
Caracterización, diagnóstico, línea base y zonificación territorial de la cuenca del Río Jesús María

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
(CATIE)

Turrialba, Costa Rica, abril del 2011

Caracterización, diagnóstico, línea base y zonificación territorial de la cuenca del Río Jesús María

Equipo Técnico:

Jorge Faustino Manco, Ph.D.

Coordinador de la firma consultora (CATIE-FONAFIFO)

Laura Benegas Negri, MSc.

Manejo de Cuencas Hidrográficas y Pago por Servicios Ambientales

Manuel Gómez, MSc.

Economista Agrícola y Forestal

William Jefferson Watler Reyes, MSc.

Manejo de Cuencas Hidrográficas, Uso de la Tierra y Sistema de Información Geográfica

José Ney Rios, MSc.

Manejo de Cuencas Hidrográficas y Sistema de Información Geográfica

José Oduber Rivera, MSc.

Sociólogo: Especialista en Participación Comunitaria y Género

Adriana Sánchez C, MSc.

Especialista en Aspectos Legales

Edgar Brenes, Lic.

Asistente Administrativo

Turrialba, Costa Rica, abril del 2011

| Contenido | Pág. |
|---|-------------|
| Índice de tablas | v |
| Índice de figuras y mapas..... | vi |
| Índice de anexos | vii |
| ABREVIATURAS..... | ix |
| I. Caracterización, diagnóstico, línea base y zonificación territorial..... | 1 |
| I-1 Caracterización | 1 |
| I-1.1 Ubicación, morfometría e hidrología..... | 1 |
| I-1.1.1 Ubicación geográfica y división política administrativa | 1 |
| I-1.1.2 Características morfométricas | 3 |
| I-1.1.3 Características hidrológicas..... | 7 |
| I-1.1.3.1 Hidrología superficial | 7 |
| I-1.1.3.2 Hidrogeología del agua subterránea | 10 |
| I-1.2 Caracterización biofísica | 13 |
| I-1.2.1 Clima..... | 13 |
| I-1.2.2 Fisiografía | 16 |
| II-1.2.2.1 Topografía y pendiente..... | 16 |
| I-1.2.3 Geología, geomorfología, pliegues y fallas | 19 |
| I-1.2.4 Suelos | 20 |
| I-1.2.5 Uso actual del suelo (cobertura vegetal) y clase de capacidad de uso de la tierra | 23 |
| I-1.2.6 Principales amenazas naturales..... | 28 |
| I-1.2.7 Áreas protegidas y PSA..... | 29 |
| I-1.2.8 Zonas de vida | 32 |
| I-1.2.9 Síntesis interpretativa de las características biofísicas | 33 |
| I-1.3 Caracterización socioeconómica | 34 |
| I-1.3.2 Salud y seguridad social..... | 35 |
| I-1.3.3 Educación | 36 |
| I-1.3.4 Vivienda | 36 |
| I-1.3.5 Infraestructura vial y de transporte | 37 |
| I-1.3.6 Uso del agua y contaminación | 38 |
| I-1.3.7 Servicios institucionales..... | 46 |
| I-1.3.8 Actividades productivas silvoagropecuarias, industriales, recreativas y comercial | 47 |
| I-1.3.9 Principales fuentes de empleo e ingresos | 50 |
| I-1.3.10 Tenencia de la tierra | 51 |
| I-1.3.11 Organización local | 52 |
| I-1.3.12 Institucionalidad | 54 |
| I-1.3.13 Gobernabilidad y marco legal..... | 54 |
| I-1.5.14 Actores claves de la cuenca..... | 55 |
| I-1.5.15 Síntesis interpretativa de las características socioeconómicas | 57 |
| I-2 Diagnóstico | 58 |
| I-2.1 Procedimiento..... | 60 |

| | |
|--|-----|
| I-2.2 Matriz del diagnóstico: análisis y evaluación de la cuenca | 60 |
| I-2.3 Análisis de problemas..... | 68 |
| I-2.3.1 Causas..... | 68 |
| I-2.3.2 Consecuencias | 72 |
| I-2.3.3 Posibles soluciones | 74 |
| I-3 Línea base | 76 |
| I-4 Zonificación territorial..... | 82 |
| I-4.1 Metodología | 82 |
| I-4.1.1 Zona de protección | 83 |
| I-4.1.1.1 Protección absoluta | 83 |
| I-4.1.2.1 Protección y recuperación de bosques | 100 |
| I-4.1.3.1 Zona de uso silvopastoril, de uso agrícola y urbano | 100 |
| I-4.2 Descripción de las categorías (unidades)..... | 102 |
| I-4.2.1 Zona de protección absoluta y recuperación de bosques..... | 102 |
| I-4.2.2 Zona de uso silvopastoril | 104 |
| I-4.2.3 Zona de uso agrícola | 105 |
| I-4.2.4 Zona urbana..... | 106 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. División política administrativa de la cuenca del Río Jesús María | 2 |
| Tabla 2. Coeficientes de Gravelius (k) para cada una de las subcuencas | 4 |
| Tabla 3. Promedio de caudales (l/s) extraídos en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María, obtenidos del Registro de concesiones de AyA: Dirección de Cuencas | 10 |
| Tabla 4. Caudales medidos en la cuenca del Río Jesús María: Registro del MINAET: Departamento de Aguas | 10 |
| Tabla 5. Principales fuentes de agua subterránea de las ASADAS y AyA, y que tienen incidencia directa en la población de la cuenca del Río Jesús María | 12 |
| Tabla 6. Estaciones meteorológicas seleccionadas | 14 |
| Tabla 7. Rangos de pendientes para el control nacional de fraccionamiento y urbanización | 18 |
| Tabla 8. Clases de capacidad de uso del suelo en la cuenca del Río Jesús María | 26 |
| Tabla 9. Clases de capacidad de uso del suelo en la cuenca del Río Jesús María | 26 |
| Tabla 10. Áreas bajo PSA dentro de la cuenca del Río Jesús María y fuera de sus límites hidrográficos | 31 |
| Tabla 11. Denuncias recibidas por las fiscalías de Esparza y Orotina en temas relacionados con la deforestación, para el periodo 2003 al 2007 | 32 |
| Tabla 12. Cantones, distritos, pueblos y comunidades de la cuenca del Río Jesús María | 34 |
| Tabla 13. Indicadores de la problemática de vivienda en la región Pacífico Central 2001-2008..... | 37 |
| Tabla 14. Comportamiento proyectado del balance hídrico en los cantones de San Mateo, Esparza y Orotina durante el periodo seco (verano) y el periodo lluvioso (invierno) | 39 |
| Tabla 15. Actividades agropecuarias más representativas dentro de la cuenca | 47 |
| Tabla 16. Parámetros técnicos que describen la baja producción ganadera de la cuenca del Río Jesús María | 47 |
| Tabla 17. Empresas formales, según actividad comercial..... | 48 |
| Tabla 18. Empresas formales, según actividad del sector servicio..... | 49 |
| Tabla 19. Empresas formales, según actividad industrial..... | 50 |
| Tabla 20. Ingreso conocido y promedio mensual por categoría ocupacional y por grupos de edad del Pacífico Central | 51 |
| Tabla 21. Resultados del proceso de fiscalización de predios en la región Pacífico Central..... | 52 |
| Tabla 22. Predios titulados y sin titular en los asentamientos de la subregión de Orotina..... | 52 |
| Tabla 23. Organizaciones y comités locales del desarrollo cantonal de San Mateo..... | 53 |
| Tabla 24. Organizaciones y comités locales del desarrollo cantonal de Esparza..... | 53 |
| Tabla 25. Organizaciones y comités locales del desarrollo cantonal de Orotina | 53 |
| Tabla 26. Actores claves de la cuenca del Río Jesús María | 55 |
| Tabla 27. Actores claves desde el punto de vista del recurso hídrico en la cuenca del Río Jesús María | 56 |
| Tabla 28. Actores claves identificados en el proceso económico, político, socio-cultural y ambiental | 56 |
| Tabla 29. Problemas priorizados y consensuados con los actores de la cuenca del Río Jesús María | 60 |
| Tabla 30. Matriz lógico de los cuatro problemas identificados y priorizados por los actores locales..... | 62 |
| Tabla 31. Principales potencialidades de la cuenca del Río Jesús María | 65 |
| Tabla 32. Oportunidades en el contexto del manejo de la cuenca..... | 67 |
| Tabla 33. Matriz de conflictos de uso de la tierra de la cuenca del Río Jesús María..... | 70 |
| Tabla 34. Vacíos críticos de información biofísica y socioeconómica existente en la cuenca del Río Jesús María..... | 76 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 35. Indicadores para la limitada capacidad de organización, institucionalización y coordinación local para la gestión..... | 78 |
| Tabla 36. Indicadores del poco desarrollo agropecuario y forestal..... | 79 |
| Tabla 37. Indicadores de la falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y servicios ecosistémicos..... | 80 |
| Tabla 38. Indicadores de los problemas de gestión y manejo del recurso hídrico..... | 81 |
| Tabla 39. Valores kg y ciclo vegetativo..... | 85 |
| Tabla 40. Valores kp..... | 87 |
| Tabla 41. Valores kv..... | 88 |
| Tabla 42. Valores kfc..... | 88 |
| Tabla 43. Coeficientes kv para cada tipo de cobertura y/o uso del suelo..... | 91 |
| Tabla 44. Análisis físico de suelo en relación a su densidad aparente (Da) y capacidad de retención de agua..... | 93 |
| Tabla 45. Coeficientes kp, según % de pendiente..... | 94 |
| Tabla 46. Velocidad de infiltración por tipo de suelo y cobertura vegetal o uso actual..... | 95 |
| Tabla 47. Profundidad de raíces extractoras de agua, según tipo de cobertura o uso del suelo predominante..... | 97 |
| Tabla 48. Humedad por profundidad en mm de los tipos de suelo y cobertura..... | 97 |
| Tabla 49. Porcentaje de retención de lluvia en el follaje, según cobertura o uso del suelo..... | 98 |
| Tabla 50. Valores promedio del balance hídrico de suelo en la zona definida como ARH..... | 99 |
| Tabla 51. Volumen promedio de las ARH en la parte media-alta de la subcuencas del Río Paires, Agua Agria y Salto del Jesús María..... | 99 |
| Tabla 52. Categorías de la zonificación territorial de la cuenca del Río Jesús María..... | 102 |

Índice de figuras y mapas

| | |
|---|----|
| Figura 1. Curva hipsométrica de la cuenca del Río Jesús María..... | 6 |
| Figura 2. Perfil longitudinal del Río Jesús María, alimentado de los Ríos Agua Agria y Salto..... | 9 |
| Figura 3. Perfil longitudinal del Río Jesús María, alimentado de los Ríos Turrubares y Machuca..... | 9 |
| Figura 4. Caudales máximos, mínimos y promedio del Río Jesús María..... | 9 |
| Figura 5. Esquema del sistema de acueducto AyA de Esparza..... | 11 |
| Figura 6. Esquema del sistema de acueducto AyA de San Mateo..... | 11 |
| Figura 7. Precipitación media mensual de la cuenca del Río Jesús María..... | 14 |
| Figura 8. Evapotranspiración mensual (Penman) en la cuenca del Río Jesús María..... | 15 |
| Figura 9. Distribución en km ² de la cobertura o uso actual del suelo en la cuenca del Río Jesús María..... | 24 |
| Figura 10. Clases de capacidad de uso de la tierra de la cuenca del Río Jesús María..... | 28 |
| Figura 11. Comportamiento de los parámetros alcalinidad total y conductividad (uS) en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María..... | 40 |
| Figura 12. Comportamiento de los parámetros turbiedad (UNT), color verdadero (U pt/Co) y PH en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María..... | 41 |
| Figura 13. Comportamiento de los parámetros cloro residual y saturación en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María..... | 42 |
| Figura 14. Comportamiento de los parámetros dureza total, dureza de calcio, dureza de magnesio y hierro en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María..... | 43 |

| | |
|---|-----|
| Figura 15. Comportamiento de los parámetros fluoruros, nitratos, sodio y potasio en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María | 44 |
| Figura 16. Comportamiento de los parámetros sulfatos (mg/L), cloruros y nitratos en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María | 45 |
| Figura 17. Comportamiento de los parámetros cloro residual (mg/L), coliformes fecales (100 mL ⁻¹) y NMP (E. coli 44.5 °C) en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María..... | 46 |
| Figura 18. Escenario actual de coordinación de actores en la cuenca del Río Jesús María..... | 69 |
| Figura 19. Velocidad de infiltración de la zona RAS seleccionada | 95 |
| | |
| Mapa 1. Ubicación política administrativa de la cuenca del Río Jesús María | 2 |
| Mapa 2. Índice de forma (F) de la cuenca del Río Jesús María..... | 3 |
| Mapa 3. Subcuencas de acumulación del flujo superficial de la cuenca del Río Jesús María | 4 |
| Mapa 4. Delimitación de las microcuencas de la cuenca del Río Jesús María | 5 |
| Mapa 5. Orden de las corrientes de la cuenca del Río Jesús María..... | 8 |
| Mapa 6. Distribución de la profundidad del agua subterránea en la cuenca del Río Jesús María | 13 |
| Mapa 7. Distribución de la precipitación en la cuenca del Río Jesús María..... | 15 |
| Mapa 8. División de la cuenca del Río Jesús María: configuración topográfica y desnivel predominante..... | 17 |
| Mapa 9. Distribución de los desniveles (pendiente en %) en la cuenca del Río Jesús María..... | 18 |
| Mapa 10. Distribución de las unidades de Gran grupo de suelos en la cuenca del Río Jesús María | 21 |
| Mapa 11. Cobertura vegetal o uso actual del suelo de la cuenca del Río Jesús María..... | 23 |
| Mapa 12. Mayores zonas de vulnerabilidad natural en la cuenca del Río Jesús María..... | 29 |
| Mapa 13. Zonas protectoras y áreas bajo PSA en la cuenca del Río Jesús María | 30 |
| Mapa 14. Zona de vida de la cuenca del Río Jesús María..... | 33 |
| Mapa 15. Divergencia de uso de la tierra en la cuenca del Río Jesús María..... | 71 |
| Mapa 16. Distribución de la erosión en ton/ha de la cuenca del Río Jesús María..... | 73 |
| Mapa 17. ETreal de la cuenca del Río Jesús María..... | 86 |
| Mapa 18. Balance climático (BC) de la cuenca del Río Jesús María..... | 87 |
| Mapa 19. Coeficiente de infiltración (C) de la cuenca del Río Jesús María | 89 |
| Mapa 20. Recarga de agua subterránea (RAS) de Junker (2005) de la cuenca del Río Jesús María | 90 |
| Mapa 21. Tipo de cobertura vegetal y/o uso actual del suelo de la zona RAS seleccionada..... | 91 |
| Mapa 22. Tipo de suelo (Gran grupo) identificados dentro de la zona RAS y muestreo de campo | 93 |
| Mapa 23. Área de recarga hídrica (ARH) de la cuenca del Río Jesús María, según criterios de Schosinsky .. | 98 |
| Mapa 24. Zonificación territorial de la cuenca del Río Jesús María | 101 |

Índice de anexos

| | |
|---|-------|
| Anexo 1. Datos físico-químicos de los sistemas de abastecimientos (pozos, nacientes, quebradas y red de distribución) de agua potable de las ASADAS que constituyen los distritos de la cuenca del Río Jesús María..... | - 2 - |
| Anexo 2. Datos microbiológicos de los sistemas de abastecimientos (pozos, nacientes, quebradas y red de distribución) de agua potable de las ASADAS que constituyen los distritos de la cuenca del Río Jesús María..... | - 4 - |
| Anexo 3. Precipitación media mensual y anual (mm)..... | - 8 - |

| | |
|---|--------|
| Anexo 4. Escorrentía media mensual y anual (mm), según hoja Excel: Villón | - 8 - |
| Anexo 5. Temperatura media mensual y anual (°C)..... | - 9 - |
| Anexo 6. Evapotranspiración media y anual de Thornthwaite | - 9 - |
| Anexo 7. Radiación solar media mensual y anual..... | - 9 - |
| Anexo 8. Humedad relativa media mensual y anual | - 10 - |
| Anexo 9. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte media) | - 11 - |
| Anexo 10. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte media) | - 11 - |
| Anexo 11. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte media-alta) | - 12 - |
| Anexo 12. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)..... | - 12 - |
| Anexo 13. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)..... | - 13 - |
| Anexo 14. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)..... | - 13 - |
| Anexo 15. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)..... | - 14 - |
| Anexo 16. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)..... | - 14 - |
| Anexo 17. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)..... | - 15 - |
| Anexo 18. Balance hídrico de suelos o criterios de Schosinsky | - 15 - |
| Anexo 19. Resultados de balance hídrico del suelo (PI001) | - 15 - |
| Anexo 20. Resultados de balance hídrico del suelo (PI002) | - 16 - |
| Anexo 21. Resultados de balance hídrico del suelo (PI003) | - 16 - |
| Anexo 22. Resultados de balance hídrico del suelo (PI004) | - 17 - |
| Anexo 23. Resultados de balance hídrico del suelo (SI001) | - 17 - |
| Anexo 24. Resultados de balance hídrico del suelo (SI002) | - 18 - |
| Anexo 25. Resultados de balance hídrico del suelo (SI003) | - 18 - |
| Anexo 26. Resultados de balance hídrico del suelo (TI001)..... | - 19 - |
| Anexo 27. Resultados de balance hídrico del suelo (TI002)..... | - 19 - |

ABREVIATURAS

| | |
|------------|---|
| ASADAS: | Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados |
| AyA: | Acueductos y Alcantarillados |
| BySA: | Bienes y Servicios Ambientales |
| CNE: | Comisión Nacional de Emergencia |
| FONAFIFO: | Fondo Nacional de Financiamiento Forestal |
| ICE: | Instituto Costarricense de Electricidad |
| IDA: | Instituto de Desarrollo Agrario |
| IDS: | Índice de Desarrollo Social |
| IGN: | Instituto Geográfico Nacional |
| IMN: | Instituto Meteorológico Nacional |
| INA: | Instituto Nacional de Aprendizaje |
| INTA: | Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria |
| MAG: | Ministerio de Agricultura y Ganadería |
| mg/L: | Miligramo por litro |
| NMP/100mL: | Número más probable de bacterias en 100 mililitros de agua, por el método de tubos múltiples de fermentación membrana filtrante |
| MEP: | Ministerio de Educación Pública |
| MIDEPLAN: | Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica |
| MINAET: | Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones |
| PAN: | Programa de Acción Nacional |
| pH: | Potencial de iones de hidrógeno |
| ppm: | Parte por millón |
| PSA: | Pagos por Servicios Ambientales |
| PSEH: | Pagos por Servicios Ecosistémicos Hídricos |
| SA: | Servicios Ambientales |
| SAF: | Sistema Agroforestal |
| SE: | Servicios Ecosistémicos |
| SEH: | Servicios Ecosistémicos Hídricos |
| SENARA: | Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento |
| SINAC: | Sistema Nacional de Áreas de Conservación |
| UFC/100mL: | Unidades formadoras de colonias en 100 mililitros de agua |
| UFC/ mL: | Unidades formadoras de colonias en un mililitro de agua |
| ug/L: | Microgramo por litro |
| U Pt-Co: | Unidades de platino cobalto |
| UICN: | Unión Mundial para la Naturaleza |
| UNT: | Unidades Nefelométricas de Turbiedad |
| uS/cm: | Micro siemens por centímetros |

I. Caracterización, diagnóstico, línea base y zonificación territorial

I-1 Caracterización

La caracterización¹ está dirigida a cuantificar las variables que tipifican a la cuenca con el fin de establecer la vocación, posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales y el ambiente, así como las condiciones socioeconómicas de las comunidades que la habitan. En el proceso de manejo de cuencas, la caracterización cumple tres funciones fundamentales: 1) describir y tipificar las características principales de la cuenca; 2) sirve de información básica para definir y cuantificar el conjunto de indicadores que servirán de línea base para el seguimiento, monitoreo y evaluación de resultados e impactos de los programas y proyectos de manejo de cuencas; y finalmente 3) sirve de base para el diagnóstico, donde se identifican y priorizan los principales problemas de la cuenca se identifican sus causas, consecuencias (efectos) y alternativas de soluciones (Jiménez 2007).

