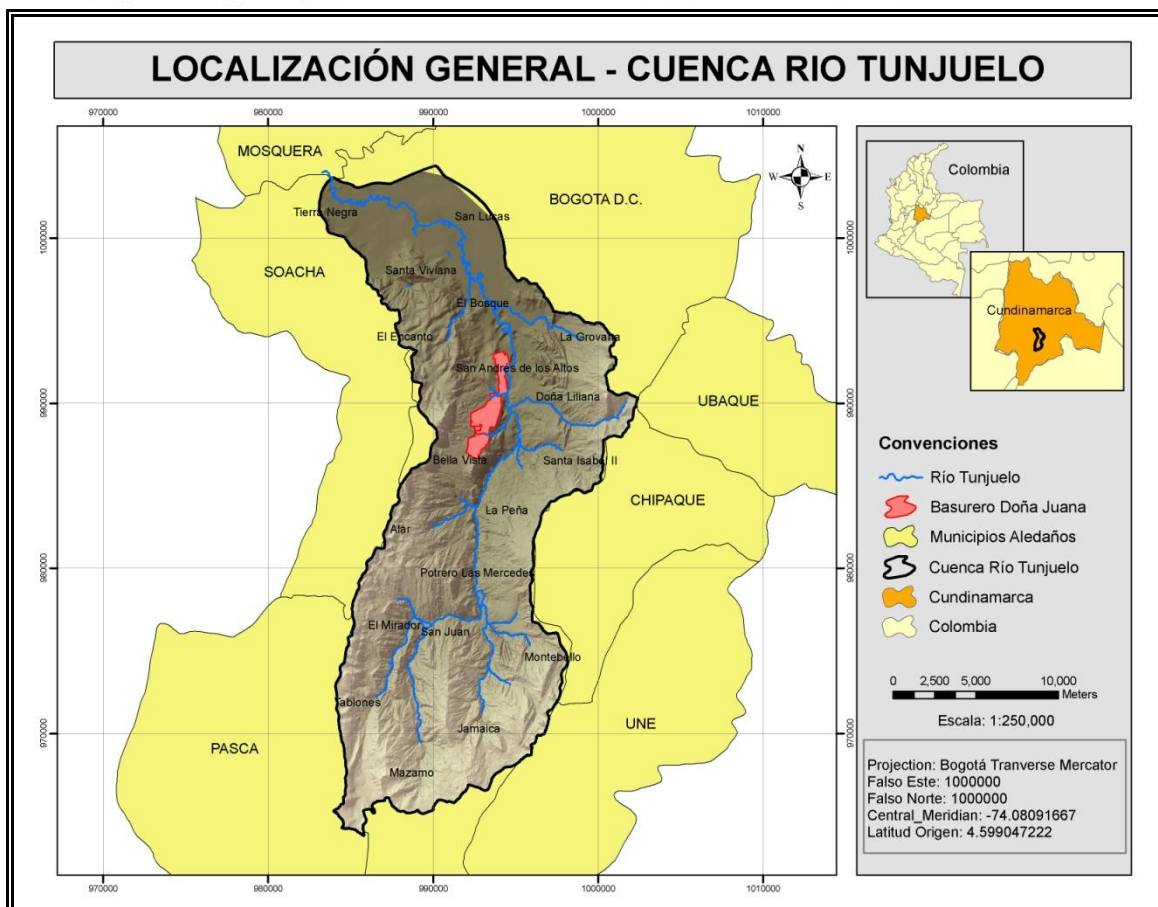


Figura 1. Mapa Ubicación Zona de Estudio.

1.3 Datos de Entrada y Configuración del Modelo

Para el análisis de la cuenca se recolectó y estructuró la siguiente información básica necesaria para aplicar el modelo hidrológico.

- **Uso de Suelo Actual:** Para tal fin se utilizó los datos obtenidos en el *Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca del Río Tunjuelo (POMCA Tunjuelo)*, tomándose como base la generada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2006) de la Jurisdicción CAR a escala 1:25.000, actualizado con fotografías aéreas escala 1:10.000. En la cual se utilizó la clasificación y nomenclatura de la metodología Corine Land Cover (CLC). Ver Tabla 1 y Figura 2.

Tabla 1. Cobertura Vegetal de la Cuenca Hidrográfica del Río Tunjuelo.

GRUPO	USO	COBERTURA	Área (ha)	Área %
TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	ZONAS URBANIZADAS	Tejido urbano continuo	8,686.77	20.91
		Tejido urbano discontinuo	345.58	0.83
	ZONAS DE EXTRACCIÓN MINERA Y ESCOMBRERAS	Explotaciones mineras	273.2	0.66
		Relleno sanitario Doña Juana	425.52	1.02
SUBTOTAL TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS			9,731.07	23.43
TERRITORIOS AGRÍCOLAS	CULTIVOS ANUALES O TRANSITORIOS	Papa	2,305.97	5.55
		Otros cultivos transitorios	67.29	0.16
	CULTIVOS PERMANENTES	Cultivos confinados (viveros y flores)	4.84	0.01
		PASTOS	Pastos tecnificados	657.07
	Pastos limpios		2,489.32	5.99
	Pastos arbolados - enmalezados o enrastrojados		6,109.35	14.71
	MOSAICO DE ÁREAS AGROPECUARIAS HETEROGÉNEAS	Mosaico de cultivos y pastos	811.72	1.95
		Mosaico de pastos y cultivos	5,199.41	12.52
SUBTOTAL TERRITORIOS AGRÍCOLAS			17,644.98	42.48
BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	BOSQUES	Bosque Alto Andino	1,272.80	3.06
		Bosque secundario	242.93	0.58
		Bosque plantado	458.5	1.1
	ÁREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA	Vegetación de páramo y subpáramo	9,303.54	22.4
		Matorrales - arbustales o rastrojos	2,285.46	5.5
		Arbustales de retamo	19	0.05
	ÁREAS ABIERTAS SIN O CON POCA VEGETACIÓN	Afloramientos rocosos	0.78	0
		Tierras desnudas o degradadas	141.37	0.34
Rastrojos o pajonales en tierras eriales		68.41	0.16	
SUBTOTAL BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES			13,792.79	33.21
SUPERFICIES DE AGUA	AGUAS CONTINENTALES	Ríos	65.07	0.16
		Laguna- lagos y ciénagas	122.39	0.29
		Embalses y cuerpos de agua artificiales	115.84	0.28
		Presa seca Cantarrana	62.36	0.15
SUBTOTAL SUPERFICIES DE AGUA			365.66	0.88
TOTAL			41,534.50	100

Fuente: POMCA Tunjuelo.

En general la cuenca media y alta del río Tunjuelo presenta una alta degradación de los suelos por el constante efecto de los sistemas de producción agropecuario, que alteran los sistemas naturales como bosques, rastrojos, matorrales, páramos y cuerpos de agua (POMCA Tunjuelo).

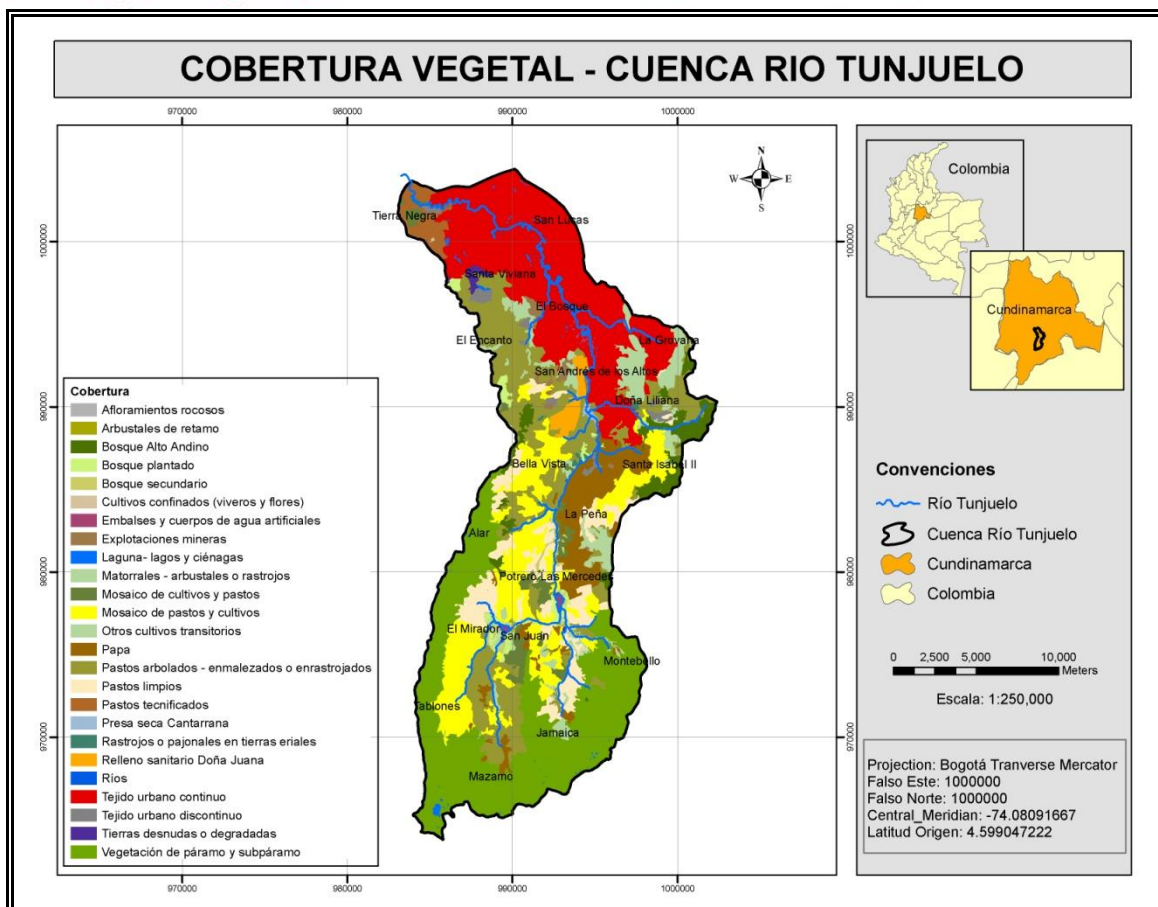


Figura 2. Mapa de Cobertura Vegetal.

Las coberturas más sensibles son los bosques primarios, que deben ser protegidos, con el fin de evitar su extinción. Principalmente se deben realizar proyectos de revegetación y enriquecimiento con especies nativas en la cuenca Alta y Media del río Tunjuelo. Las condiciones ambientales y climáticas indican que la cobertura natural e ideal para esta zona son los bosques, matorrales y vegetación de páramo, por lo cual se debería entrar a recuperar estas tierras invadidas por praderas y cultivos.

El crecimiento urbano en forma desordenada y descontrolada tiende a extinguir las zonas naturales y productivas para la agricultura y la ganadería en la cuenca Baja del río Tunjuelo, el mismo efecto están logrando las áreas dedicadas a la explotación de gravas y material de construcción.

A partir de las coberturas del uso del suelo presentes en la cuenca se realizó la relación con el código asignado a la base de datos de SWAT y se modificaron los valores del número de curva para cada uno de las coberturas de acuerdo a la experiencia obtenida en el comportamiento de las coberturas en la región de los andes para cada grupo hidrológico, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Asignación de Código SWAT para las Coberturas del Suelo.

COBERTURA	COD. SWAT	CN	n
Afloramientos rocosos	URML	31-59-72-79	0.1
Arbustales de retamo	MESQ	30-46-63-66	0.1
Bosque Alto Andino	FRST	20-40-65-72	0.1
Bosque plantado	PINE	25-45-70-77	0.1
Bosque secundario	FRST	20-40-65-72	0.1
Cultivos confinados (viveros y flores)	CANT	23-52-71-79	0.1
Embalses y cuerpos de agua artificiales	WATR	92-92-92-92	0.01
Explotaciones mineras	AGRL	67-77-83-87	0.14
Laguna- lagos y ciénagas	WATR	92-92-92-92	0.01
Matorrales - arbustales o rastrojos	MESQ	30-46-63-66	0.1
Mosaico de cultivos y pastos	SWRN	27-50-72-79	0.13
Mosaico de pastos y cultivos	RYEG	26-50-74-81	0.14
Otros cultivos transitorios	TOBC	67-77-83-87	0.14
Papa	POTA	67-77-83-87	0.14
Pastos arbolados - enmalezados o enrastrojados	RNGB	06-35-70-79	0.15
Pastos limpios	PAST	25-55-70-77	0.15
Pastos tecnificados	SPAS	29-49-59-74	0.15
Presa seca Cantarrana	URLD	37-62-74-80	0.09
Rastrojos o pajonales en tierras eriales	MESQ	30-46-63-66	0.1
Relleno sanitario Doña Juana	AGRL	67-77-83-87	0.14
Ríos	WATR	92-92-92-92	0.01
Tejido urbano continuo	URML	31-59-72-79	0.1
Tejido urbano discontinuo	URML	31-59-72-79	0.1
Tierras desnudas o degradadas	AGRL	67-77-83-87	0.14
Vegetación de páramo y subpáramo	BROM	25-35-70-79	0.1

- **Modelo Digital de Elevación (MDE):** Para calcular la red hídrica de la cuenca, se utilizó el modelo digital de elevación obtenido en el *Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca del Río Tunjuelo (POMCA Tunjuelo)* a una resolución espacial de 5m, elaborado con base a la topografía de curvas de nivel a escala 1:10.000 IGAC e EAAB y complementado con el modelo SRTM 90m en las zonas donde no se disponía de información de curvas. La cuenca del Río Tunjuelo presenta una gran

variedad en altitudes que van desde los 2520 a 3965 msnm como se puede apreciar en la Figura 3.

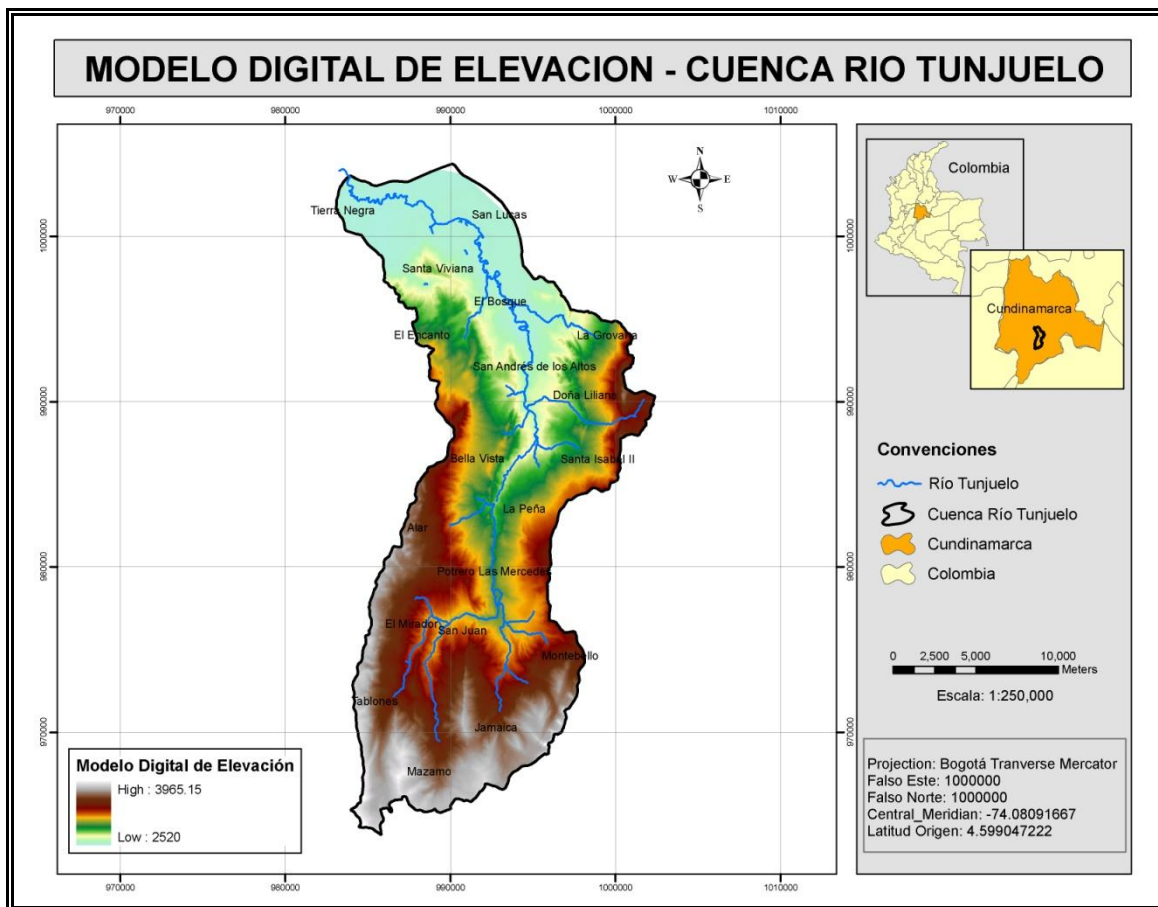


Figura 3. Modelo Digital de Elevación.

- **Datos de Precipitación, Temperatura Máxima y Mínima Diaria:** Del Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM), fue suministrado información de precipitación de seis (6) estaciones, de las cuales una (1) de ellas contaba con datos de temperatura para la zona de estudio. De la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), fue suministrado datos de precipitación de tres (3) estaciones; y de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), se suministró datos de precipitación de ocho (8) estaciones, de las cuales una (1) de ellas contaba con datos de temperatura para la zona de estudio.

Fue necesario realizar una revisión de los datos suministrados para seleccionar las estaciones que contaran con datos diarios de precipitación y temperaturas y que además tuviesen un periodo en años significativo de datos registrados.

Después de la revisión de los datos de las estaciones, se seleccionaron catorce (14) estaciones que contaban con la información diaria y que geográficamente estaban distribuidas adecuadamente dentro de la cuenca; o como en el caso de la estación San Jorge, aledaña a la zona de estudio. Los datos iniciales de las catorce (14) estaciones seleccionadas fueron revisados detalladamente para ver la posibilidad de generar datos faltantes sin que se crearan grandes distorsiones en los valores de precipitación. Se presenta en la Tabla 3 la relación de las estaciones suministradas y las estaciones seleccionadas a emplear en el modelo.

Tabla 3. Estaciones de Precipitación y Temperatura.

CODIGO	CATEGORIA	NOMBRE	VARIABLE	UBICACION	ENTIDAD	PERIODO	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTITUD (m)
2120085	PG	El Bosque	Precipitación	Usme	CAR	1966-2009	999732.0	987204.0	2880
2120156	PG	La Picota	Precipitación	Bogotá	CAR	1980-2008	994183.0	996420.0	2580
2120630	CP	Doña Juana	Precipitación-Temperatura	Usme	CAR	1991-2009	990484.0	989048.0	3400
2120019	PM	Boca Grande	Precipitación	Usme	EAAB	1990-2009	993802.9	970932.1	3460
2120052	PM	Santa Lucía	Precipitación	Bogotá	EAAB	1990-2009	995654.3	996734.2	2630
2120086	PM	El Hato	Precipitación	Usme	EAAB	1990-2009	988253.5	976461.7	3150
2120197	PM	Casablanca	Precipitación	Bogotá	EAAB	1990-2009	990105.8	996734.7	2665
2120204	PG	Juan Rey	Precipitación	Bogotá	EAAB	1990-2009	999353.2	991205.1	2985
2120205	PM	Quiba	Precipitación	Bogotá	EAAB	1990-2009	990105.4	993048.7	3000
2120206	PG	Olarte	Precipitación	Sibaté	EAAB	1990-1996	993803.7	981990.2	3000
2120509	CO	La Regadera	Precipitación	Usme	EAAB	1990-2009	991953.6	978304.3	3050
2120120	PM	Esc. La Unión	Precipitación	Usme	IDEAM	1999-2009	988191.2	971995.4	3320
2120124	PM	Santa María	Precipitación	Bogotá	IDEAM	2004-2009	995653.9	989362.1	2800
2120130	PM	Australia	Precipitación	Bogotá	IDEAM	1999-2009	994182.0	977989.0	3050
2120158	PM	Pasquilla	Precipitación	Usme	IDEAM	1987-2006	990483.0	983519.0	3000
2120572	CP	San Jorge	Precipitación-Temperatura	Soacha	IDEAM	1999-2009	986784.0	990891.0	3000
2120131	PM	Preventorio Infante	Precipitación	Sibaté	IDEAM	1999-2009	979384.0	985364.0	2650

En color amarillo las estaciones que no fueron seleccionadas.

- **Datos de Caudales Diarios.** Para la calibración y validación del modelo se contó con los datos medios diarios de caudales de ocho (8) estaciones para un determinado periodo de registros. Para la calibración del modelo se seleccionó la estación de Puente Bosa, la cual por estar ubicada geográficamente en la salida de la cuenca es la indicada para realizar la calibración y validación del modelo. Además las otras siete (7) estaciones se utilizaron para validar el modelo debido a que éstas se encuentran en diferentes vertientes de la Cuenca. Se presenta en la Tabla 4 las estaciones a emplear en el modelo.

Tabla 4. Estaciones de Caudales.

CODIGO	NOMBRE	USO	VARIABLE	ENTIDAD	PERIODO	ESTE (m)	NORTE (m)
2120747	El Herradero - Mugroso	Validación	Caudales	EAAB	1991-2009	988993.61	975088.62
2120746	La Toma - Chisaca	Validación	Caudales	EAAB	1990-2010	989007.92	976932.14
2120725	Australia - Curubital	Validación	Caudales	EAAB	1946-2009	993256.80	977067.65
2120711	El Palmar	Validación	Caudales	EAAB	1959-1991	992009.31	976851.26
2120706	Regadera - Tunjuelo	Validación	Caudales	EAAB	1989-2010	992517.00	978565.88
2120750	Cantarrana - Tunjuelo	Validación	Caudales	EAAB	1958-1998	994521.85	990243.81
2120701	Puente Bosa - Tunjuelo	Calibración-Validación	Caudales	CAR	1970-2001	988003.30	1002080.92
2120759	Canaleta Parshall - Chisaca	Validación	Caudales	EAAB	1986-2009	989556.84	977252.33

La Figura 4 presenta la ubicación geográfica de las estaciones de precipitación, temperatura y caudales a emplear en la simulación de la cuenca hidrográfica del río Tunjuelo.

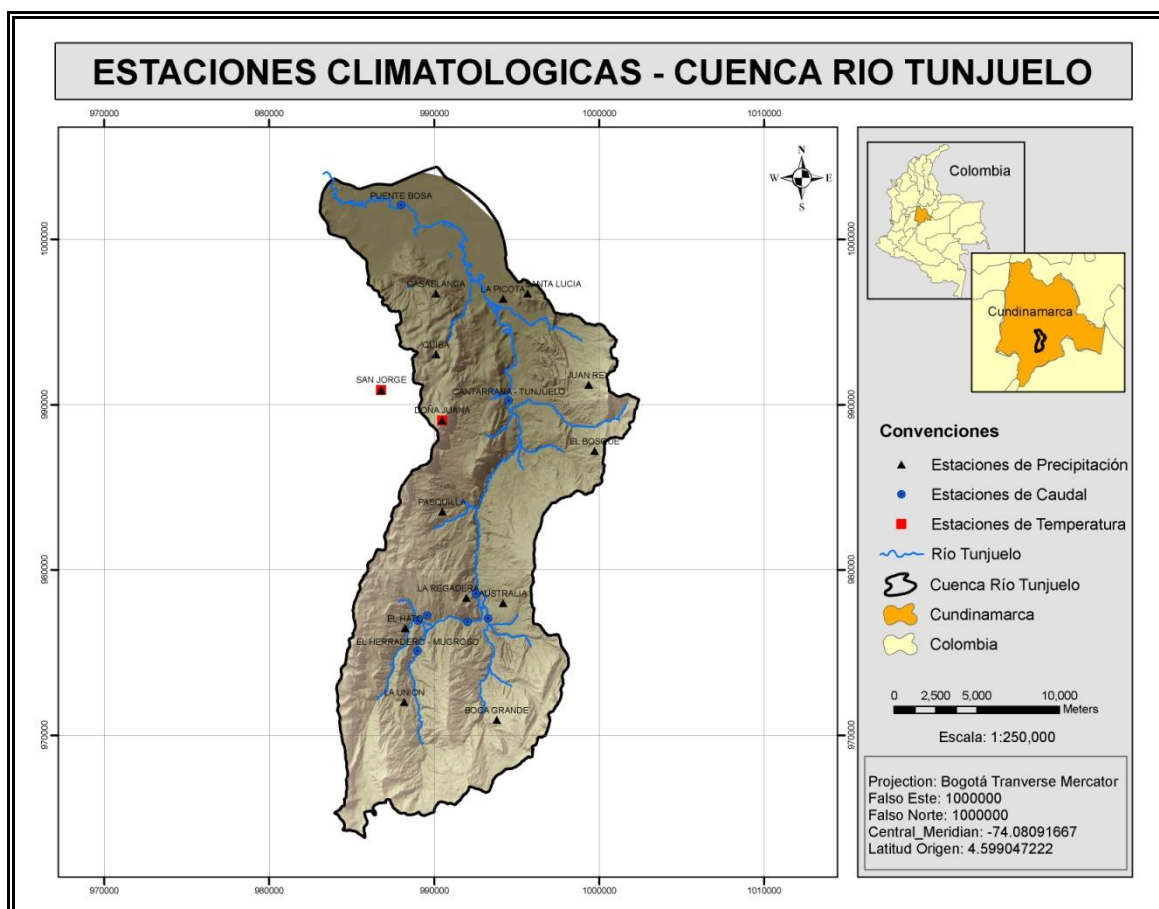


Figura 4. Ubicación Geográfica de las Estaciones Climatológicas Seleccionadas.

- **Información de Suelos:** Al igual que la información de Elevación y Cobertura Vegetal de la zona de estudio, todo lo relacionado a los suelos se obtuvo del estudio del *Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca del Río Tunjuelo (POMCA Tunjuelo)*. A

su vez, ésta se generó a partir de la recopilación de información secundaria proveniente de los estudios de suelos realizados por el IGAC en años anteriores a escalas diversas, que oscilan entre 1:25.000 a 1:100.000, con las cuales se incorporó un proceso de correlación complementado a través del estudio y ajuste sistemático de los suelos en el campo, mediante la descripción de sus características internas y externas apoyados por el análisis de muestras de laboratorio tomadas en las unidades de suelos más representativos de la población edáfica. Generando un producto final a escala 1:50.000.

Esta información contaba con el estudio físico químico de las unidades de suelos en la zona de estudio; pero carecía de las variables de Conductividad, Densidad Aparente y Disponibilidad de agua en el suelo; y en algunos casos hasta de porcentaje de Carbono y de Granulometría.

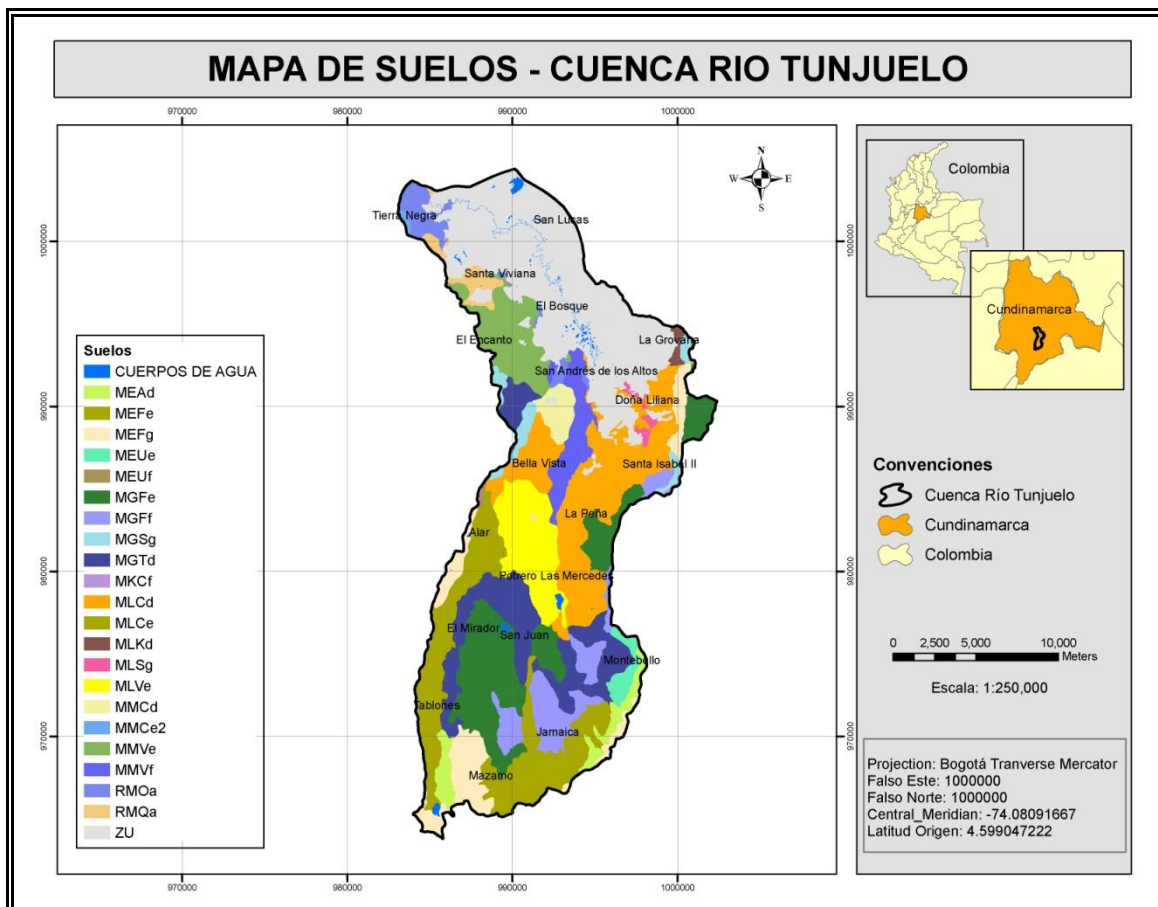


Figura 5. Mapa de Suelos.

Debido a que la información de suelos proporcionada carecía de algunos datos, los cuales son indispensables para la modelación hidrológica en SWAT, se determinaron sus valores utilizando el triangulo textural y la herramienta “Soil Characteristics Tool” (Saxton, 1986). Así mismo, estos valores fueron ajustados con base estudios de suelos en regiones volcánicas para la región Andina. Esto fue necesario puesto que la herramienta de Saxton, 1986, funciona mejor para suelos minerales con bajo contenido de materia orgánica (máximo 8%) y alta densidad aparente. En la Tabla 5, se encuentran descritos los valores para cada unidad de suelo a emplear.

Tabla 5. Características Físicas de los Suelos Utilizadas en la Modelación Hidrológica.

PERFIL	SNAM	(K) USLE	SOL_Z (profundidad mm)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Disponibilidad de Agua en el Suelo (mm/mm)	Conductividad Hidráulica (mm/hr)	SOL_CBN carbono (%)	% ARCILLA (CLAY)	% LIMOS (SILT)	% ARENA (SAND)
SC-10	MEAd	0.12	140	1.5	0.1	24.3	4.3	18	18	64
		0.10	280	1.4	0.1	1.2	4.7	44	18	38
		0.14	700	1.3	0.1	0.9	0.7	58	24	18
		0.15	1500	1.4	0.1	1.5	0.4	46	26	28
CU-132	MEFe	0.14	360	68.0	0.1	148.5	8.7	4	26	70
		0.12	640	1.0	0.1	151.9	4.2	4	18	78
		0.17	1200	1.0	0.1	147.6	0.9	4	28	68
EB-23	MEFg	0.13	180	1.0	0.1	108.3	15.7	8	24	68
		0.12	330	1.2	0.1	27.0	2.9	24	24	52
		0.16	470	1.1	0.2	17.5	0.7	34	38	28
		0.13	800	1.1	0.2	15.2	15.7	38	40	22
MU-31	MEUe	0.11	150	1.1	0.1	91.2	8.7	10	14	76
		0.13	480	1.1	0.1	108.6	15.7	8	20	72
CU-154	MEUf	0.11	150	1.1	0.1	91.2	8.7	20	14	66
		0.10	400	1.3	0.1	2.1	5.0	44	14	42
		0.12	490	1.2	0.1	15.6	1.7	30	24	46
CU-149	MGFe	0.12	220	1.2	0.2	14.4	5.3	34	32	34
		0.11	380	1.3	0.1	3.1	3.7	50	24	26
		0.13	600	1.2	0.1	5.5	2.1	54	32	14
		0.15	880	1.2	0.1	4.1	0.5	52	28	20
		0.16	1500	1.2	0.1	6.5	0.2	48	32	20
CC-210	MGFF	0.14	300	1.0	0.2	145.0	5.5	4	34	62
CU-108	MGSg	0.13	250	1.1	0.1	91.9	8.6	10	24	66
		0.13	600	1.1	0.1	65.1	8.3	14	22	64
		0.13	800	1.1	0.1	91.7	3.8	10	22	68
		0.14	1400	1.2	0.1	10.3	1.0	35	25	40
CC-284	MGTD	0.13	450	1.1	0.1	65.6	27.3	14	24	62
		0.11	600	1.0	0.1	152.7	10.8	4	16	80
		0.11	870	1.0	0.1	152.7	13.3	4	16	80
		0.08	1120	1.1	0.1	155.2	12.1	4	10	86
		0.12	1200	1.2	0.1	9.9	1.5	35	24	41
CC-284	MKCF	0.13	450	1.5	0.1	34.2	27.3	14	24	62
		0.11	870	1.4	0.1	105.6	10.6	4	16	80
		0.08	1120	1.4	0.1	115.0	12.1	4	10	86
CC-228	MLCd	0.12	220	1.1	0.2	18.6	3.7	32	36	32
		0.12	310	1.2	0.1	6.5	2.2	48	32	20
		0.12	510	1.3	0.1	2.3	1.3	58	24	18
		0.12	850	1.3	0.1	1.3	0.9	48	14	38
		0.15	1420	1.3	0.1	2.2	0.3	60	24	16

PERFIL	SNAM	(K) USLE	SOL_Z (profundidad mm)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Disponibilidad de Agua en el Suelo (mm/mm)	Conductividad Hidráulica (mm/hr)	SOL_CBN carbono (%)	% ARCILLA (CLAY)	% LIMOS (SILT)	% ARENA (SAND)
CU-75	MLCe	0.14	260	1.0	0.2	68.6	12.9	14	36	50
		0.13	420	1.1	0.2	42.1	13.0	20	32	48
		0.14	840	0.9	0.2	93.0	6.6	10	46	44
		0.14	1380	0.9	0.2	144.2	4.2	4	36	60
		0.15	1500	0.9	0.2	168.1	2.9	2	34	64
CC-306	MLKd	0.11	110	1.3	0.1	3.7	4.6	50	26	24
		0.12	290	1.3	0.1	3.1	1.5	50	24	26
		0.15	710	1.2	0.1	4.1	0.7	52	28	20
		0.15	1500	1.2	0.1	4.1	0.3	52	28	20
MU-23	MLSg	0.13	320	1.1	0.1	55.8	4.2	16	26	58
		0.14	450	1.0	0.2	107.7	2.9	8	32	60
		0.13	750	1.1	0.1	92.0	4.2	10	26	64
		0.14	1050	1.0	0.1	172.1	2.9	2	28	70
		0.14	1300	1.0	0.1	148.5	2.9	4	26	70
CC-307	MLVe	0.12	190	1.2	0.1	10.8	3.5	34	24	42
		0.11	360	1.3	0.1	5.1	1.9	40	20	40
		0.14	480	1.2	0.1	13.2	0.7	30	18	52
CC-230	MMCd	0.13	160	1.1	0.2	49.3	4.5	18	32	50
		0.12	410	1.1	0.2	22.4	3.0	28	32	40
		0.14	520	1.1	0.2	16.4	1.6	38	42	20
		0.17	660	1.2	0.1	9.6	0.9	48	38	14
		0.19	860	1.2	0.1	9.2	0.2	50	38	12
		0.17	1500	1.2	0.1	5.5	0.1	54	32	14
AC-14	MMCe2	0.24	150	1.2	0.1	3.4	7.4	67	31	1
		0.28	370	1.2	0.1	3.4	1.4	62	37	1
		0.28	1200	1.2	0.2	3.4	0.8	75	24	1
AC-40	MMVe	0.28	180	1.0	0.2	31.9	1.3	35	60	5
		0.28	400	1.0	0.2	24.4	1.3	41	55	4
		0.35	800	1.0	0.2	24.1	0.3	42	55	3
MU-17	MMVf	0.10	200	1.3	0.1	2.1	4.7	50	20	30
		0.10	320	1.3	0.1	1.1	2.4	52	16	32
CU-142	RMOa	0.09	300	1.3	0.1	1.2	4.4	64	16	20
		0.10	480	1.3	0.1	1.1	4.0	52	16	32
		0.11	820	1.3	0.1	3.4	5.4	44	20	36
		0.10	1000	1.3	0.1	2.9	7.5	46	20	34
		0.12	360	1.2	0.2	14.0	8.0	33	32	38
MU-1	RMQa	0.12	780	1.2	0.1	32.4	3.0	22	24	54
		0.11	920	1.1	0.1	108.8	4.0	8	16	76
		0.11	1180	1.1	0.1	108.8	19.0	8	16	76
		0.11	1430	1.3	0.1	7.6	29.0	36	20	44
		0.14	180	1.0	0.2	45.0	5.0	9	50	41
	ZU	0.14	450	1.1	0.2	40.0	5.0	11	40	49
		0.12	700	1.2	0.1	30.0	5.0	15	20	65

1.4 Determinación de las Unidades de Respuesta Hidrológica (URH)

Una vez establecidos los límites de la cuenca del río Tunjuelo, se ingresó la información de suelos, uso de la tierra, clima, relieve y red de drenaje al modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool) versión ArcSWAT bajo la plataforma de ArcGIS (9.3). Este modelo permite analizar variables hidrológicas de la cuenca como producción de agua al caudal, producción de sedimentos, evapotranspiración potencial y real, contenido de agua en el suelo, flujo lateral, percolación, recarga de acuíferos, entre

otros, de manera integral. Es decir, los valores de estas variables son el resultado de la interacción agua-suelo-clima-uso-relieve en la cuenca para el periodo de tiempo simulado. Este tiempo de simulación esta dado por el periodo de tiempo de información climática disponible. Es decir, en este caso se realizó una modelación hidrológica para un periodo de 11 años (1999-2009).

Es por esta razón, que el territorio de una cuenca no presenta un comportamiento hidrológico homogéneo, ya que pueden darse múltiples interacciones de este tipo en la medida que el suelo, el uso, el clima, y el relieve varían espacialmente. Estas diferentes combinaciones dan resultado a porciones del territorio con un comportamiento hidrológico específico llamadas Unidades de Respuesta Hidrológica -URH. Para definir las URH, la cuenca Tunjuelo fue primero subdividida en subcuencas y luego en cada una de estas las URH fueron definidas.

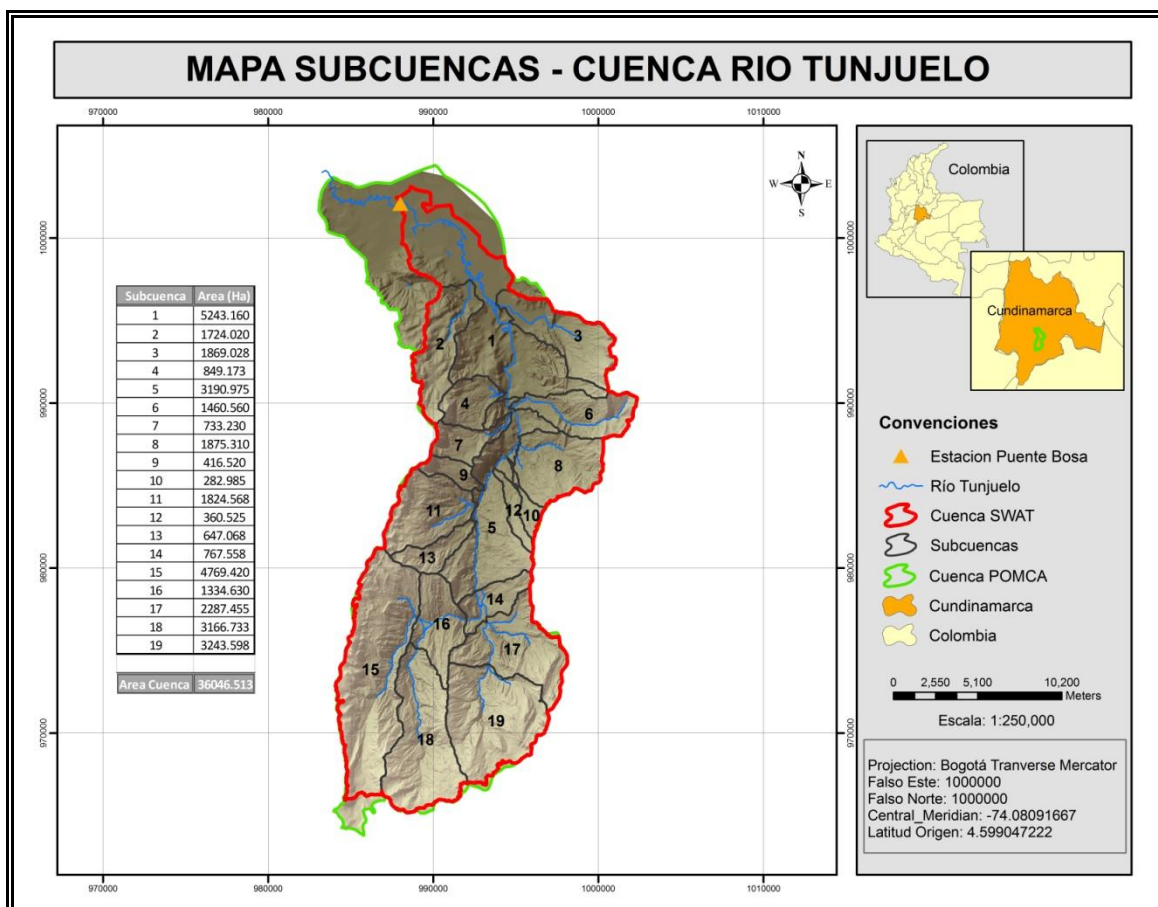


Figura 6. Mapa de Subcuencas.

Como se puede apreciar en la Figura 6 se presentan dos límites de la Cuenca Hidrográfica del Río Tunjuelo, uno es el que está definido en el POMCA y el otro es el resultante de la modelación realizada en SWAT, en ésta última se tomó como punto de cierre la estación de calibración Puente Bosa, esto implica que la forma y el área de la cuenca sean diferentes para ambos casos.

Por medio de la integración de la información mencionada anteriormente, se determinaron las Unidades de Respuesta Hidrológica (URH), las cuales corresponden a unidades del territorio que presentan condiciones de uso de tierra, suelo y topografía homogéneos y por lo tanto producen un impacto particular sobre la cantidad y calidad del agua de la cuenca (Figura 7). Con la información de las URH, es posible identificar qué áreas en la cuenca son las que contribuyen más al aporte de sedimentos y agua al caudal.

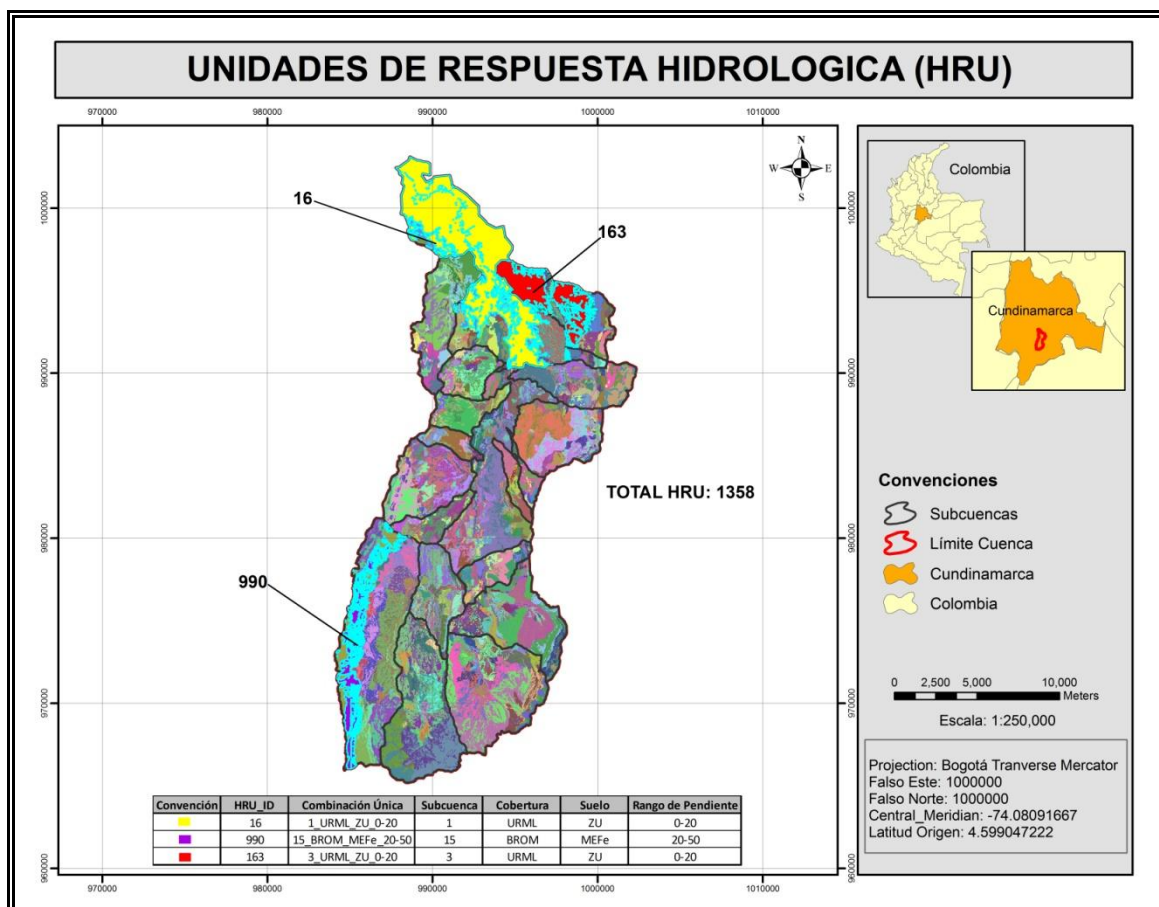


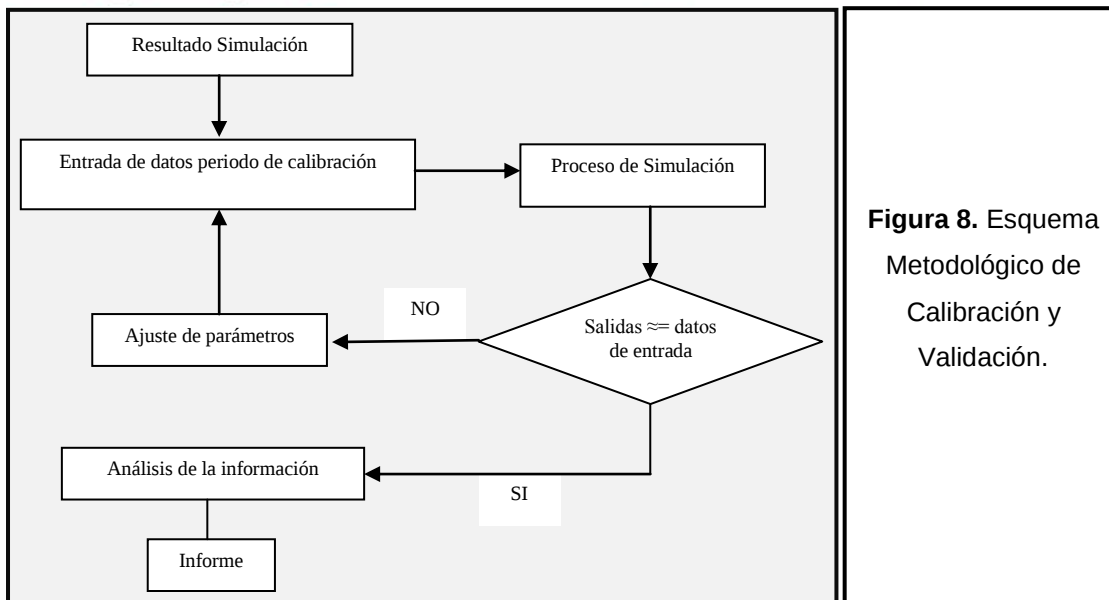
Figura 7. Mapa de Unidades de Respuesta Hidrológica.

1.5 Análisis de Sensibilidad, Calibración y Validación

Para realizar un uso eficiente de los modelos, es necesario realizar un análisis de sensibilidad; el análisis de sensibilidad utilizado en SWAT2005 es el método **LH-OAT**, el cual combina el método de diseño **OAT (One factor At a Time)** y el método de muestreo **LH (Latin Hypercube)**, tomando el muestreo de *Latin Hypercube* como puntos iniciales para el diseño OAT. El análisis de sensibilidad identifica los parámetros que tienen una influencia significativa en los resultados del modelo con respecto a las observaciones reales.

Aunque se han desarrollado métodos de campo para medir parámetros del suelo (como la conductividad hidráulica), virtualmente todos los modelos requieren una calibración para ajustar al menos algunos de sus parámetros (Sorooshian et., 1998). La calibración de un modelo como SWAT consiste en realizar un test de los parámetros de salida (caudal, sedimentos, escorrentía, etc.) entre los caudales simulados y los observados o tomados en campo; con la finalidad de poder determinar cuales parámetros de entrada deben ser ajustados en el modelo. En muchos casos el ajuste entre los caudales observados y simulados obtenidos durante la validación es menos satisfactorio que el obtenido en la calibración, pero es más representativo de la exactitud de las predicciones que se hagan con el modelo (Palacios, 1986).

El ajuste de parámetros se realizó de acuerdo con lo propuesto por el manual de SWAT, el cual indica los parámetros de entrada que más afectan las salidas del modelo y su orden de importancia; en el diagrama adjunto se presenta la metodología empleada para la calibración del modelo.



Los procesos de calibración y validación se realizaron en forma diaria para un periodo de simulación de 11 años (1999-2009), contando también para este periodo con datos de caudales diarios aforados. Según lo propuesto en el manual de Calibración/Validación de SWAT (Figura 9) es necesario dividir el rango de datos disponibles en dos grupos; la calibración de los parámetros más sensitivos en los procesos modelados se realizó para el periodo correspondiente a 2000-2004 y para la validación o evaluación de la capacidad del modelo se tomó el rango 2005-2009. No se tiene en cuenta el primer año (1999), porque dentro de la modelación se debe de tener un tiempo para que la recarga de acuíferos se lleve a cabo.

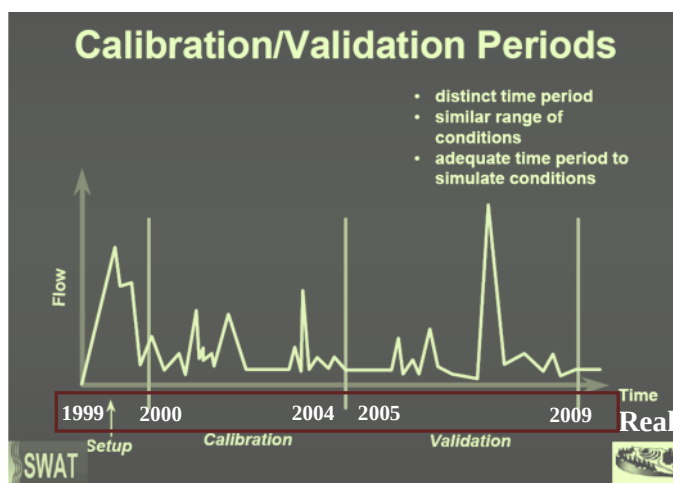


Figura 9. Periodos Calibración/Validación.

Fuente: Modificado SWAT manual.

Con base en los sedimentos trasportados en el caudal del río se hizo una primera aproximación para ver el aporte de volumen de sedimentos por hectárea de cada una de las cuencas analizadas, los valores obtenidos no pudieron ser validados, ya que no se contó con información de aforos de sedimentos en ninguna de las cuencas. Con el modelo ajustado en producción de agua, se seleccionaron las URH con mayores aportes de sedimentos, tanto por hectárea como por el total del área de la unidad.

3. PRINCIPALES RESULTADOS

3.1 Sistematización de la Información Básica

En la figura 10 se presenta la información básica generada para evaluar el impacto del uso de la tierra en los caudales y sedimentos. En el DVD que se entrega anexo a este informe se encuentran estos mapas y sus bases asociadas, con el fin que puedan ser consultados.

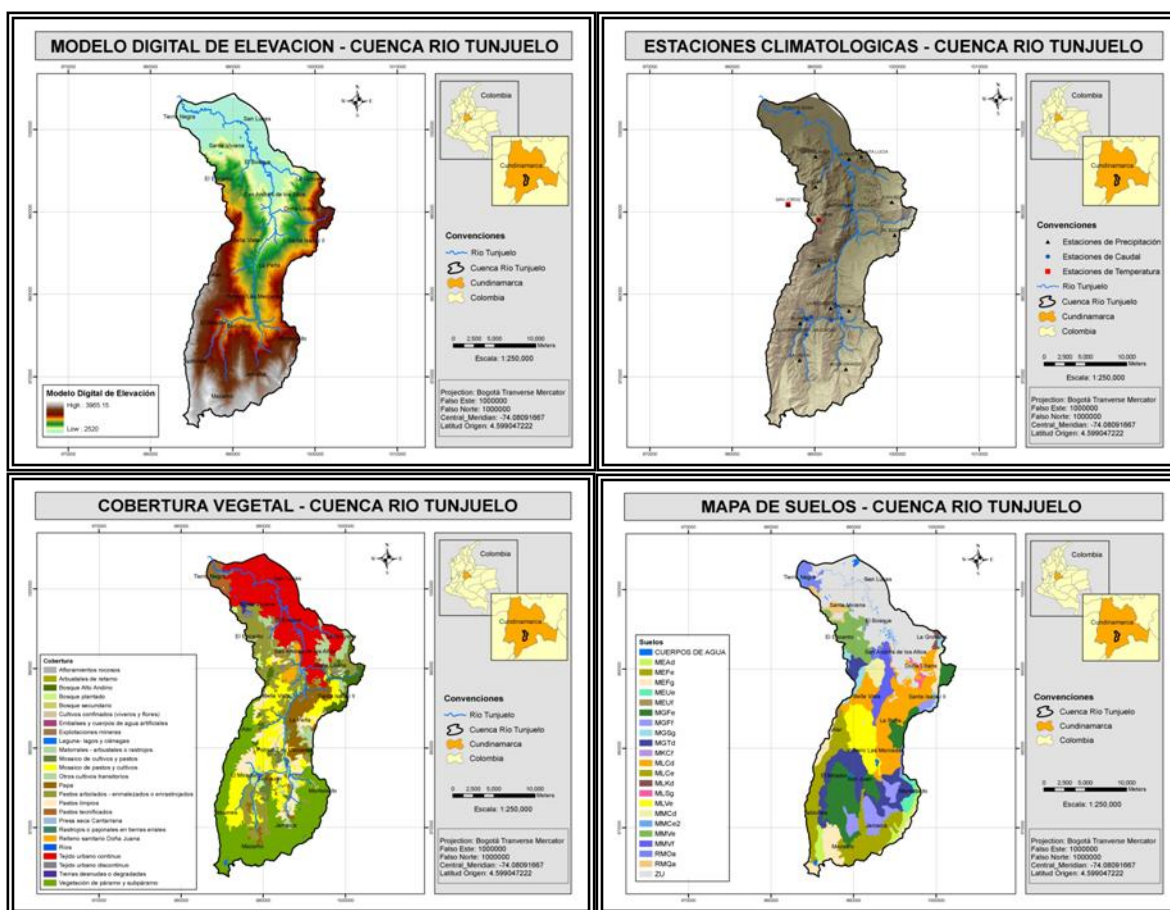


Figura 10. Información Básica Cartográfica de la Cuenca del Río Tunjuelo.

3.2 Análisis de Sensibilidad de los Parámetros del Modelo

El periodo de análisis de sensibilidad varía según la disponibilidad de registros reales, los cuales en este caso corresponden a un periodo de 11 años (1999-2009); en la Tabla 6 se presenta los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad para los **20** parámetros que corresponden o tienen influencia en la variable del caudal (Stream Flow) del modelo; para determinar el grado de sensibilidad de los parámetros evaluados, el modelo estadístico en SWAT2005 los clasifica en un rango (Rank) de prioridad de 1-21 (rango que varía dependiendo del número de parámetros evaluados); identificando cuáles parámetros tienen mayor influencia sobre los resultados de caudal en el modelo. El rango de clasificación de parámetros está dado por:

- 1 muy importante
- 2 – 8 importante
- 9 – 20 relativamente importante
- 21 no importante

Tabla 6. Resultado de Análisis de Sensibilidad para los Parámetros de Caudal.

Parametro	Rank	Descripción	Proceso
ALPHA_BF	9	Baseflow alpha factor [days]	Flujo Base
GW_DELAY	16	Groundwater delay [days]	Flujo Base
GW_REVAP	12	Groundwater "revap" coefficient	Flujo Base
REVAPMN	13	Threshold water depth in the shallow aquifer for "revap" [mm]	Flujo Base
GWQMN	2	Threshold water depth in the shallow aquifer for flow [mm]	Flujo Base
CANMX	3	Maximum canopy storage [mm]	Escorrentía
CN2	5	Initial SCS CN II value	Escorrentía
SURLAG	15	Surface runoff lag time [days]	Escorrentía
SOL_K	10	Saturated hydraulic conductivity [mm/hr]	Suelo
SOL_AWC	4	Available water capacity [mm H ₂ O/mm soil]	Suelo
SOL_Z	6	Soil depth [mm]	Suelo
BIOMIX	14	Biological mixing efficiency	Suelo
SLOPE	11	Average slope steepness [m/m]	Geomorfología
SLSUBBSN	21	Average slope length [m]	Geomorfología
ESCO	1	Soil evaporation compensation factor	Evaporación
SOL_ALB	19	Moist soil albedo	Evaporación
EPCO	17	Plant uptake compensation factor	Evaporación
CH_N	18	Manning's n value for main channel	Enrutamiento
CH_K2	8	Channel effective hydraulic conductivity [mm/hr]	Enrutamiento
BLAI	7	Maximum potential leaf area index	Cultivos

En los resultados del análisis de sensibilidad se identificó que de los 20 parámetros analizados hay 1 parámetro como el más sensible (sensibilidad global 1) que hacen parte de los procesos de evaporación, y por lo tanto en la participación de la hidrología del sistema. Además, hay 7 parámetros importantes (sensibilidad global >2 y menor de 8) que cubren los procesos de Flujo Base, Escorrentía, Suelo, Cultivos y Enrutamiento al canal principal. Por último, hay 11 parámetros "ligeramente importantes" (sensibilidad global >9 y menor de 19), y 1 parámetro que no causan cambio a la salida del modelo (sensibilidad global de 21). Pudiéndose apreciar que el proceso del suelo y la escorrentía, tiene dos parámetros con un alto grado de influencia en los resultados del modelo; en comparación con los otros procesos que solo tiene un solo parámetro con influencia en los resultados del modelo en lo que se refiere a caudal.