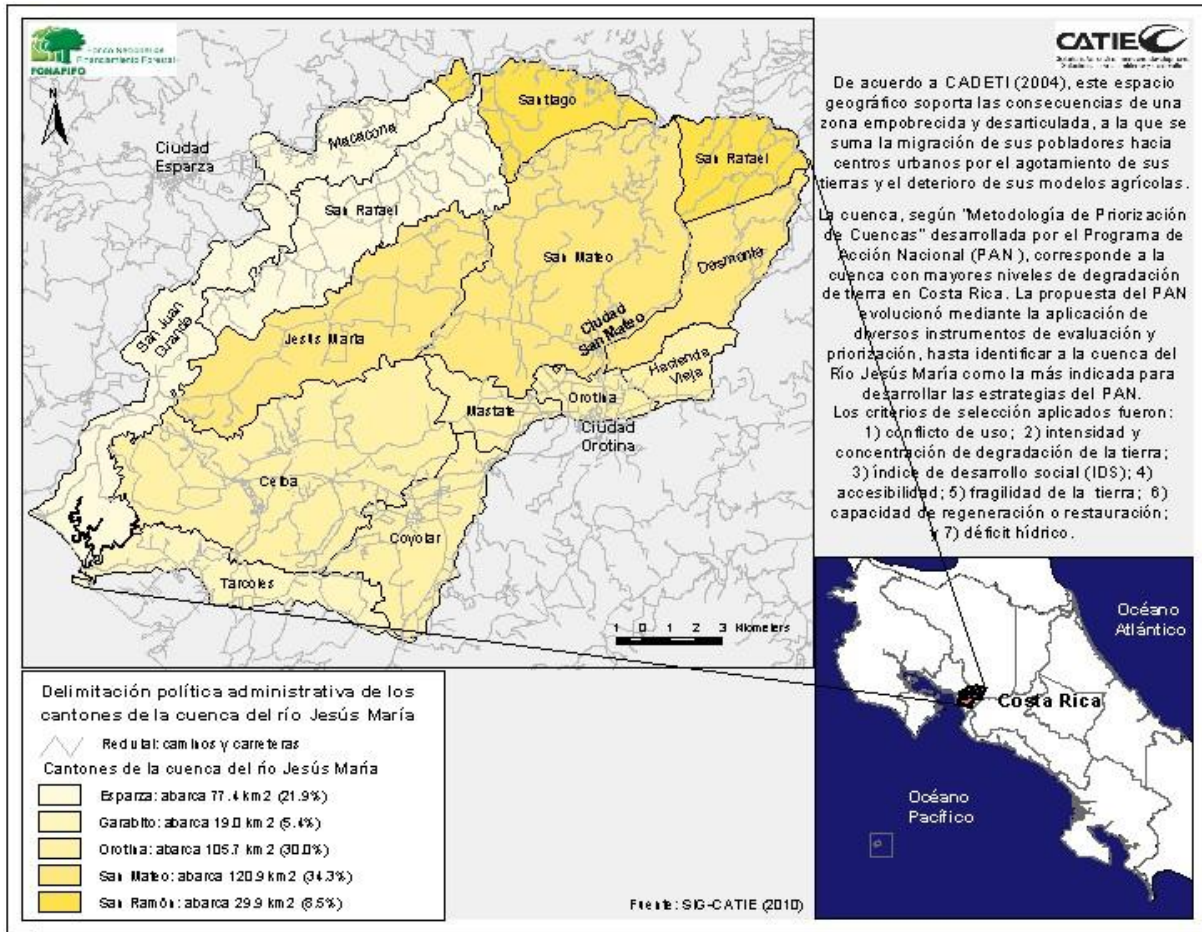
Por lo tanto, la caracterización constituye para el presente estudio el componente base sobre el cual se edifica la planificación e implementación del Plan de Manejo, identificado desde una perspectiva biofísica, económica, social y política administrativa. Los componentes y variables que se incorporan en la caracterización de la cuenca se agrupan en tres grandes temas: 1) ubicación, morfometría e hidrología; 2) caracterización biofísica; y 3) caracterización socioeconómica, que se detallan a continuación.

I-1.1 Ubicación, morfometría e hidrología

I-1.1.1 Ubicación geográfica y división política administrativa

La cuenca del Río Jesús María posee una superficie aproximada de 352,8 km² (98201,6 m de perímetro), clasificada con la numeración 23 de acuerdo a la Comisión Nacional de Emergencia (CNE). Se localiza en el Pacífico Central de Costa Rica en el Golfo de Nicoya, limita al Norte con el Río Barranca, al Este con el cantón de San Ramón, al Sur con el Río Tárcoles y al Oeste con el Océano Pacífico. Desciende de la vertiente occidental de los montes del Aguacate (1440 msnm) y desemboca en las playas del Pacífico específicamente en los manglares de Tivives (0 mnsnm). Se ubica entre las coordenadas N449893.481-E1106874.654 (parte alta) y N423033.769-E1089910.626 (parte baja o desembocadura) con proyección CRTM05, Datum WGS84 de las hojas cartográficas Barranca, Miramar, Río Grande y Naranjo en las series 3245-i-ne, 3245-i-nw, 3245-i-se, 3245-i-sw, 3345-iv-nw, 3345-iv-sw, 3246-ii-se, 3246-ii-sw y 3346-iii-sw a escala 1:25.000 del Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA) y 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). En el mapa 1 se ilustra la macro localización política administrativa de la cuenca del Río Jesús María y la tabla 1 detalla la división política administrativa (provincia, cantón y distritos) de la cuenca.

¹ La caracterización incluye tanto la parte descriptiva, como interpretativa (reflexiva) de las condiciones generales que imperan en la cuenca, en el sentido de identificar las relaciones que pueden darse entre las distintas variables. Por lo tanto, uno de los objetivos de la caracterización de la cuenca del Río Jesús María, es que no solo permitirá el reconocimiento de sus características biofísicas y socioeconómicas, sino las interrelaciones de estos elementos.



Mapa 1. Ubicación política administrativa de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: elaborado de la base de datos del laboratorio SIG-CATIE 2010

Tabla 1. División política administrativa de la cuenca del Río Jesús María

| Provincia | Cantón | Distritos | Hectárea (ha) | Km ² | Perímetro (m) | % en la cuenca |
|------------------------|------------------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|----------------|
| ALAJUELA | San Mateo ² | Desmonte | 1776,2 | 17,8 | 25896,3 | 34,3 |
| | | San Mateo | 6322,5 | 63,2 | 40914,2 | |
| | | Jesús María | 3991,9 | 39,9 | 43222,9 | |
| | Orotina ³ | Hacienda Vieja | 941,7 | 9,4 | 13126,6 | 30,0 |
| | | Mastate | 847,5 | 8,5 | 17936,5 | |
| | | Orotina | 638,0 | 6,4 | 13995,5 | |
| San Ramón ⁴ | Coyolar | 2109,7 | 21,1 | 28349,5 | 8,5 | |
| | Ceiba | 6034,5 | 60,3 | 49609,8 | | |
| PUNTARENAS | Esparza ⁵ | San Rafael | 1365,9 | 13,7 | 16456,0 | 21,9 |
| | | Santiago | 1624,6 | 16,2 | 28431,3 | |
| | | Macacona | 1467,6 | 14,7 | 24317,3 | |
| | Garabito ⁶ | Tárcoles | 2844,1 | 28,4 | 69081,6 | 5,4 |

² El Decreto legislativo 30 del 7 de agosto de 1868 crea el cantón y sus límites.

³ El Decreto legislativo 29 del 1 agosto de 1908 crea los límites y división distrital del cantón de Orotina.

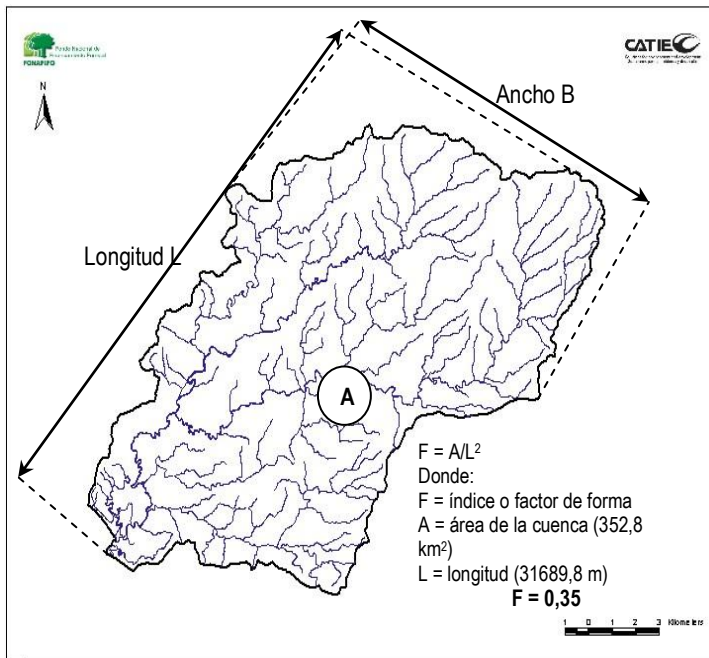
⁴ El Decreto legislativo 2 del 21 de agosto de 1856 crea el cantón y da título de Villa a San Ramón y dos distritos.

⁵ El Decreto ejecutivo 4 del 24 de febrero de 1869 menciona a Esparza como cantón separado de Puntarenas.

I-1.1.2 Características morfométricas

La morfometría de la cuenca del Río Jesús María se describe en el presente informe con base en: a) el parámetro de forma: índice o factor de forma (F) y coeficiente de Gravelius (K); b) el relieve: curva hipsométrica; y c) los parámetros relativos a la erosión: coeficiente de masividad y orográfico.

a. Parámetro de forma: índice o factor de forma (F) y coeficiente de Gravelius (K)



Mapa 2. Índice de forma (F) de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: Villón 2004; TRAGSA et al. 1998

El índice o factor de forma (F) muestra la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud; su valor se encuentra comprendido entre 0 y 1. Lo que significa que si una cuenca muestra un valor F cercano a 0, su forma tiende a ser alargada y por lo tanto, una mayor probabilidad de lograr tormenta intensa simultánea, contrario a un valor F cercano a 1 que tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de las lluvias (Villón 2004; TRAGSA et al. 1998). La cuenca del Río Jesús María, presenta un índice de forma (F = 0,35) obtenido en base a la división de la superficie de 352,8 km² y la longitud de 31689,9 m, clasificándose de forma alargada (Mapa 2).

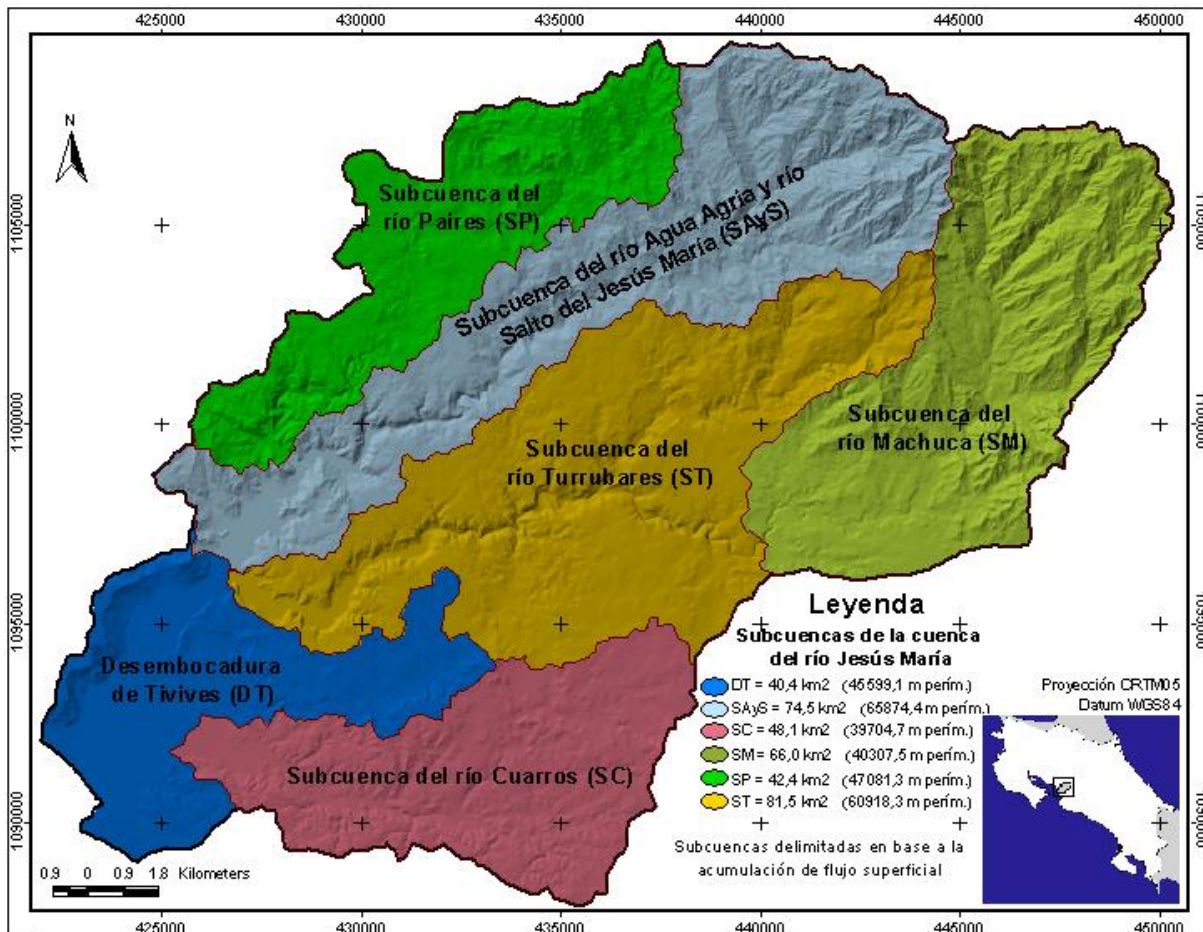
En relación al coeficiente de Gravelius se obtuvo para cada subcuenca las cuales fueron delimitadas a partir del flujo direccional y la acumulación del escurrimiento superficial, utilizando el programa ArcView 3.3 y dos extensiones *Hidrologic Modelling* y *Basin 1* (Mapa 3, Tabla 2). En teoría el coeficiente expresa la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro equivalente de una circunferencia que tiene la misma superficie (área). De manera comparativa se dice, que si $1 < k < 1,25$ la cuenca tiene forma⁷ ovalada, si $1,25 < k < 1,50$ (oblonga), $1,50 < k < 1,75$ (alargada⁸) y $k > 1,75$ (rectangular o rectangular-alargada). Estas dos últimas formas reducen las probabilidades de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que afecta el tipo de respuesta que se puede manifestar en el Río.

La ecuación utilizada para estimar el valor k correspondió a; $k = 0,282 (P/\sqrt{A})$. Donde: k = índice de Gravelius; P = perímetro de la cuenca en km; A = superficie de la cuenca en km². Para la presente cuenca se obtuvo un coeficiente k = 1,5 lo que indica una forma alargada.

⁶ Ley 4787 del 25 de setiembre de 1980 crea los límites del cantón con cabecera en la ciudad de Jacó.

⁷ La forma de una cuenca influye sobre el escurrimiento y sobre la marcha del hidrograma resultante de una precipitación dada. Así, en una cuenca con forma alargada el agua precipitada fluye en general por un solo cauce principal, mientras que en otra de forma ovalada los escurrimientos recorren cauces secundarios hasta llegar a uno principal, por lo que la duración del escurrimiento es superior.

⁸ Según Villón (2004), en esta forma (alargada) la cuenca reduce la probabilidad de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que afecta el tipo de respuesta que se presenta en el río.