A continuación se presenta en la Tabla 7, los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad organizado por orden de prioridad; permitiendo identificar de manera más clara cuales son los parámetros que necesariamente deben ser tenidos en cuenta en el momento de la calibración del modelo.

Tabla 7. Orden de Prioridad de los Parámetros de Caudal en el Análisis de Sensibilidad.

ESCO	1	Evaporación
GWQMN	2	Flujo Base
CANMX	3	Escorrentia
SOL_AWC	4	Suelo
CN2	5	Escorrentia
SOL_Z	6	Suelo
BLAI	7	Cultivos
CH_K2	8	Enrutamiento
ALPHA_BF	9	Flujo Base
SOL_K	10	Suelo
SLOPE	11	Geomorfología
GW_REVAP	12	Flujo Base
REVAPMN	13	Flujo Base
BIOMIX	14	Suelo
SURLAG	15	Escorrentia
GW_DELAY	16	Flujo Base
EPCO	17	Evaporación
CH_N	18	Enrutamiento
SOL_ALB	19	Evaporation
SLSUBBSN	21	Geomorfología

A manera de resumen se determina que el parámetro más sensible en el modelo corresponde al **factor de compensación para la evaporación del suelo (ESCO)** que permite al usuario modificar la profundidad del perfil del suelo a la cual la demanda de evaporación es permitida para satisfacer la demanda de evaporación del suelo en el efecto de la acción capilar; este parámetro varía entre (0.01 y 1); cuando este valor es reducido, “el modelo es capaz de extraer más de la demanda de evaporación de los niveles más bajos”. SWAT2005 supone que el 50% de la demanda de evaporación se extrae de los primeros 10 mm del suelo y el 95% de la demanda de evaporación se extrae de los primeros 100 mm del suelo.

Si se coloca un valor de ESCO bajo tendiendo a cero, se genera mayor evaporación en los niveles profundos del suelo, disminuyendo la cantidad de agua subterránea que ingresa a la corriente del río. Pudiendo observar que en las épocas de menor lluvia se presentara una disminución en los picos de caudal, debido a que las raíces tienen más disponibilidad de tomar agua y además el suelo tiene poca capacidad de retener el agua en estos periodos secos; en las épocas de mayor precipitación los picos de caudal también cambian un poco, debido a que cuando se aumenta la evaporación, los acuíferos tardan más tiempo en llenarse y alcanzar la altura del umbral de GWQMN y se genere flujo de retorno.

Dentro de los parámetros que tienen un nivel alto de importancia de sensibilidad, encontramos:

- **Dosel (GWQMN)**, este es el umbral de la profundidad del agua requerida para que ocurra el flujo de retorno o aporte de aguas subterráneas al flujo del cauce principal, cuanto más alto sea este valor, los aportes de flujo base hacia la corriente son más restringidos, al contrario de si este valor es menor los aportes serán mayores.
- **Capacidad Máxima de Almacenamiento del Dosel (CANMX)** el cual determina la máxima cantidad de agua que puede ser atrapada en el dosel cuando la cubierta está completamente desarrollada y que tiene influencia directa en el cálculo de la infiltración, escurrimiento superficial y la evapotranspiración; ya que la densidad de la cobertura del suelo y la morfología de las plantas ejercen una influencia sobre la

intensidad de la precipitación que cae al suelo y por consiguiente en los cambios de cantidad de agua que alcanza el suelo.

Al conocer la cantidad de agua que es atrapada por el dosel se puede determinar así mismo la evaporación desde el dosel de las plantas. SWAT2005 calcula la cantidad máxima de agua que puede ser almacenada en el dosel de las plantas CANMX mediante la curva número y como función del área de las hojas. (Manual SWAT2005 p.124). Al cambiar los valores de CANMX el flujo de la corriente del río puede cambiar mínimamente, sin causar un gran impacto sobre los resultados de caudal, esto se puede explicar debido a que la cantidad máxima de agua que puede ser atrapada por la planta es insignificante con respecto a la cantidad de precipitación que alcanza la superficie, ya sea porque el área del follaje es relativamente constante en plantas como el maíz o la intensidad de las lluvias es alta. Pero en este caso en particular se considera que el área del follaje de la planta podría no influir en el caudal pero si en la evapotranspiración calculada por el modelo.

- La **Disponibilidad de Agua del Suelo (SOL_AWC)**, también referida como la capacidad disponible de agua, es calculada; restando la fracción del agua presente en el punto de marchites a la capacidad de campo.

$$AWC = FC - WP$$

Donde AWC es el contenido de agua disponible en el suelo para la planta, FC es la capacidad de campo, y el WP es el punto de marchites. El SWAT estima el contenido volumétrico de agua cada capa del suelo.

3.3 Calibración del Modelo

Una vez ingresados los datos y determinadas las URH, se realizó una corrida preliminar en ArcSWAT, arrojando resultados sobre las variables hidrológicas en la cuenca, la Figura 11 muestra el caudal simulado vs el caudal aforado. Estos primeros resultados mostraron caudales mínimos muy bajos y unos picos de caudal que no corresponden a los datos aforados, en cuanto a los sedimentos el valor promedio de toneladas por hectárea es bajo.

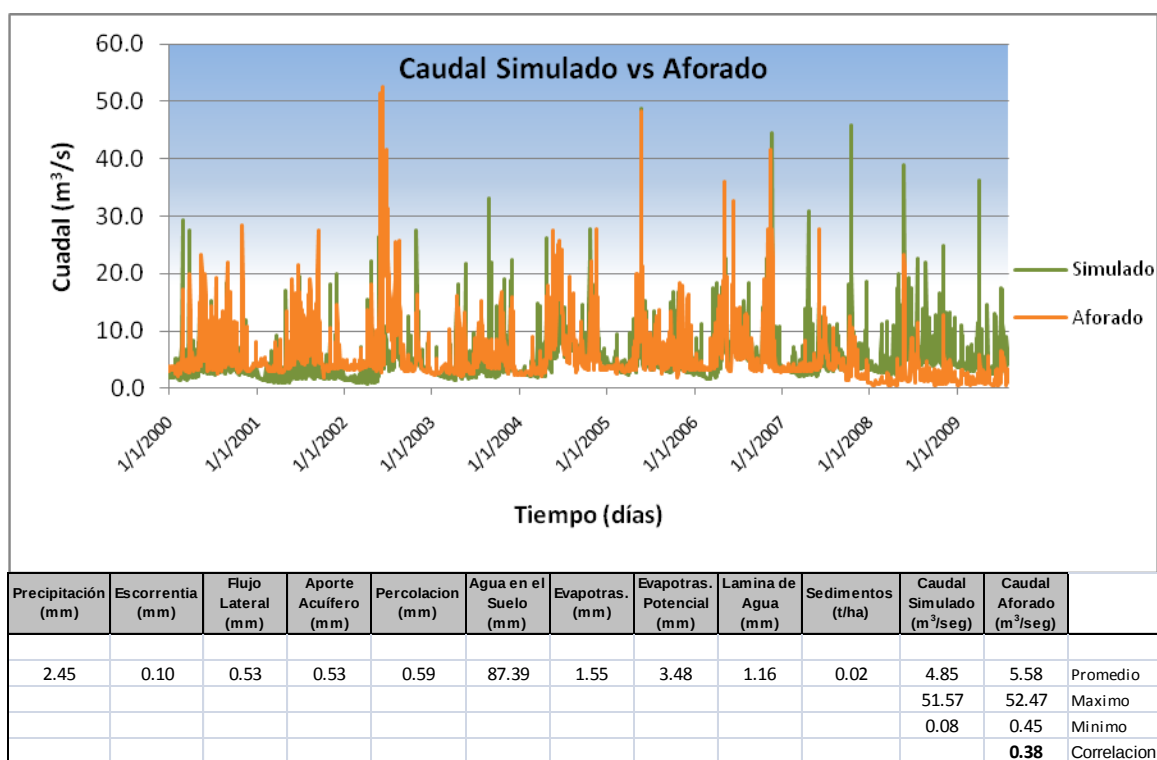


Figura 11. Resultados Simulación con SWAT Cuenca Río Tunjuelo.

Se puede apreciar en la anterior figura que es necesario ajustar los valores de caudales, de tal manera que el modelo pueda simular mucho mejor los valores mínimos en los periodos donde se tienen datos aforados (Mínimo simulado 0.08, aforado 0.45). La diferencia que se presenta en los caudales corresponde a que no es significativo el aporte en escurrentía (0.1mm) de 2.45mm de precipitación promedio en la cuenca; otros parámetros que son necesarios revisar son los valores de la evapotranspiración potencial y real calculada, los cuales son influenciados por el contenido de agua en el

suelo. Los sedimentos son relativamente bajos en la cuenca 0.02 t/ha (sin observar los datos aforados) y esto se debe a que hay una baja escorrentía 0.1 mm.

Cabe destacar que los resultados presentan una correlación baja (0.38), pero si se observan sin gran detalle la serie de caudal o la regulación de éste, presentan un buen ajuste (promedio multi-anual simulado 4.85 m³/s y aforado 5.58 m³/s). Es necesario realizar el proceso de calibración para mejorar el ajuste; pero se puede apreciar un comportamiento diferente en el caudal aforado en la Estación Puente Bosa para los años 2008-2009 (Figura 12) en comparación al que se venía presentando a partir del año 2000.

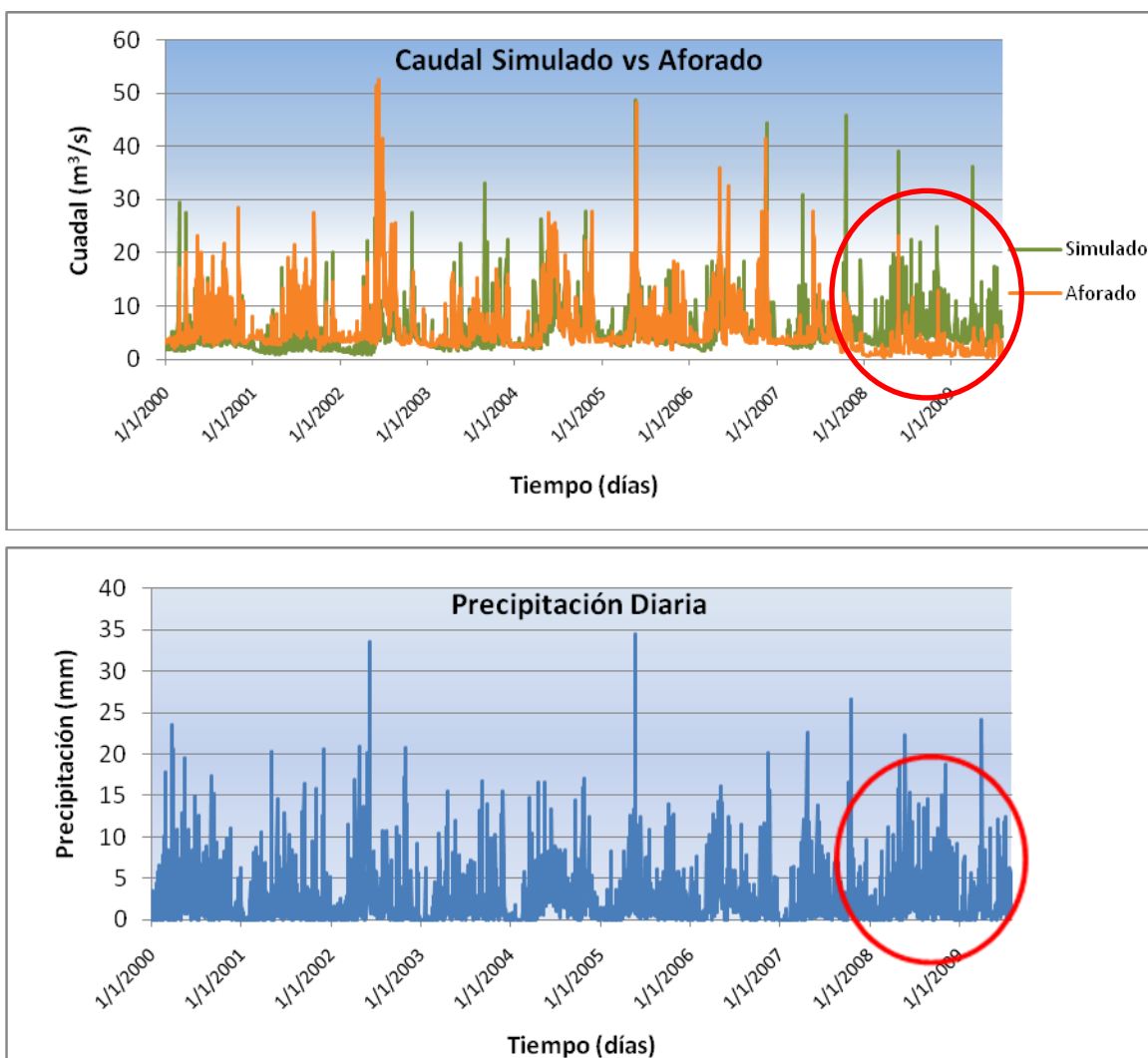


Figura 12. Análisis del Comportamiento del Caudal Aforado.

Observando los datos de precipitación para este período irregular, se puede apreciar que el caudal aforado no concuerda con el comportamiento de la precipitación debido a que a que no existe una disminución de la precipitación para este período. Lo que permite concluir que existen dos posibles causas para este comportamiento: 1) Errores en la medición del caudal ó 2) Reducción de caudal debido a la extracción de agua en algún sitio de la cuenca antes de la ubicación de la estación.

Para ajustar estos resultados se modificaron algunos parámetros del modelo según los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad y de acuerdo a las recomendaciones sugeridas en estos casos por los autores de SWAT. Tomando como base la experiencia obtenida en la modelación de cuencas de la región Andina y observando los resultados obtenidos en la primera simulación; se recomendó realizar los siguientes ajustes:

- Los datos de temperatura diarias máximas y mínimas empleados en la simulación de la cuenca, corresponden a dos estaciones ubicadas en la parte media de la cuenca (Figura 13) y estos son los valores en temperatura máxima y mínima que se emplean para toda la cuenca. El modelo SWAT por medio de *Polígonos de Thyssen* calcula la temperatura máxima y mínima para cada una de las subcuencas definidas en la configuración de éste; pero al tener sólo dos estaciones son asignados estos valores para cada subcuenca. Por este motivo y en vista de que las diferencias de altura en la cuenca oscilan entre los 2520 a 3965 msnm; es necesario crear estaciones en la parte alta y baja de la cuenca con parámetros de temperatura para que la asignación de ésta sea más ajustada a la realidad.

Según el Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca del Río Tunjuelo, el gradiente de temperatura media anual en función de la elevación fue obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$T = -0.0059 m + 28.77 \quad R^2 = 0.9615$$

Donde T es la temperatura media anual en grados centígrados y m es la altitud sobre el nivel del mar en metros. Esto indica que hay un cambio de temperatura de 0.0059 °C por cada metro en altura. Lo que indica que si se tiene una estación a los 2000 msnm y queremos crear otra a los 3000msnm, es necesario tener presente que hay un cambio de -5.9 °C en una diferencia de altura de 1000m.

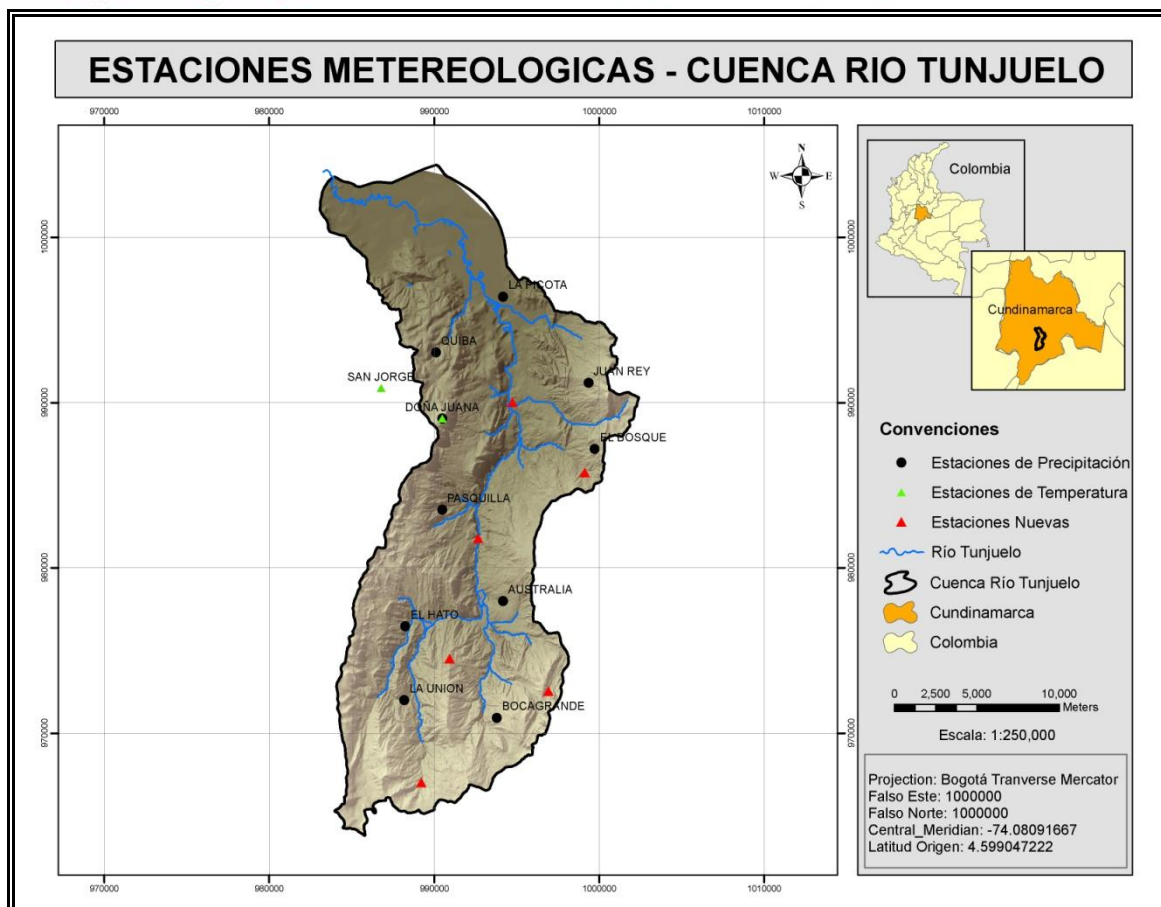


Figura 13. Ubicación Geográfica de Estaciones de Temperaturas Creadas.

- Se ajustó el valor de recesión de aguas subterráneas (Alpha 0.02) para mejorar la regulación del caudal en el periodo simulado.
- El parámetro ESCO que controla la evapotranspiración de las plantas se aumentó a 1, permitiendo aumentar levemente el valor de la evapotranspiración potencial y poder así representar mejor la evapotranspiración.

Después del ajuste de los parámetros mencionados anteriormente, se realizó una nueva simulación en la cual se obtuvo la correlación entre los datos simulados y observados (Figura 14), la cual corresponde a 0.51 de ajuste para el período 2000-2004.

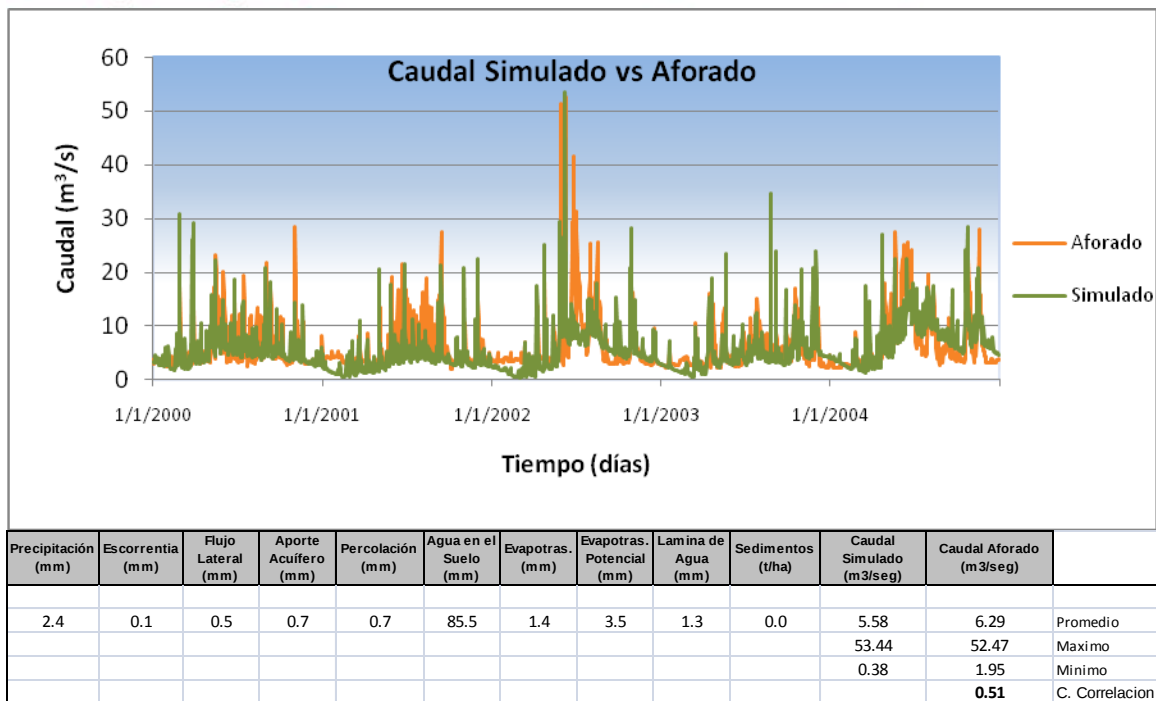


Figura 14. Calibración Caudal Simulado vs Observado.

3.4 Validación del Modelo.

Caudal

Para el proceso de validación se compararon los caudales diarios observados y los simulados, con los parámetros ajustados en el proceso de calibración. En la Figura 15 se presentan los datos de la producción de agua para el período de validación (2005-2007). En este caso sólo se presenta información de tres (3) años debido al comportamiento diferente que presentaban los datos aforados en los últimos dos (2) años (ver Figura 12). El valor obtenido de la correlación entre los datos observados y los simulados fue de 0.56. Es evidente el ajuste entre los valores observados y calculados, ya que para este periodo fue un poco mejor al obtenido en el periodo de calibración, el cual fue 0.51.

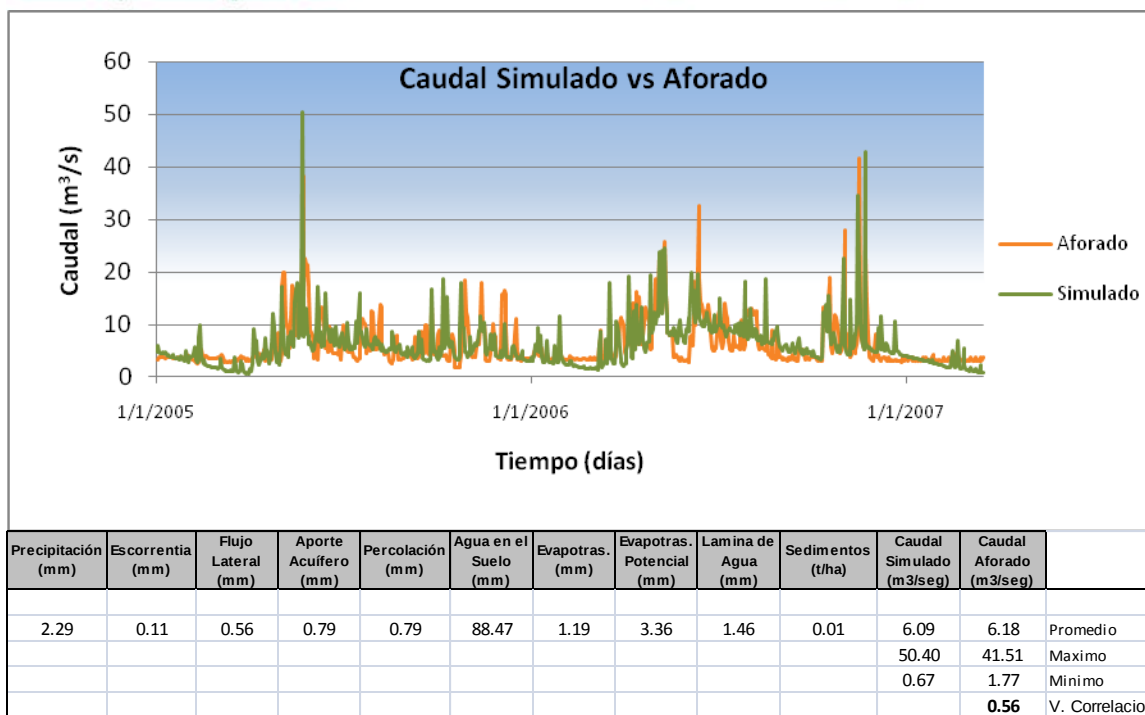


Figura 15. Validación Caudal Simulado vs Observado.

Se puede observar en la anterior figura que para el periodo de validación los caudales mínimos simulados (diario 0.67 m³/s) en la cuenca en ciertos periodos son menores a los caudales mínimos aforados (diario 1.77 m³/s), mostrando una diferencia especialmente en el periodo seco.

En general los caudales simulados se ajustan bien a los caudales aforados, obteniendo ajustes razonables. Si observamos la Figura 16, se puede apreciar que la mayor diferencia se presenta en los caudales máximos para ciertos eventos puntuales, considerando que la mayor influencia radica en los datos de climatología empleados para la modelación.

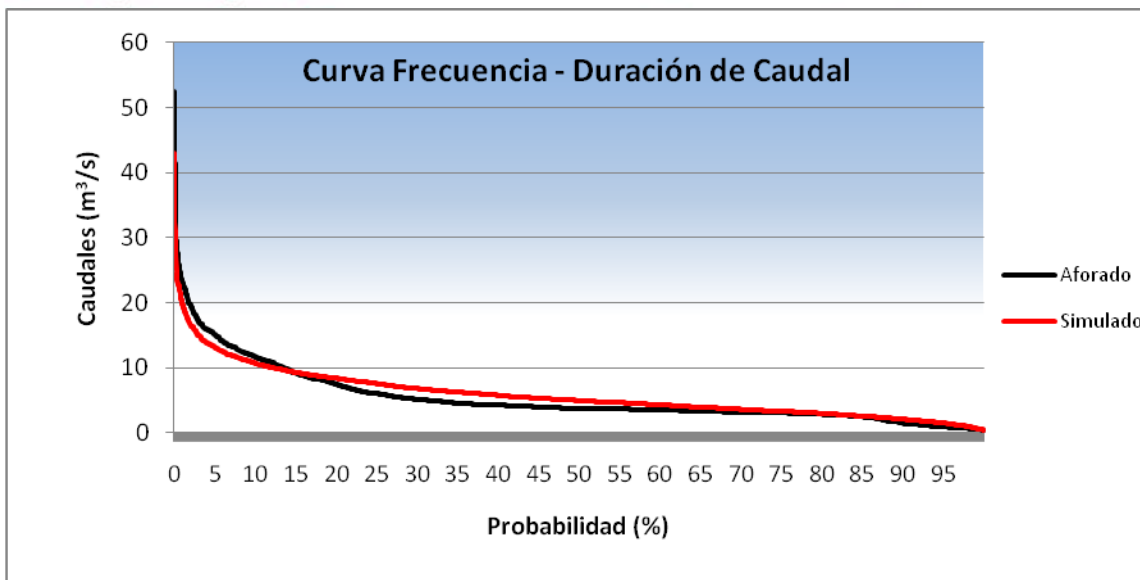


Figura 16. Curva Frecuencia - Duración de Caudal Simulado vs Observado.

Como consecuencia de diferentes fuentes de error, se plantea hasta que punto o en qué grado los resultados obtenidos son fiables. Por ello, al resultado de una medida se le asocia un valor o índice complementario que indica la calidad de la medida o su grado de precisión. Los errores o imprecisiones en los resultados se expresan matemáticamente de dos formas: error absoluto y error relativo. Se define el error absoluto E_a , como la diferencia entre el resultado de la medida M y el verdadero valor m de la magnitud a medir; el error relativo E_r es el cociente entre el error absoluto E_a y el verdadero. En el cuadro que se muestra a continuación, se presentan los valores de E_a y E_r para los períodos de validación y calibración obtenidos en la simulación de la cuenca del Río Tunjuelo.]