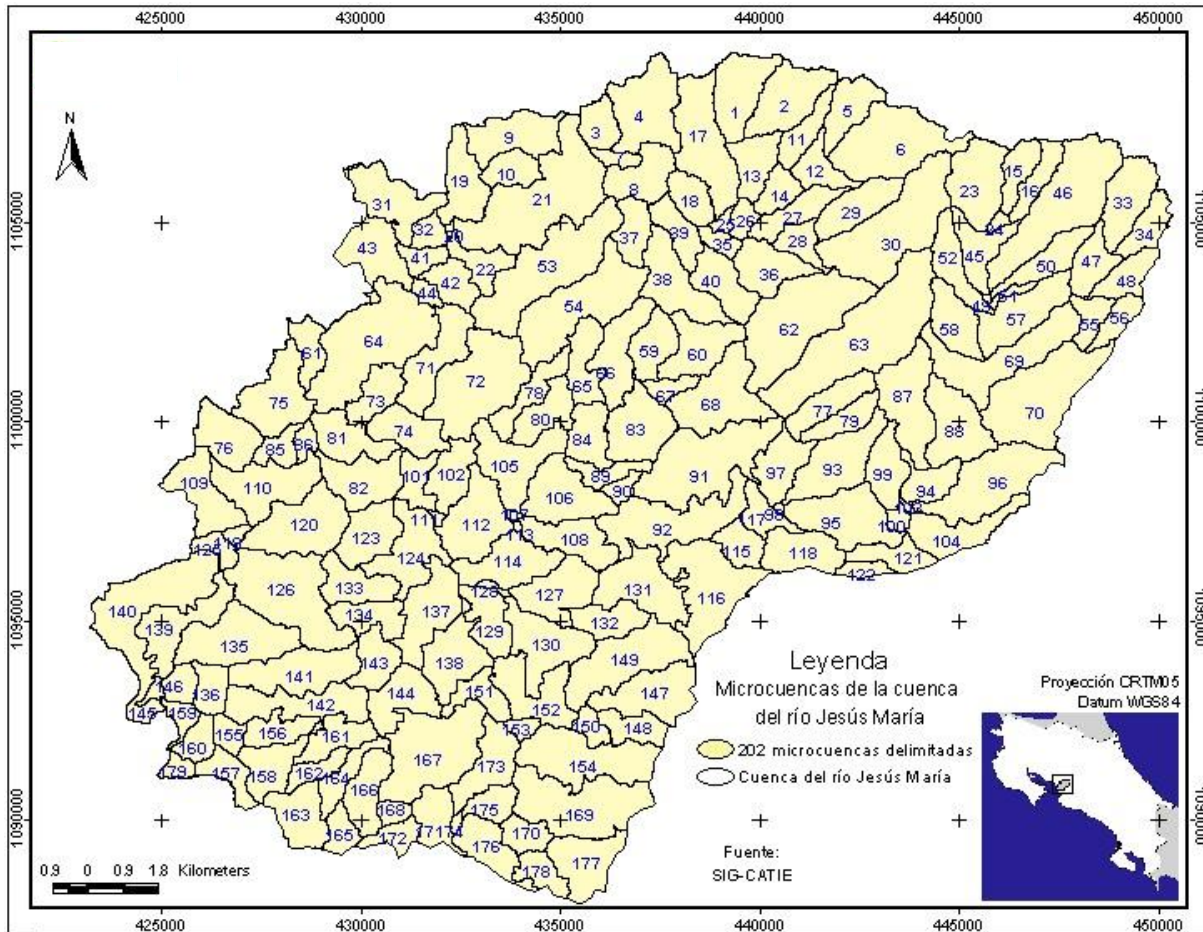
Mapa 3. Subcuencas de acumulación del flujo superficial de la cuenca del Río Jesús María
 Los nombres asignados conciernen al nombre del río o nombre de los afluentes donde desembocan

Tabla 2. Coeficientes de Gravelius (k) para cada una de las subcuencas

| Subcuencas | Ubicación en la cuenca | Área km ² | Perímetros (m) | Coficiente de Gravelius (k) | Clasificación |
|---|------------------------|----------------------|----------------|-----------------------------|---------------|
| Desembocadura de Tivives (DT) | Parte baja | 40,4 | 45599,1 | 2,0 | Rectangular |
| Subcuenca del Río Agua Agria y Río Salto del Jesús María (SAyS) | Parte media y alta | 74,5 | 65874,4 | 2,1 | Rectangular |
| Subcuenca del Río Cuarros (SC) | Parte baja | 48,1 | 39704,7 | 1,6 | Alargada |
| Subcuenca del Río Machuca (SM) | Parte media y alta | 66,0 | 40307,5 | 1,4 | Oblonga |
| Subcuenca del Río Paires (SP) | Parte media y alta | 42,4 | 47081,3 | 2,0 | Rectangular |
| Subcuenca del Río Turrubares (ST) | Parte media | 81,5 | 60918,3 | 1,9 | Rectangular |

Fuente: elaboración propia

Dadas las formas rectangulares de las subcuencas el flujo superficial cuesta abajo es vertiginoso y en presencia de grandes precipitaciones se generan caudales máximos que podrían ocasionar serios problemas de inundación en las partes bajas o desembocadura de Tivives. Dicho de otra manera, conforme el índice de compacidad es mayor, los cauces tienden a ser más largos y la cuenca responde de forma más lenta ante una precipitación. Esto trae consigo caudales picos más altos que suelen reflejarse en problemas de inundación en las partes bajas de la cuenca. Finalmente, en el mapa 4 se muestran las 202 microcuencas delimitadas, que constituyen la cuenca del Río Jesús María.



Mapa 4. Delimitación de las microcuencas de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: SIG-CATIE

Las microcuencas delimitadas hidrológicamente (Mapa 4) parten del Modelo de Elevación Digital (MED), obtenido a partir de las curvas de nivel a cada 10 m (SIG-CATIE) y archivo “shape” de ríos obtenido del CENIGA a escala 1:25.000. Para el estudio hidrológico también se utilizó el modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool, por sus siglas en inglés*) “SWAT fue desarrollado para cuantificar y predecir el impacto de las prácticas de manejo de tierras sobre la producción de agua, sedimentos, nutrientes y sustancias químicas producto de la actividad agrícola” en cuencas complejas de gran extensión espacial con diferentes tipos de suelos, usos de la tierra y condiciones de manejo a lo largo de períodos de tiempo. El modelo tiene una base física y es computacionalmente eficiente. Para su modelación requiere datos de entrada relativamente fáciles de obtener y permite estudiar los impactos a largo plazo.

Entre las limitaciones del modelo se mencionan: 1) no realiza la simulación de eventos subdiarios (por ejemplo, ocurrencia de una tormenta); 2) ejecuta la simulación del direccionamiento de pesticidas, uno por vez a través de la red de corrientes; y 3) los datos de simulación generados para cada URH (Unidades de Respuesta Hidrológica) no se visualizan automáticamente de manera espacial.

b. Parámetro de relieve: curva hipsométrica

La curva hipsométrica puesta en coordenadas rectangulares representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud (Figura 1). Para su construcción se utilizaron las curvas de nivel a cada 20 m (CENIGA, escala 1:25.000), donde se marcaron y determinaron áreas y puntos más altos a cada 10 m, haciendo uso del programa ArcGis 9.2. Estos datos (altitud y áreas) se agruparon en una tabla Excel para estimar las áreas acumuladas de las porciones de la cuenca y las áreas que quedan sobre cada altitud del contorno para finalmente ser ploteadas (curva hipsométrica). Referente a la curva de frecuencia se multiplicaron las áreas parciales de sus entornos con las elevaciones medias, el resultado fue graficado con las altitudes para obtener la curva de frecuencia.

La elevación media de la cuenca, así como las diferencias entre las elevaciones extremas influyen de gran manera en las características meteorológicas sobre todo en las formas de precipitación y por ende, en la intensidad de la misma (TRAGSA et al. 1998). Los resultados exponen un promedio de elevación de la cuenca en relación a su superficie de 285,8 msnm, comprendido entre 0 - 1440 msnm en una distancia horizontal de 31,7 km. Las altitudes más frecuentes en correspondencia con el tamaño de la superficie se encuentran en los rangos de 0 - 220 msnm (57,4% del área total de la cuenca), seguidos de los rangos entre 220 - 440 msnm (24,1% del área) y el restante, es decir, elevaciones mayores de 440 que equivalen al 18,5%; superficie que en teoría presenta las mayores probabilidades de lluvias durante todas las épocas del año, como se muestra en la siguiente figura.

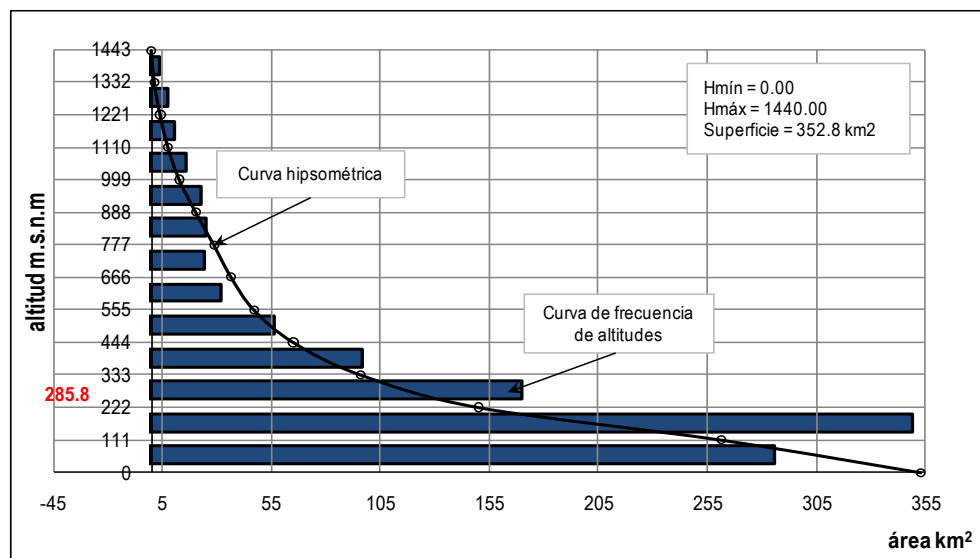


Figura 1. Curva hipsométrica de la cuenca del Río Jesús María

En la figura 1 se evidencia la existencia de una fuerte inclinación a partir de los 440 msnm en relación al tamaño de la superficie que abarca. Lo que revela la formación de rápidos escurrimientos superficiales, mayores alteraciones al suelo descubierto y derrumbes de tierras, en caso de presentarse una precipitación fuerte y prolongada.

c. Parámetros de relieve en relación con la erosión: coeficientes de masividad y orográfico

De acuerdo a TRAGSA et al. (1998), es evidente el carácter determinante que toma el relieve en el fenómeno erosivo. Entre los índices más utilizados que destacan esta relación se subrayan:

- ⇓ Coeficiente de masividad: calculado en $0,8 \text{ m/km}^2$, que resulta de la expresión: $\text{tg}\alpha = h- / A$. Donde: $h-$ = altura media de la cuenca en relación a la superficie ($285,8 \text{ msnm}$) y A = superficie de la cuenca ($352,8 \text{ km}^2$). El coeficiente permite diferenciar cuencas de igual altura media y relieves distintos, aún cuando no es suficiente para caracterizar la proclividad a la erosión, debido a que pueden resultar valores iguales siendo el caso de cuencas diferenciadas.
- ⇓ Coeficiente orográfico⁹: su valor calculado fue de 4 a través de la expresión: $\text{C.O.} = h-\text{tg}\alpha$, donde: C.O. = coeficiente orográfico: < 6 (relieve poco accidentado) y > 6 (relieve accidentado); $h-$ = altura media de la cuenca en relación a la superficie ($285,8 \text{ msnm}$) y $\text{tg}\alpha$ = coeficiente de masividad ($0,8 \text{ m/km}^2$). El resultando es un relieve poco accidentado predominante en la cuenca.

I-1.1.3 Características hidrológicas

La caracterización hidrológica comprenderá la información del agua superficial (red y densidad de drenaje, cauce y caudal del afluente principal) y subterránea (profundidad y caudal).

I-1.1.3.1 Hidrología superficial

a. Red y densidad de drenaje

La cuenca del Río Jesús María está conformada por seis subcuencas, definidas por sus afluentes: 1) desembocadura de Tivives; 2) subcuenca del Río Agua Agria y Río Salto de Jesús María; 3) subcuenca del Río Cuarros; 4) subcuenca del Río Machuca; 5) subcuenca del Río Paires; y 6) subcuenca del Río Turrubares (Mapa 3, Tabla 2). Cuenta con 1558 cauces distribuidos en seis órdenes de corrientes efímeras¹⁰, intermitentes¹¹ y perennes¹² las que suman una longitud¹³ total de $697,5 \text{ km}$.

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Tanto el orden de las corrientes como la densidad drenaje fueron determinados por el método de *Strahler* a través del programa ArcView 3.3 de la extensión *Basin 1* y calculado con celdas de 250 como el umbral de acumulación de flujo para organizar la red de drenaje.

La relación entre el número de corrientes perennes e intermitentes¹⁴ y el área de la cuenca (densidad de corrientes) fue estimada en 2,2; no obstante, este valor no proporciona una medida real de la

⁹ Este índice combina los dos parámetros del relieve actuantes en los procesos erosivos: 1) la altura media, sobre la energía potencial del agua, y 2) la inclinación característica de las laderas de la cuenca sobre la energía cinética del flujo de la escorrentía superficial (TRAGSA et al. 1998).

¹⁰ Es aquella que solo lleva (escurre) agua cuando llueve e inmediatamente después.

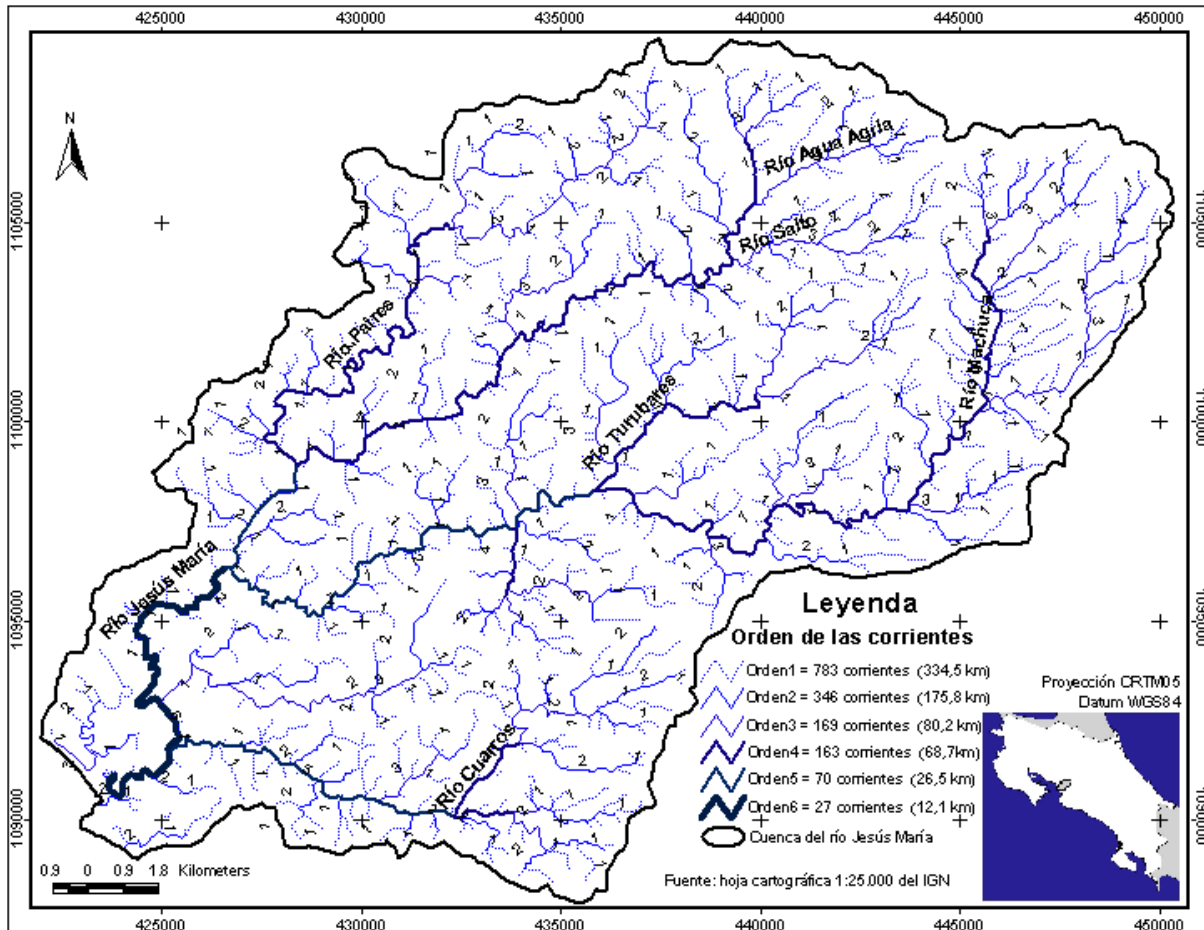
¹¹ Es aquella corriente que lleva agua la mayor parte del tiempo, pero principalmente en época de lluvias; su aporte cesa cuando el nivel freático desciende por debajo del fondo del cauce.

¹² Es aquella que contiene agua durante todo el tiempo, aún en época de sequía es abastecida continuamente pues el nivel freático siempre permanece por arriba del fondo del cauce.

¹³ La longitud de los tributarios es una indicación de la pendiente de la cuenca, así como del grado de drenaje. Las áreas escarpadas y bien drenadas tienen usualmente numerosos tributarios pequeños, mientras áreas planas, donde los suelos son profundos y permeables se tienen tributarios largos que generalmente son corrientes perennes.

¹⁴ El número de corrientes perennes e intermitente fue obtenido restando al total de corrientes 1558 con la cantidad de orden tipo 1 (783), resultando 775.

eficiencia de drenaje, ya que suele suceder que se tengan dos cuencas con la misma densidad de corrientes y estén drenando de diferentes formas. La información más precisa concierne a la densidad de drenaje¹⁵ que fue estimada en 2 corrientes/km. En el siguiente mapa se ilustra las diferentes corrientes de drenaje superficial de la cuenca del Río Jesús María.



Mapa 5. Orden de las corrientes de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: hojas cartográfica a escala 1:25.000 IGN

b. Cauces principales

La longitud del cauce principal es un parámetro importante en el estudio del comportamiento hídrico, porque muestra las pendientes dominantes en sus diferentes tramos de recorrido, sus características óptimas para un aprovechamiento hidroeléctrico y la prevención en los problemas de inundación.