Tabla 8. Errores Relativos y Absolutos Obtenidos en la Simulación.

Error	Periodo	
	Calibración	Validación
Absoluto (m^3/s)	-0.72	-0.10
Relativo (%)	-11.38	-1.54

A continuación se presenta de forma grafica la distribución o el balance hídrico del agua precipitada en milímetros (mm) en la cuenca del Río Tunjuelo para los 11 años del periodo correspondiente a la simulación; en la cual se puede apreciar que la mayor distribución de la precipitación corresponde a: 1) la evapotranspiración que se

encuentra relacionada con los datos de la cobertura, temperatura máxima y mínima, radiación, entre otras variables y 2) el aporte a acuíferos que está relacionado con las características del perfil de suelo de la zona de estudio.

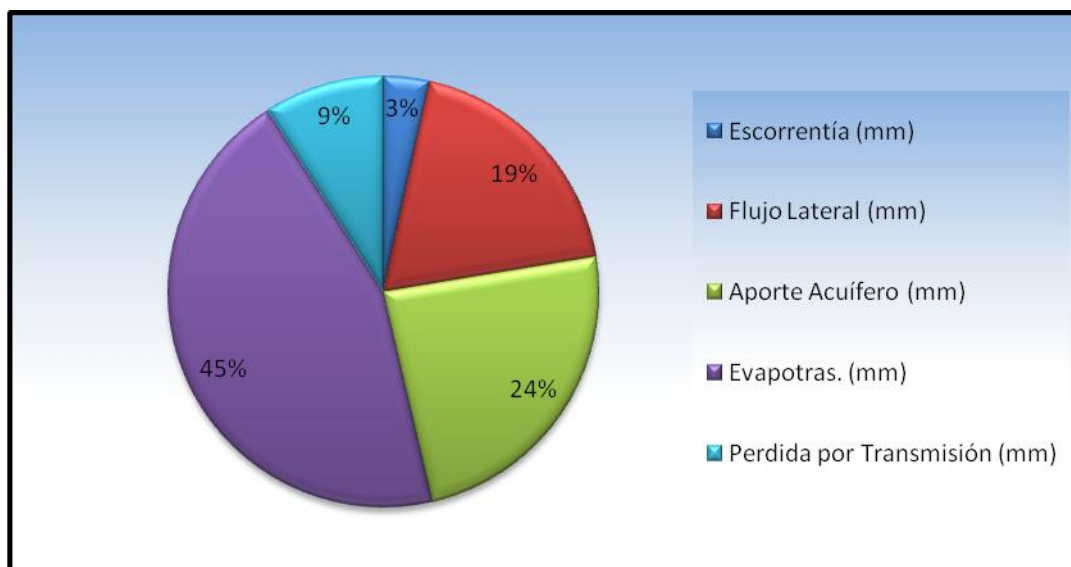


Figura 17. Balance del Promedio Diario Multianual de Agua (mm).

Sedimentos

En este proyecto se contó con datos de sedimentos aforados (ver Tabla 9) del estudio “Calidad del Sistema Hídrico de Bogotá” llevado a cabo por la Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Estos datos son pertenecientes al Punto RCHB (Red de Calidad Hídrica de Bogotá) Isla Pontón San José, el cual está ubicado en el punto de cierre de la cuenca del Río Tunjuelo. Estos datos están representados como Sólidos Suspendidos Totales (SST) en mg/L, para un registro total de 20 días entre los años 2006 - 2007.

Tabla 9. Datos Aforados de Sedimentos.

Fecha (mm/dd/aaaa)	Hora Inicial	Hora Final	SST (mg/L)	Caudal (m ³ /s)
8/4/2006	10:00	12:00	304	3753.000
8/24/2006	12:00	14:00	150	20747.600
9/14/2006	14:00	16:00	177	3911.300
10/23/2006	8:00	10:00	174	13190.740
10/30/2006	11:00	13:00	206	4059.250
11/8/2006	19:00	21:00	328	14918.223
11/15/2006	3:00	5:00	612	8832.800
12/4/2006	6:00	8:00	324	6378.714
12/6/2006	11:00	13:00	206	5873.583
12/16/2006	23:00	1:00	426	5220.300
12/28/2006	3:00	5:00	191	8497.269
1/15/2007	22:00	0:00	93	4650.274
1/18/2007	2:00	4:00	1680	4954.894
2/2/2007	4:00	6:00	276	2252.169
2/13/2007	16:00	18:00	222	2974.576
2/17/2007	20:00	22:00	304	4518.057
2/18/2007	0:00	2:00	360	3969.382
3/12/2007	14:00	16:00	375	4223.494
3/17/2007	18:00	20:00	325	4298.835
3/20/2007	14:00	16:00	184	6500.320

Fuente: Documento “Calidad del Sistema Hídrico de Bogotá”.

Esto es muy poca información para realizar una calibración y validación de los resultados obtenidos en la modelación. Además no es una muestra lo suficientemente representativa del comportamiento de los sedimentos, en comparación con el período simulado (2000-2009), como para estimar o valorar la fiabilidad del modelo. Lo ideal es tener registros diarios de sedimentos para todo el período de trabajo, como se tuvo con datos de caudal. También debe tenerse en cuenta que los resultados están influenciados por la apertura y cierre de la válvula del Embalse La Regadera, el cual no se tuvo en cuenta para la simulación debido a que no se contaba con datos asociados a él. Otro factor es la existencia de una planta de manejo de lixiviados producidos por el Basurero Doña Juana, en la cual probablemente se haga una reducción de sedimentos aportados al caudal, pues según el estudio “Calidad del Sistema Hídrico de Bogotá” se tiene que el promedio de los SST para el punto de monitoreo Doña Juana es de 3369 mg/L, mientras que para el de Isla Pontón San José es de 290 mg/L.

De todas formas se procedió a comparar el valor promedio diario en sedimentos tanto aforados como simulados para los días en los cuales se contaba con información registrada en campo. Esto se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 10. Comparación de Datos de Sedimentos Simulados y Aforados.

Fecha (mm/dd/aaaa)	Sedimentos Simulados (T/Ha/día)	Sedimentos Aforados (T/Ha/día)
8/4/2006	0.09	0.03
8/24/2006	0.00	0.09
9/14/2006	0.09	0.02
10/23/2006	0.00	0.07
10/30/2006	0.28	0.02
11/8/2006	0.00	0.14
11/15/2006	0.10	0.16
12/4/2006	0.92	0.06
12/6/2006	0.03	0.03
12/16/2006	0.02	0.06
12/28/2006	0.40	0.05
1/15/2007	0.02	0.01
1/18/2007	0.00	0.24
2/2/2007	0.00	0.02
2/13/2007	0.00	0.02
2/17/2007	0.00	0.04
2/18/2007	0.01	0.04
3/12/2007	0.00	0.05
3/17/2007	0.00	0.04
3/20/2007	0.00	0.03
Promedio	0.10	0.06

Según estos resultados, el promedio de sedimentos diarios por hectárea es de 0.06 para los datos aforados y 0.10 para los resultados del modelo; lo que implica que hay una diferencia de 0.04 T/Ha/día para estos 20 registros.

En el documento “Calidad del Sistema Hídrico de Bogotá” en la Tabla 65 se resume que el valor promedio diario de SST para el Punto RCHB Isla Pontón San José es de 183.67 T/día, lo que equivale a 0.01 T/Ha/día para un área de la cuenca de 36046.5 Ha. Esto demuestra que hay una diferencia en este valor promedio con respecto a los datos suministrados para los 20 registros suministrados (0.06 T/Ha/día), siendo posible que existiesen más datos aforados que no fueron suministrados o presentados en el informe.

Si se compara este último promedio (0.01 T/Ha/día) de datos aforados con el promedio de sedimentos diarios simulados para todo el periodo de simulación el cual es de 0.02 T/Ha/día (ver Figura 11); se puede observar una diferencia muy pequeña entre estos valores (0.01 T/Ha/día). Cabe destacar que es necesario contar con mejor información de registro de datos tomados en campo de un periodo más representativo, para que en un proceso futuro de monitoreo se pueda realizar una evaluación de los resultados de

sedimentos con los ajustes necesarios y así poder estimar el comportamiento de la producción y realizar la validación de esta variable.

De todas formas los resultados que se presenten en sedimentos en este informe no se pueden afirmar de manera cuantitativa, pero si se pueden definir cuáles son las áreas (URH), coberturas y suelos que presentan mayor y menor producción de sedimentos.

3.5 Promedio Mensual de Caudal y Sedimentos Simulados

A continuación se presenta de forma grafica el promedio mensual multianual del caudal simulado vs el caudal aforado y los sedimentos obtenidos en la simulación con SWAT para la cuenca del Río Tunjuelo.

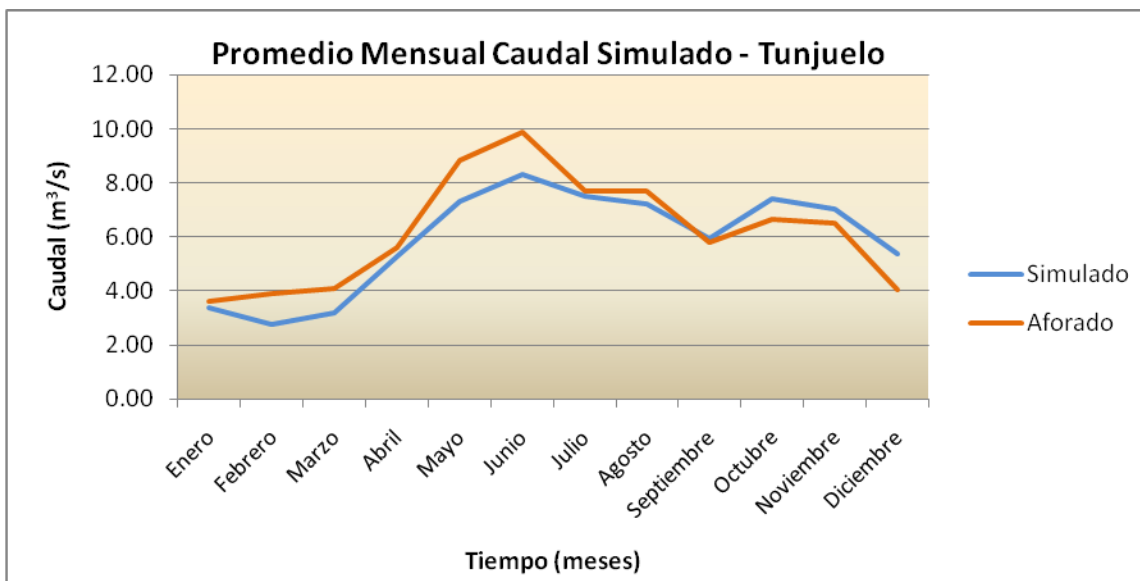


Figura 18. Promedio Mensual del Caudal Simulado.

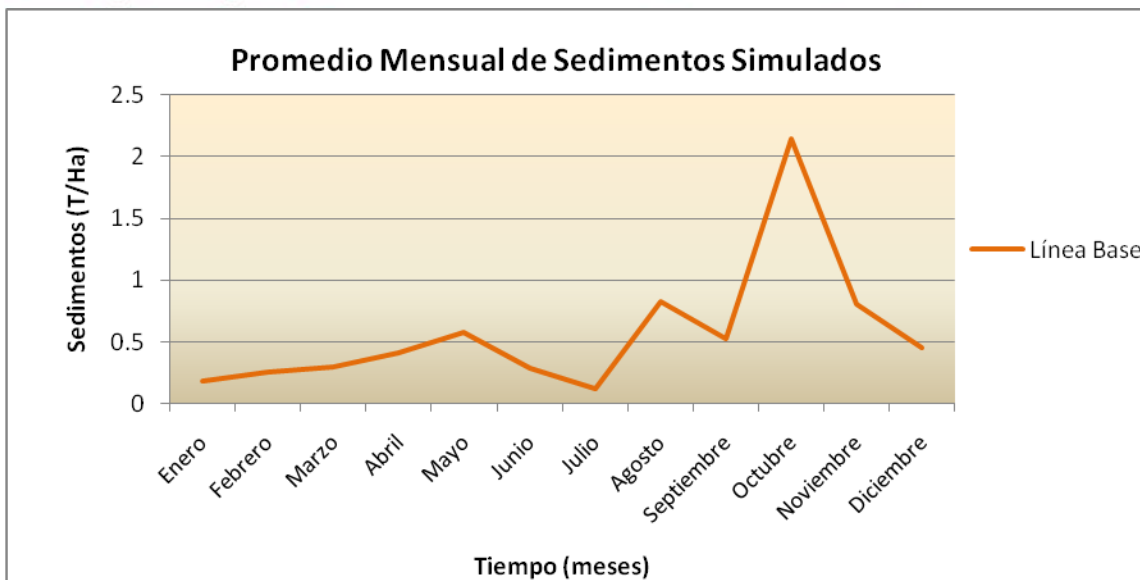


Figura 19. Promedio Mensual de Sedimentos Simulados.

3.6 Localización Espacial de URH con Producción de Sedimentos y Agua

Con los resultados de la modelación hidrológica se identificó la contribución de sedimentos y agua al caudal por parte de cada una de las URH durante el período simulado (11 años). Con base a estas dos variables hidrológicas se realizaron comparaciones entre las URH presentes en la cuenca para determinar aquellas que tienen un mayor efecto negativo sobre la calidad y cantidad de agua.

En las Figuras 20 y 21 se presentan las URH en cada una de las cuencas con su aporte de agua al caudal y sedimentos (ver ANEXO 1). Estas están priorizadas por el aporte de sedimentos y contienen los valores de las demás variables que interfieren en el balance hídrico.

Variables del balance hídrico por cada URH:

- No. de la URH
- Tipo de cobertura
- Subcuenca donde encuentra localizada
- Área (Km²)
- Precipitación anual (mm)
- Evapotranspiración real (mm)
- Percolación (mm)

- Escorrentía (mm)
- Perdida por transmisión (mm)
- Flujo Lateral (mm)
- Agua aportada por el acuífero superficial (mm)
- Producción de agua (H²O mm): Monto total de agua que sale de cada URH y de entrar al canal principal durante el paso del tiempo. (WYLD = SURQ + LATQ + GWQ - TLOSS - abstracciones estanque)
- Producción de sedimentos (toneladas métricas/ha): sedimentos de cada URH que se transporta en el canal principal durante el paso del tiempo.

A continuación se presenta de forma grafica el promedio multianual (1999-2009) de la producción de agua en (mm) y sedimentos (t/ha) por cada URH en la cuenca; lo que permite analizar de forma visual la variación y el comportamiento de la producción de cada URH; la cual se encuentra sujeta a la condiciones ambientales y biofísicas de la cuenca (registros de precipitación, temperatura, radiación, suelos, coberturas, pendientes...etc).

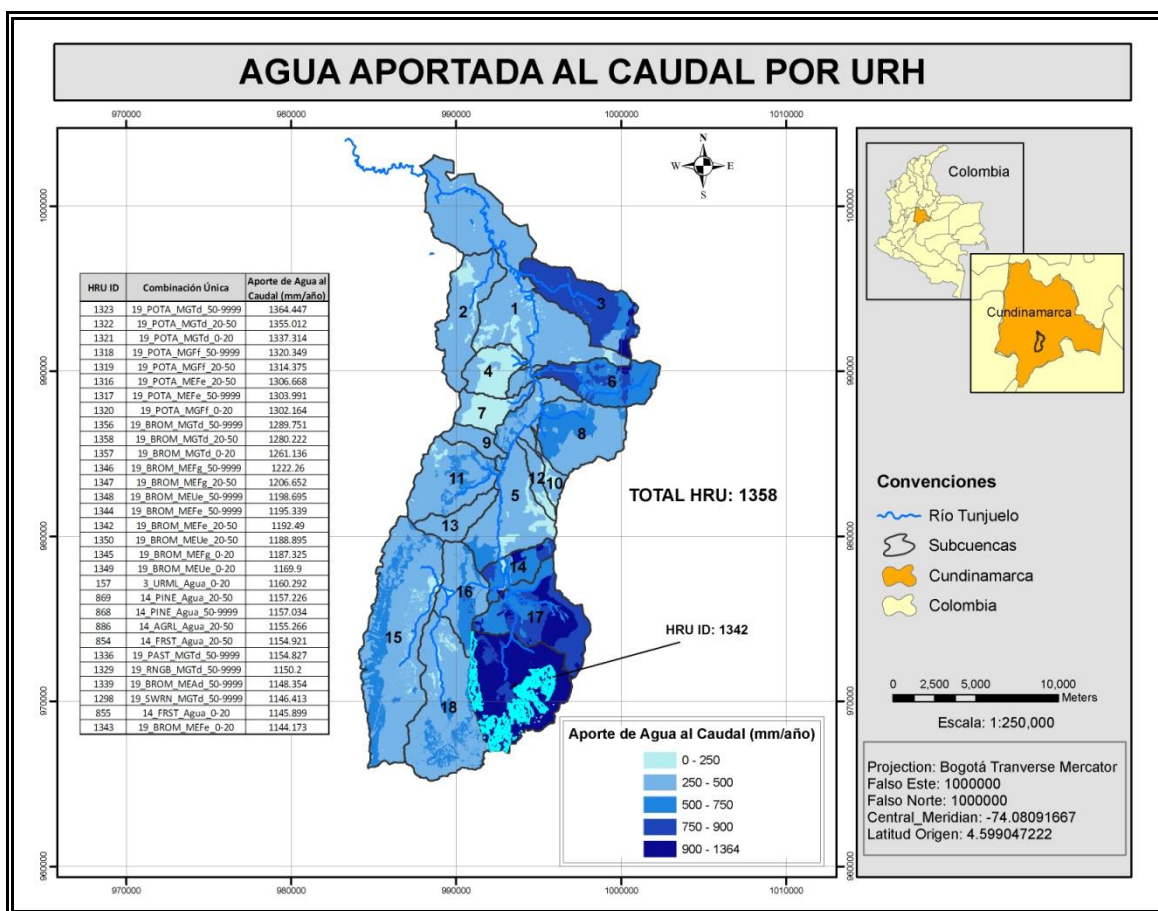


Figura 20. Producción de Agua Anual por cada Unidad de Respuesta Hidrológica - URH.

Se puede apreciar que la mayor producción de agua para el periodo simulado (1999-2009) corresponde a las subcuencas 19, 17, 14, 6 y 3 en las partes alta y baja de la cuenca. Esta producción de caudal se encuentra muy ligada a la precipitación de las zonas correspondiente a la estaciones Bocagrande, Australia y Juan Rey, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

CODIGO	NOMBRE	PRECIPITACIÓN
2120019	Boca Grande	1385
2120085	El Bosque	1297
2120130	Australia	1141
2120204	Juan Rey	1056
2120509	La Regadera	1000
2120086	El Hato	772
2120158	Pasquilla	761
2120120	Esc. La Union	752
2120630	Doña Juana	656
2120124	Santa María	653
2120205	Quiba	640
2120052	Santa Lucía	604
2120197	Casablanca	572
2120156	La Picota	566

Tabla 11. Promedios Multianuales de las Estaciones de Precipitación Utilizadas en la Simulación.

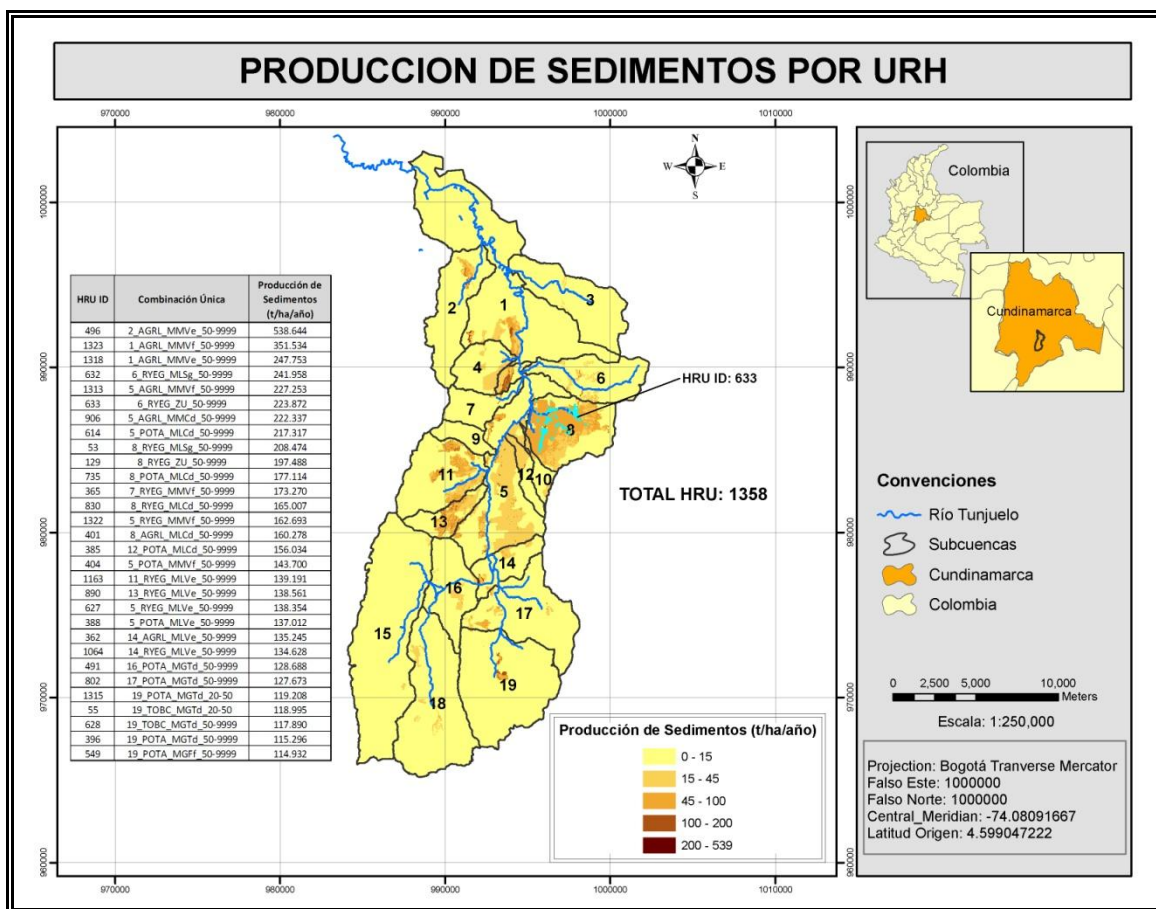


Figura 21. Producción de Sedimentos Anual por cada Unidad de Respuesta Hidrológica - URH. Debido a que no se pudo calibrar el modelo para la producción de sedimentos, no se puede tener como fuente confiable los resultados obtenidos en la simulación de forma cuantitativa; pero si se puede definir las áreas de mayor producción. Las zonas que se aprecian en un color marrón intenso en las graficas presentadas, corresponden a áreas de Mosaico de Pastos y cultivos, Papa, Explotaciones Mineras (son las que más aportan sedimentos) y Otros Cultivos Transitorios; ubicados en las subcuencas 6, 19, 8, 14, 1, 2, 11, 5 y 13.

Al comparar los resultados estimados del modelo con los valores promedio de la sedimentación obtenidos en cada una de las estaciones de la red de monitoreo del Río Tunjuelo; se puede apreciar que existe coherencia entra las áreas de mayor producción de sedimentos espacialmente.

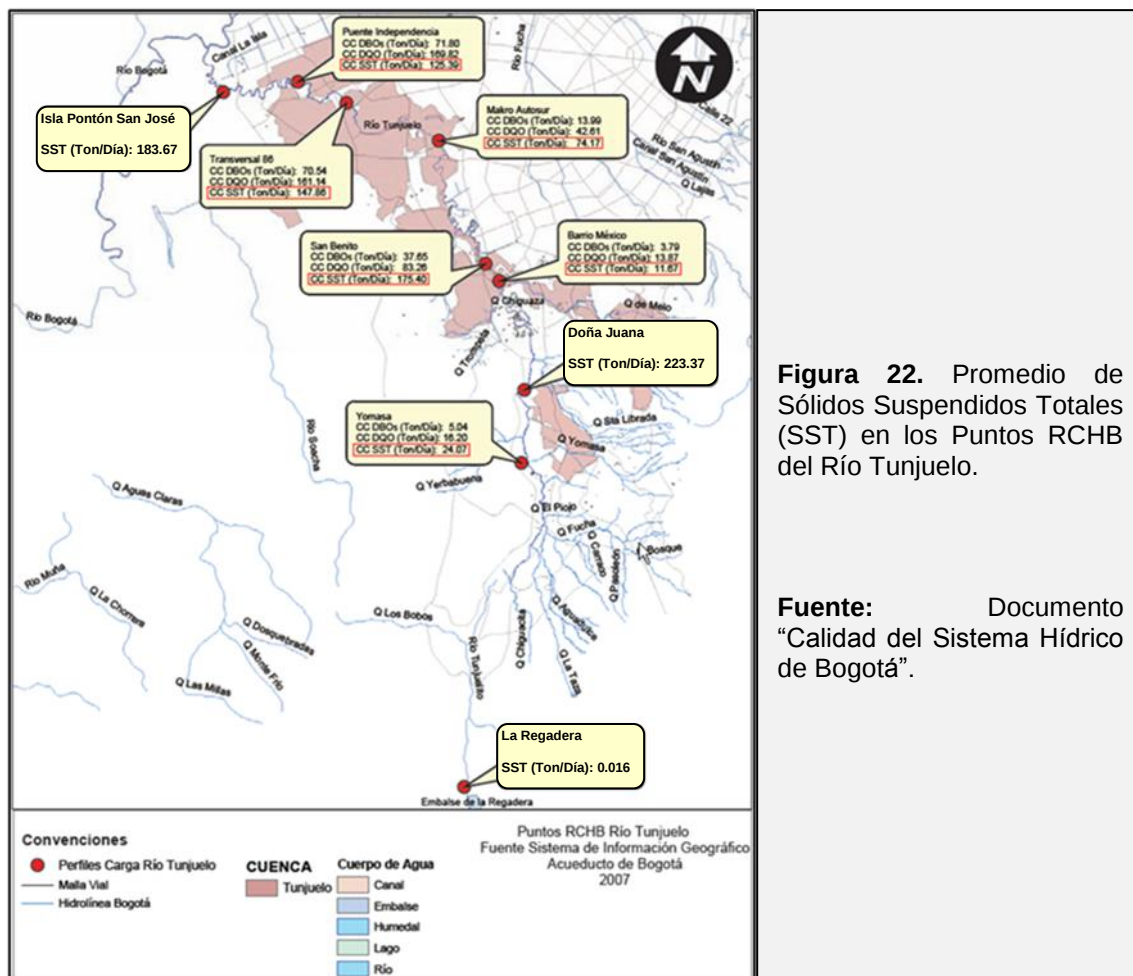


Figura 22. Promedio de Sólidos Suspensos Totales (SST) en los Puntos RCHB del Río Tunjuelo.

Fuente: Documento "Calidad del Sistema Hídrico de Bogotá".

4. ESCENARIOS DE POLITICAS DE CONSERVACION

Una vez calibrado el modelo es posible crear escenarios hipotéticos en los que se puede simular el comportamiento de la subcuenca frente a nuevas coberturas de uso del suelo, permitiendo de esta manera comparar la **Situación Actual** (Línea Base) con diferentes condiciones de uso de suelo que podrían presentarse en un futuro, con el fin de analizar cuál es el impacto del cambio en la producción de sedimentos y caudales en la cuenca; el escenario evaluado en el presente proyecto es el siguiente:

➤ **Escenario**

Al definir el cambio de Cobertura Vegetal para la Modelación del Escenario, se tuvo en cuenta las indicaciones establecidas por la entidad contratante (**ASECOL**):

- **Zonas que se encuentren por encima de los 3200 msnm (Parte Alta).**
 - Definir como *Bosque Plantado* (código SWAT **FRST**) en un área de 100 m a la redonda del cuerpo hídrico.
 - Cambiar a *Matorrales Arbustales o Rastrojos* (código SWAT **MESQ**) las coberturas de pastos y cultivos que estén por encima de los 3200 msnm y que se encuentre dentro de las áreas protegidas establecidas en el POMCA (Plan de Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Tunjuelo) diferentes a las zonas de rondas ya establecidas en el ítem anterior.
- **Para las zonas de ronda que se encuentren por debajo de los 3200 msnm y que se ubiquen en la cuenca media o alta (Zona Rural).**
 - Definir como *Bosque Plantado* (código SWAT **FRST**) en un área de 30 m a la redonda del cuerpo hídrico.

- Definir como *Matorrales Arbustales o Rastrojos* (código SWAT **MESQ**) en un área de 70 m a partir de la ronda de Bosque establecida a los 30m del cuerpo hídrico.

▪ **Para la cuenca baja (Parte Urbana).**

Definir como Bosque Plantado (código SWAT **FRST**) en un área de 5 m a la redonda del cuerpo hídrico.

A continuación se presenta el mapa de cobertura final definido para la simulación:

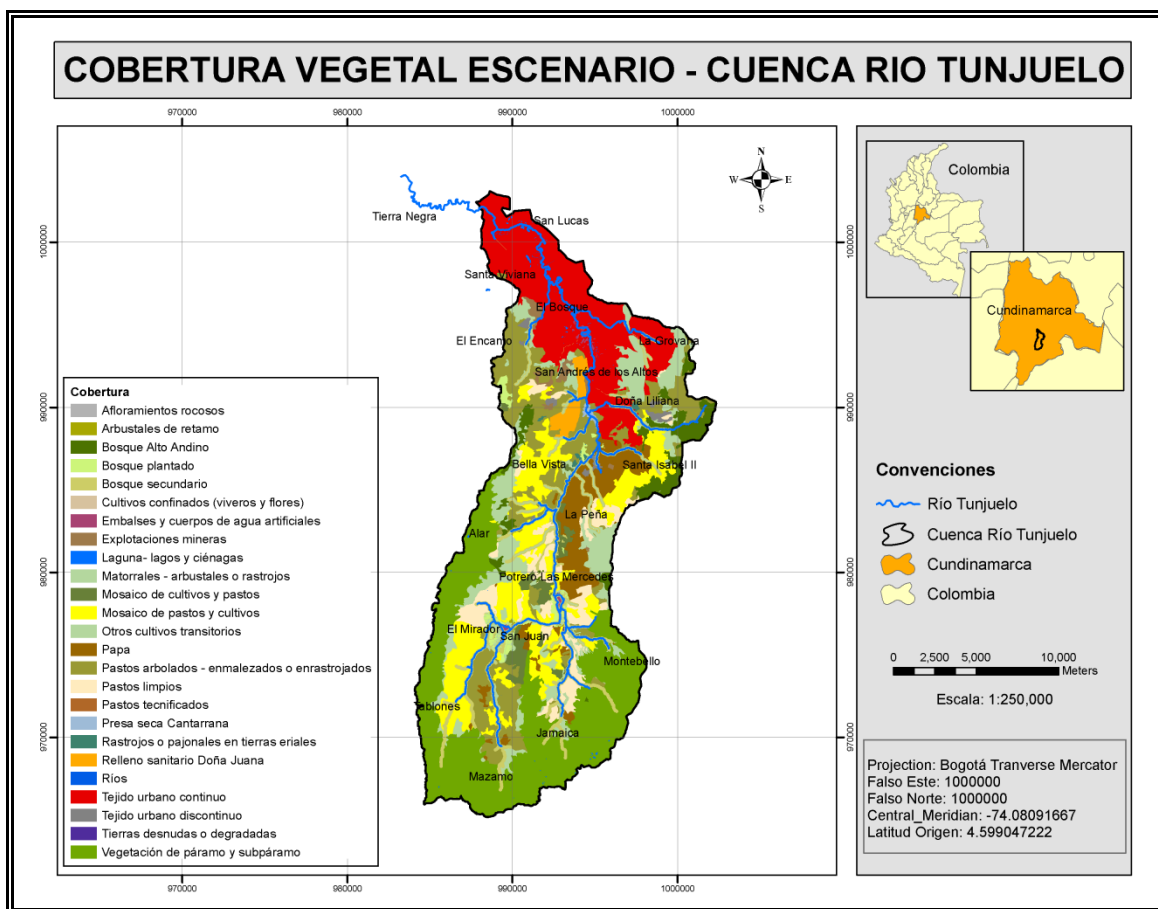
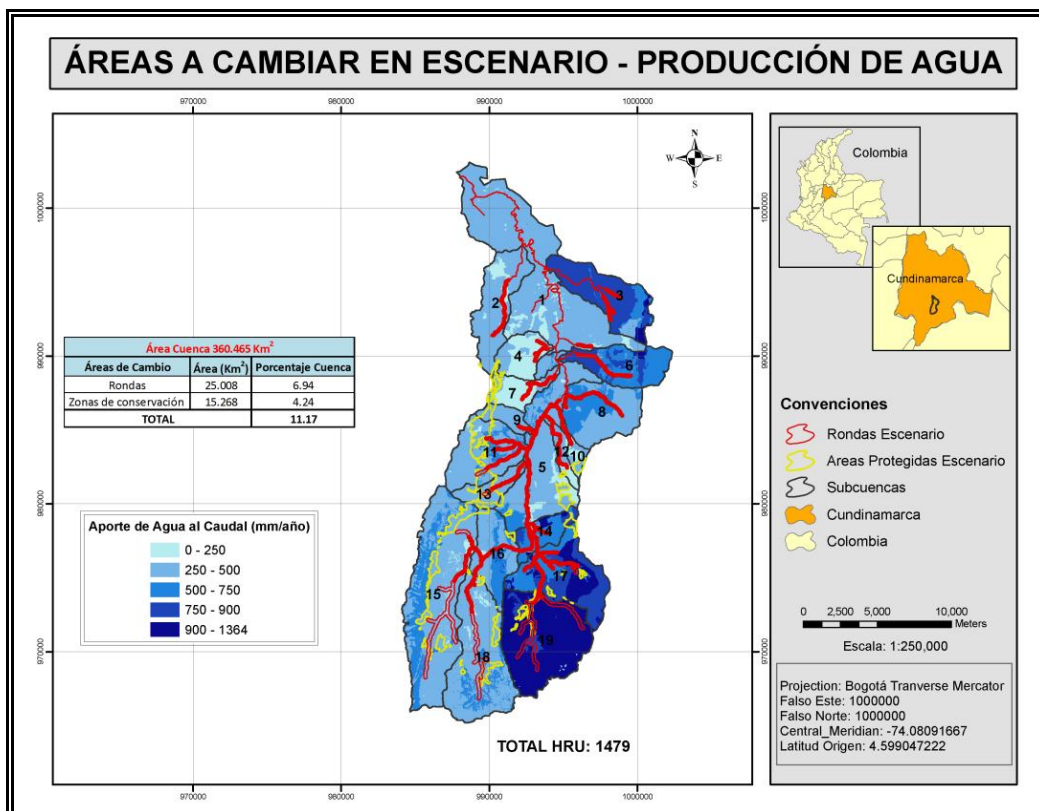


Figura 23. Cobertura Vegetal Definida para el Escenario.

Según el cambio propuesto de Cobertura Vegetal (Figura 23) definida por la entidad contratante para realizar el escenario futuro, estas zonas corresponden a 11.17 % del área total de la cuenca, del cual un 6.94% está destinado a Rondas y un 4.24% a Zonas

de conservación. Esto se puede apreciar en la Figura 24, en donde se percibe que los cambios realizados en su totalidad no corresponden a las áreas de mayor producción de agua y sedimentos.



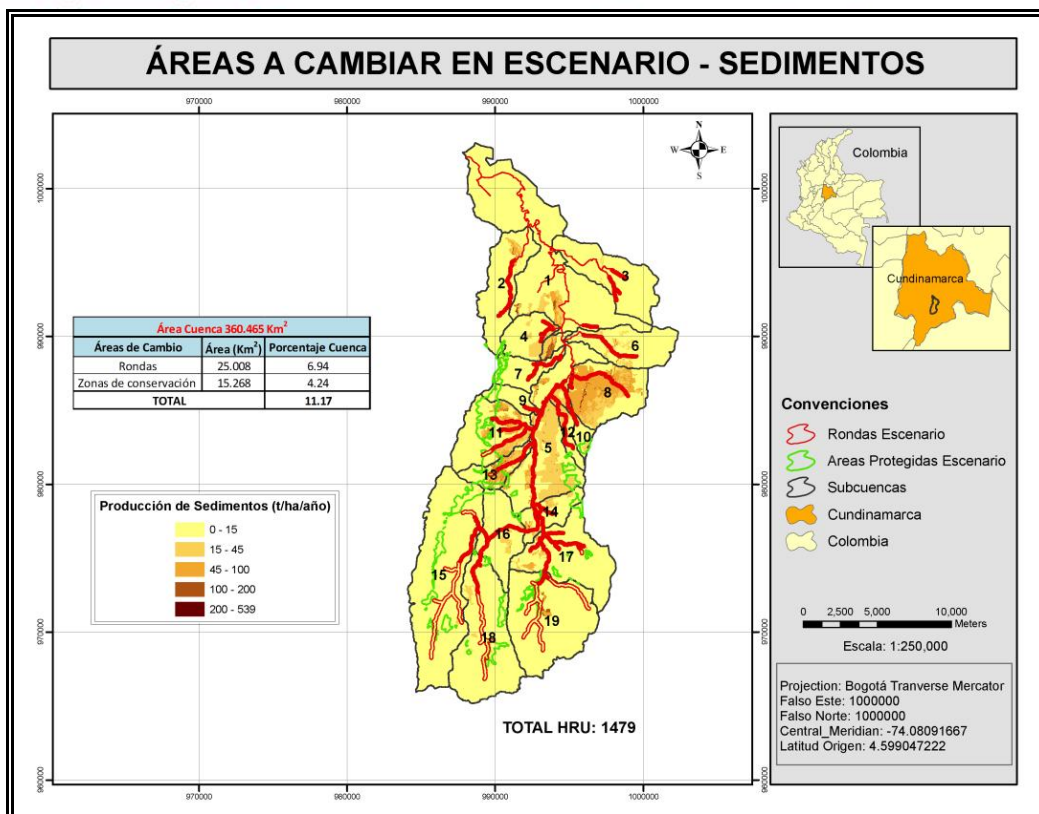


Figura 24. Caudal y Sedimentos en Áreas de Cambio para el Escenario.

Teniendo el cambio de Coberturas Vegetales en las zonas establecidas anteriormente; se realizó la simulación del escenario donde se obtuvo el siguiente comportamiento de caudal y sedimentos para la cuenca:

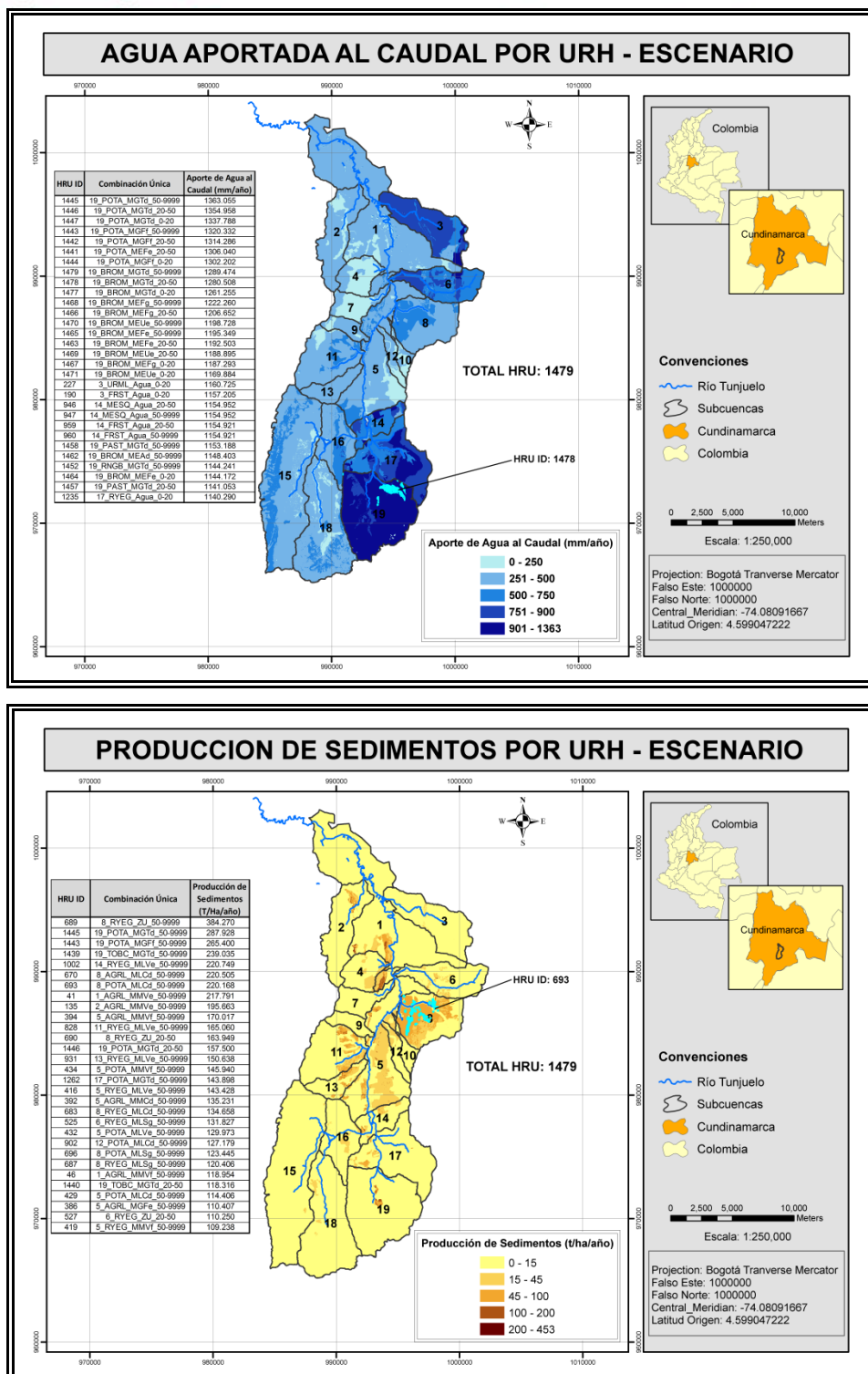


Figura 25. Agua y Sedimentos Anual por cada Unidad de Respuesta Hidrológica - Escenario.

A continuación se presenta de manera grafica el impacto en caudal y sedimentos obtenidos para la línea base y el escenario propuesto (1) en promedios mensuales

multianuales; además de un escenario hipotético (2) en donde se realizó un cambio de cobertura de Papa (código SWAT **POTA**) por Bosque (código SWAT **FRST**) el cual corresponde a un 6.40% del área total de la cuenca. Esto último se hizo con el fin de analizar el comportamiento de estas variables al realizar un cambio de Cobertura en una zona de gran producción de sedimentos como lo son los cultivos de Papa.

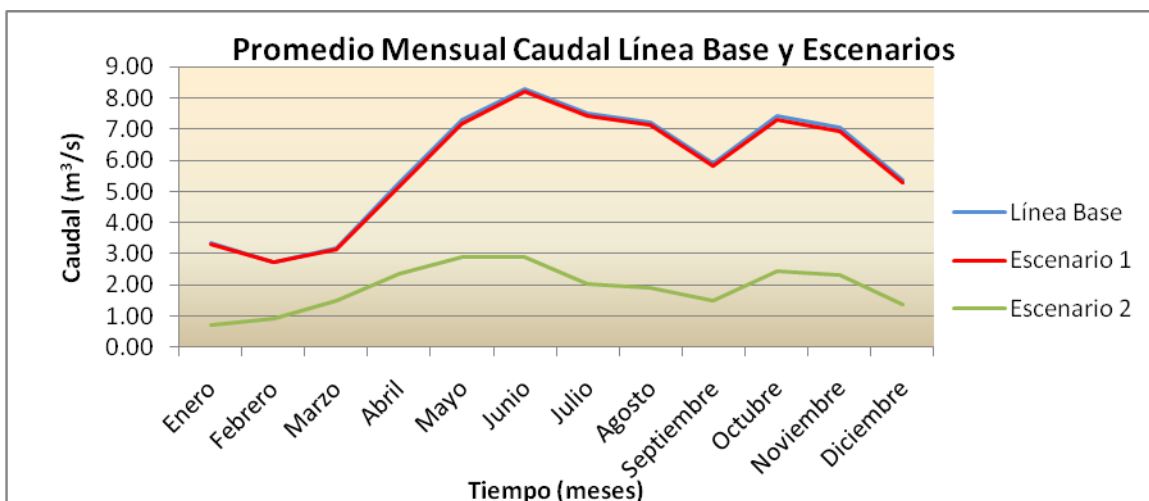


Figura 26. Promedio Mensual de Caudal Simulado para Línea Base y Escenarios.

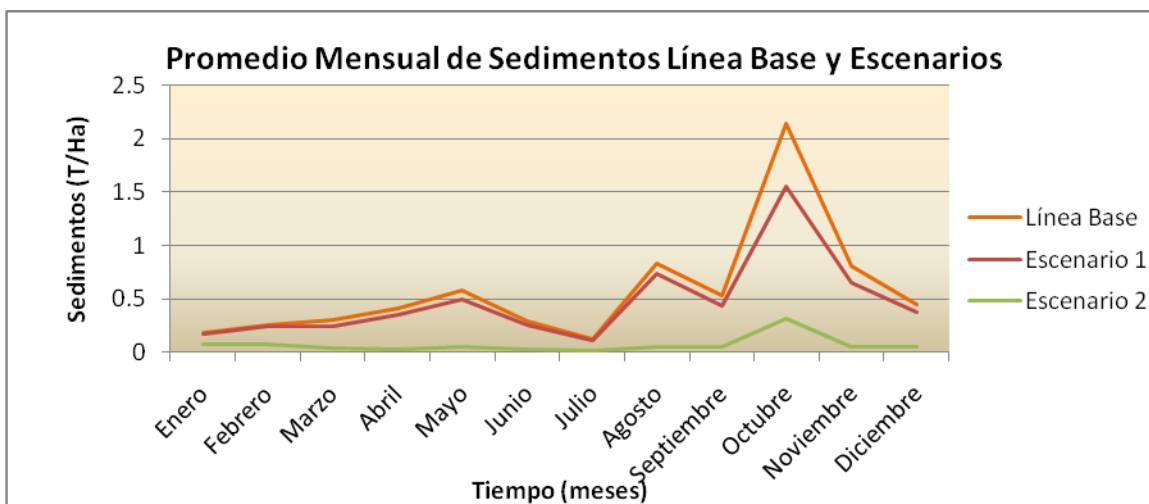


Figura 27. Promedio Mensual de Sedimentos Simulados para Línea Base y Escenarios.

Tabla 12. Cambio en Producción de Agua y Sedimentos para la Línea Base y el Escenario 1.

CUENCA RÍO TUNJUELO						
Tiempo (Mes)	Caudal (m ³ /s)			Sedimentos (T/Ha)		
	Línea Base	Escenario 1	Cambio (%)	Línea Base	Escenario 1	Cambio (%)
Enero	3.36	3.32	-1.32	0.18	0.17	-5.56
Febrero	2.75	2.71	-1.16	0.26	0.24	-7.69
Marzo	3.19	3.14	-1.70	0.30	0.24	-20.00
Abril	5.27	5.17	-1.80	0.41	0.35	-14.63
Mayo	7.32	7.20	-1.63	0.58	0.50	-13.79
Junio	8.31	8.21	-1.17	0.29	0.25	-13.79
Julio	7.50	7.41	-1.09	0.12	0.11	-8.33
Agosto	7.24	7.15	-1.25	0.83	0.73	-12.05
Septiembre	5.92	5.82	-1.57	0.53	0.44	-16.98
Octubre	7.43	7.29	-1.91	2.14	1.55	-27.57
Noviembre	7.04	6.94	-1.48	0.81	0.65	-19.75
Diciembre	5.36	5.29	-1.35	0.45	0.38	-15.56
PROMEDIO	5.89	5.80	-1.45	0.58	0.47	-14.64

En la tabla 12, se puede observar que si se realiza una reforestación en las aéreas de interés, la producción de sedimentos disminuiría en un 14.64% aproximadamente y en cuanto al agua que se aporta al caudal presentaría una pequeña disminución del caudal en un 1.45% aproximadamente; la cual se encuentra ligada al aumento leve de la evapotranspiración de cobertura de bosque.

Para el desarrollo del objeto del contrato se seleccionaron cinco (5) zonas pilotos dentro de la cuenca por parte de ASECOL en las que se debe mostrar, de acuerdo con la modelación realizada, la importancia de esas zonas en cuanto a regulación hídrica respecto de las demás zonas de la cuenca, y a su vez el cambio en términos de oferta hídrica y control de sedimentos, tanto a nivel de cada zona como a nivel de la cuenca. La SDA (Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá) hizo para cada una de estas cinco zonas la delimitación cartográfica respectiva tomando como referencia la información de la micro cuenca y la vereda a la cual pertenece cada zona. Dicha delimitación se puede ver en las siguientes Figuras:

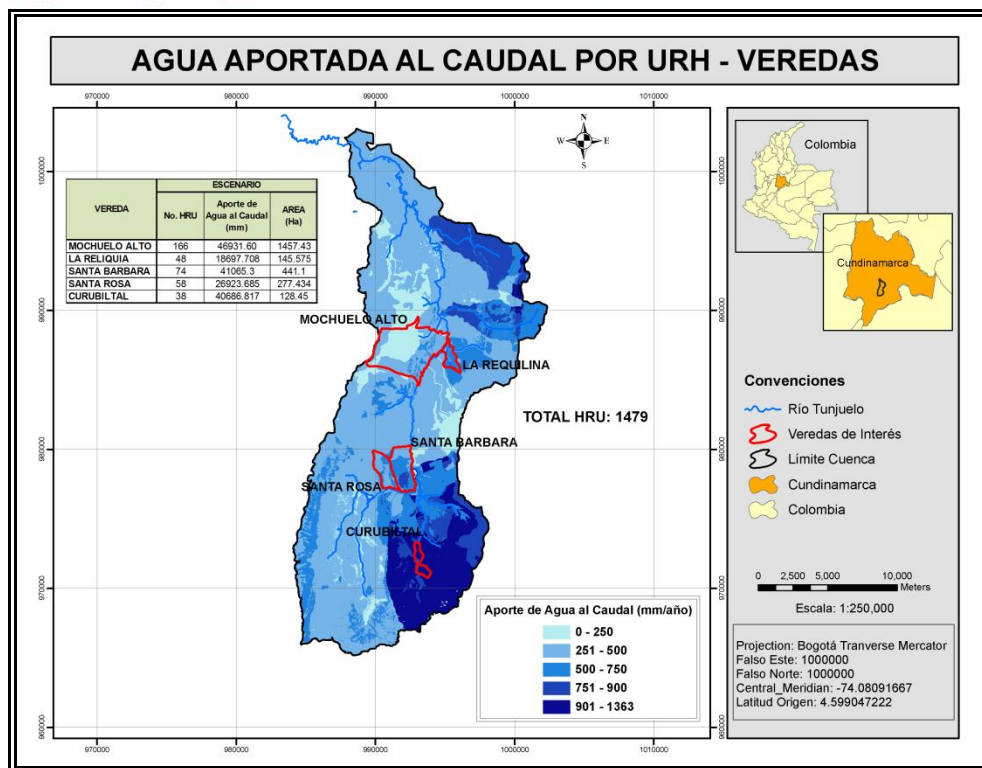


Figura 28. Producción de Agua Anual por cada Unidad de Respuesta Hidrológica - Veredas.

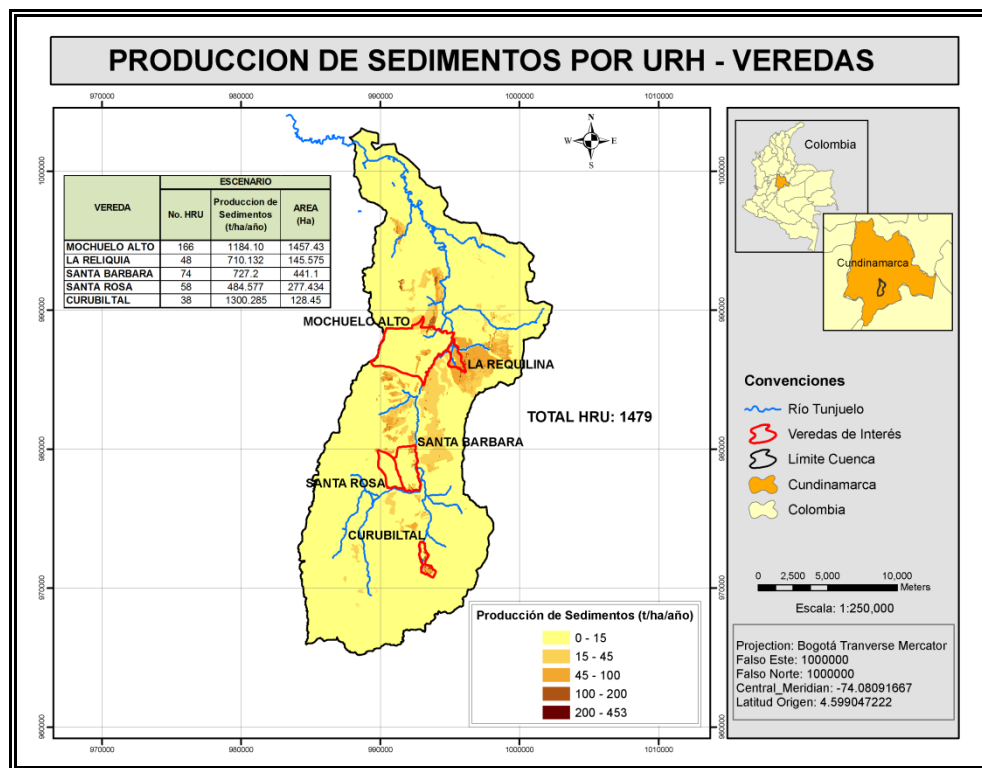


Figura 29. Sedimentos Anuales por cada Unidad de Respuesta Hidrológica - Veredas.

En la Tabla 13 se presenta un resumen del total anual de la producción de agua y sedimentos para el período de simulación (2000-2009), tanto para la Línea Base como para el Escenario 1 (con Política) en las cinco (5) zonas de interés. También en el Anexo 2 están los resultados por cada URH detalladamente.

Tabla 13. Producción Total Anual de Agua y Sedimentos para las Veredas de Interés.

VEREDA	BASE				ESCENARIO			
	No. HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)	No. HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)
MOCHUELO ALTO	133	41240.88	1667.05	1457.41	166	46931.60	1184.10	1457.43
LA RELIQUIA	35	14100.19	799.05	145.57	48	18697.708	710.132	145.575
SANTA BARBARA	68	34668.40	938.48	441.14	74	41065.3	727.2	441.1
SANTA ROSA	40	20164.87	457.752	277.435	58	26923.685	484.577	277.434
CURUBITAL	41	43788.203	1371.067	128.449	38	40686.817	1300.285	128.45

Tabla 14. Cambio en Producción de Agua y Sedimentos para las Veredas de Interés.

VEREDA	CAMBIO (%)	
	Agua al Caudal (mm)	Sedimentos (t/ha/año)
MOCHUELO ALTO	13.80	-28.97
LA RELIQUIA	32.61	-11.13
SANTA BARBARA	18.45	-22.51
SANTA ROSA	33.52	5.86
CURUBITAL	-7.08	-5.16

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN CRÍTICA DE LOS RESULTADOS

- A pesar que no se contó con cierta información fisicoquímica de los suelos, ni con datos de sedimentos, el modelo predice, con una buena exactitud, los caudales. Este buen ajuste se debió fundamentalmente a:
 - Una incorporación de información climática en los lugares donde no existen estaciones meteorológicas. Las estaciones existentes cubren las regiones más productivas pero se quedan cortas cuando es necesario estimar los aportes de caudales en áreas que están localizadas en sitios remotos. Para este fin se hicieron ajustes referente a las estaciones de temperatura, empleando el gradiente de temperatura media anual en función de la elevación ($T = -0.0059 \text{ m} + 28.77 \text{ } R^2 = 0.9615$) que fue obtenido en el estudio realizado en el POMCA del Rio Tunjuelo, permitiendo que el modelo SWAT estime la evapotranspiración más ajustada a la realidad de la cuenca. La incorporación de esta metodología cambia sustancialmente el resultado en las cuencas andinas del sur del país donde la mayoría de las estaciones se encuentran localizadas en los valles interandinos.
 - Los suelos volcánicos de altura tienen un mayor contenido de materia orgánica y difieren en la proporción de poros, la densidad aparente y la retención de agua en el suelo. Los suelos aportados fueron ajustados en estos parámetros teniendo en cuenta información previa obtenida por CIAT en cuencas con suelos volcánicos en el Ecuador.
- Los caudales tienen ajustes razonables. En general los caudales simulados se ajustan muy bien a los caudales aforados. La principal discrepancia se presenta en los ajustes de los caudales máximos, donde los valores simulados son un poco mas superiores a los caudales aforados. Esto se debe fundamentalmente en muchas ocasiones, por que se realiza un solo registro de caudal por día y es posible que no se alcancen a registrar las crecidas que pueden presentarse durante las 24 horas del día; otra justificación es que los instrumentos de medición de caudal en muchas ocasiones tiene un nivel máximo y este es el mayor nivel que registra.

- La permanencia de la cobertura de bosque en las cuencas, evita que se produzcan más sedimentos que afectarían la calidad del agua. Si esta cobertura fuera reemplazada en zonas de cultivos, eriales, arenas, entre otros; los sedimentos en la cuenca se reducirían en el doble a los que actualmente se producen. En cuanto a la cantidad total de agua en las cuencas, esta variaría levemente, siendo un poco menor bajo cobertura boscosa. Las diferencias no son grandes posiblemente porque las tasas de evapotranspiración del bosque en estas zonas de altura son bajas. Sin embargo, la pérdida del bosque cambiaría los flujos de agua en la cuenca, aumentando el de escorrentía, disminuyendo la recarga de acuíferos y por lo tanto reduciendo los flujos de retorno en época de estiaje.
- El uso de modelos hidrológicos sin previa calibración y validación, conduce a una sobreestimación considerable de las variables estudiadas. Mediante la calibración es posible lograr un ajuste aceptable de la dinámica y magnitud entre los datos observados y los simulados. Por tanto, la verdadera capacidad predictiva del modelo es mayor a la de un modelo sin previa calibración, tal como lo muestra la etapa de validación. Aun cuando la naturaleza de este tipo de modelos los hace aplicables a cuencas que no cuentan con estaciones de aforo en un buen periodo de datos, los resultados muestran la conveniencia de ser calibrados y validados con el mayor número de datos confiables de sedimentos en esta cuenca en particular.