En la cuenca se identificaron dos cauces principales: el primero tiene su origen en los Ríos Agua Agria y Salto, así como las quebradas Cascada, La Vista, Espavel, Pizarra, Dulce Nombre, Obispo, Marañón, entre otras, que constituyen el Río Jesús María con pendiente media de 12,4%, altitud de 136 msnm y

¹⁵ Expresa la longitud de las corrientes entre la unidad del área. De acuerdo a Villón (2004), es un parámetro que indica la posible naturaleza de los suelos que se encuentran en la cuenca. También da una idea sobre el grado de cobertura que existe en la cuenca. Para TRAGSA et al. (1998), cuanto mayor es la densidad de drenaje más rápida será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo. En efecto, al ser la densidad de drenaje alta, una gota deberá recorrer una longitud de ladera pequeña, realizando la mayor parte del recorrido a lo largo de los cauces, donde la velocidad del escurrimiento es mayor; por lo tanto, los hidrógramas en principio tendrán un tiempo de concentración corto.

una longitud de 40,1 km (Figura 2). El segundo cauce nace del Río Turrubares que se alimenta del Río Surubres, Surubitos y las quebradas Tina, Lolo, La Cruz, Chumical y quebrada Grande y del Río Machuca, nutrido de las quebradas Robles, Llano Brenes, Ojochal, San Juan Uno y Granados. Este cauce tiene una pendiente media de 15,3%, una altitud de 155,5 msnm y longitud total de 50,2 km (Figura 3).

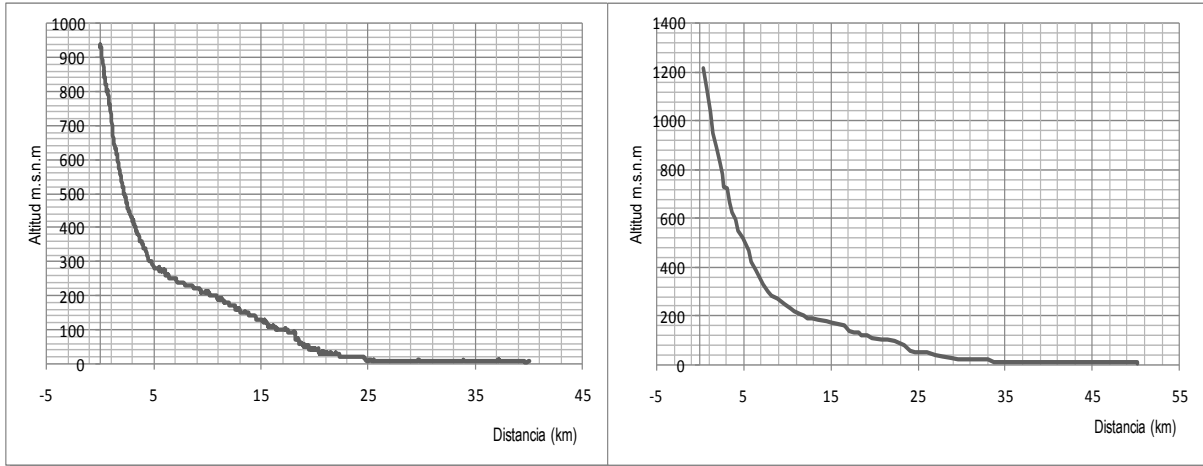


Figura 2. Perfil longitudinal del Río Jesús María, alimentado de los Ríos Agua Agria y Salto

Figura 2. Perfil longitudinal del Río Jesús María, alimentado de los Ríos Turrubares y Machuca

c. Caudal de la parte media-alta del Río Jesús María

La base de datos del aforo de la Dirección de Gestión Ambiental del Recurso Hídrico: Estudios Básicos de AyA, comprendido entre el 17 de enero de 1978 al 14 de septiembre del 2010 muestra un caudal máximo (Q_{máx.}) de 6346 l/s y mínimo (Q_{mín.}) de 4079,6 l/s en la parte media del Río Jesús María con un mayor pico en el mes de octubre de 15920 l/s y mínimo en marzo de 1015 l/s (Figura 4).

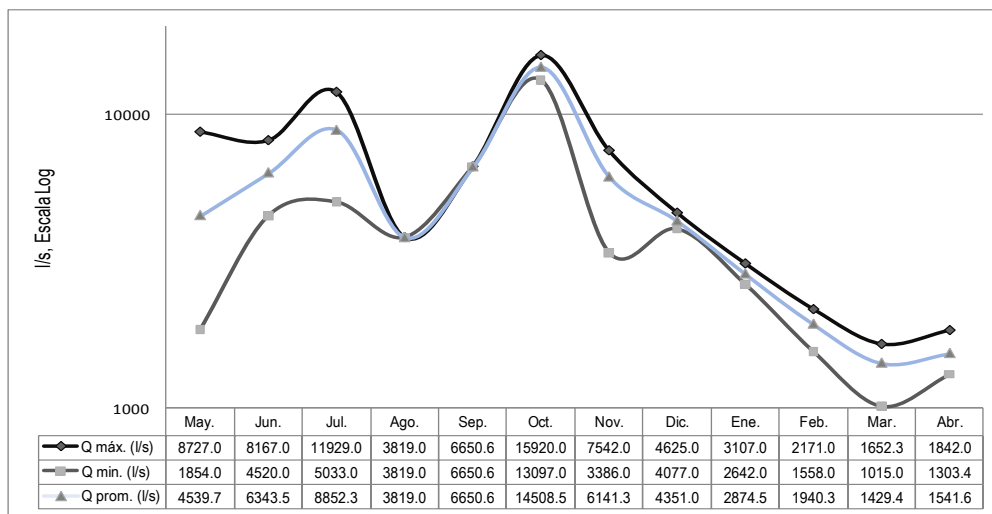


Figura 3. Caudales máximos, mínimos y promedio del Río Jesús María

Fuente: Base de datos de AyA de 1978 al 2010 (punto: N438457.088-E1104029.929)

I-1.1.3.2 Hidrogeología del agua subterránea

a. Profundidad y caudal del agua subterránea

En la cuenca el abastecimiento de agua para consumo humano, agropecuario, agroindustria, industria, riego, comercial, turístico y otros, provienen en su totalidad de fuentes subterráneas (pozos) y sub-superficiales (nacientes), debido en gran parte a la contaminación y disminución de caudales de las fuentes superficiales. En ese sentido, SENARA registra 534 fuentes con un caudal aproximado de 1287 l/s, donde 402 conciernen a pozos. Las tablas 3 y 4 presentan los registros de AyA y ASADAS para las diferentes categorías de extracción de agua.

Tabla 3. Promedio de caudales (l/s) extraídos en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María, obtenidos del Registro de concesiones de AyA: Dirección de Cuencas

| Distrito | Agrop. | Agroind. | Riego | Con. Humano. | Comerc. | Indust. | F. hidra. | Turis. | Total | No. servicios |
|-----------------|------------|----------|--------------|--------------|------------|-------------|------------|-------------|--------------|---------------|
| AyA San Mateo | --- | --- | --- | 30,0 | --- | --- | --- | --- | 30,0 | 949 |
| Ceiba | --- | --- | 142,1 | 1,2 | --- | 13,6 | --- | 1,7 | 158,6 | 306 |
| Coyolar | 0,8 | --- | 24,4 | 1,5 | --- | 0,7 | --- | 1,1 | 28,4 | 1082 |
| Desmonte | 0,5 | --- | --- | 0,1 | --- | --- | --- | --- | 0,6 | 110 |
| Hacienda Vieja | --- | --- | 7,5 | 0,8 | --- | --- | --- | 2,1 | 10,3 | 250 |
| Jesús María | 0,6 | --- | 2,2 | 0,9 | --- | --- | --- | 0,9 | 4,6 | 366 |
| Macacona | 0,1 | --- | 8,1 | 1,5 | --- | 1,3 | --- | 0,6 | 11,6 | 105 |
| Mastate | 1,0 | 1 | --- | 1,3 | --- | --- | --- | --- | 3,3 | --- |
| Orotina | 0,5 | --- | 13,8 | 41,3 | --- | 5,7 | --- | 1,7 | 63,0 | 235 |
| San Juan Grande | 0,2 | --- | 44,1 | 7,0 | 1,0 | 35,4 | --- | --- | 87,8 | 627 |
| San Mateo | 1,8 | --- | 32,0 | 0,3 | --- | --- | --- | 0,8 | 34,9 | 1232 |
| San Rafael | 1,7 | --- | 15,4 | 9,6 | --- | 0,5 | --- | --- | 27,2 | 500 |
| San Rafael | 0,4 | --- | 5,4 | 3,6 | --- | --- | --- | 0,1 | 9,5 | 1250 |
| Santiago | 0,9 | --- | 2,8 | 2,4 | 0,4 | 3,6 | --- | 0,1 | 10,1 | 75 |
| Tárcoles | 0,1 | --- | 8,1 | 12,8 | --- | --- | --- | 5,2 | 26,2 | 349 |
| | 8,4 | 1 | 305,9 | 114,4 | 1,4 | 60,7 | --- | 14,2 | 506,0 | 7186 |

Fuente: AyA y ASADAS

Tabla 4. Caudales medidos en la cuenca del Río Jesús María: Registro del MINAET: Departamento de Aguas

| Cuenca del Río Jesús María | Número de fuentes | Agrop. | Agroin. | Riego | Con. Humano. | Comerc. | Indust. | F. hidra. | Turis. | Activ. rural | Total |
|----------------------------|-------------------|--------|---------|-------|--------------|---------|---------|-----------|--------|--------------|-------|
| Nacientes | 76 | 1,1 | --- | 0,8 | 2,2 | --- | --- | --- | --- | 15,4 | 19,4 |
| Quebradas | 15 | 0,2 | --- | 14,5 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 14,7 |
| Río | 42 | --- | --- | 188 | --- | --- | 18,8 | --- | 0,2 | --- | 207 |
| Pozos | 204 | 4,5 | 1 | 59,5 | 22,7 | 1 | 31,5 | --- | 15 | 22 | 157,2 |

Fuente: MINAET: Departamentos de Aguas

De acuerdo al estudio de AyA (2009), en el cantón de Esparza existen siete operadores de Sistemas Delegados (ASADAS) que abastecen a un total de 5286 habitantes (21%) y el restante 79% es abastecida por AyA (21 aprovechamientos o fuentes, administrados por 4 sistemas). En relación a las ASADAS existe un predominio de las nacientes (55%) sobre los pozos (45%) como fuentes de abastecimiento de agua.

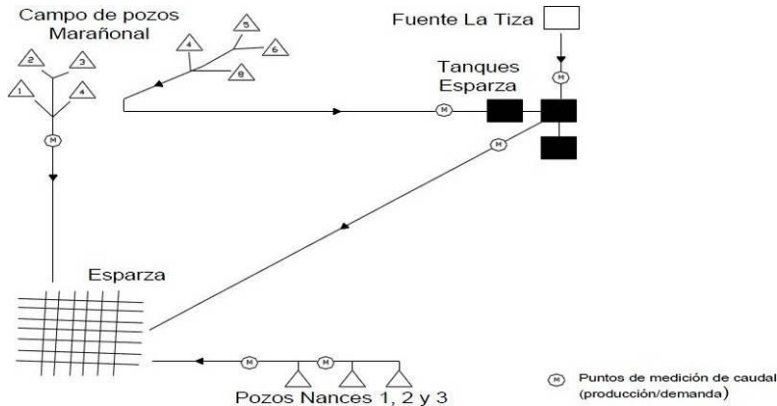


Figura 4. Esquema del sistema de acueducto AyA de Esparza
Fuente: Sánchez 2009

La cuenca del Río Jesús María aporta al cantón de Esparza el 60% (siete aprovechamientos con un caudal de 22,1 l/s) del caudal total explotado por las ASADAS. En relación al uso actual del suelo (cobertura vegetal) en el área de 200 m de protección absoluta, cerca del 32% de la totalidad de los aprovechamientos (fuentes) se encuentra bajo cobertura boscosa. Esto supone establecer programas de incentivos por parte

de los entes involucrados, para que el 68% restante de los aprovechamientos recuperen la cobertura boscosa dedicada a la protección.

El sistema de AyA en Esparza se abastece principalmente de pozos, ubicados fuera de los límites hidrográficos de la cuenca. De acuerdo al comportamiento proyectado del balance hídrico del acueducto de AyA en Esparza, para el 2010 la demanda promedio fue de 90,1 l/s en periodo lluvioso y de 109,8 l/s en periodo seco, con una capacidad máxima instalada en el periodo lluvioso de 115,1 l/s y 105,7 l/s en el periodo seco, superando la demanda; no obstante, para el 2015 se muestra una proyección de demanda promedio de 94 l/s en el periodo lluvioso y 123,8 l/s en el periodo seco con la misma capacidad instalada, lo que podría traer un desabastecimiento en época de seca de no tomarse algunas medidas preventivas.

Para el cantón de San Mateo, el 40% de la población es abastecida por las ASADAS con cuatro sistemas y ocho aprovechamientos (38% nacientes, 50% pozos y 12% ríos). Dos sistemas administrados por AyA abastecen al restante 60%, también con ocho aprovechamientos, lo que suman siete sistemas que se abastecen de dieciséis aprovechamientos. En cuanto al uso en el área de los

200 m, cerca del 75% se encuentra bajo pastos con árboles disperso (ganadería).

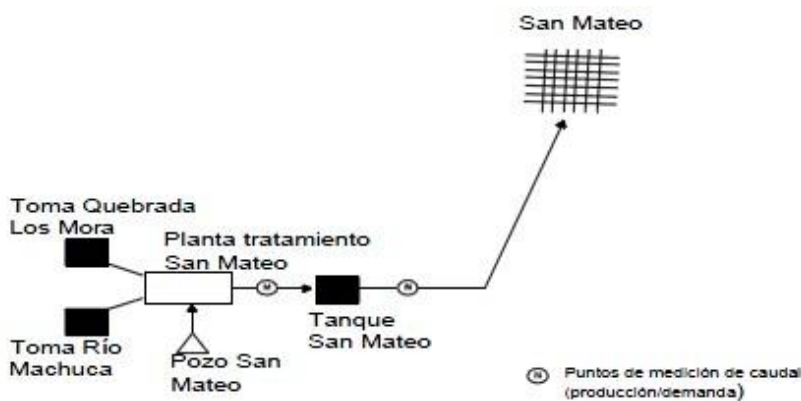


Figura 5. Esquema del sistema de acueducto AyA de San Mateo
Fuente: Sánchez 2009

El balance hídrico proyectado del acueducto de AyA referido al cantón de San Mateo, para el año 2010, muestra una demanda promedio de 11,8 l/s en época lluviosa y 12,9 l/s en época seca con una capacidad instalada de 11,7 l/s para ambas épocas; existiendo un

leve déficit. Sin embargo, este déficit se incrementa para el año 2015, ya que la demanda promedio tanto para época lluviosa y seca es de 12,0 y 14,2 l/s con la misma capacidad instalada (11,7 l/s).

En cuanto al cantón de Orotina existen once sistemas (1 AyA y 10 ASADAS) que se abastecen de 30 aprovechamientos (20 ASADAS y 10 AyA). Con relación a las ASADAS, siete son nacientes (12,3 l/s de promedio), 12 pozos (37,8 l/s de promedio, datos de 10 pozos) y 1 es fuente superficial (río con 32,2 l/s de promedio). El uso en el área de los 200 m de protección muestra que 50% se encuentra bajo cobertura boscosa y el otro 50% bajo pasto y uso urbano en crecimiento.

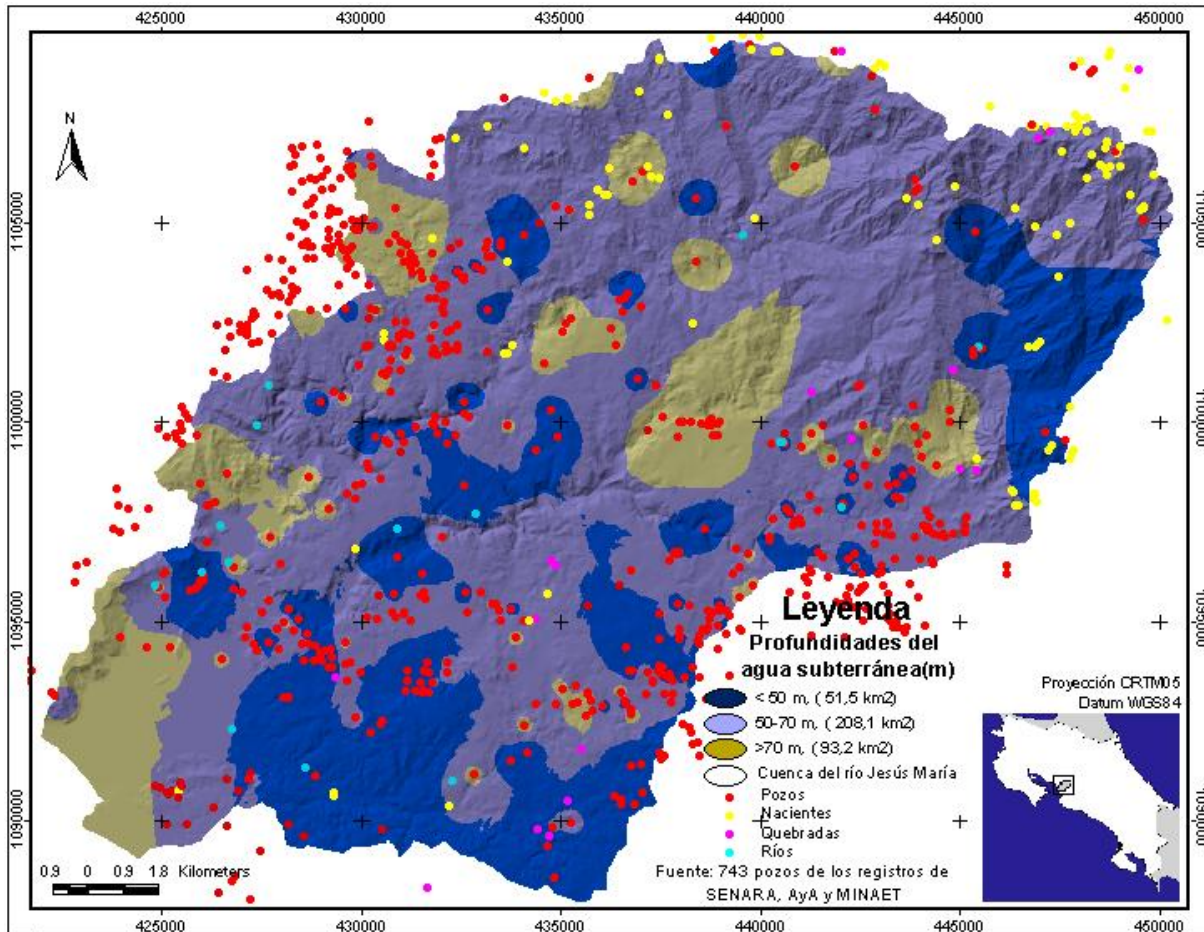
Con relación a la población del cantón de Garabito el 66% es abastecido por las ASADAS, 27% por los CAARS y 7% por AyA. La cuenca aporta 184,8 l/s con 24 aprovechamientos, donde solo 7 son tomas superficiales. El uso en el área de los 200 m muestra que el 43% se encuentra bajo pasto, el restante bajo tacotal. En la tabla 5 se muestran los valores del caudal utilizado en l/s de las principales fuentes de abastecimiento de las ASADAS y AyA, donde aproximadamente el 95% corresponde a aguas subterráneas y sub-superficiales.