6. PASOS SIGUIENTES EN EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.

Los principales problemas encontrados están relacionados con la calibración de sedimentos. Esto se debe fundamentalmente a tres factores:

- La falta de información de aforos de sedimentos, lo cual no permitió hacer el análisis en detalle del comportamiento de la producción de sedimentos en la zona de estudio.
- La falta de información sobre los sistemas de producción. Muchas veces la selección de la pastura está muy relacionada con el sistema de cultivo que se quiere implantar. Los pastos mateados entre 1000 y 2000 msnm como el Chopin se utilizan pues se pueden pasar rápidamente a cultivos con muy pocos costos y posteriormente se regeneran naturalmente sin necesidad de sembrarse. Esto hace que se generen grandes cantidades de erosión cuando se está en la etapa de cultivo y esto debe considerarse en los análisis.
- Caracterizar mejor el tipo de suelo con las variables de conductividad hidráulica, densidad aparente y disponibilidad de agua en el suelo, correspondientes a perfiles de la zona de estudio; con la finalidad de comprobar si los datos ingresados al modelo se encuentran muy alejados de la realidad de las características físicas de los suelos de la cuenca del Río Tunjuelo.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaria Distrital de Ambiente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (2008). Calidad del Sistema Hídrico de Bogotá. 1a ed. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

Arnold, J. G, R. Srinivasan, R. S. Muttiah, and J. R. Williams (1998). Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: Model development, *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 34(1), 73-89.

Arnold, J. G., and J. R. Williams. 1987. Validation of SWRRB: Simulator for water resources in rural basins. *J. Water Resour. Plan. Manage.* ASCE 113(2): 243 - 256.

Beven K, Binley A. 2000. The futures of distributed models-model calibration and uncertainty prediction. *Hydrological Process* 6:279-298.

Jones, P.G. 2006. MarkSim™: Una herramienta para producir datos diarios simulados de tiempo para cualquier punto en los trópicos; versión 1 en español, [CD-ROM] / P.G. Jones, P.K. Thornton, W. Díaz y P.W. Wilkens: editado por Annie L. Jones. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2005.

Neitsch, S.L., Arnold J.G., Williams J.R., 2005. SWAT - Soil and Water Assessment Tool – User's manual, Vers. 2005. Grassland, Soil and Water Research Laboratory & Blackland Research Center, USDA-ARS (United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service), Temple, TX 76502.

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Tunjuelo (POMCA Tunjuelo). Tomo 1. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Consorcio Planeación Ecológica – Ecoforest.

Saxton, K. E.; Rawls, W. J.; Romberger, J. S. and Papendick, R. I. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50(4): 1031 – 1036.

ANEXOS

1. Balance Hídrico para cada URH

Unidades de Respuesta Hidrológica (URH) - TUNJUELO												
Cobertura	HRU	SUB	Area Km ²	Precipitación (mm)	Evapotras. (mm)	Percolación (mm)	Escurritia (mm)	Perdida por Transmisión (mm)	Flujo Lateral (mm)	Aporte de Acuífero al Caudal (mm)	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Producción de Sedimentos (t/ha/año)
URML	1	1	0.00857780	622.204	17.582	217.577	58.1	1.652	328.94	195.842	581.23	0.077
URML	2	1	0.17806000	622.204	18.509	533.954	55.837	1.581	13.9	510.488	578.644	0.034
URML	3	1	0.00585140	622.204	364.954	171.584	70.184	2.671	3.291	156.717	227.521	0.341
URML	4	1	0.00149950	622.204	359.255	113.728	68.749	5.937	68.314	103.079	234.205	0.997
URML	5	1	0.00084939	622.204	269.477	237.627	70.85	14.39	30.479	230.386	317.325	0.477
URML	6	1	0.00065015	622.204	259.789	24.537	69.067	12.201	255.089	20.89	332.844	1.291
URML	7	1	0.00060296	622.204	249.536	2.122	64.402	12.394	292.472	2.303	346.783	3.614
URML	8	1	0.00127410	622.204	370.052	36.984	65.133	6.761	139.884	31.198	229.453	7.649
URML	9	1	0.01263100	622.204	381.702	71.104	66.797	1.155	92.36	59.628	217.63	3.775
URML	10	1	0.00655400	622.204	393.134	145.018	67.789	2.394	5.922	130.512	201.828	1.152
URML	11	1	0.00617640	622.204	258.129	257.956	103.219	2.413	0.854	238.443	340.103	0.564
URML	12	1	0.00387990	622.204	257.166	244.008	102.541	2.492	16.402	224.714	341.166	1.14
URML	13	1	0.00512780	622.204	251.906	251.485	108.119	3.176	1.64	232.061	338.644	0.332
URML	14	1	0.00017302	622.204	250.282	192.253	106.892	32.952	63.534	203.197	340.672	1.372
URML	15	1	0.00250100	622.204	251.097	219.521	107.475	3.373	35.012	201.68	340.793	0.833
URML	16	1	34.18900000	622.204	269.077	221.326	104.965	3.424	26.496	202.285	330.321	0.494
URML	17	1	0.29726000	622.204	226.787	32.667	98.988	0.803	263.579	18.625	380.39	9.753
URML	18	1	4.19650000	622.204	226.822	32.658	98.975	0.995	263.571	18.749	380.301	2.917
MESQ	19	1	0.00070258	622.204	318.242	70.146	0.873	0.133	224.56	55.496	280.797	0.001
MESQ	20	1	0.00407920	622.204	441.109	59.198	0.584	0.012	110.952	48.442	159.966	0.003
MESQ	21	1	0.08472900	622.204	459.63	136.355	1.107	0.013	14.555	120.745	136.394	0.001
MESQ	22	1	0.11132000	622.204	449.616	86.324	0.71	0.008	75.111	74.005	149.818	0.002
MESQ	23	1	0.02421300	622.204	318.347	2.151	0.535	0.005	288.15	0.098	288.778	0.005
MESQ	24	1	0.08380100	622.204	350.634	170.243	1.079	0.011	87.12	150.999	239.187	0.001
MESQ	25	1	0.13984000	622.204	335.542	23.871	0.864	0.009	248.884	13.312	263.052	0.003
MESQ	26	1	0.00715690	622.204	431.496	42.092	0.417	0.006	139.557	32.738	172.707	0.006
MESQ	27	1	0.06713900	622.204	459.694	145.574	0.709	0.011	7.27	130.009	137.977	0.002
MESQ	28	1	0.24730000	622.204	441.665	65.991	0.474	0.007	105.324	54.829	160.621	0.005
MESQ	29	1	0.00250100	622.204	387.649	192.96	10.163	0.242	30.119	173.556	213.596	0.185
MESQ	30	1	0.37080000	622.204	389.651	203.133	10.571	0.082	17.617	183.367	211.473	0.145
MESQ	31	1	0.53110000	622.204	391.935	215.308	11.036	0.096	2.721	195.32	208.982	0.06
MESQ	32	1	0.20918000	622.204	412.874	186.201	14.026	0.144	1.711	167.621	183.215	0.013
MESQ	33	1	0.02316400	622.204	411.86	174.814	13.812	0.135	14.402	156.444	184.523	0.018
MESQ	34	1	0.45818000	622.204	308.573	220.263	5.574	0.072	87.74	198.829	292.072	0.041
MESQ	35	1	1.98980000	622.204	255.417	42.641	4.843	0.049	319.306	27.958	352.059	0.095
MESQ	36	1	1.13680000	622.204	255.417	42.641	4.843	0.046	319.306	27.955	352.059	0.233
FRST	37	1	0.14559000	622.204	409.312	184.189	0.315	0.005	17.147	168.232	185.69	0
FRST	38	1	0.00508060	622.204	391.762	90.068	0.168	0.005	129.289	77.576	207.028	0.001
FRST	39	1	0.13834000	622.204	400.213	128.177	0.223	0.003	82.512	113.593	196.325	0.001
WATR	40	1	0.05918500	622.204	23012.61	0	0	0	0	0	0	0
WATR	41	1	0.75019000	622.204	23012.61	0	0	0	0	0	0	0
WATR	42	1	0.01275700	622.204	23012.61	0	0	0	0	0	0	0
WATR	43	1	0.00090182	622.204	23012.61	0	0	0	0	0	0	0
WATR	44	1	0.01703500	622.204	23012.61	0	0	0	0	0	0	0
WATR	45	1	0.00067637	622.204	23012.61	0	0	0	0	0	0	0
WATR	46	1	0.00027264	622.204	23012.61	0	0	0	0	0	0	0
WATR	47	1	0.01430900	622.204	23012.61	0	0	0	0	0	0	0
WATR	48	1	0.20915000	622.204	23012.61	0	0	0	0	0	0	0
AGRL	49	1	0.02419200	622.204	395.816	94.439	57.015	0.316	64.017	80.602	201.318	21.549
AGRL	50	1	0.12275000	622.204	392.454	153.736	60.298	0.44	4.508	137.278	201.644	12.19
AGRL	51	1	0.00007340	622.204	412.069	128.7	58.372	40.729	7.868	151.127	176.639	1.444
AGRL	52	1	0.07182100	622.204	378.86	168.008	57.957	0.437	7.72	150.869	216.109	29.019
AGRL	53	1	0.05753300	622.204	359.237	35.684	50.861	0.276	167.777	26.463	244.826	208.474
AGRL	54	1	0.17901000	622.204	371.103	79.79	55.391	0.282	106.729	66.576	228.413	81.574
AGRL	55	1	0.09505800	622.204	312.919	186.807	91.046	0.381	30.246	166.704	287.614	118.995
AGRL	56	1	0.65603000	622.204	315.087	210.36	92.959	0.464	2.664	190.103	285.263	20.314
AGRL	57	1	0.83977000	622.204	313.889	198.104	91.978	0.396	17.105	177.865	286.552	56.828
AGRL	58	1	0.55319000	622.204	335.212	169.977	107.889	0.68	1.439	151.09	259.738	18.595
AGRL	59	1	0.14569000	622.204	336.14	156.766	107.428	0.483	14.254	137.926	259.126	40.734
AGRL	60	1	0.00035129	622.204	233.016	33.591	84.923	7.149	270.676	24.647	373.097	13.139
AGRL	61	1	0.00440430	622.204	267.049	194.735	97.111	1.238	63.253	174.176	333.303	6.877
RYEG	62	1	0.00012584	622.204	316.974	294.041	2.28	2.187	0.177	274.798	275.068	0

Unidades de Respuesta Hidrológica (URH) - TUNJUELO												
Cobertura	HRU	SUB	Area Km²	Precipitación (mm)	Evapotras. (mm)	Percolación (mm)	Escurritentía (mm)	Perdida por Transmisión (mm)	Flujo Lateral (mm)	Aporte de Acuífero al Caudal (mm)	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)
RYEG	63	1	0.02511500	622.204	433.789	172.729	1.708	0.031	4.108	155.36	161.145	0.537
RNGB	64	1	0.25371000	622.204	162.639	153.516	0.002	0.001	296.665	134.112	430.777	0
RNGB	65	1	0.05690900	622.204	168.402	377.528	0.002	0.002	66.889	354.71	421.599	0
RNGB	66	1	0.16112000	622.204	156.674	59.723	0	0	396.421	45.021	441.442	0
RNGB	67	1	0.62088000	622.204	295.663	305.864	0.161	0.004	7.812	285.562	293.531	0.001
RNGB	68	1	0.28748000	622.204	291.205	202.916	0.058	0.001	115.374	184.208	299.64	0.001
RNGB	69	1	0.04287900	622.204	287.226	143.996	0.026	0.001	178.313	127.021	305.359	0
RNGB	70	1	0.04617700	622.204	228.322	328.93	0.004	0.004	51.02	307.011	358.032	0
RNGB	71	1	0.04833100	622.204	221.908	46.081	0.002	0.001	340.29	30.769	371.06	0
RNGB	72	1	0.00552630	622.204	214.053	4.926	0	0	389.341	0.439	389.781	0
RNGB	73	1	0.24157000	622.204	324.916	80.823	0	0	205.677	66.824	272.501	0
RNGB	74	1	0.30524000	622.204	342.147	261.18	0	0	8.035	241.604	249.64	0
RNGB	75	1	0.76907000	622.204	332.107	126.93	0	0	152.366	110.644	263.01	0
RNGB	76	1	0.18216000	622.204	207.011	355.342	35.393	0.229	22.229	332.702	390.096	0.62
RNGB	77	1	0.33861000	622.204	207.72	372.289	36.158	0.268	3.863	349.576	389.329	0.293
RNGB	78	1	0.00012584	622.204	206.192	340.56	34.731	13.479	38.341	331.256	390.85	0.191
RNGB	79	1	0.00205010	622.204	191.457	289.322	36.695	0.879	95.286	267.29	398.393	0.359
RNGB	80	1	0.15389000	622.204	192.768	372.781	38.241	0.281	9.229	350.356	397.546	0.087
RNGB	81	1	0.18464000	622.204	192.182	333.271	37.523	0.236	49.996	311.128	398.411	0.196
RNGB	82	1	0.01558300	622.204	247.762	229.708	45.972	0.469	98.318	207.606	351.426	0.439
RNGB	83	1	0.00315110	622.204	216.784	51.663	42.404	0.535	311.035	34.966	387.87	1.89
RNGB	84	1	0.01453400	622.204	216.777	51.666	42.406	0.288	311.036	34.726	387.88	0.83
PAST	85	1	0.00097523	622.204	150.802	430.336	5.486	0.752	26.349	407.506	438.589	0.003
PAST	86	1	0.09128300	622.204	391.902	97.075	3.885	0.039	119.085	82.739	205.672	0.089
PAST	87	1	0.08945400	622.204	403.138	197.649	4.148	0.061	6.933	179.483	190.503	0.027
PAST	88	1	0.00577800	622.204	383.742	58.698	3.463	0.068	166.103	47.263	216.761	0.127
URLD	89	1	0.00145240	622.204	366.662	178.304	49.547	6.437	15.498	166.162	224.77	0.3
URLD	90	1	0.00365450	622.204	259.24	272.171	85.122	2.874	3.594	252.083	337.925	0.529
URML	91	2	0.00022585	750.217	19.076	663.143	67.598	64.988	0.401	703.185	706.195	0.244
URML	92	2	0.00430320	750.217	461.968	90.505	73.384	2.738	113.991	77.375	262.013	7.507
URML	93	2	0.01135600	750.217	474.709	184.059	73.982	1.871	6.878	168.153	247.142	2.55
URML	94	2	0.00054996	750.217	449.418	45.495	72.266	17.094	172.769	45.295	273.236	13.97
URML	95	2	0.01906200	750.217	353.896	270.535	115.117	1.425	1.757	251.137	366.587	0.567
URML	96	2	0.00450310	750.217	352.404	234.686	114.409	2.668	39.745	216.877	368.363	1.631
URML	97	2	2.75370000	750.217	313.648	240.172	118.964	0.944	76.958	220.056	415.034	4.556
URML	98	2	1.00430000	750.217	270.184	42.135	113.435	0.605	324.083	26.32	463.233	10.816
URML	99	2	0.06278900	750.217	270.187	42.133	113.433	0.63	324.083	26.345	463.232	28.316
MESQ	100	2	0.00945620	750.217	411.554	151.803	0.607	0.022	170.706	133.718	305.01	0.001
MESQ	101	2	0.02961900	750.217	419.727	237.104	0.625	0.016	77.153	217.82	295.582	0
MESQ	102	2	0.00960620	750.217	400.587	118.338	0.586	0.02	222.014	99.703	322.283	0
MESQ	103	2	0.01836100	750.217	405.606	211.79	0.593	0.015	123.496	191.94	316.014	0
MESQ	104	2	0.91444000	750.217	527.688	87.815	0.383	0.005	124.885	73.446	198.709	0.002
MESQ	105	2	0.67872000	750.217	543.861	187.338	0.402	0.008	8.802	170.39	179.587	0.001
MESQ	106	2	0.27882000	750.217	510.773	39.344	0.362	0.005	190.922	29.719	220.997	0.005
MESQ	107	2	0.00137580	750.217	488.63	239.048	13.179	1.193	1.38	221.628	234.995	0.002
MESQ	108	2	0.00205160	750.217	486.203	203.757	12.647	0.475	39.691	186.137	237.999	0.016
MESQ	109	2	0.00002586	750.217	484.385	181.285	12.296	12.296	64.339	175.669	240.009	0
MESQ	110	2	0.00282740	750.217	388.159	325.379	6.145	0.393	30.248	304.876	340.876	0.009
MESQ	111	2	0.00049997	750.217	318.838	47.515	3.749	0.665	380.112	32.297	415.494	0.067
MESQ	112	2	0.00192570	750.217	318.838	47.515	3.749	0.26	380.112	31.921	415.522	0.023
FRST	113	2	0.00525310	750.217	411.888	314.978	0.141	0.015	7.425	294.677	302.229	0
FRST	114	2	0.00773050	750.217	354.589	9.177	0.006	0.001	371.157	4.143	375.306	0
FRST	115	2	0.01115600	750.217	382.413	56.78	0.123	0.004	295.349	43.776	339.245	0
FRST	116	2	0.03747300	750.217	378.629	28.711	0.117	0.004	334.247	16.181	350.542	0
FRST	117	2	0.00998040	750.217	361.805	4.651	0.067	0.005	375.378	0.408	375.849	0
FRST	118	2	0.00622890	750.217	395.824	302.955	0.132	0.011	42.534	282.614	325.269	0
PINE	119	2	0.03569800	750.217	359.432	26.481	0.464	0.007	348.026	16.328	364.811	0.001
PINE	120	2	0.12850000	750.217	397.984	260.74	0.501	0.008	74.978	241.28	316.752	0
PINE	121	2	0.30309000	750.217	374.911	71.81	0.474	0.007	287.081	56.17	343.719	0.001
PINE	122	2	0.27422000	750.217	374.789	43.318	0.464	0.007	322.547	27.614	350.619	0.001
PINE	123	2	0.14867000	750.217	391.884	235.319	0.467	0.008	113.442	215.564	329.466	0
PINE	124	2	0.01163200	750.217	359.059	9.728	0.457	0.009	371.868	2.068	374.385	0.001
WATR	125	2	0.00112580	750.217	20600.17	0	0	0	0	0	0	0
WATR	126	2	0.00122580	750.217	20600.17	0	0	0	0	0	0	0
AGRL	127	2	0.25381000	750.217	465.668	189.526	58.663	0.222	25.562	171.945	255.948	29.938
AGRL	128	2	0.32587000	750.217	453.773	105.641	57.355	0.179	122.76	89.758	269.695	80.915
AGRL	129	2	0.05430800	750.217	440.489	52.18	54.931	0.18	192.19	39.869	286.81	197.488
AGRL	130	2	0.15820000	750.217	411.198	213.854	114.481	0.467	2.057	194.605	310.675	21.138
AGRL	131	2	0.09505900	750.217	409.358	183.002	113.53	0.319	35.708	164.065	312.983	47.772
AGRL	132	2	0.01781100	750.217	407.643	157.1	112.659	0.408	64.145	138.386	314.783	110.869
AGRL	133	2	0.00307740	750.217	317.076	115.255	105.808	1.405	211.774	96.604	412.781	11.271

Unidades de Respuesta Hidrológica (URH) - TUNJUELO												
Cobertura	HRU	SUB	Area Km²	Precipitación (mm)	Evapotras. (mm)	Percolación (mm)	Escurritentía (mm)	Perdida por Transmisión (mm)	Flujo Lateral (mm)	Aporte de Acuífero al Caudal (mm)	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Producción de Sedimentos (t/ha/año)
AGRL	134	2	0.00142580	750.217	292.333	37.629	95.818	2.477	324.32	23.804	441.466	22.578
SWRN	135	2	0.01245800	750.217	301.093	327.943	1.713	0.022	103.406	307.631	412.729	0.004
SWRN	136	2	0.00765460	750.217	291.887	134.857	1.643	0.025	305.779	116.583	423.982	0.005
SWRN	137	2	0.05578400	750.217	266.555	73.006	1.646	0.015	399.871	55.195	456.698	0.007
SWRN	138	2	0.11272000	750.217	274.459	427.769	1.656	0.024	37.184	405.946	444.762	0.002
SWRN	139	2	0.00047583	750.217	260.194	19.895	1.536	0.373	459.45	8.646	469.26	0.007
RYEG	140	2	0.01691100	750.217	350.818	64.304	1.536	0.017	324.572	46.802	372.893	0.327
RYEG	141	2	0.48079000	750.217	361.387	342.549	1.562	0.022	35.701	321.656	358.897	0.202
RYEG	142	2	0.01150800	750.217	498.613	230.832	1.178	0.031	9.203	212.589	222.939	0.594
RNGB	143	2	0.01343400	750.217	282.719	44.727	0.028	0.005	406.696	32.226	438.945	0
RNGB	144	2	0.20415000	750.217	304.079	342.299	0.03	0.003	87.756	321.778	409.562	0
RNGB	145	2	0.34471000	750.217	292.046	110.582	0.029	0.003	331.512	92.943	424.482	0
RNGB	146	2	0.80177000	750.217	261.978	76.468	0.03	0.003	402.593	58.531	461.15	0
RNGB	147	2	1.19280000	750.217	268.475	332.405	0.03	0.003	140.147	310.873	451.047	0
RNGB	148	2	0.02136200	750.217	254.58	15.922	0.03	0.004	470.535	5.621	476.183	0
RNGB	149	2	3.64240000	750.217	463.296	266.203	0.008	0.003	9.9	247.298	257.204	0
RNGB	150	2	2.33570000	750.217	452.74	141.421	0.006	0.003	145.311	124.495	269.809	0
RNGB	151	2	0.20327000	750.217	442.156	75.941	0.005	0.003	221.551	61.186	282.739	0
RNGB	152	2	0.00212570	750.217	272.341	58.942	43.778	0.945	374.77	42.105	459.708	1.428
RNGB	153	2	0.00612890	750.217	316.51	345.881	48.401	0.941	38.939	325.367	411.768	0.259
RNGB	154	2	0.00225160	750.217	272.341	58.942	43.778	0.879	374.77	42.04	459.71	3.285
PAST	155	2	0.05696000	750.217	291.707	415.116	4.117	0.048	30.152	393.494	427.715	0.004
PAST	156	2	0.00625300	750.217	483.211	247.567	3.245	0.091	5.526	228.986	237.667	0.023
URML	157	3	0.00385210	1220.054	24.168	1061.583	132.376	18.959	1.924	1044.95	1160.292	0.196
URML	158	3	0.00722940	1220.054	478.958	516.944	172.568	2.369	38.461	488.461	697.121	1.442
URML	159	3	0.00657900	1220.054	476.241	382.735	170.179	2.341	177.781	355.833	701.452	2.611
URML	160	3	0.01570900	1220.054	335.119	478.88	251.256	1.146	139.945	451.4	841.456	3.42
URML	161	3	0.00307640	1220.054	336.509	586.749	253.196	5.011	29.239	560.401	837.825	1.673
URML	162	3	0.00180170	1220.054	319.865	631.105	259.937	47.023	0.022	643.325	856.261	0.249
URML	163	3	9.60930000	1220.054	368.889	436.853	256.539	1.457	157.202	408.742	821.025	5.866
URML	164	3	0.21190000	1220.054	333.664	97.161	251.867	0.773	536.816	74.38	862.29	29.574
URML	165	3	2.66370000	1220.054	334.078	97.057	251.658	0.84	536.716	74.341	861.875	9.489
MESQ	166	3	0.01708500	1220.054	464.123	117.197	9.066	0.02	620.603	95.045	724.694	0.081
MESQ	167	3	0.00057566	1220.054	495.7	565.536	9.08	0.47	140.618	536.062	685.289	0.01
MESQ	168	3	0.13924000	1220.054	475.59	201.453	9.072	0.016	524.863	177.107	711.027	0.055
MESQ	169	3	0.28913000	1220.054	489.278	154.341	9.906	0.016	550.68	131.273	691.843	0.058
MESQ	170	3	0.01698600	1220.054	506.569	450.361	9.971	0.028	237.263	423.441	670.647	0.019
MESQ	171	3	0.15379000	1220.054	469.861	51.396	9.823	0.014	673.142	33.54	716.491	0.141
MESQ	172	3	0.01726000	1220.054	680.432	229.825	8.493	0.026	288.68	205.693	502.841	0.071
MESQ	173	3	0.22411000	1220.054	688.29	467.403	9.795	0.022	41.976	439.497	491.246	0.019
MESQ	174	3	0.83877000	1220.054	684.108	324.409	8.977	0.017	189.989	298.595	497.545	0.043
MESQ	175	3	0.00052520	1220.054	637.912	174.281	9.716	0.531	375.661	152.382	537.228	0.02
MESQ	176	3	0.00172700	1220.054	642.873	338.853	9.734	0.205	206.099	313.24	528.869	0.013
MESQ	177	3	0.11352000	1220.054	538.73	569.876	50.345	0.135	46.974	538.749	635.933	0.108
MESQ	178	3	1.11950000	1220.054	536.908	476.889	49.114	0.121	142.679	447.746	639.419	0.199
MESQ	179	3	0.00150080	1220.054	535.376	392.445	47.994	1.372	229.226	366.569	642.417	0.218
MESQ	180	3	0.44140000	1220.054	420.959	113.726	19.246	0.056	665.815	90.455	775.46	4.323
MESQ	181	3	0.29305000	1220.054	468.956	511.046	21.023	0.095	218.617	482.788	722.333	0.888
MESQ	182	3	0.66138000	1220.054	420.958	113.726	19.246	0.058	665.815	90.457	775.461	1.853
FRST	183	3	0.01060700	1220.054	345.459	731.699	6.206	0.008	127.368	700.382	833.948	0.007
FRST	184	3	0.09620800	1220.054	334.385	242.433	6.215	0.006	627.723	217.021	850.955	0.046
FRST	185	3	0.15402000	1220.054	325.294	110.419	6.22	0.005	768.822	88.821	863.858	0.111
FRST	186	3	0.03309500	1220.054	483.693	656.28	6.15	0.01	57.444	626.213	689.798	0.011
FRST	187	3	0.03259600	1220.054	479.236	449.541	6.045	0.007	268.65	421.714	696.402	0.026
FRST	188	3	0.00582950	1220.054	382.07	641.395	6.516	0.011	173.971	611.727	792.204	0.009
FRST	189	3	0.11072000	1220.054	351.554	52.667	6.498	0.006	793.271	35.85	835.614	0.118
FRST	190	3	0.06113800	1220.054	368.647	212.019	6.497	0.006	616.834	187.908	811.233	0.032
FRST	191	3	0.00445200	1220.054	384.969	115.807	6.642	0.023	689.83	94.823	791.273	0.019
FRST	192	3	0.03442200	1220.054	389.858	700.526	6.636	0.009	100.159	669.496	776.284	0.011
FRST	193	3	0.01110800	1220.054	475.564	485.393	59.467	0.233	184.732	456.622	700.589	0.191
WATR	194	3	0.01783600	1220.054	21082.24	0	0	0	0	0	0	0
WATR	195	3	0.00315120	1220.054	21082.24	0	0	0	0	0	0	0
RNGB	196	3	0.41215000	1220.054	198.769	345.182	4.793	0.004	661.871	317.434	984.094	0.098
RNGB	197	3	0.31904000	1220.054	195.625	173.568	4.793	0.004	836.619	149.852	991.261	0.231
RNGB	198	3	0.02198900	1220.054	203.068	857.771	4.792	0.007	144.965	823.143	972.893	0.018
RNGB	199	3	0.01450900	1220.054	317.894	783.759	4.542	0.006	97.038	748.225	849.799	0.023
RNGB	200	3	0.00337730	1220.054	315.856	621.372	4.524	0.019	261.441	590.097	856.043	0.029
RNGB	201	3	0.20873000	1220.054	218.456	79.049	4.764	0.004	901.541	59.361	965.662	0.259
RNGB	202	3	0.00300170	1220.054	230.988	902.116	4.773	0.029	65.871	866.894	937.51	0.014
RNGB	203	3	0.12228000	1220.054	223.837	224.451	4.765	0.004	750.767	200.017	955.545	0.095
RNGB	204	3	0.05303200	1220.054	353.467	830.402	5.063	0.013	17.76	794.501	817.312	0.019