Tabla 5. Principales fuentes de agua subterránea de las ASADAS y AyA, y que tienen incidencia directa en la población de la cuenca del Río Jesús María

| Acueductos | Recurso hídrico utilizado | Caudal utilizado l/s | No. servicios |
|------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------|
| Acueductos de Esparzas | Pozo Marañón 1 | 14 | 5222 |
| | Pozo Marañón 2 | 12 | |
| | Pozo Marañón 3 | 15 | |
| | Pozo Marañón 4 | 10 | |
| | Pozo Marañón 5 | 7 | |
| | Pozo Marañón 6 | 7 | |
| | Pozo Marañón 8 | 12,5 | |
| | Pozo Marañón 9 | 8 | |
| | Pozo Marañón 10 | 28 | |
| | Pozo Nance 1 | 1,7 | |
| | Pozo Nance 2 | 1,5 | |
| | Pozo Nance 3 | 1,8 | |
| | | Pozo Esparzol 1 | |
| Pozo Esparzol 2 | | 3 | |
| | | | |
| Acueductos línea Ojo de Agua | Pozo Pacomar 1 | 10 | 222 |
| | Pozo Pacomar 2 | 9 | |
| | Pozo Pacomar 3 | 9 | |
| | Pozo Cascajal | 15 | |
| | Pozo Ceiba 1 | 3,8 | |
| | Pozo Ceiba 2 | 10 | |
| | Pozo Finca Enrico 1 | 10,7 | |
| | Pozo Finca Enrico 2 | 7,5 | |
| | Pozo Finca Enrico 3 | 1,5 | |
| | Pozo Hidalgo | 3 | |
| | Pozo IDA 1 | 10,7 | |
| Pozo IDA 2 | 7,5 | | |
| Pozo IDA 3 | 5,4 | | |
| Pozo INCOP 1 | 3,6 | | |
| Pozo INCOP 2 | 4,2 | | |
| Pozo Villanueva | 6 | | |
| Acueducto Jesús María | Pozo Jesús María 1 | 2 | 363 |
| | Pozo Jesús María 2 | 3 | |
| Acueducto de San Mateo | Pozo San Mateo | 3 | 949 |

Fuente: Sánchez 2009

A partir de la cantidad de pozos registrados por SENARA, AyA, MINAET y IDA (675 aproximadamente) se obtuvo la distribución del agua subterránea en la cuenca del Río Jesús María, por medio del método de la interpolación del inverso de la distancia ponderada (IDW) del programa ArcView 3.3. Los resultados indican que áreas con profundidades menores a 50 m representan 51,5 km² del área total de la cuenca (14,6%), mientras que profundidades con rangos entre 50 - 70 m (208,1 km²; 59%) y profundidades mayores a 70 m (93,2 km²; 26,4%) (Mapa 6).



Mapa 6. Distribución de la profundidad del agua subterránea en la cuenca del Río Jesús María
Fuente: pozos de los registro de SENARA, AyA, MINAET y SENARA del registro de CATIE

I-1.2 Caracterización biofísica

I-1.2.1 Clima

Costa Rica presenta la particularidad de presentar una condición ístmica y rodeada por el océano Atlántico y Pacífico, lo que tiene gran influencia sobre sus condiciones climáticas. Asimismo, la larga y alta barrera montañosa que atraviesa el interior del país en dirección noreste a sureste, actúa como una barrera que impide la libre circulación de masas de aire provenientes del noroeste y suroeste, creando dos macrozonas climáticas (ICE 2000).

La información climática (precipitación, temperatura, humedad, radiación solar, evapotranspiración y velocidad del viento) de la cuenca procede de ocho estaciones meteorológicas (Argentina-Grecia N463835.507 E1107641.883, Atenas Ecg Aut N459443.211 E1099906.950, Esparza N428754.949 E1102165.557, Nagatac N439730.833 E1110991.156, Orotina Aut N445179.946 E1091080.291, Palmares N456168.178 E1110967.375, Puntarenas N409024.385 E1102209.679, San Miguel de Ba N426569.426 E1105487.046 y San Ramón N448500.628 E1113188.887); obtenida de los registros del ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM y CATIE. Para la selección de las estaciones se consideraron dos criterios; 1) que la estación tuvieran al menos 5 años de registro; y 2) se ubicara dentro de un radio horizontal menor a 10 km del límite hidrográfico de la cuenca.

Tabla 6. Estaciones meteorológicas seleccionadas

| Estaciones | Número/código | Elementos (periodos) |
|------------------|---------------|---|
| Argentina-Grecia | 84003 | Lluvia de 1937 - 2010; temp. 1970 - 2010 |
| Atenas Ecg Aut | 84145 | Todo 1995 - 2010 |
| Esparza | 82001 | Lluvia de 1970 - 2010, humed. 2000 - 2008 |
| Nagatac | 80005 | Lluvia 1970 - 1988 |
| Orotina Aut | 84143 | Todo 1995 - 2005 |
| Palmares | 84014 | Lluvia de 1944 - 1991, temp. de 1974 - 1989 |
| San Miguel de Ba | 8002 | Lluvia del 1937 2007 temp. 1972 2007 |
| San-Ramón | --- | Lluvia del 2000 - 2009 |

Los resultados del análisis indican una precipitación media anual en la cuenca de 2780 mm, con variaciones entre 2200 y 2500 mm/año en la parte baja, de 2500 a 2700 en la parte media y 2700 a 3300 mm/año en parte alta (Mapa 7). Como todas las cuencas que desembocan en la vertiente del Pacífico de Costa Rica, presenta un periodo de lluvias que va de mayo a octubre con meses de mayor pluviosidad de septiembre a octubre y un periodo seco que inicia a mediados de noviembre y finaliza en abril (5 a 6 meses consecutivos de déficit hídrico). En la figura 7 se observan las variaciones del promedio mensual de la precipitación de la cuenca, según registros del ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM y CATIE (detalles Anexo 3).

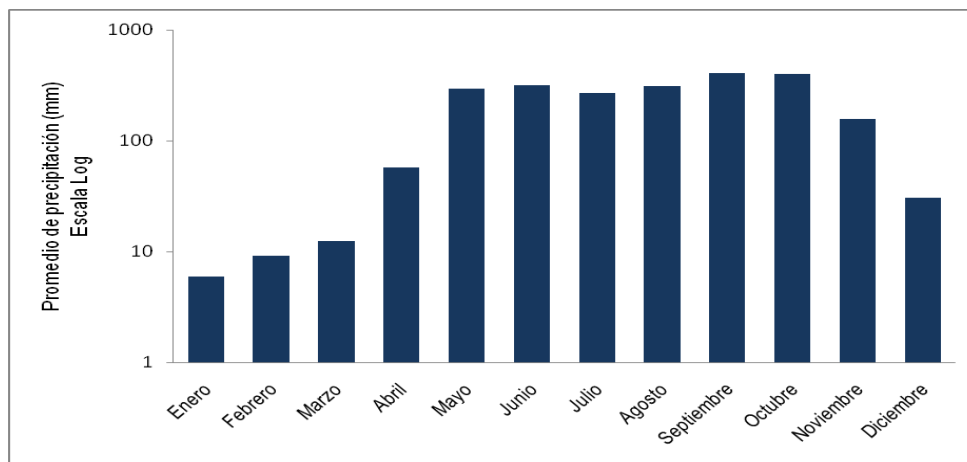
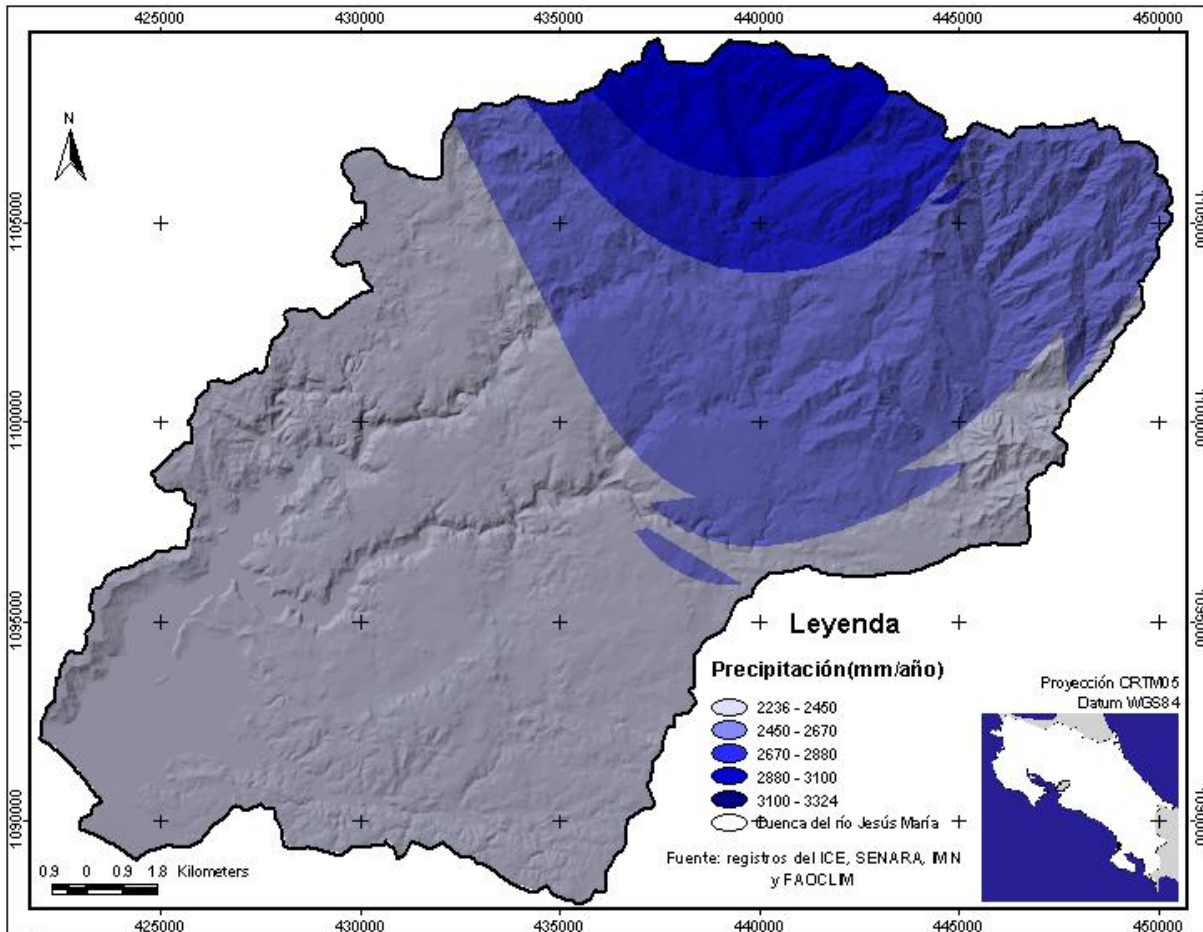


Figura 6. Precipitación media mensual de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM y CATIE



Mapa 7. Distribución de la precipitación en la cuenca del Río Jesús María

La temperatura promedio es de 24,8 °C, el brillo solar promedio de 6 horas por día, la velocidad media del viento durante el día es de 4,8 km/h, la radiación solar diaria varía de 17,9 y 22,7, la humedad relativa es de 71,5% en la parte baja y 86,4% en la parte alta con una variación de 14,9 puntos porcentuales. La evapotranspiración mensual promedio calculada por el método de Penman resulto de 114,8 mm y su distribución mensual se presenta en la siguiente figura.

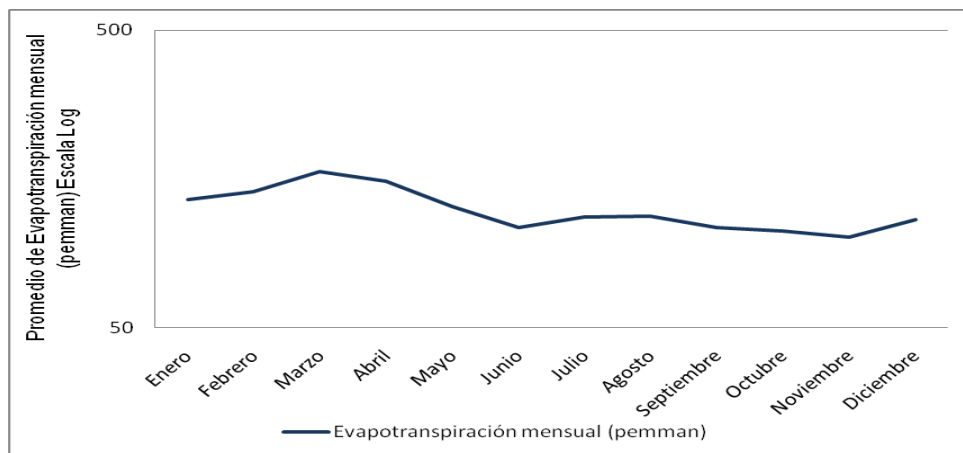


Figura 7. Evapotranspiración mensual (Penman) en la cuenca del Río Jesús María

En lo que compete de la parte alta de la cuenca para diferentes periodos del año, persiste una densidad de neblina o nubosidad que mantiene húmeda la vegetación natural, las plantaciones de café y los potreros, reduciendo así la evapotranspiración.

I-1.2.2 Fisiografía

II-1.2.2.1 Topografía y pendiente

En la cuenca se distinguen dos configuraciones topografías¹⁶ bien diferenciadas; la primera, definida como zona de planicie con pendiente menores a 15%, conformadas por aluviones que han sido depositados por los sistemas fluviales, donde los ríos y quebradas han dado pie a la formación de pequeños cañones y por lo poco consolidado que se encuentra el material depositado se favorecen los procesos de erosión lateral (parte baja de la cuenca). Esta zona geográficamente inicia a partir de la carretera que comunica a Esparza con San Mateo y Orotina (parte media de la cuenca) y sigue en dirección suroeste hacia las playas del Océano Pacífico en Tivives (Mapa 8). Una de las características de esta zona plana, es la presencia de micro relieves producto de los cauces abandonados y rellenos aluviales con influencia coluvial o sin ella.

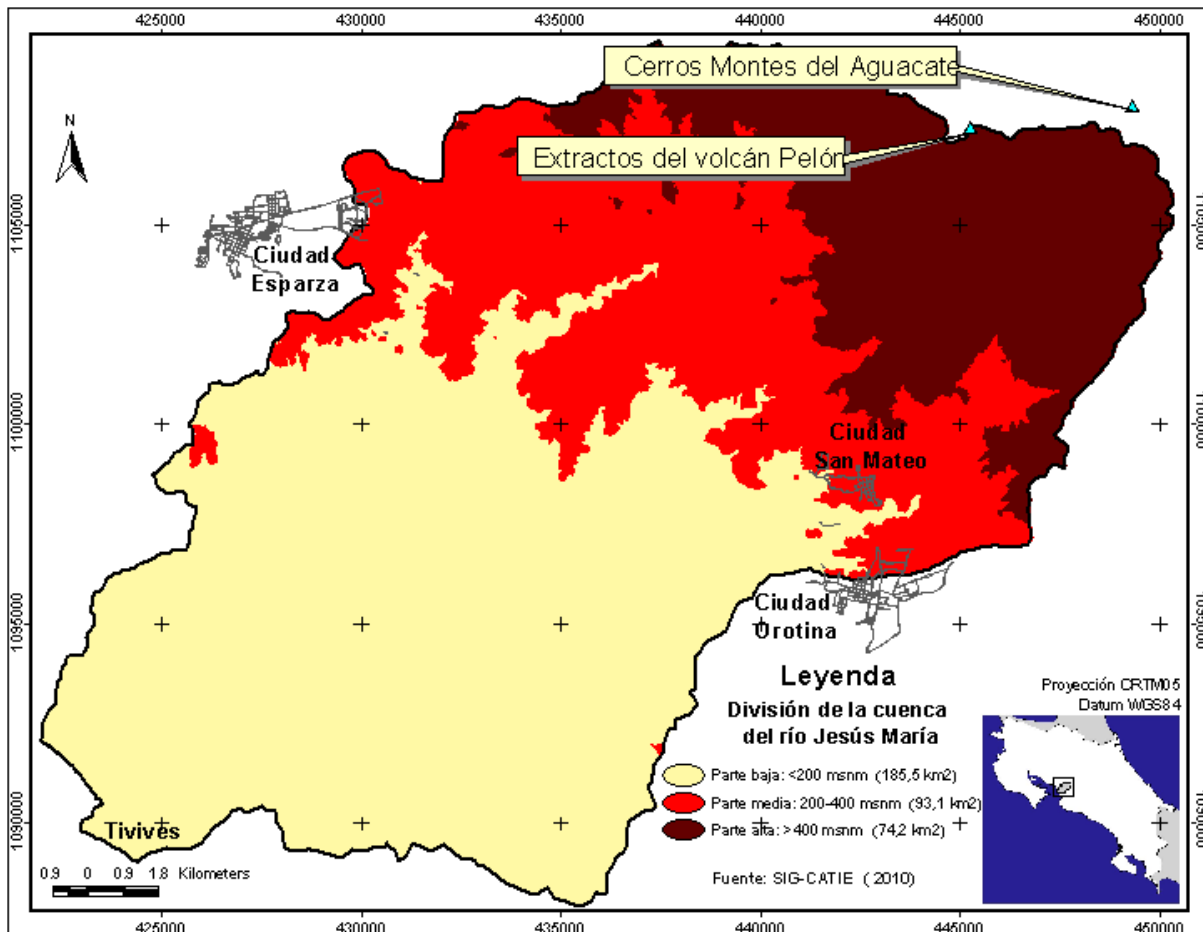
La segunda zona, llamada de ladera se caracteriza por presentar relieves irregulares con fuertes pendientes (mayores a 30%). Estas particularidades están influenciadas por los estratos del volcán Pelón¹⁷ (N445361.795 E1107400.197) y del Cerro Montes del Aguacate (N449432.487 E1107959.751) como productos de la actividad volcánica de la Cordillera Central; la misma que está conformada por cuatro de los más importantes y voluminosos estratovolcanes de Costa Rica. Dicha zona inicia de la parte noreste de la carretera principal de Esparza y San Mateo hacia el cantón de San Ramón (parte media y alta de la cuenca).

Una características que se acentúa en esta zona es la presencia de colinas de forma cónica, la cual sugiere la existencia de conos volcánicos antiguos conocidos como relictos volcánicos (ProDUS 2007).

Estas clasificaciones topográficas al igual que los desniveles predominantes, permitió constituir las categorías de las partes baja de 0 - 200 msnm, media de 200 - 400 msnm y alta mayor de 400 msnm de la cuenca del Río Jesús María (Mapa 8). En menor grado fueron consideradas las condiciones agroecológicas.

¹⁶ La topografía es una de las características importantes que posee una cuenca, porque es un elemento que determina el comportamiento hidrológico, así como las pérdidas por erosión de los suelos en la misma.

¹⁷ Estos estratos del volcán Pelón ha provocado que la geomorfología de la parte alta de la cuenca este gobernada por estructuras vulcano-tectónicas de dirección suroeste, las cuales en combinación con las unidades rocosas muestran paisajes de escarpes pronunciados, pequeños conos adventicios, graben cuspidal, etc., fácilmente reconocibles en fotografías aéreas y en comprobación de campo.

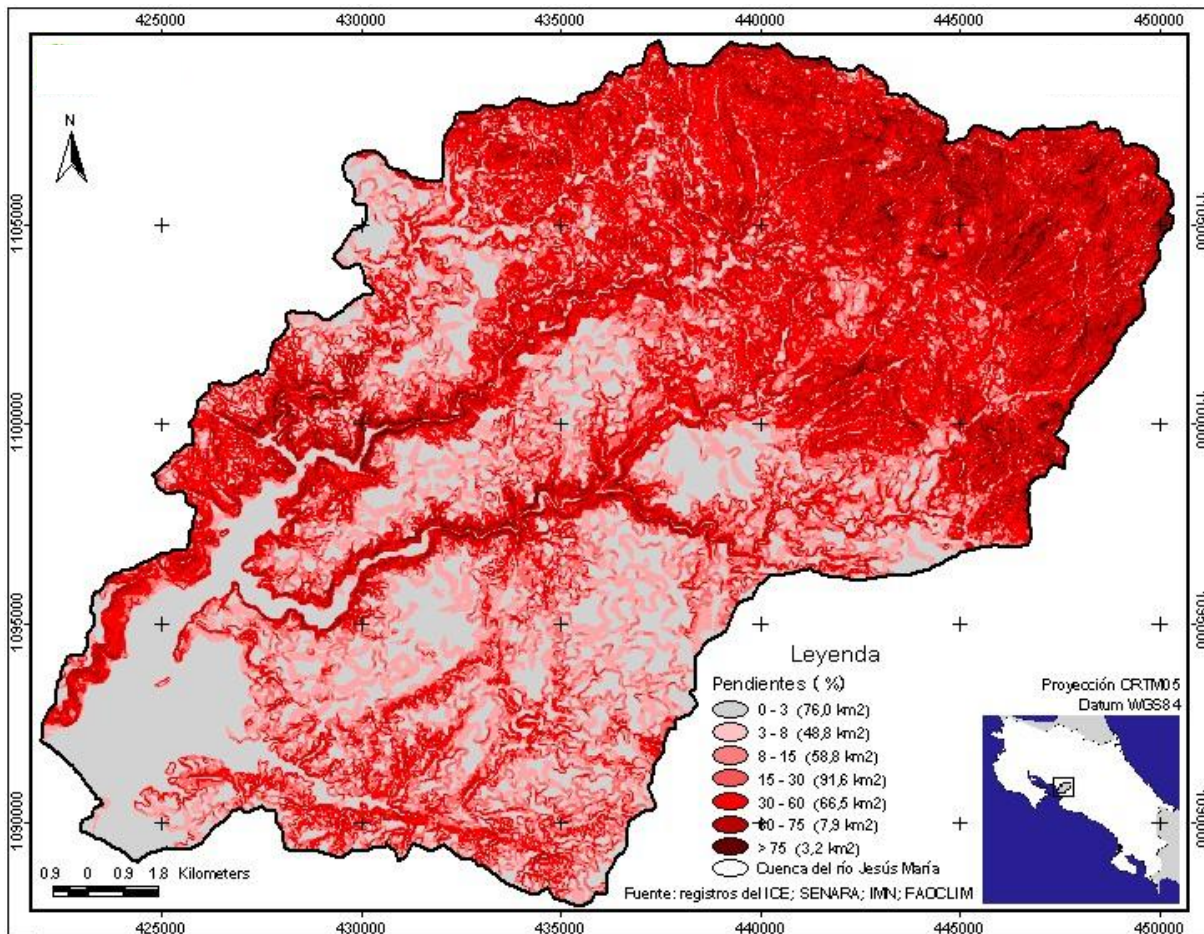


Mapa 8. División de la cuenca del Río Jesús María: configuración topográfica y desnivel predominante
Fuente: SIG-CATIE

Partiendo de una observación más individualizada sobre los desniveles (pendientes) y, según la metodología para determinar capacidad de uso de la tierra de Costa Rica (Decretos No. 23214-MAG-MIRENEM), prevalecen las pendientes que varían de onduladas (26% del área total), planas a casi planas con 21,5% y las clasificadas como fuertemente a ligeramente onduladas. Las pendientes escarpadas a fuertemente escarpadas representan el 3,1% del área total (Mapa 9).

De acuerdo con Cubero¹⁸ (2010) los suelos de la parte media y alta de la cuenca con predominancia de pendientes fuertemente onduladas a escarpadas comprenden suelos de textura franco arenoso arcilloso a franco arcilloso limoso con vegetación natural reducida; además deduce, que pertenecen a suelos de zonas vulnerables a los movimientos en masa generado por la disgregación de las partículas del suelo. Finalmente, hace mención de la abundancia de afloramientos rocosos y suelos sin protección de la cobertura vegetal (generalmente bajo pastizal) que facilitan la lixiviación causada por la escorrentía superficial.

¹⁸ Informe titulado "Preparación y revisión de planes de manejo en cuencas pilotos de importancia hídrica", 2010.



Mapa 9. Distribución de los desniveles (pendiente en %) en la cuenca del Río Jesús María
Fuente: CENIGA a escala 1:25.000 del año 1998; SIG-CATIE

Por tratarse de una cuenca en formación urbana y considerando la topografía como el elemento físico esencial del territorio y un factor determinante en el contexto de la planificación territorial; a continuación se muestra un resumen de las pendientes agrupadas en tres categorías: menores a 15%, entre 15 - 30% y mayores a 30%. Esta clasificación responde a los rangos establecidos por el reglamento para el control nacional de fraccionamiento y urbanizaciones (Tablas 7).

Tabla 7. Rangos de pendientes para el control nacional de fraccionamiento y urbanización

| | Categoría de pendientes | | | | | | Total Km ² |
|----------------------------|-------------------------|----|-----------------|----|-----------------|------|--------------------------|
| | Menor de 15% | | Entre 15 - 30% | | Mayor de 30% | | |
| | Km ² | % | Km ² | % | Km ² | % | |
| Cuenca del Río Jesús María | 183,5 | 52 | 91,6 | 26 | 77,7 | 22,0 | 352,8 |

De acuerdo al reglamento, las zonas con pendientes mayores a 15% deben presentar estudios preliminares de suelos y taraceórraceo para determinar el tamaño de los lotes y sus taludes. Además, determina que en zonas con pendientes mayores a 30% se requieren estudios de estabilidad de taludes para su registro correspondiente.

I-1.2.3 Geología, geomorfología, pliegues y fallas

La geología, geomorfología, pliegues y fallas son elementos que guardan relación importante en la hidrogeología, erosión, inundación, edafología e hidrología, y son esenciales para la asignación de los usos del suelo en la zonificación territorial de cualquier Plan de Manejo. Desde la perspectiva geológica y fisiográfica, la cuenca presenta tres unidades básicas (Madrigal 1970; Williams 1952; y ProDUS 2007), las cuales se describen a continuación:

1. En la parte alta, es posible encontrar rocas ígneas intrusivas del período Terciario, constituidas por gravas, granitos y riolita sub-volcánica dentro de una estratigrafía de rocas volcánicas intrusivas someras. En mayor superficie de área se pueden localizar rocas volcánicas del Terciario, compuestas de coladas, tobas y brechas tobásicas andesíticas, dentro de una estratigrafía de rocas volcánicas intrusivas someras.
2. En relación a la parte media, generalmente se encuentra constituida por rocas sedimentarias volcanoclásticas del Eoceno hasta el Cuaternario, compuestas por brechas, areniscas, la cual incluyen algunas rocas de carbonatos marinos dentro una estratigrafía general de rocas sedimentarias.
3. La parte baja de la cuenca se constituye por depósitos aluviales y coluviales del período Cuaternario que incluyen depósitos de deslizamientos, fanglomerados, pantanosos y de playa, dentro de una estratigrafía de depósitos superficiales. Además se debe mencionar la ocurrencia en escala baja de ignimbritas del Cuaternario y del Plioceno compuesta por tobas de flujo de ceniza incandescente de andesita hasta riolita con intercalaciones de depósitos fluviales, estos dentro de una estratigrafía de rocas volcánicas intrusivas someras.

La presencia de pliegues y fallas paralelas de forma perpendicular a los principales ríos y tributarios, así como sus variaciones geológicas en pequeñas superficies dentro de la cuenca, vislumbra el complejo sistema hidrogeológico. En ese sentido se dice que los acuíferos son de tipo fisural o fracturado, es decir, presentan una permeabilidad de la roca adquirido a partir de la fracturación o fallamiento de la misma, siendo entonces importante localizar aquellas estructuras cuya fracturación asociada permite el flujo de agua. Según Denyer et al. (2003), en el área que comprende la hoja Barranca de la cuenca del Río Jesús María, existe una serie de estructuras geológicas que podrían estar controlando el flujo del agua subterránea. Estas estructuras son conocidas como:

- ⇩ Falla Barranca: se trata de una falla principal de edad cuaternaria (reciente) que se descompone en dos ramales; una muy rectilínea con rumbo N40°E y otra cuya traza llega a ser N70°E.
- ⇩ Falla Jesús María: esta falla de edad cuaternaria se compone de dos trazas; una con rumbo N45°E que se ramifica con otra N60°E. Según Marshall et al. (2003), indica un movimiento vertical en el que el bloque SE (sureste) baja con respecto al NE (noreste).

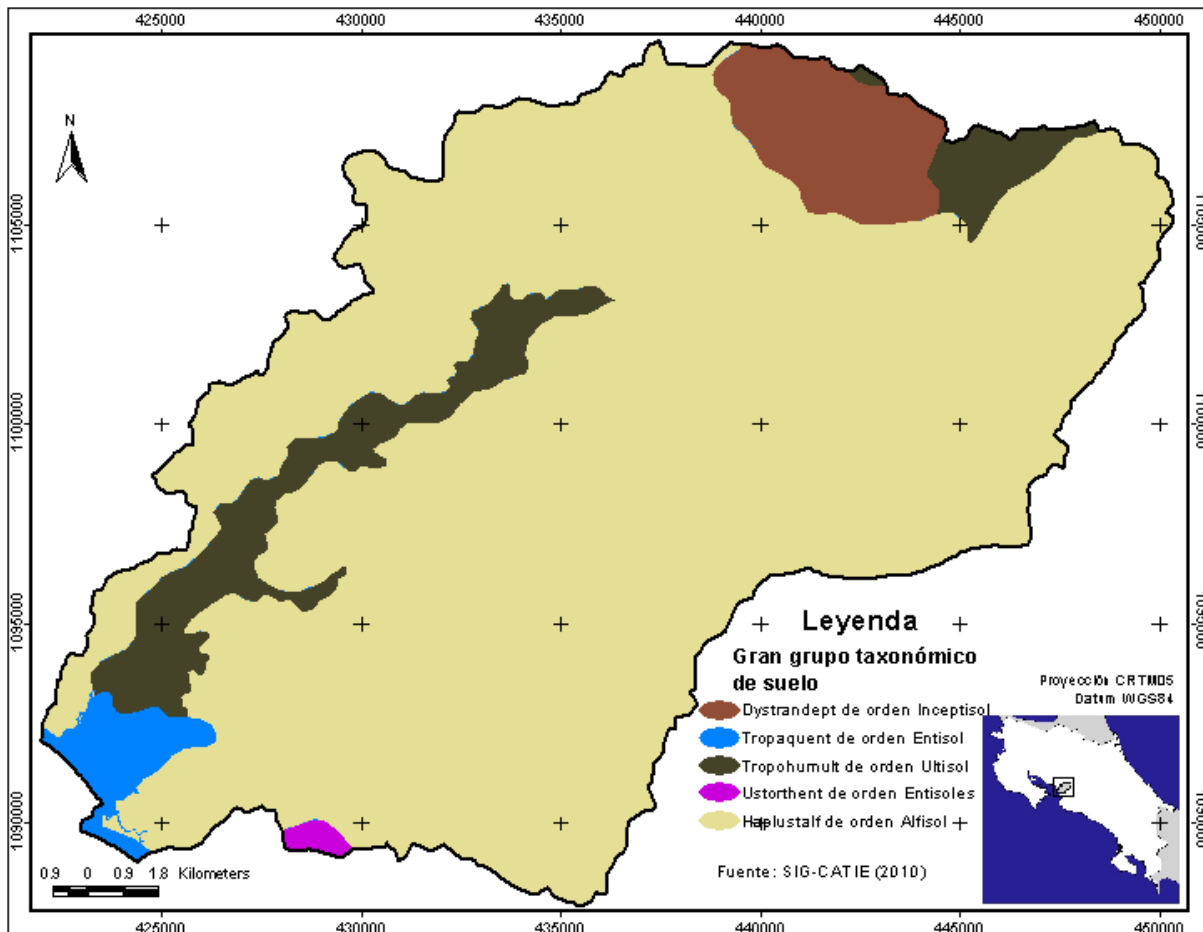
- ⇓ Falla Tárcoles: su rumbo varía de N40°E a N55°E, su movimiento es sinistral. Marshall et al. (2003), indica un movimiento vertical en el que el bloque NW (noroeste) baja con respecto al SE (sureste) lo cual deja un graben (el graben de Tivives) con la falla Jesús María.
- ⇓ Falla Turrubares: es una falla de rumbo N10°E, la cual, según Marshall et al. (2003), tiene un movimiento vertical en donde el bloque W (oeste) baja con respecto al E (este).
- ⇓ Fallas normales en el graben de Tivives: seis fallas con rumbo NE (noreste) son trazadas entre las fallas Jesús María y Tárcoles. Marshall et al. (2003), indica que su movimiento es vertical.
- ⇓ Horts de Barranca: de acuerdo a Marshall et al. (2003) entre las fallas Barranca y Jesús María quedó un alto estructural que es justamente donde están las mejores exposiciones de la formación Punta Caballo. En este bloque se nota una comprensión con dirección NE (noreste) - SW (suroeste), la cual puede ser correlacionada con el evento tectónico de edad Mioceno Superior Terminal y del inicio del Plioceno. De las fallas Horts Barranca se trazaron cinco fallas de las cuales dos tienen rumbos N60°W y N50°W, siendo su movimiento posiblemente inverso. Las restantes fallas son de desplazamiento de rumbo, cuya dirección es y N50°S (sinistral) y N83°E (dextral, es decir, hacia la derecha) y N87°E (dextral). En relación a los pliegues del Horts Barranca tres son sinclinales y cuatro anticlinales, todos suaves y abiertos de rumbo N40°W y N50°W.

En el ámbito geomorfológico la cuenca muestra cuatro unidades bien diferenciadas, según su división: en la parte baja se reporta la ocurrencia de las geoformas correspondientes a la planicie aluvial del Río Jesús María, ubicada en la desembocadura del río y en la terraza de Esparza y Orotina; límite entre la sección baja y media. En la parte media se reconocen las unidades de terraza de Esparza y Orotina y restos de superficies planas, originadas por corrientes de lodo. Finalmente, en la parte alta se distingue la ocurrencia de las geoformas correspondientes a los cerros y valles del Aguacate, así como los cerros del Rayo y cerros al Norte de San Mateo de Alajuela.

I-1.2.4 Suelos

Con el conocimiento de las características de los suelos es posible sugerir sus capacidades y debilidad, y combinándolo con el efecto que provoca cada uso se puede lograr un desarrollo armónico con la naturaleza. Al conocer su distribución y particularidades (características) de cada unidad geográfica es posible también establecer regulaciones que promuevan la utilización sostenible de los recursos naturales y evitar el deterioro irreversible para el medio ambiente y para las actividades humanas. En la cuenca se distinguen los siguientes grandes grupos de suelo¹⁹ (Mapa 10).

¹⁹ El suelo es un conjunto de unidades naturales que ocupan las partes superficiales terrestres que soportan las plantas y en general todo tipo de infraestructura construida para uso del hombre y cuyas propiedades se deben a los efectos combinados del clima y de la materia viva sobre la roca madre, en un periodo de tiempo geológico y en un relieve determinado (Aguilar et al. 1998).



Mapa 10. Distribución de las unidades de Gran grupo de suelos en la cuenca del Río Jesús María
Fuente: Cubero 2007; ProDUS 2007; SIG-CATIE

Basado en el mapa 10 se describen algunas características básicas de las unidades predominantes del Gran grupo de suelo de la cuenca del Río Jesús María (Cubero 2007; ProDUS 2007):

- ⇓ Dystrandept: son suelos del orden Inceptisol y suborden Andept, derivados de materiales volcánicos de baja saturación de base, presentan un horizonte B cámbico (este horizonte en la parte alta de la cuenca apenas se percibe) y sin horizonte diagnóstico. Comprende 1693 ha (4,8%) del área total.
- ⇓ Haplustalf: son suelos del orden Alfisol y suborden Ustalf, caracterizado por un régimen Ústico y horizontes argílicos con más de 35% de saturación de bases. Son similares al del orden Ultisol excepto por su fertilidad potencial. En la cuenca estos suelos presentan un horizonte mínimo de desarrollo, son de color rojizo, textura arcillo limoso a arcilloso arenoso, moderadamente profundos, poco permeables y de moderada a poca fertilidad. Abarcan 30148,3 ha (86%) del área total. Por su relieve pueden encontrarse en zonas planas a escarpadas y conforme aumenta el relieve se tornan cada vez más susceptibles a la erosión.