Unidades de Respuesta Hidrológica (URH) - TUNJUELO												
Cobertura	HRU	SUB	Area Km²	Precipitación (mm)	Evapotras. (mm)	Percolación (mm)	Escurritentía (mm)	Perdida por Transmisión (mm)	Flujo Lateral (mm)	Aporte de Acuífero al Caudal (mm)	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)
RNGB	205	3	0.00730420	1220.054	349.997	589.721	4.614	0.011	262.338	558.68	825.621	0.038
RNGB	206	3	0.00037567	1220.054	347.229	442.758	4.453	0.298	412.11	415.264	831.53	0.069
RNGB	207	3	0.00155130	1220.054	246.336	140.745	4.836	0.009	805.212	118.255	928.295	0.036
RNGB	208	3	0.00025045	1220.054	256.072	782.694	100.261	15.907	66.19	764.076	914.62	0.268
RNGB	209	3	0.00950590	1220.054	255.613	636.473	97.879	0.448	214.626	605.683	917.739	0.898
RNGB	210	3	0.00850590	1220.054	299.985	144.39	132.459	0.691	642.621	120.37	894.76	4.137
RNGB	211	3	0.00385210	1220.054	327.56	567.055	135.123	1.863	189.69	539.408	862.359	1.438
PAST	212	3	0.02596600	1220.054	487.639	575.705	26.456	0.082	117.049	544.327	687.75	0.202
PAST	213	3	0.0498200	1220.054	488.454	615.65	26.92	0.082	75.859	583.328	686.026	0.147
PAST	214	3	0.00150080	1220.054	360.255	286.746	95.361	3.362	477.143	262.766	831.908	1.58
URML	215	4	0.00945550	608.382	387.997	116.377	60.176	1.194	27.268	103.268	189.518	1.375
URML	216	4	0.00030061	608.382	383.944	84.63	59.682	21.747	63.628	89.322	190.885	1.43
URML	217	4	0.01280800	608.382	228.954	32.187	88.912	0.862	257.858	19.205	365.114	7.279
URML	218	4	0.23860000	608.382	262.074	165.491	93.856	0.526	86.382	147.396	327.107	7.522
MESQ	219	4	0.00587880	608.382	439.214	48.689	0.149	0.005	109.246	37.999	147.39	0.001
MESQ	220	4	0.00335170	608.382	457.488	134.882	0.231	0.039	4.321	120.56	125.073	0
MESQ	221	4	0.02889300	608.382	446.934	74.502	0.159	0.002	75.554	62.214	137.926	0
MESQ	222	4	0.00255180	608.382	419.522	8.133	0.155	0.001	165.75	4.919	170.825	0.001
MESQ	223	4	0.00525300	608.382	455.802	104.561	0.182	0.012	32.284	91.183	123.637	0
MESQ	224	4	0.02146300	608.382	437.406	34.517	0.17	0.002	121.121	26.539	147.829	0
MESQ	225	4	0.02561500	608.382	390.214	194.28	7.375	0.028	15.386	177.323	200.056	0.155
MESQ	226	4	0.08355100	608.382	392.157	206.356	7.749	0.036	0.949	189.28	197.943	0.098
FRST	227	4	0.26601000	608.382	324.733	30.411	0.028	0	237.599	21.227	258.854	0
FRST	228	4	0.01603500	608.382	355.844	222.978	0.033	0	13.6	205.982	219.614	0
FRST	229	4	0.52014000	608.382	304.567	4.832	0.015	0	283.569	1.689	285.273	0
FRST	230	4	0.01558500	608.382	344.259	223.021	0.027	0	32.235	205.334	237.596	0
FRST	231	4	0.02449000	608.382	327.791	22.715	0.022	0	249.29	12.001	261.313	0
FRST	232	4	0.00380260	608.382	318.101	5.577	0.019	0	276.243	1.07	277.332	0
FRST	233	4	0.00030061	608.382	436.584	68.859	0.016	0.016	91.449	57.178	148.628	0
FRST	234	4	0.00015030	608.382	433.38	57.839	0.016	0.016	105.752	46.936	152.688	0
AGRL	235	4	0.00082540	608.382	397.645	119.008	48.253	2.594	31.2	106.687	183.547	9.974
AGRL	236	4	0.00202610	608.382	398.337	126.08	48.524	1.136	23.138	112.292	182.819	9.726
AGRL	237	4	1.18010000	608.382	398.273	134.277	48.726	0.173	10.594	119.697	178.844	16.644
AGRL	238	4	0.00617860	608.382	374.757	13.471	34.761	0.322	169.93	8.635	213.005	38.837
AGRL	239	4	0.34404000	608.382	387.364	50.933	44.703	0.113	109.333	39.773	193.698	23.277
AGRL	240	4	0.03599700	608.382	401.817	143.397	47.01	0.22	5.35	128.475	180.615	14.943
AGRL	241	4	0.00090097	608.382	384.208	37.906	43.036	2.233	133.001	28.994	202.799	80.335
AGRL	242	4	0.02426500	608.382	392.545	70.798	45.199	0.148	89.331	57.697	192.08	47.744
AGRL	243	4	0.04772900	608.382	335.324	190.114	78.527	0.211	2.451	172.749	253.517	14.167
AGRL	244	4	0.01505900	608.382	332.714	170.998	77.08	0.268	25.533	153.731	256.076	78.491
AGRL	245	4	0.09135600	608.382	333.83	179.091	77.699	0.168	15.767	161.692	254.99	43.315
AGRL	246	4	0.01335800	608.382	350.2	131.582	91.585	0.286	26.164	115.337	232.799	32.129
AGRL	247	4	0.00310200	608.382	348.631	112.564	90.919	1.177	47.38	97.41	234.532	76.912
AGRL	248	4	0.05283200	608.382	351.814	154.684	92.317	0.342	0.727	138.221	230.924	4.891
AGRL	249	4	0.00015030	608.382	268.536	86	78.957	25.383	174.452	93.932	321.958	5.49
RYEG	250	4	0.01988800	608.382	296.744	46.232	0.776	0.01	255.515	31.711	287.991	0.506
RYEG	251	4	0.00022503	608.382	287.917	9.244	0.647	0.342	301.474	2.683	304.463	0.456
RYEG	252	4	0.07747300	608.382	306.051	257.82	0.785	0.013	34.607	239.032	274.411	0.297
RYEG	253	4	0.06934300	608.382	415.859	162.558	0.86	0.015	16.992	146.738	164.574	0.506
RYEG	254	4	0.06033700	608.382	411.266	116.65	0.744	0.012	67.742	101.575	170.049	0.709
RYEG	255	4	0.00042544	608.382	404.544	71.355	0.567	0.234	120.001	58.415	178.749	0.713
RYEG	256	4	0.09223100	608.382	404.514	61.293	0.543	0.006	125.994	48.649	175.18	0.642
RYEG	257	4	0.00120070	608.382	389.553	15.314	0.456	0.037	187.199	9.764	197.383	1.071
RYEG	258	4	0.16473000	608.382	415.166	143.348	0.644	0.007	32.979	127.898	161.514	0.385
RYEG	259	4	0.06013700	608.382	408.018	91.463	0.566	0.005	98.012	77.216	175.79	1.59
RYEG	260	4	0.10174000	608.382	415.761	158.554	0.584	0.006	22.986	142.788	166.353	0.832
RYEG	261	4	0.00412780	608.382	398.789	46.927	0.484	0.025	151.965	35.397	187.821	2.913
RYEG	262	4	0.01678600	608.382	344.434	180.137	39.064	0.151	35.78	162.532	237.225	26.937
RYEG	263	4	0.00265200	608.382	341.561	145.468	38.245	0.628	74.025	128.806	240.448	74.491
RYEG	264	4	0.01493400	608.382	346.536	211.309	39.762	0.252	1.824	193.547	234.882	9.104
RYEG	265	4	0.00112600	608.382	268.153	195.888	44.488	2.369	99.279	179.436	320.834	14.954
RYEG	266	4	0.00022503	608.382	235.768	41.216	39.601	10.752	291.329	36.624	356.802	17.602
RNGB	267	4	0.02681700	608.382	266.073	219.818	0	0	106.344	202.11	308.455	0
RNGB	268	4	0.16665000	608.382	255.116	69.645	0	0	267.477	54.955	322.432	0
RNGB	269	4	0.09610900	608.382	243.012	15.852	0	0	333.369	8.858	342.227	0
RNGB	270	4	0.19509000	608.382	242.155	244.09	0	0	112.922	224.897	337.82	0
RNGB	271	4	0.26634000	608.382	235.104	44.243	0	0	319.823	29.932	349.755	0
RNGB	272	4	0.06926800	608.382	227.796	7.749	0	0	363.621	1.453	365.074	0
RNGB	273	4	0.27802000	608.382	378.73	197.82	0	0	19.209	181.516	200.725	0
RNGB	274	4	0.30133000	608.382	374.305	140.152	0	0	81.339	124.742	206.081	0
RNGB	275	4	0.02113800	608.382	368.076	87.318	0	0	140.423	73.91	214.334	0

2. Producción de Agua y Sedimentos para las cinco (5) zonas de interés

MOCHUELO ALTO									
BASE					ESCENARIO				
UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)	UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)
4 RNGB MMCd 0-20	276	202.59	0.00	15.74	4 RNGB MMCd 0-20	305	202.75	0.00	15.34
4 RNGB MMCd 20-50	277	214.91	0.00	0.22	4 RNGB MMCd 20-50	304	214.96	0.00	0.03
4 AGRL MMCd 0-20	237	178.84	16.64	33.53	4 AGRL MMCd 0-20	265	178.83	16.23	33.92
4 AGRL MMCd 20-50	239	193.70	23.28	5.90	4 AGRL MMCd 20-50	266	194.03	23.65	6.09
4 AGRL MMCd 50-9999	238	213.01	38.84	0.01	4 AGRL MMCd 50-999	267	213.23	39.20	0.01
4 RNGB MLCd 0-20	273	200.73	0.00	4.26	4 AGRL MLCd 0-20	264	182.60	8.59	0.35
4 RNGB MGSg 20-50	268	322.43	0.00	0.01	4 RNGB MLCd 0-20	300	200.72	0.00	4.18
4 RNGB MGSg 0-20	267	308.46	0.00	0.01	4 RNGB MGSg 20-50	294	322.29	0.00	0.01
5 RNGB MLCd 0-20	416	388.91	0.00	39.70	4 RNGB MGSg 0-20	296	308.48	0.00	0.01
5 RNGB MLCd 20-50	417	393.65	0.01	10.34	5 RNGB MLCd 0-20	444	388.89	0.00	39.18
5 RNGB MMVf 20-50	425	500.05	0.61	95.13	5 RNGB MLCd 20-50	443	393.58	0.01	9.71
5 RNGB MMVf 0-20	423	498.57	0.20	64.32	5 RNGB MMVf 20-50	453	500.05	0.61	91.32
5 AGRL MMVf 0-20	363	380.25	18.97	0.25	5 RNGB MMVf 0-20	455	498.57	0.22	61.59
5 AGRL MMCd 0-20	360	299.10	18.71	7.47	5 FRST MLCd 0-20	359	283.54	0.00	0.34
5 AGRL MMVf 20-50	364	381.80	61.19	2.58	5 FRST MMVf 0-20	365	356.28	0.02	5.35
5 AGRL MMCd 20-50	361	306.74	32.56	3.83	5 AGRL MMCd 0-20	390	299.10	18.70	7.34
5 RNGB MMVf 50-9999	424	499.56	1.59	63.50	5 AGRL MMVf 0-20	395	380.25	19.33	0.23
5 AGRL MMVf 50-9999	365	383.17	173.27	3.86	5 AGRL MMVf 20-50	393	381.81	61.13	2.85
4 RNGB MLCd 20-50	274	206.08	0.00	3.50	5 FRST MMVf 20-50	364	357.99	0.08	8.42
4 RNGB MLCd 50-9999	275	214.33	0.00	0.07	5 AGRL MMCd 20-50	391	306.74	32.54	3.77
5 AGRL MMCd 50-9999	362	326.68	135.25	3.98	5 RNGB MMVf 50-9999	454	499.54	1.56	55.82
7 RNGB MMVf 0-20	564	300.31	0.39	9.19	5 AGRL MMVf 50-9999	394	383.13	170.02	4.32
7 RNGB MMVf 20-50	563	302.07	1.49	30.19	4 RNGB MLCd 20-50	302	206.10	0.00	4.53
4 RYEG MLCd 0-20	253	164.57	0.51	4.04	4 RNGB MLCd 50-9999	301	214.38	0.00	0.08
4 RYEG MLCd 20-50	254	170.05	0.71	3.74	5 AGRL MMCd 50-9999	392	326.68	135.23	3.97
7 RNGB MMVf 50-9999	565	304.36	4.92	36.49	7 FRST MMVf 0-20	592	186.70	0.11	1.68
4 RYEG MLCd 50-9999	255	178.75	0.71	0.01	7 FRST MMVf 20-50	593	188.90	0.38	7.24
7 AGRL MMVf 20-50	536	255.20	37.31	0.16	7 RNGB MMVf 0-20	621	300.31	0.40	4.36
7 AGRL MMVf 0-20	537	253.14	3.12	0.11	7 RNGB MMVf 20-50	622	302.10	1.49	20.08
7 FRST MGTd 0-20	529	237.63	0.00	0.26	4 RYEG MLCd 20-50	280	169.85	0.67	2.72
7 FRST MGSg 0-20	527	219.90	0.00	1.09	7 RNGB MMVf 50-9999	623	304.29	4.71	26.68
7 AGRL MMVf 50-9999	538	256.78	93.53	0.15	4 RYEG MLCd 0-20	281	164.62	0.52	3.97
7 RNGB MLCd 0-20	559	200.47	0.00	54.68	7 FRST MGTd 0-20	585	237.66	0.00	0.24
7 FRST MGTd 20-50	528	262.54	0.00	2.73	7 FRST MGSg 0-20	580	219.94	0.00	0.97
7 RNGB MGTd 20-50	554	348.55	0.00	0.33	7 RNGB MLCd 0-20	617	200.48	0.00	57.50
7 RNGB MGTd 0-20	555	336.32	0.00	0.01	7 MESQ MGTd 0-20	569	233.69	0.00	0.02
7 FRST MGSg 20-50	526	256.11	0.00	16.74	7 FRST MGTd 20-50	584	262.46	0.00	2.71
7 RNGB MGSg 20-50	552	324.03	0.00	18.46	7 MESQ MGTd 20-50	570	253.23	0.00	0.35
7 RNGB MGSg 50-9999	551	339.01	0.00	8.46	7 FRST MGSg 20-50	581	256.59	0.00	17.05
7 FRST MGSg 50-9999	525	283.25	0.00	29.42	7 FRST MGSg 50-9999	582	283.18	0.00	29.96
7 RNGB MGSg 0-20	553	306.40	0.00	1.02	7 MESQ MGSg 20-50	567	253.01	0.00	16.82
5 RNGB MLCd 50-9999	415	401.02	0.02	0.99	7 FRST MMVf 50-9999	594	192.37	1.41	7.68
4 AGRL MLCd 0-20	236	182.82	9.73	0.20	7 RNGB MGSg 50-9999	566	279.87	0.00	14.85
4 AGRL MLCd 20-50	235	183.55	9.97	0.08	7 MESQ MGSg 0-20	565	221.60	0.00	0.76
7 RNGB MLCd 20-50	558	206.20	0.00	37.95	7 MESQ MMVf 20-50	579	200.55	0.23	2.80
7 RNGB MLCd 50-9999	557	215.80	0.00	5.22	7 MESQ MMVf 50-9999	577	204.61	0.80	2.54
7 RYEG MLCd 0-20	542	163.52	0.55	254.88	7 RNGB MGSg 0-20	612	306.38	0.00	0.44
7 RYEG MLCd 20-50	544	170.20	0.90	49.14	7 RNGB MGSg 20-50	614	323.54	0.00	9.21
7 RYEG MLCd 50-9999	543	178.93	1.64	1.80	7 RNGB MGSg 50-9999	613	336.64	0.00	2.98
5 POTA MLCd 0-20	397	268.19	24.89	0.05	4 AGRL MLCd 20-50	263	183.55	9.97	0.08
5 POTA MLCd 20-50	398	273.98	42.67	0.00	7 MESQ MMVf 0-20	578	197.92	0.03	2.58
7 AGRL MMCd 20-50	533	196.56	23.89	5.73	7 RNGB MLCd 20-50	615	206.27	0.00	40.08
7 AGRL MMCd 0-20	535	178.59	8.05	7.80	7 RNGB MLCd 50-9999	616	215.67	0.00	5.48
7 RNGB MMCd 0-20	561	201.03	0.00	3.30	7 RYEG MLCd 20-50	603	170.16	0.88	44.20
7 RNGB MMCd 20-50	560	222.60	0.00	0.29	7 RYEG MLCd 0-20	605	163.53	0.56	234.96
5 PINE MLCd 20-50	341	215.76	0.09	2.24	5 RNGB MLCd 50-9999	442	401.06	0.02	0.97
5 PINE MLCd 50-9999	342	228.98	0.20	0.47	7 AGRL MMVf 20-50	599	255.28	14.49	0.01
5 PINE MLCd 0-20	340	204.24	0.02	1.69	7 AGRL MMVf 0-20	598	253.19	1.91	0.00
8 RNGB MLCd 0-20	648	388.32	0.06	0.07	7 RYEG MLCd 50-9999	604	178.95	1.60	1.45
7 AGRL MMCd 50-9999	534	226.47	50.87	3.70	5 RYEG MLCd 20-50	411	243.45	8.79	0.27
7 RNGB MMCd 50-9999	562	248.14	0.00	0.81	5 RYEG MLCd 0-20	410	235.17	3.64	1.91
7 RYEG MMCd 0-20	546	161.35	0.36	23.44	5 RNGB MMCd 20-50	450	413.39	0.01	0.06
7 RYEG MMCd 20-50	545	174.35	0.58	8.03	5 RNGB MMCd 0-20	451	399.12	0.00	0.13
7 RYEG MMCd 50-9999	547	210.56	1.38	0.44	5 POTA MLCd 0-20	427	268.18	25.28	0.18
8 POTA MLCd 0-20	635	554.91	48.81	0.08	5 RNGB MMCd 50-9999	452	423.22	0.02	0.01
8 POTA MLCd 20-50	634	558.68	90.00	0.00	7 RNGB MMCd 20-50	618	222.32	0.00	0.48
7 RYEG MMVf 50-9999	549	271.55	114.93	0.96	7 RNGB MMCd 0-20	619	201.06	0.00	4.27
7 RYEG MMVf 20-50	548	267.54	26.86	1.40	5 PINE MLCd 0-20	372	204.30	0.03	1.61
7 RYEG MGSg 20-50	539	288.35	1.13	7.21	5 PINE MLCd 20-50	371	216.47	0.10	2.87
7 RYEG MGSg 0-20	541	272.50	0.39	0.31	5 PINE MLCd 50-9999	370	229.11	0.20	0.48
7 RYEG MGSg 50-9999	540	312.59	2.56	5.73	8 RNGB MLCd 0-20	707	388.32	0.06	0.00
5 PINE MMVf 0-20	346	298.84	0.14	15.19	7 AGRL MMCd 0-20	595	178.33	6.16	5.78

MOCHUELO ALTO					MOCHUELO ALTO				
BASE					ESCENARIO				
UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)	UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)
7 RYEG MMVf 0-20	550	265.39	6.74	3.20	7 AGRL MMCd 20-50	596	194.29	17.02	1.44
5 RRGB Agua 0-20	408	735.87	0.00	0.03	7 AGRL MMCd 50-9999	597	227.12	46.84	1.98
5 PINE MMVf 20-50	347	300.54	0.34	11.20	7 RRGB MMCd 50-9999	620	241.17	0.00	0.83
5 PINE Agua 0-20	339	737.01	0.00	0.33	7 FRST MMCd 20-50	591	156.67	0.00	6.85
7 RRGB MGTd 50-9999	556	361.01	0.00	0.16	7 FRST MMCd 0-20	590	136.34	0.00	8.27
7 FRST MGTd 50-9999	530	282.46	0.00	2.09	7 FRST MMCd 50-9999	589	204.33	0.00	1.62
7 PAST MGSg 50-9999	567	326.08	0.04	5.43	7 MESQ MMCd 20-50	574	146.02	0.00	2.76
7 PAST MGSg 20-50	568	310.31	0.03	8.24	7 MESQ MMCd 50-9999	576	196.31	0.00	0.47
7 PAST MLCd 20-50	571	187.31	0.08	6.69	7 RYEG MMCd 20-50	608	167.82	0.66	2.53
7 PAST MGSg 0-20	566	291.71	0.01	1.24	7 RYEG MMCd 0-20	607	161.53	0.37	11.44
7 FRST MLCd 50-9999	532	152.40	0.00	0.01	7 MESQ MMCd 0-20	575	119.99	0.00	4.78
7 FRST MLCd 20-50	531	150.47	0.00	0.01	8 POTA MLCd 0-20	691	554.91	48.46	0.12
7 PAST MLCd 50-9999	570	194.71	0.09	0.76	8 POTA MLCd 20-50	692	558.67	88.60	0.00
7 PAST MLCd 0-20	569	180.32	0.05	9.74	7 RYEG MMCd 50-9999	606	209.07	1.19	0.05
5 MESQ MMVf 50-9999	320	292.83	0.13	22.42	7 RYEG MMVf 50-9999	610	270.43	87.90	0.70
5 MESQ MMVf 20-50	319	288.97	0.05	26.71	7 RYEG MMVf 20-50	611	267.52	26.91	1.63
5 PINE MMVf 50-9999	348	303.12	0.84	0.78	7 RYEG MGSg 20-50	602	287.28	1.04	6.11
5 RYEG MMVf 20-50	390	368.29	48.95	34.39	8 FRST MLCd 0-20	659	320.16	0.03	0.03
5 RYEG MMVf 0-20	389	365.90	15.23	9.59	8 FRST MLCd 20-50	660	328.99	0.07	0.00
5 MESQ MMVf 0-20	321	285.62	0.01	20.56	7 RYEG MGSg 0-20	601	272.50	0.39	0.31
5 RYEG MMVf 50-9999	388	371.26	137.01	6.13	7 RYEG MGSg 50-9999	600	304.10	1.95	1.16
5 RYEG MLCd 20-50	382	243.38	8.85	0.27	7 RYEG MMVf 0-20	609	265.39	7.76	3.87
5 RYEG MLCd 0-20	381	235.19	3.72	1.78	5 PINE MMVf 0-20	377	298.86	0.15	12.08
5 POTA MMVf 0-20	403	356.09	15.49	0.62	7 FRST MLCd 0-20	587	132.26	0.00	13.09
5 POTA MMVf 20-50	402	358.54	61.15	0.35	5 PINE MMVf 20-50	378	300.61	0.35	12.93
9 FRST MGSg 20-50	659	363.69	0.02	3.14	5 RRGB Agua 0-20	438	735.70	0.00	0.12
9 FRST MGSg 50-9999	660	389.51	0.04	3.19	5 WATR MMVf 0-20	383	0.00	0.00	0.10
9 PAST MGSg 50-9999	683	455.16	0.23	0.65	5 WATR MMVf 20-50	382	0.00	0.00	0.02
9 PAST MGSg 20-50	682	434.05	0.08	0.20	5 PINE Agua 0-20	369	737.03	0.00	0.24
9 PAST MLCd 20-50	685	286.23	0.09	36.57	7 MESQ MLCd 0-20	571	124.99	0.00	9.10
9 PAST MLCd 50-9999	686	294.80	0.23	9.85	7 FRST MLCd 20-50	586	136.85	0.00	1.46
9 FRST MGSg 0-20	658	335.72	0.00	0.61	7 MESQ MLCd 20-50	572	130.07	0.00	2.79
9 PAST MLCd 0-20	684	280.57	0.04	14.60	7 MESQ MGTd 50-9999	568	274.27	0.00	0.13
9 RYEG MLCd 0-20	665	255.73	3.58	106.68	7 FRST MGTd 50-9999	583	282.40	0.00	2.12
9 RYEG MLCd 20-50	666	263.23	6.93	6.73	5 PINE MMVf 50-9999	376	303.04	0.81	0.93
9 FRST MLCd 50-9999	663	260.45	0.02	9.67	7 FRST MLCd 50-9999	588	153.35	0.00	0.04
9 FRST MLCd 20-50	662	250.26	0.01	4.56	7 PAST MLCd 20-50	628	187.71	0.08	5.26
5 SWRN MMVf 50-9999	375	505.42	1.93	2.02	7 PAST MGSg 20-50	625	307.42	0.03	1.45
5 SWRN MMVf 20-50	377	505.64	0.69	9.13	7 PAST MLCd 50-9999	629	194.76	0.09	0.80
9 FRST MLCd 0-20	661	239.45	0.00	0.46	7 PAST MGSg 50-9999	624	320.56	0.02	0.07
5 SWRN MMVf 0-20	376	504.30	0.19	7.25	7 PAST MLCd 0-20	627	180.27	0.04	4.65
9 BROM MGSg 20-50	688	474.37	0.03	1.78	5 MESQ MMVf 50-9999	346	292.99	0.14	27.37
9 BROM MGSg 0-20	689	459.61	0.01	0.06	7 MESQ MLCd 50-9999	573	145.40	0.00	0.02
9 RYEG MLCd 50-9999	664	272.50	16.76	0.07	5 MESQ MMVf 20-50	347	288.99	0.05	26.16
9 RYEG MMVf 0-20	670	385.13	13.03	0.38	7 PAST MGSg 0-20	626	290.00	0.02	1.19
9 BROM MGSg 50-9999	690	485.09	0.05	0.00	5 RYEG MMVf 20-50	418	368.30	48.93	32.54
9 RRGB MMVf 0-20	678	435.34	0.30	2.58	5 RYEG MMVf 0-20	420	365.90	15.20	9.54
9 RRGB MMVf 20-50	679	437.38	1.42	9.59	5 MESQ MMVf 0-20	345	285.61	0.01	21.84
9 RRGB MMVf 50-9999	680	439.30	3.79	3.65	5 FRST MMVf 50-9999	363	359.93	0.23	4.23
9 RRGB MLCd 0-20	674	310.16	0.00	20.80	5 RYEG MMVf 50-9999	419	370.56	109.24	4.64
12 SWRN MMVf 20-50	796	505.52	0.34	0.24	5 MESQ MLCd 0-20	340	195.07	0.00	0.03
12 SWRN MMVf 0-20	795	504.33	0.10	0.35	5 MESQ MLCd 20-50	339	207.40	0.01	0.01
12 POTA MLCd 0-20	803	268.26	15.85	0.01	9 FRST MGSg 20-50	733	363.38	0.02	3.17
12 SWRN MLCd 20-50	793	393.83	0.01	0.01	9 FRST MGSg 50-9999	734	388.81	0.04	2.84
12 SWRN MLCd 0-20	794	391.97	0.01	0.01	9 MESQ MGSg 20-50	724	354.55	0.02	0.20
12 POTA MLCd 20-50	804	273.99	34.20	0.02	9 MESQ MGSg 50-9999	725	389.01	0.05	1.01
9 RRGB MLCd 20-50	675	317.91	0.01	11.25	9 MESQ MLCd 20-50	726	221.91	0.01	18.43
5 SWRN MLCd 0-20	369	391.97	0.02	0.01	9 MESQ MLCd 50-9999	727	233.48	0.03	8.83
5 SWRN MLCd 20-50	371	398.00	0.05	0.01	9 FRST MGSg 0-20	735	335.64	0.00	0.61
9 RRGB MLCd 50-9999	676	327.76	0.02	3.95	9 MESQ MLCd 0-20	728	211.26	0.00	5.14
5 POTA MMVf 50-9999	404	360.47	143.70	0.05	9 RYEG MLCd 0-20	742	255.73	3.58	108.28
					9 RYEG MLCd 20-50	743	263.00	6.54	6.65
					9 FRST MLCd 50-9999	736	260.36	0.02	10.12
					9 PAST MLCd 0-20	759	280.58	0.04	9.12
					9 PAST MLCd 20-50	760	285.75	0.08	18.20
					9 FRST MLCd 20-50	737	248.99	0.01	4.58
					5 SWRN MMVf 20-50	406	505.62	0.63	5.26
					5 SWRN MMVf 50-9999	407	505.24	1.67	1.44
					9 FRST MLCd 0-20	738	239.31	0.00	0.48
					9 PAST MLCd 50-9999	761	293.00	0.15	0.54
					5 SWRN MMVf 0-20	405	504.29	0.22	7.05
					9 RYEG MLCd 50-9999	744	272.34	15.48	0.09
					9 BROM MGSg 20-50	764	474.33	0.03	1.75
					9 BROM MGSg 0-20	763	459.62	0.01	0.06
					9 RYEG MMVf 0-20	747	385.09	11.18	0.65
					9 RYEG MMVf 20-50	748	385.76	20.25	0.01
					9 RRGB MMVf 20-50	757	437.43	1.42	8.78

MOCHUELO ALTO					ESCAMBALO				
BASE					ESCAMBALO				
UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)	UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)
					9 RRGB MMVf 50-9999	756	439.17	3.36	3.33
					9 RRGB MMVf 0-20	758	435.35	0.28	2.12
					9 RRGB MLCd 0-20	754	310.14	0.00	19.52
					12 MESQ MMVf 20-50	885	288.36	0.02	0.24
					12 MESQ MMVf 0-20	886	285.60	0.01	0.29
					12 FRST MMVf 0-20	894	356.46	0.02	0.06
					12 MESQ MLCd 0-20	882	194.81	0.00	0.01
					12 FRST MLCd 0-20	891	283.52	0.00	0.01
					12 MESQ MLCd 20-50	883	205.98	0.01	0.03
					9 RRGB MLCd 20-50	753	317.85	0.01	11.25
					9 RRGB MLCd 50-9999	752	327.76	0.02	3.95
					9 FRST MMVf 50-9999	741	312.20	1.27	0.22
					9 FRST MMVf 20-50	740	309.29	0.40	0.75
					9 FRST MMVf 0-20	739	306.89	0.14	0.19
					9 MESQ MMVf 0-20	732	303.04	0.05	0.01
					9 MESQ MMVf 20-50	731	305.80	0.24	0.04
					9 MESQ MMVf 50-9999	730	308.94	0.68	0.10
TOTAL	133	41240.88	1667.05	1457.41	TOTAL	166	46931.60	1184.10	1457.43