- ⇩ Tropaquent: son suelos del orden Entisol y suborden Aquent, presentan un régimen Ácuico, clasificados como suelos recientes poco desarrollo en sus horizontes diagnósticos, por lo que existe un epipedon Ocrico de color amarillento y un horizonte mínimo desgastado por la acción del hombre. Los asociados a manglares se clasifican en el Gran grupo de los Epiaquents, por estar cubiertos de agua en la mayor parte del año. Comprende 437 ha (1,2%) del área total.
- ⇩ Tropohumult: son suelos del orden Ultisol y suborden Humult, presentan un horizonte argílico (20% de contenido de arcilla) con menos de 35% de saturación de bases. Son profundos, bien drenados, de color amarillento y de baja fertilidad natural. Representan 2633,9 ha (7,5%) del área total.
- ⇩ Ustorhent: son suelos del orden Entisoles y suborden Orthent, tienen un régimen Ústico, son recientes con poco desarrollo en los horizontes diagnósticos, por lo que solo muestra un epipedon Ócrico. Comprende 108,9 ha (4,1%) del área total.



Foto 1. Suelos del Gran grupo Haplustalf con matorrales o tacotales en la parte-media de la cuenca

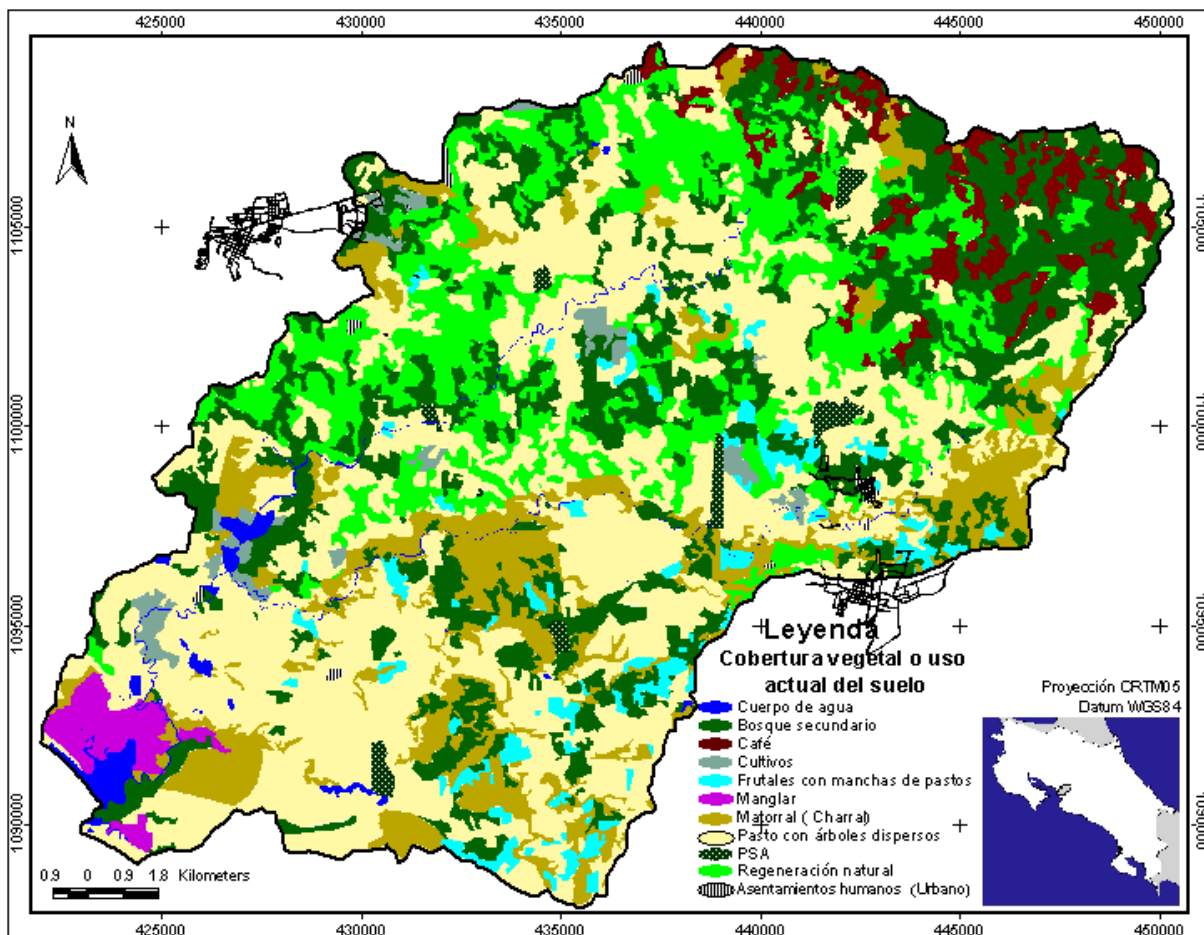


Foto 2. Suelos del Gran grupo Haplustalf bajo pasto en la parte media-alta de la cuenca

I-1.2.5 Uso actual del suelo (cobertura vegetal) y clase de capacidad de uso de la tierra

La cobertura de la cuenca tiene una relación directa con las elevaciones, clima y tipo de suelo. El mapa 11 ilustra la cobertura vegetal o uso actual del suelo que fue confeccionado a partir de las fotografías aéreas en infrarrojo a escala 1:8.000 tomadas durante la campaña de la misión Carta (CeNAT 2005) y de las fotografías aéreas del proyecto CATIE-Esparza del año 2007 a escala 1:25.000.

La cobertura o uso del suelo corresponde a la interacción directa entre el uso asignado de un cultivo, una plantación forestal, una extensión de pastos, una superficie urbanizada, etc., con sus requerimientos edafológicos y el cuerpo natural como sustratos de respuesta a esos requerimientos. Se dice que cuando los suelos son utilizados o explotados por el ser humano con la asignación de un uso en forma deliberada, entonces se habla de uso actual o presente del territorio. En la cuenca su distribución está representada en la figura 9.



Mapa 11. Cobertura vegetal o uso actual del suelo de la cuenca del Río Jesús María

Fuente: CeNAT 2005; Fotografías aéreas del proyecto CATIE-Esparza a escala 1:25.000; SIG-CATIE

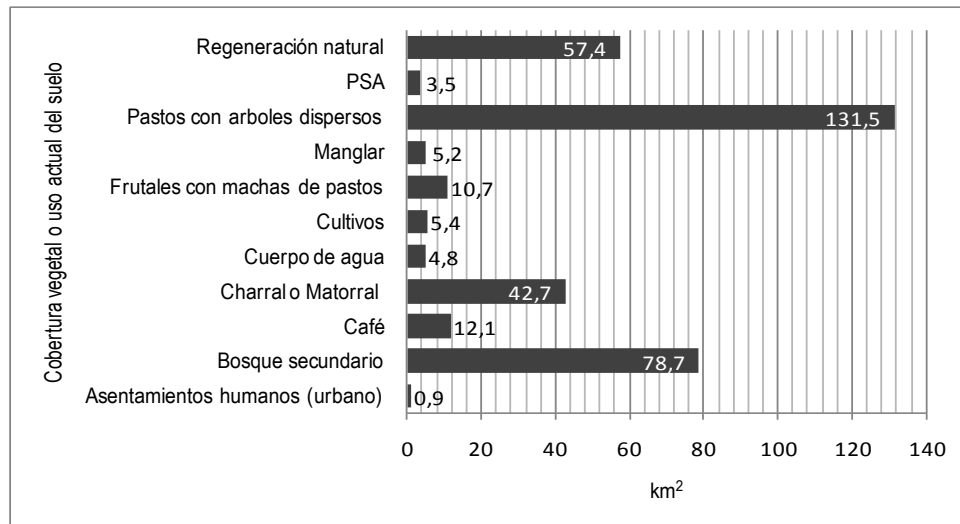


Figura 8. Distribución en km² de la cobertura o uso actual del suelo en la cuenca del Río Jesús María

Asentamientos humanos (urbano): representa 0,9 km² (0,3%) del área total. Está comprendido en su mayoría por el centro urbano de la ciudad de San Mateo y algunas zonas periférica de la ciudad de Esparza y Orotina, así como en menores extensiones por los poblados o comunidades de los distritos: Desmonte, San Mateo y Jesús María (cantón de San Mateo); Hacienda Vieja, Mastate, Orotina, Coyolar y Ceiba (cantón Orotina); San Rafael y Santiago (cantón de San Ramón); Macacona, San Rafael y San Juan Grande (cantón de Esparza); y Tárcoles (cantón de Garabito).

Bosque secundario: comprende una superficie de 78,7 km² (22,3%), ubicada en su mayoría en la parte alta de la cuenca. Las manchas de bosque secundario se deben a la existencia de áreas protegidas y áreas bajo PSA. Estas comprenden árboles menores a 12 m de altura y cobertura de las copas entre 40 - 60%, en algunas zonas predominan los arbustos con árboles dispersos.

Café: abarca 12,1 km² (3,4%), generalmente comprendido por áreas de 4 - 8 manzanas (Mz) asociado con árboles de sombra y musáceas en un 15%. Entre las especies más comunes utilizadas para sombra sobresalen el poró (*Erythrina poeppigiana*) y laurel (*Cordia alliodora*) y sombra temporal de musáceas.

Charral o matorral: la unidad está constituida por áreas bajo barbecho de potreros abandonados con más de cuatro años (plantas herbáceas). Se localiza en espacios circundantes a las principales manchas de los bosque primarios y en áreas bajo regeneración natural (42,7 km²; 12,1%).

Cuerpo de agua: 4,8 km² (1,4%), comprenden los cauces de los ríos, riachuelos, pequeñas lagunas y la zona de mangle (Tivives).

Cultivos: abarcan superficies reducidas en relación al área total de la cuenca (5,4 km²; 1,4%). Constituido principalmente por hortalizas, cítricos, frutas (sandía y melón). Los cultivos de hortalizas no

se desarrollan de manera extensiva; este rubro se cultiva en pequeñas parcelas y de forma muy dispersa.

Frutales con machas de pastos: constituyen áreas considerables en la cuenca (10,7 km², 3%) en términos de producción e importancia comercial para los lugareños.

Manglar: representado por la zona protegida de Tivives. Constituye 5,2 km² (1,5%) del área total.

Pastos con árboles dispersos: es la unidad predominante en la cuenca (131,5 km²; 37,3%), generalmente constituido por pasto mejorado con árboles dispersos. En cambio, la unidad de pastos naturales es poca y se relaciona con tierras erosionadas de pendientes pronunciadas. Este sistema es usado básicamente para una ganadería de carne tipo extensiva.

PSA y áreas bajo regeneración natural: áreas con PSA constituyen 3,5 km² (1%) del área total; mientras que las unidades de regeneración natural (superficie bajo barbecho con 8 o más años) abarcan 57,4 km² (16,3%). En las fincas de la parte media-alta de la cuenca se observa un aumento significativo de esta unidad.



Foto 3. Áreas bajo bosque secundario y cuerpos de agua (parte baja del Río Turrubares)



Foto 4. Área bajo pastos con árboles dispersos y regeneración natural de la parte media y alta de la cuenca

El mapa de capacidad de uso de la tierra fue generado a partir de la información del mapa de capacidad de uso de la tierra de Costa Rica a escala 1:200.000, elaborado en 1991 por el MAG del mapa de capacidad de uso, clases forestales a escala 1:50.000 elaborado en 1994 por la Fundación Neotrópica Costarricense y de la información (geodatos) del INTA, las cuales muestra una gran variedad de unidades de manejo que van desde las clases II a la VIII, siendo la pendiente, erosión sufrida, textura y clima, los factores determinantes de las subclases de capacidad de uso de la tierra (Tabla 8 y 9).

Tabla 8. Clases de capacidad de uso del suelo en la cuenca del Río Jesús María

| Clases | Categorías | Descripción | Área (ha) | Área (%) |
|--------|------------|--|-----------|----------|
| II | A | Esta clase presenta leves limitaciones que solas o combinadas reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción, debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos | 905,9 | 2,6 |
| III | | Las tierras de esta clase, presentan limitaciones moderadas solas o combinadas, que restringen la elección de los cultivos o se incrementan los costos de producción | 9637,6 | 27,3 |
| IV | B | Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente | 3360,9 | 9,5 |
| V | | Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes o bosque, por lo cual su uso se restringe para pastoreo o manejo de bosque natural | 2197,8 | 6,2 |
| VI | Clase VI | Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua | 2950,5 | 8,4 |
| VII | Clase VII | Las tierras de esta clase muestran severas limitaciones, por lo tanto, sólo se permite el manejo forestal en caso de cobertura boscosa; en aquellos casos en que el uso actual sea diferente al bosque se procurará la restauración natural | 4108,4 | 11,6 |
| VIII | Clase VIII | Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Tienen utilidad sólo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica. Para esta clase se incluye cualquier categoría de parámetros limitantes | 12122,9 | 34,4 |
| Total | | | 35284,0 | 100 |

De acuerdo al MAG (1995) las clases II y III pueden ser clasificadas como de aptitud para cultivos y ganadería (categoría A), las clases IV y V para sistema silvopastoril (Categoría B), la clase VI para producción forestal y/o cultivos permanentes, la clase VII para manejo de bosque o regeneración natural y la clase VIII para protección absoluta. En seguida se describen las clases de la cuenca.

Tabla 9. Clases de capacidad de uso del suelo en la cuenca del Río Jesús María

| Unidad de manejo | Descripción | Área (ha) | Área (%) |
|------------------|---|-----------|----------|
| Ils2c2 | S2: en suelo de textura moderada fina a moderada gruesa (0,3 cm) y en subsuelo de fina a moderada gruesa (< 30 cm) C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 822 | 2,3 |
| Ile1c2 | E1: en pendiente < 8% C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 83,9 | 0,2 |
| Ille12s23c2 | E12: en pendiente < 15% con erosión de nula a moderada S23: en suelo de textura fina a moderada gruesa (0,3 cm) y en subsuelo de fina a moderada gruesa (< 30 cm), sin piedra a moderadamente pedregoso C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 10213,1 | 29,0 |

| | | | |
|------------|---|----------------|------------|
| IIIe1c2 | E1: en pendiente < 15% C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 295 | 0,8 |
| IIIe1s2c2 | E1: en pendiente < 15% S2: en suelo de textura fina a moderada gruesa (0,3 cm) y en subsuelo de fina a moderada gruesa (< 30 cm) C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 121,6 | 0,3 |
| IIIs2c1 | S2: en suelo de textura fina a moderada gruesa (0,3 cm) y en subsuelo de fina a moderada gruesa (< 30 cm) C1: todas las zonas de vida excepto las pluviales | 184,6 | 0,5 |
| IIIs2d1c2 | S2: en suelo de textura fina a moderada gruesa (0,3 cm) y en subsuelo de fina a moderada gruesa (< 30 cm) D1: drenaje de moderadamente excesivo a moderadamente lento C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 240,1 | 0,7 |
| IVe12s3c2 | E12: pendiente < 30 % y una erosión sufrida de nula a moderada S3: se clasifica sin piedra a pedregoso C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 631,1 | 1,8 |
| IVe12c2 | E12: pendiente < 30% y una erosión sufrida de nula a moderada C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 357,2 | 1,0 |
| IVe12s12c2 | E12: pendiente < 30% y una erosión sufrida de nula a moderada S12: profundidad > 60 cm con suelo de textura muy fina a moderada gruesa (0,3 cm) y en subsuelo de muy fina a moderada gruesa (< 30 cm) C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 2864,9 | 8,1 |
| IVe12s23c2 | E12: pendiente < 30% y una erosión sufrida de nula a moderada S23: con suelo de textura muy fina a moderada gruesa (0,3 cm) y en subsuelo de muy fina a moderada gruesa (< 30 cm) se clasifica sin piedra a pedregoso C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 518,9 | 1,5 |
| IVe12s2c2 | E12: pendiente < 30% y una erosión sufrida de nula a moderada S2: con suelo de textura muy fina a moderada gruesa (0,3 cm) y en subsuelo de muy fina a moderada gruesa (< 30 cm) C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 698,6 | 2,0 |
| Vs123d12c2 | S123: profundidad > 30 cm, con suelo de textura moderada gruesa a fina (0,3 cm) y en subsuelo cualquier tipo de textura (< 30 cm), sin piedra a fuertemente pedregoso D12: de drenaje muy lento a excesivo con riesgo de inundación de nulo a severo, C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 193,1 | 0,5 |
| Ve1s12c2 | E1: con pendiente < 30% S12: profundidad > 30 cm con suelo de textura moderada gruesa a fina (0,3 cm) y en subsuelo cualquier tipo de textura (< 30 cm) C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 1170,6 | 3,3 |
| Ve12s12c2 | E12: con pendiente < 30% y una erosión sufrida de nula a moderada, S12: profundidad > 30 cm con suelo de textura moderada gruesa a fina (0,3 cm) y en subsuelo cualquier tipo de textura (< 30 cm) C2: de un periodo seco ausente, moderado y fuerte (> 3 meses) | 834,1 | 2,4 |
| VIIe12s12 | E12: con pendiente < 75% y una erosión sufrida de nula a severa S12: de una profundidad > 30% y suelo de textura cualquiera, subsuelo también de cualquier tipo de textura excepto gruesas | 3814,2 | 10,8 |
| VIIe12s13 | E12: con pendiente < 75% y una erosión sufrida de nula a severa S13: de una profundidad > 30%, sin piedra a fuertemente pedregoso | 118,2 | 0,3 |
| VIIIe12s13 | E12: con pendiente cualquiera y una erosión sufrida cualquiera S13: de profundidad y pedregosidad cualquiera | 11571,2 | 32,8 |
| VIIIe12s12 | E12: con pendiente > 75% y una erosión sufrida de moderada a severa S13: de profundidad moderas a superficiales y textura media a arenosa | 551,7 | 1,6 |
| | Total | 35283,9 | 100 |

De los resultados obtenidos (Tabla 8) cerca del 29,9% del área de la cuenca presenta leves a moderadas limitaciones para el desarrollo de cultivos intensivos, así como para el establecimiento de pasturas (clase II y III) y un 15,7% de moderadas a fuertes limitaciones económicas que generalmente están destinadas para el uso silvopastoril (clase IV), asimismo un 8,4% está caracterizada para el establecimiento de plantaciones forestales, un 11,6% con severas limitaciones que solo permite el manejo forestal. Por último, un 34,4% del área total esta clasifica como clase VIII, las cuales no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna; estas tierras (clase VIII) tienen utilidad solo como zonas de preservación de la flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica (Figura 10).