LA RELIQUIA					LA RELIQUIA				
BASE					ESCAMBALO				
UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)	UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)
5 URML ZU 0-20	307	444.69	4.32	1.01	5 URML ZU 0-20	485	444.69	4.31	0.44
5 URML ZU 20-50	306	486.85	4.93	1.51	5 URML ZU 20-50	486	486.85	4.92	1.38
5 URML MLCd 0-20	300	314.30	1.05	0.01	5 URML MLCd 0-20	478	314.29	1.19	0.05
5 RRGB MLCd 0-20	416	388.91	0.00	4.27	5 RRGB MLCd 0-20	444	388.89	0.00	2.66
5 RRGB MLCd 20-50	417	393.65	0.01	1.58	5 RRGB MLCd 20-50	443	393.58	0.01	1.46
5 RRGB MMVf 20-50	425	500.05	0.61	0.18	5 RRGB MMVf 20-50	453	500.05	0.61	0.37
5 RRGB MMVf 0-20	423	498.57	0.20	0.03	5 RRGB MMVf 0-20	455	498.57	0.22	0.13
5 RRGB MMVf 50-9999	424	499.56	1.59	0.01	5 FRST MLCd 0-20	359	283.54	0.00	1.33
5 RRGB MLCd 50-9999	415	401.02	0.02	0.06	5 FRST MMVf 0-20	365	356.28	0.02	0.07
5 POTA MLCd 0-20	397	268.19	24.89	4.94	5 URML MMVf 0-20	483	446.09	0.81	0.11
5 POTA MLCd 20-50	398	273.98	42.67	2.08	5 URML MMVf 20-50	484	447.49	1.92	0.01
8 URML ZU 0-20	579	485.70	4.61	11.99	5 FRST MMVf 20-50	364	357.99	0.08	0.01
5 PINE MLCd 20-50	341	215.76	0.09	0.74	5 RRGB MMVf 50-9999	454	499.54	1.56	0.01
5 PINE MLCd 50-9999	342	228.98	0.20	0.01	5 RRGB MLCd 50-9999	442	401.06	0.02	0.06
5 PINE MLCd 0-20	340	204.24	0.02	0.93	5 POTA MLCd 0-20	427	268.18	25.28	5.49
8 RRGB MLCd 0-20	648	388.32	0.06	0.07	5 POTA MLCd 20-50	428	273.98	42.65	2.08
8 URML MLCd 0-20	575	356.10	0.96	0.61	8 URML ZU 0-20	721	486.07	4.81	6.95
8 URML ZU 20-50	578	527.05	6.39	0.40	5 PINE MLCd 0-20	372	204.30	0.03	0.61
8 URML MLCd 20-50	574	360.05	1.87	0.01	5 PINE MLCd 20-50	371	216.47	0.10	0.53
5 POTA ZU 20-50	406	467.11	39.31	0.05	5 PINE MLCd 50-9999	370	229.11	0.20	0.01
5 POTA MLCd 50-9999	396	283.24	115.30	0.01	8 URML MLCd 0-20	717	356.17	1.31	1.10
5 POTA ZU 0-20	405	415.81	14.17	0.01	5 FRST ZU 0-20	367	368.17	0.05	0.46
8 POTA ZU 20-50	640	608.52	49.81	0.00	5 FRST ZU 20-50	366	434.64	0.10	0.07
8 POTA ZU 0-20	639	590.42	27.22	0.39	8 URML ZU 20-50	722	527.05	6.22	0.27
8 POTA MLCd 0-20	635	554.91	48.81	85.02	8 URML MLCd 20-50	716	364.04	1.75	0.03
8 POTA MLCd 20-50	634	558.68	90.00	25.87	8 FRST ZU 0-20	666	415.15	0.04	3.08
8 POTA MLCd 50-9999	633	558.80	223.87	2.46	5 FRST MLCd 20-50	357	293.01	0.01	0.34
8 RYEG MLCd 0-20	626	306.75	30.04	0.02	5 POTA MLCd 50-9999	429	283.22	114.41	0.01
8 RYEG MLCd 20-50	625	314.64	61.86	0.03	8 POTA MLCd 0-20	691	554.91	48.46	70.67
5 PINE MMVf 0-20	346	298.84	0.14	0.72	8 POTA MLCd 20-50	692	558.67	88.60	22.12
8 PINE MLCd 0-20	611	289.81	0.16	0.07	8 POTA MLCd 50-9999	693	558.80	220.17	2.40
5 PINE MMVf 20-50	347	300.54	0.34	0.49	8 POTA ZU 0-20	697	590.64	31.36	1.56
5 PINE ZU 0-20	350	411.98	0.49	0.03	8 POTA ZU 20-50	698	608.59	53.37	0.13
5 PINE ZU 20-50	349	460.76	0.60	0.00	8 FRST MLCd 0-20	659	320.16	0.03	9.02
10 URML ZU 0-20	696	443.42	2.47	0.00	8 FRST MLCd 20-50	660	328.99	0.07	3.00
					5 PINE MMVf 0-20	377	298.86	0.15	0.44
					8 MESQ MLCd 20-50	640	282.78	0.10	0.76
					8 MESQ MLCd 0-20	641	269.91	0.03	4.95
					8 MESQ MLCd 50-9999	642	293.65	0.20	0.05
					5 PINE MMVf 20-50	378	300.61	0.35	0.27
					8 PINE MLCd 0-20	668	289.91	0.16	0.03
					5 PINE ZU 0-20	380	404.60	0.03	0.12
					5 POTA ZU 0-20	437	430.72	17.36	0.03
					5 POTA ZU 20-50	436	467.12	27.44	0.11
					5 PINE ZU 20-50	379	460.76	1.03	0.01
					8 MESQ ZU 0-20	643	425.76	0.04	0.80
					8 AGRL MLCd 0-20	672	345.93	8.54	0.02
					10 FRST ZU 0-20	775	367.92	0.05	0.00
TOTAL	35	14100.19	799.05	145.57	TOTAL	48	18697.71	710.13	145.58

BASE					SANTA BARBARA				
UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)	UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)
5 RYEG MLCd 20-50	382	243.38	8.85	0.12	5 FRST MLCd 0-20	359	283.54	0.00	0.04
5 RYEG MLCd 0-20	381	235.19	3.72	0.07	5 FRST MLCd 20-50	357	293.01	0.01	0.20
5 PAST MLCd 0-20	431	304.89	0.03	0.07	5 FRST MLCd 50-9999	358	303.12	0.02	0.11
5 PAST MLCd 20-50	433	312.17	0.07	0.32	5 MESQ MLCd 0-20	340	195.07	0.00	0.10
5 PAST MLCd 50-9999	432	320.27	0.18	0.20	5 MESQ MLCd 20-50	339	207.40	0.01	0.25
5 PAST MLVe 0-20	434	440.52	0.18	13.20	5 MESQ MLCd 50-9999	341	223.76	0.04	0.11
5 PAST MLVe 20-50	435	443.81	0.45	36.40	5 PAST MLVe 0-20	465	440.54	0.18	12.60
5 PAST MLVe 50-9999	436	448.02	1.23	10.59	5 PAST MLVe 20-50	466	443.77	0.44	33.27
5 FRST MLVe 20-50	331	337.29	0.05	6.73	5 PAST MLVe 50-9999	467	448.04	1.20	8.41
5 FRST MLVe 50-9999	330	344.87	0.17	6.25	5 FRST MLVe 50-9999	362	343.67	0.15	8.18
5 FRST MLVe 0-20	332	330.64	0.01	1.15	5 FRST MLVe 20-50	361	337.86	0.04	12.60
5 SWRN MLVe 50-9999	374	510.36	1.22	9.17	5 FRST MLVe 0-20	360	330.70	0.01	3.75
5 SWRN MLVe 20-50	373	507.83	0.56	48.40	5 MESQ MLVe 50-9999	343	301.14	0.13	6.65
5 SWRN MLVe 0-20	372	504.41	0.28	56.59	5 MESQ MLVe 20-50	344	292.52	0.04	10.82
5 RYEG MLVe 0-20	387	382.31	27.70	12.10	5 MESQ MLVe 0-20	342	286.32	0.01	3.65
5 RYEG MLVe 20-50	386	387.41	64.17	20.31	5 SWRN MLVe 20-50	403	507.81	0.56	45.66
5 RYEG MLVe 50-9999	385	390.07	156.03	5.05	5 SWRN MLVe 0-20	402	504.42	0.28	56.19
5 RYEG MLCd 50-9999	380	254.11	21.57	0.01	5 RYEG MLVe 0-20	415	383.22	21.09	8.24
14 FRST MLCd 0-20	864	649.99	0.00	0.06	5 RYEG MLVe 20-50	417	387.26	59.68	15.92
16 RYEG MGTd 20-50	1055	483.38	0.33	0.68	5 RYEG MLVe 50-9999	416	390.00	143.43	3.50
16 RYEG MGTd 0-20	1056	461.49	0.19	0.07	5 SWRN MLVe 50-9999	404	510.24	1.14	6.73
16 RYEG MLVe 0-20	1057	462.74	11.23	0.61	14 FRST MLCd 0-20	969	649.99	0.00	1.10
16 RYEG MLVe 20-50	1058	469.74	41.10	7.02	14 FRST MLCd 20-50	967	658.31	0.00	0.46
16 RYEG MGTd 50-9999	1054	510.92	1.03	0.08	16 RYEG MGTd 0-20	1154	461.48	0.18	0.07
5 RNGB MLVe 20-50	420	503.47	0.53	37.45	16 MESQ MLVe 0-20	1117	370.31	0.01	0.21
5 RNGB MLVe 0-20	421	500.07	0.12	4.38	16 RYEG MGTd 20-50	1153	483.48	0.34	0.68
5 RNGB MLVe 50-9999	422	505.26	0.83	7.27	16 MESQ MLVe 20-50	1115	376.77	0.03	0.30
16 RNGB MLVe 0-20	1074	523.46	0.02	0.03	14 MESQ MLCd 0-20	953	457.31	0.00	0.66
16 RNGB MLVe 20-50	1075	528.14	0.34	0.03	5 RNGB MLVe 0-20	448	500.13	0.13	3.65
5 PINE MLVe 0-20	345	291.36	0.14	0.44	16 RYEG MGTd 50-9999	1155	510.82	1.02	0.08
14 PINE MLCd 0-20	874	493.03	0.01	1.26	5 RNGB MLVe 20-50	449	503.50	0.53	33.95
5 PINE MLVe 20-50	344	296.55	0.42	3.90	5 RNGB MLVe 50-9999	447	505.03	0.77	6.02
5 PINE MLVe 50-9999	343	299.37	0.73	1.80	16 RYEG MLVe 20-50	1156	469.87	41.41	6.62
14 PINE MLCd 20-50	873	502.93	0.01	1.21	16 RYEG MLVe 0-20	1158	462.67	7.62	0.38
5 AGRL MLVe 0-20	359	385.04	10.77	0.29	5 PINE MLVe 0-20	375	291.30	0.10	0.07
5 AGRL MLVe 20-50	358	387.77	46.30	0.52	5 PINE MLVe 20-50	374	296.33	0.36	1.50
14 PINE MLVe 0-20	876	622.30	0.57	14.46	14 PINE MLCd 0-20	976	494.48	0.01	0.03
14 AGRL MLVe 20-50	889	735.36	87.09	0.44	14 PINE MLCd 20-50	977	502.97	0.01	0.75
14 PINE MLVe 20-50	877	625.76	1.33	27.07	14 MESQ MLVe 0-20	957	603.26	0.17	2.48
14 PINE MLVe 50-9999	878	631.14	2.88	5.08	14 PINE MLVe 0-20	980	622.34	0.62	10.13
14 AGRL MLVe 0-20	891	732.25	14.08	2.15	5 PINE MLVe 50-9999	373	299.31	0.64	0.64
16 RNGB MLVe 50-9999	1073	534.60	0.91	0.00	14 FRST MLVe 0-20	970	711.88	0.35	3.93
14 AGRL Agua 0-20	887	1135.22	0.00	0.19	14 FRST MLVe 20-50	971	718.12	1.31	5.10
14 AGRL Agua 20-50	886	1155.27	0.00	0.00	14 PINE MLVe 20-50	978	625.72	1.23	21.52
14 PINE Agua 20-50	869	1157.23	0.00	0.02	14 FRST MLVe 50-9999	972	720.40	2.36	0.75
14 WATR Agua 0-20	880	0.00	0.00	1.27	14 FRST Agua 0-20	958	1134.67	0.00	0.22
14 WATR Agua 20-50	881	0.00	0.00	0.13	14 FRST Agua 20-50	959	1154.92	0.00	0.01
14 WATR Agua 50-9999	879	0.00	0.00	0.08	14 MESQ Agua 0-20	948	1134.75	0.00	1.31
14 PINE MLCd 50-9999	875	515.24	0.02	0.94	14 MESQ Agua 20-50	946	1154.95	0.00	0.14
14 WATR MLVe 0-20	885	0.00	0.00	0.39	14 MESQ Agua 50-9999	947	1154.95	0.00	0.08
14 WATR MLVe 20-50	883	0.00	0.00	0.05	14 MESQ MLVe 20-50	955	612.44	0.94	7.71
14 PINE Agua 0-20	870	1137.66	0.00	0.07	14 PINE MLCd 50-9999	975	513.88	0.02	0.94
14 SWRN MLVe 20-50	896	890.29	2.71	6.28	14 PINE MLVe 50-9999	979	630.98	2.78	4.09
14 SWRN MLVe 0-20	895	884.05	0.71	1.57	14 MESQ MLVe 50-9999	956	619.17	1.46	0.29
14 WATR MLVe 50-9999	884	0.00	0.00	0.03	14 SWRN MLVe 20-50	992	890.35	2.77	6.37
14 PAST MLVe 0-20	926	805.91	0.81	4.14	14 SWRN MLVe 0-20	993	884.05	0.66	1.54
14 PAST MLVe 20-50	925	810.10	3.33	45.88	14 PAST MLVe 20-50	1019	810.12	3.34	44.44
14 PAST MLVe 50-9999	924	815.08	5.92	3.95	14 PAST MLVe 0-20	1020	805.93	0.83	4.22
14 RNGB MLVe 20-50	916	885.82	2.58	6.41	14 SWRN MLVe 50-9999	994	892.68	2.20	0.01
14 RNGB MLVe 0-20	917	878.69	0.48	0.23	14 PAST MLVe 50-9999	1021	815.15	5.99	4.06
16 RYEG MLVe 50-9999	1059	473.88	85.80	3.42	14 RNGB MLVe 20-50	1011	885.77	2.16	1.71
14 RYEG MLVe 0-20	904	707.15	22.28	8.88	14 RNGB MLVe 0-20	1012	878.65	0.38	0.15
14 RYEG MLVe 20-50	905	712.66	72.08	11.30	16 MESQ MLVe 50-9999	1116	385.80	0.09	0.15
14 AGRL MLCd 0-20	888	648.94	10.66	0.46	16 RYEG MLVe 50-9999	1157	473.59	81.02	3.19
14 RYEG MLVe 50-9999	906	721.38	222.34	1.31	14 AGRL MLVe 0-20	987	732.80	20.41	0.01
16 PAST MLVe 20-50	1082	500.11	0.44	0.73	14 RYEG MLVe 20-50	1003	712.69	71.24	10.57
16 PAST MLVe 0-20	1083	495.88	0.08	0.08	14 RYEG MLVe 0-20	1004	707.14	21.02	9.35
16 PAST MLVe 50-9999	1084	504.22	0.85	0.36	14 RYEG MLVe 50-9999	1002	721.51	220.75	1.18
					16 PAST MLVe 0-20	1181	495.85	0.07	0.11
					16 PAST MLVe 20-50	1182	500.09	0.43	0.71
					16 PAST MLVe 50-9999	1183	504.68	0.92	0.43
					16 FRST MLVe 0-20	1129	375.32	0.02	0.02
					16 FRST MLVe 20-50	1128	382.41	0.04	0.15
					16 FRST MLVe 50-9999	1127	390.84	0.09	0.01
TOTAL	68	34668.40	938.48	441.14	TOTAL	74	41065.27	727.24	441.14

BASE					SANTA ROSA				
UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)	UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)
13 RYEG MLVe 0-20	832	382.31	28.74	0.37	5 MESQ MLVe 50-9999	343	301.14	0.13	0.50
13 RYEG MLVe 20-50	831	387.64	70.23	0.27	13 MESQ MLVe 0-20	918	286.48	0.01	0.02
5 SWRN MLVe 50-9999	374	510.36	1.22	0.51	5 MESQ MLVe 20-50	344	292.52	0.04	1.52
5 SWRN MLVe 20-50	373	507.83	0.56	2.03	5 MESQ MLVe 0-20	342	286.32	0.01	0.33
5 SWRN MLVe 0-20	372	504.41	0.28	3.32	13 RYEG MLVe 0-20	932	382.33	29.00	0.35
13 RYEG MLVe 50-9999	830	389.87	165.01	0.01	13 RYEG MLVe 20-50	933	387.53	65.47	0.27
5 RYEG MLVe 0-20	387	382.31	27.70	0.09	5 SWRN MLVe 20-50	403	507.81	0.56	2.11
13 RYEG MGTd 0-20	829	382.09	5.08	7.27	5 SWRN MLVe 0-20	402	504.42	0.28	3.30
13 RYEG MGTd 20-50	828	395.52	6.46	0.64	13 RYEG MLVe 50-9999	931	389.95	150.64	0.01
5 RYEG MGTd 0-20	379	382.63	3.81	2.93	5 RYEG MLVe 0-20	415	383.22	21.09	0.13
5 RYEG MGTd 20-50	378	388.16	5.60	0.02	5 RYEG MLVe 20-50	417	387.26	59.68	0.01
16 RYEG MGTd 20-50	1055	483.38	0.33	75.76	5 SWRN MLVe 50-9999	404	510.24	1.14	0.52
16 RYEG MGTd 0-20	1056	461.49	0.19	79.30	13 MESQ MGTd 0-20	915	359.65	0.01	0.51
16 RYEG MLVe 0-20	1057	462.74	11.23	0.01	13 RYEG MGTd 0-20	929	382.18	5.20	6.77
16 RYEG MLVe 20-50	1058	469.74	41.10	0.36	13 RYEG MGTd 20-50	930	387.85	6.92	0.56
5 SWRN MGTd 0-20	367	576.92	0.02	1.76	5 RYEG MGTd 0-20	408	382.57	3.91	2.97
16 RYEG MGTd 50-9999	1054	510.92	1.03	8.28	5 RYEG MGTd 20-50	409	388.16	5.60	0.02
16 SWRN MGTd 0-20	1044	549.01	0.01	6.75	13 MESQ MGTd 20-50	914	377.30	0.01	0.08
5 RRGB MLVe 20-50	420	503.47	0.53	9.88	16 MESQ MGTd 20-50	1113	433.52	0.00	1.12
5 RRGB MLVe 0-20	421	500.07	0.12	0.75	16 MESQ MGTd 0-20	1114	409.48	0.00	1.83
5 SWRN MGTd 20-50	368	581.88	0.04	0.73	16 RYEG MGTd 0-20	1154	461.48	0.18	77.05
16 SWRN MGTd 20-50	1045	563.04	0.02	12.46	16 MESQ MLVe 0-20	1117	370.31	0.01	0.09
16 SWRN MGTd 50-9999	1046	579.64	0.04	1.54	16 RYEG MGTd 20-50	1153	483.48	0.34	74.31
16 SWRN MLVe 0-20	1047	525.40	0.17	0.37	16 MESQ MLVe 20-50	1115	376.77	0.03	0.06
16 SWRN MLVe 20-50	1048	527.78	0.04	0.01	5 SWRN MGTd 0-20	398	575.04	0.02	1.72
5 RRGB MLVe 50-9999	422	505.26	0.83	2.14	16 MESQ MGTd 50-9999	1112	472.48	0.01	2.32
5 SWRN MGTd 50-9999	366	595.13	0.16	0.31	16 SWRN MGTd 0-20	1147	549.01	0.01	7.09
16 RRGB MLVe 0-20	1074	523.46	0.02	0.50	5 RRGB MLVe 0-20	448	500.13	0.13	0.39
16 RRGB MLVe 20-50	1075	528.14	0.34	0.52	16 SWRN MGTd 20-50	1146	563.04	0.02	12.67
16 RRGB MGTd 0-20	1072	554.06	0.00	3.91	5 SWRN MGTd 20-50	397	581.88	0.04	0.73
5 RRGB MGTd 0-20	414	564.65	0.00	0.25	16 RYEG MGTd 50-9999	1155	510.82	1.02	7.49
5 RRGB MGTd 20-50	413	575.05	0.02	0.42	16 SWRN MGTd 50-9999	1145	579.35	0.04	1.57
5 RRGB MGTd 50-9999	412	582.31	0.03	0.03	16 SWRN MLVe 0-20	1149	525.40	0.17	0.37
16 RRGB MGTd 20-50	1071	570.50	0.00	10.93	16 SWRN MLVe 20-50	1148	527.78	0.04	0.01
16 RRGB MGTd 50-9999	1070	592.97	0.00	12.79	5 RRGB MLVe 20-50	449	503.50	0.53	8.27
16 PAST MGTd 20-50	1081	552.86	0.03	18.30	5 SWRN MGTd 50-9999	396	595.13	0.16	0.31
16 PAST MGTd 0-20	1080	538.05	0.01	10.76	5 RRGB MLVe 50-9999	447	505.03	0.77	1.63
16 RRGB MLVe 50-9999	1073	534.60	0.91	0.33	16 RYEG MLVe 20-50	1156	469.87	41.41	0.38
16 PAST MGTd 50-9999	1079	565.34	0.06	0.71	16 RRGB MLVe 20-50	1174	528.20	0.33	0.44
16 RYEG MLVe 50-9999	1059	473.88	85.80	0.17	16 RRGB MLVe 0-20	1173	523.45	0.01	0.40
					16 RYEG MLVe 0-20	1158	462.67	7.62	0.02
					16 RRGB MGTd 0-20	1171	554.13	0.00	3.94
					5 RRGB MGTd 0-20	439	565.03	0.00	0.13
					5 RRGB MGTd 20-50	441	575.03	0.02	0.37
					5 RRGB MGTd 50-9999	440	580.63	0.02	0.01
					16 RRGB MGTd 20-50	1169	570.23	0.00	11.26
					16 RRGB MGTd 50-9999	1170	591.16	0.00	11.25
					16 PAST MGTd 20-50	1179	553.00	0.03	17.95
					16 PAST MGTd 0-20	1178	538.12	0.01	10.39
					16 RRGB MLVe 50-9999	1172	532.72	0.71	0.33
					16 PAST MGTd 50-9999	1180	565.29	0.06	0.69
					5 MESQ MGTd 0-20	337	356.88	0.00	0.11
					5 MESQ MGTd 20-50	338	382.92	0.01	0.05
					5 MESQ MGTd 50-9999	336	400.54	0.03	0.03
					16 MESQ MLVe 50-9999	1116	385.80	0.09	0.06
					16 RYEG MLVe 50-9999	1157	473.59	81.02	0.12
					16 FRST MGTd 0-20	1125	437.89	0.00	0.41
					16 FRST MGTd 20-50	1124	456.03	0.00	0.15
TOTAL	40	20164.87	457.75	277.44	TOTAL	58	26923.69	484.58	277.43

CURUBITAL					CURUBITAL				
BASE					ESCENARIO				
UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)	UNIQUECOMB (subcuenca_cobertura_suelo_pendiente)	HRU	Aporte de Agua al Caudal (mm)	Produccion de Sedimentos (t/ha/año)	AREA (Ha)
19 RYEG MGTd 0-20	1310	1051.33	3.30	0.26	19 BROM MEF 20-50	1463	1192.50	0.10	2.24
19 BROM MEF 20-50	1342	1192.49	0.10	2.24	19 BROM MEF 0-20	1464	1144.17	0.05	0.90
19 BROM MEF 0-20	1343	1144.17	0.05	0.90	19 FRST MGTd 20-50	1413	1031.42	0.05	13.09
19 RYEG MGTd 20-50	1311	1076.03	7.33	0.20	19 MESQ MGTd 20-50	1397	1013.57	0.08	0.99
19 POTA MGTd 0-20	1321	1337.31	49.76	1.41	19 MESQ MGTd 0-20	1395	984.53	0.02	0.52
19 PAST MGTd 20-50	1337	1141.30	0.69	30.53	19 FRST MGTd 50-9999	1414	1052.05	0.16	2.85
19 PAST MGTd 50-9999	1336	1154.83	1.89	3.77	19 MESQ MGTd 50-9999	1396	1033.62	0.26	0.04
19 RYEG MGF 0-20	1304	856.31	5.32	0.02	19 POTA MGTd 0-20	1447	1337.79	53.44	0.75
19 PAST MGTd 0-20	1338	1119.96	0.34	18.54	19 MESQ MGF 0-20	1391	796.68	0.03	0.43
19 POTA MGTd 20-50	1322	1355.01	162.69	8.33	19 FRST MGTd 0-20	1412	1004.22	0.02	6.43
19 RYEG MGTd 50-9999	1312	1089.04	15.54	0.02	19 POTA MGTd 20-50	1446	1354.96	157.50	6.72
19 POTA MGF 20-50	1319	1314.38	91.89	21.20	19 FRST MGF 20-50	1406	867.29	0.02	0.07
19 POTA MGF 0-20	1320	1302.16	24.45	3.57	19 MESQ MGF 20-50	1389	804.28	0.06	0.13
19 BROM MGF 20-50	1354	1099.96	0.04	6.88	19 PAST MGTd 50-9999	1458	1153.19	1.49	1.73
19 BROM MGF 0-20	1355	1080.42	0.01	1.91	19 PAST MGTd 0-20	1459	1121.79	0.25	13.99
19 BROM MGF 50-9999	1353	1111.94	0.11	0.49	19 BROM MGTd 0-20	1477	1261.26	0.04	0.04
19 RRGB MGF 0-20	1326	948.62	0.01	0.08	19 PAST MGTd 20-50	1457	1141.05	0.64	19.09
19 RRGB MGF 20-50	1324	977.11	0.02	0.07	19 BROM MGTd 20-50	1478	1280.51	0.10	0.15
19 RRGB MGTd 0-20	1327	1116.06	0.03	0.65	19 FRST MGF 0-20	1408	857.40	0.01	0.03
19 RRGB MGTd 20-50	1328	1135.28	0.09	0.97	19 BROM MGF 0-20	1476	1080.58	0.02	1.93
19 RRGB MGF 50-9999	1325	995.96	0.07	0.04	19 BROM MGF 20-50	1474	1099.86	0.04	7.72
19 RRGB MGTd 50-9999	1329	1150.20	0.33	0.50	19 BROM MGF 50-9999	1475	1111.94	0.11	0.54
19 PAST MGF 0-20	1330	903.85	0.18	0.44	19 MESQ MGF 0-20	1393	804.08	0.00	0.58
19 PAST MGF 20-50	1331	914.42	0.66	0.21	19 BROM MGTd 50-9999	1479	1289.47	0.24	0.01
19 PAST MGF 20-50	1334	950.02	0.03	2.89	19 FRST MGF 20-50	1409	918.37	0.00	4.01
19 PAST MGF 0-20	1335	922.01	0.01	1.31	19 FRST MGF 0-20	1410	883.40	0.00	1.45
19 MESQ MGF 50-9999	1281	872.68	0.01	0.83	19 FRST MGF 50-9999	1411	939.60	0.01	0.84
19 MESQ MGF 20-50	1280	846.18	0.00	2.37	19 MESQ MGF 20-50	1394	844.10	0.00	1.43
19 MESQ MGF 0-20	1279	804.05	0.00	0.25	19 MESQ MGF 50-9999	1392	872.68	0.01	0.74
19 MESQ MGTd 20-50	1283	1012.87	0.07	0.32	19 PINE MGTd 0-20	1415	1003.79	0.02	0.07
19 MESQ MGTd 0-20	1282	984.88	0.03	0.58	19 PINE MGTd 20-50	1416	1006.89	0.04	0.33
19 MESQ MGTd 50-9999	1284	1032.03	0.22	0.06	19 TOBC MGTd 0-20	1438	1017.78	59.99	8.07
19 PAST MGF 50-9999	1333	972.12	0.09	0.45	19 TOBC MGTd 20-50	1440	1034.32	118.32	5.23
19 PINE MGTd 20-50	1290	1012.42	0.04	0.70	19 TOBC MGTd 50-9999	1439	1047.80	239.04	0.09
19 PINE MGTd 0-20	1289	1000.93	0.02	0.27	19 POTA MGTd 50-9999	1445	1363.06	287.93	0.23
19 TOBC MGTd 20-50	1315	1034.37	119.21	4.54	19 POTA MGF 20-50	1442	1314.29	90.40	20.24
19 TOBC MGTd 0-20	1314	1017.74	59.80	8.15	19 POTA MGF 50-9999	1443	1320.33	265.40	1.62
19 TOBC MGTd 50-9999	1313	1046.58	227.25	0.03	19 POTA MGF 0-20	1444	1302.20	24.42	3.16
19 PINE MGTd 50-9999	1288	1026.42	0.09	0.02					
19 POTA MGTd 50-9999	1323	1364.45	351.53	0.55					
19 POTA MGF 50-9999	1318	1320.35	247.75	1.94					
TOTAL	41	43788.20	1371.07	128.45	TOTAL	38	40686.82	1300.29	128.45