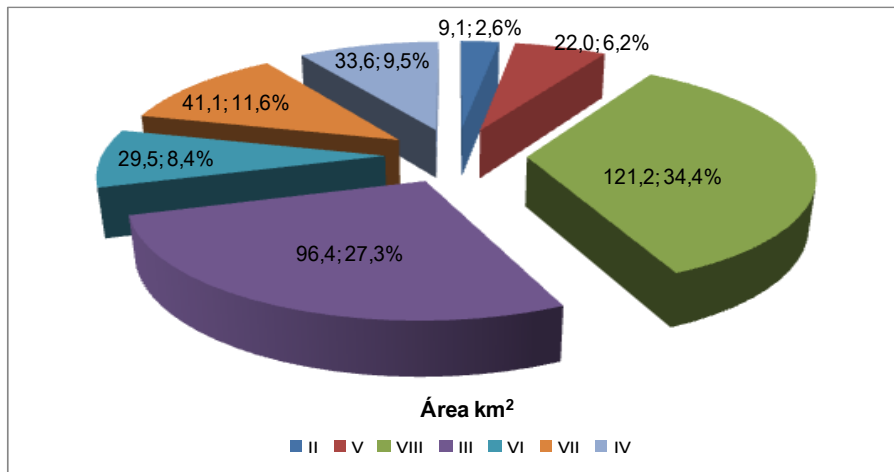


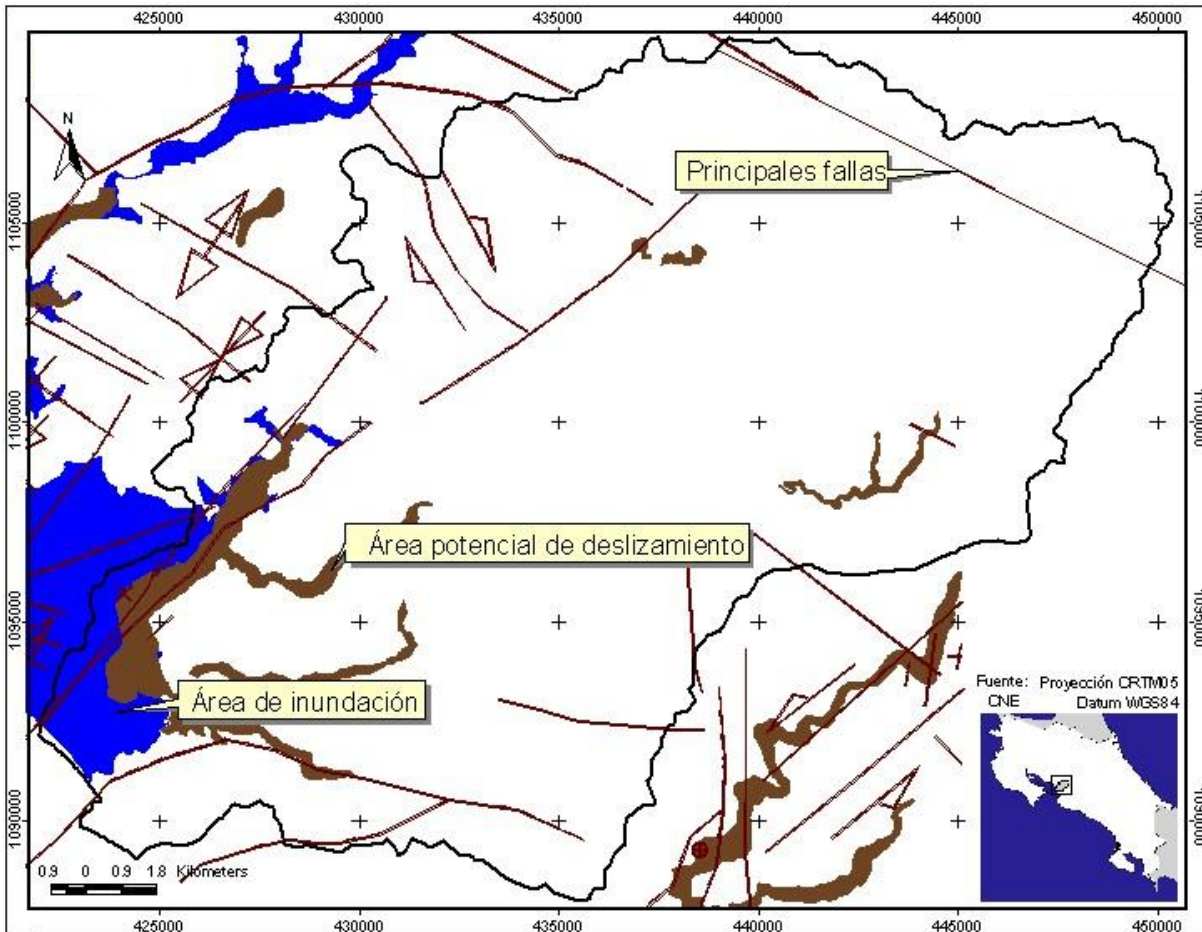
Figura 9. Clases de capacidad de uso de la tierra de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: MAG 1991; Neotrópico 1994; INTA geodatos; Cubero 2007

I-1.2.6 Principales amenazas naturales

La zona de la parte baja o desembocadura del Tivives muestra una vulnerable a la inundación, mientras que las planicies de la parte media y baja de la cuenca competen a zonas vulnerables al deslizamiento y en menor escala superficial a riesgos de inundación. Desde el punto de vista de fallas geológica y sísmica la cuenca presenta poca vulnerabilidad (Mapa 12).

Las áreas con amenazas por inundación corresponden a 6,9 km² (1,9%) según lo establecido por CNE son zonas que se han ido determinando históricamente por las inundaciones frecuentes. Los ríos que causan estas inundaciones producto de fuertes aguaceros corresponde al Río Jesús María, Machuca, Turrubares, la Quebrada Machuca y los alrededores de la quebrada Huacas. El único poblado que se encuentra dentro de una zona con riesgo potencial de inundación es la llamada “La Quesera”, la cual se ubica al lado de la desembocadura del Río Jesús María.

Las amanezcas por deslizamiento y derrumbes, tanto dentro y fuera de la cuenca conciernen a 20,7 km² (5,9%) se pueden clasificar en desprendimiento de rocas, en pequeñas avalanchas y el más común en la cuenca son los flujos laterales. Según CNE en la cuenca es posible identificar una corona de deslizamiento activo.

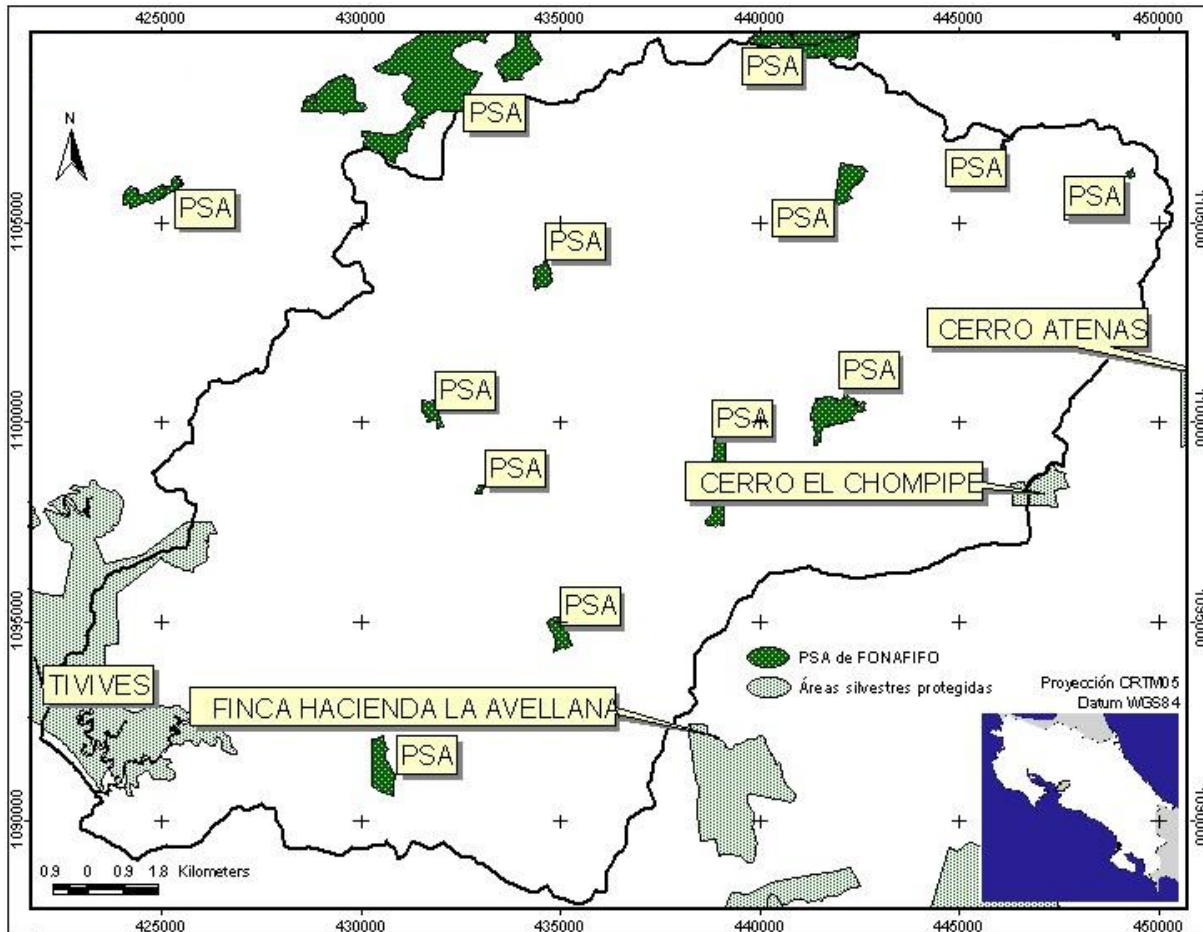


Mapa 12. Mayores zonas de vulnerabilidad natural en la cuenca del Río Jesús María
Fuente: CNE

I-1.2.7 Áreas protegidas y PSA

Las áreas bajo categoría protegida conforman el valioso patrimonio natural de Costa Rica. En ella se protegen importantes ecosistemas del país que aportan gran cantidad de beneficios directos para la sociedad como son el agua potable, la energía eléctrica, los bancos genéticos, la generación de empleo por medio de la actividad turística, productos forestales, medicinas, beneficios estéticos, espirituales, culturales y recreacionales. Además tiene beneficios indirectos como en el control de la erosión, la captación de agua, fijación de carbono, formación de suelo, entre otros.

De acuerdo al MINAET el área de conservación del Pacífico Central cuenta con un total de 50 áreas protegidas de las cuales 2 ostentan la categoría de Parque Nacional, 1 Reserva Biológica, 14 Refugios de Vida Silvestre (nacionales, mixtos y privados), 25 Humedales, 1 Reserva Forestal y 7 Zonas Protectoras. Dentro de la cuenca del Río Jesús María existen dos Zonas Protegidas: Cerro Chompipe con 25,5 ha y la ZP Tivives con una superficie de 948,3 ha, así como diez áreas bajo PSA que representan 346,6 ha (Mapa 13, Tabla 10).



Mapa 13. Zonas protectoras y áreas bajo PSA en la cuenca del Río Jesús María
Fuente: SINAC, FONAFIFO

La ZP Tivives fue creada en el año 1986 con la finalidad de proteger los remanentes de bosque seco tropical, bosque húmedo tropical y el bosque de transición, así como los mantos acuíferos y la calidad del agua del Río María Aguilar y los mangles de Mata Limón y Tivives. La mayor parte de la zona protectora se encuentra ubicada en el cantón de Esparza y solo una fracción de su territorio se sitúa en el cantón de Orotina; esta última localizada en el margen noreste de la entrada a la Planta Procesadora de Melones del Pacífico.

En las áreas aledañas de la ZP de Tivives se puede apreciar un bosque secundario intervenido y en los márgenes de los caminos es muy común encontrar propiedades con casas de veraneo y potreros con árboles dispersos. Con relación al manglar de Tivives se encuentra a un lado de la carretera que va a Trinidad Nueva. La fracción del mangle que se encuentra en el cantón de Orotina presenta un buen estado y se debe a que se localiza dentro de la ZP Tivives y en áreas inundables por casi todo el año con suelos muy inestables que dificultan su movilización y acceso. En las zonas aledañas a los mangles predomina la especie *Capparis spp* y una gran cantidad de plantas trepadoras y en su periferia se localizan una gran cantidad de terrenos dedicados al cultivo de melón y en menor extensión a la ganadería.

Con relación a la zona protectora Cerro El Chompipe, esta fue creada en 1999 con el fin de proteger la zona de infiltración y las nacientes de abastecimiento de agua potable de las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas del cantón de Orotina. La zona se encuentra cubierta en su totalidad por bosque secundario poco alterado. Durante el recorrido de campo se observó una estación de INCOFER y un tajo en estado de abandono que podrían utilizarse como un atractivo turístico del área, utilizando el acceso al lugar mediante el ferrocarril. Camino a las partes más altas se observan algunas propiedades, pero sin evidencia de perturbación al paisaje de forma significativa.

Las áreas bajo pago por servicios ambientales (PSA) iniciadas en 1997, son incentivos económicos que brinda el Estado Costarricense a través de FONAFIFO a los propietarios y poseedores de bosques y plantaciones forestales por los servicios ambientales que estos proveen y que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente. Estos incentivos nacen como parte del esfuerzo para mitigar la alta tasa de deforestación que ha venido presentándose en el país.

En la tabla 10 se presentan las doce áreas bajo PSA ubicadas dentro de la cuenca del Río Jesús María las que suman un total de 346,6 ha, seguido de las áreas que bordean los límites hidrográficos de la cuenca. Las áreas bajo PSA se encuentran bajo la modalidad de protección de bosque, reforestación y sistemas agroforestales (especies forestales combinadas con cultivos y ganadería).

Tabla 10. Áreas bajo PSA dentro de la cuenca del Río Jesús María y fuera de sus límites hidrográficos

| Contratos / año | Beneficiarios | Área en m ² , que representa en la cuenca | ha | Ubicación en la cuenca |
|--|---|--|--------------|------------------------|
| SJ-01-22 -0046-2009 | Inversiones Piedra de Fuego EB s.a. | 9077,1 | 0,9 | Parte media-alta |
| SJ-01-222-0107-2009 | Desarrollos Forestales del Maderal S.A. | 800431,7 | 80,0 | Parte media |
| SJ-01-23 -0152-2009 | El Juche S.A. | 192707,0 | 19,3 | Parte baja |
| SJ-01-22 -0145-2008 | Carranza Vargas Miguel Ángel | 466481,1 | 46,6 | Parte alta |
| SJ-01-22 -0095-2008 | Claudio Carvajal Fincas Ecológicas de CR S. | 11346,7 | 1,1 | Parte alta |
| SJ-01-23 -0159-2007 | Salas León Elizabeth | 312643,7 | 31,3 | Parte baja |
| SJ-01-23 -0173-2007 | Huertas Carvajal Xinia Patricia | 36607,8 | 3,7 | Parte baja |
| SJ-01-23 -0124-2006 | Bersus S.A. | 713719,8 | 71,4 | Parte media-baja |
| SJ-01-23 -0129-2006 | Chava Johy S.A. | 29250,7 | 2,9 | Parte alta |
| SJ-01-23 -0127-2006 | Hernández Campos Flor Eugenia | 27315,5 | 2,7 | Parte alta |
| SJ-01-23-0196-2006 | Salas Umaña Olman Gerardo | 619414,4 | 61,9 | Parte baja |
| SJ-01-20-0202-2006 | Vargas y Espinoza S.A. | 235297,6 | 23,5 | Parte media |
| TOTAL | | | 345,6 | |
| Fuera de los límites de la cuenca | | | | |
| SJ-01-22 -0096-2008 | Claymer S.A. | 2146431,1 | 214,6 | |
| SJ-01-22 -0240-2008 | Guevara Guth y Asociados S.A. | 430320,2 | 43,0 | Fuera de los |
| SJ-01-22 -0095-2008 | Claudio Carvajal Fincas Ecológicas de CR S. | 1077685,4 | 107,8 | límites o bordes |
| SJ-01-22 -0046-2009 | Inversiones Piedra de Fuego EB s.a. | 5530210,9 | 553,0 | hidrográfico de la |
| SJ-01-23 -0030-2008 | Hacienda Yanaira S.A. | 876232,4 | 87,6 | cuenca del Río |
| SJ-01-20 -0191-2007 | Grupo Estrella de Esparza Lev y Ar S.A. | 812805,8 | 81,3 | Jesús María |
| SJ-01-22 -0296-2007 | Simalsa S.A. | 5152762,4 | 515,3 | |

Fuente: FONAFIFO

En cuanto a la tala ilegal, la tabla 11 muestra un resumen de las denuncias recibida por la fiscalía durante los periodos 2003-2007 en Esparza y Orotina, en temas relacionados con la deforestación (tala ilegal), infringiendo la Ley No. 7575.

Tabla 11. Denuncias recibidas por las fiscalía de Esparza y Orotina en temas relacionados con la deforestación, para el periodo 2003 al 2007

| Año | Lugar | Tipo de delito denunciado | Infracción de la ley | Observaciones |
|------|-------------------------------------|---|--|-------------------|
| 2003 | Coyolar | Tala ilegal | Infracción a la Ley 7575 | --- |
| 2004 | Entre Ceiba y Bajamar | --- | --- | --- |
| | --- | Tala ilegal | Infracción a la Ley 7575 | Un árbol Cocobolo |
| 2005 | Hacienda Vieja | Tala ilegal | Infracción a la Ley 7575 | --- |
| | Ceiba | Tala ilegal | Infracción a la Ley 7575, 7371, Ley de Vida Silvestre, Ley de Geología y Minas y Ley de Suelos | --- |
| 2006 | Orotina centro | Corta de bosque, aplicación de herbicida, afectación de nacientes y quebradas | Infracción a la Ley 7575 | --- |
| | Mastate | Tala ilegal | Infracción a la Ley 7575 | --- |
| | Ceiba | Tala ilegal de aserrín | Infracción a la Ley 7575 | --- |
| 2007 | Santa Rita, Coyolar | Tala ilegal | Infracción a la Ley 7575 | --- |
| | Intersección Caldera, Jacó, Orotina | Tala ilegal | Infracción a la Ley 7575 | --- |

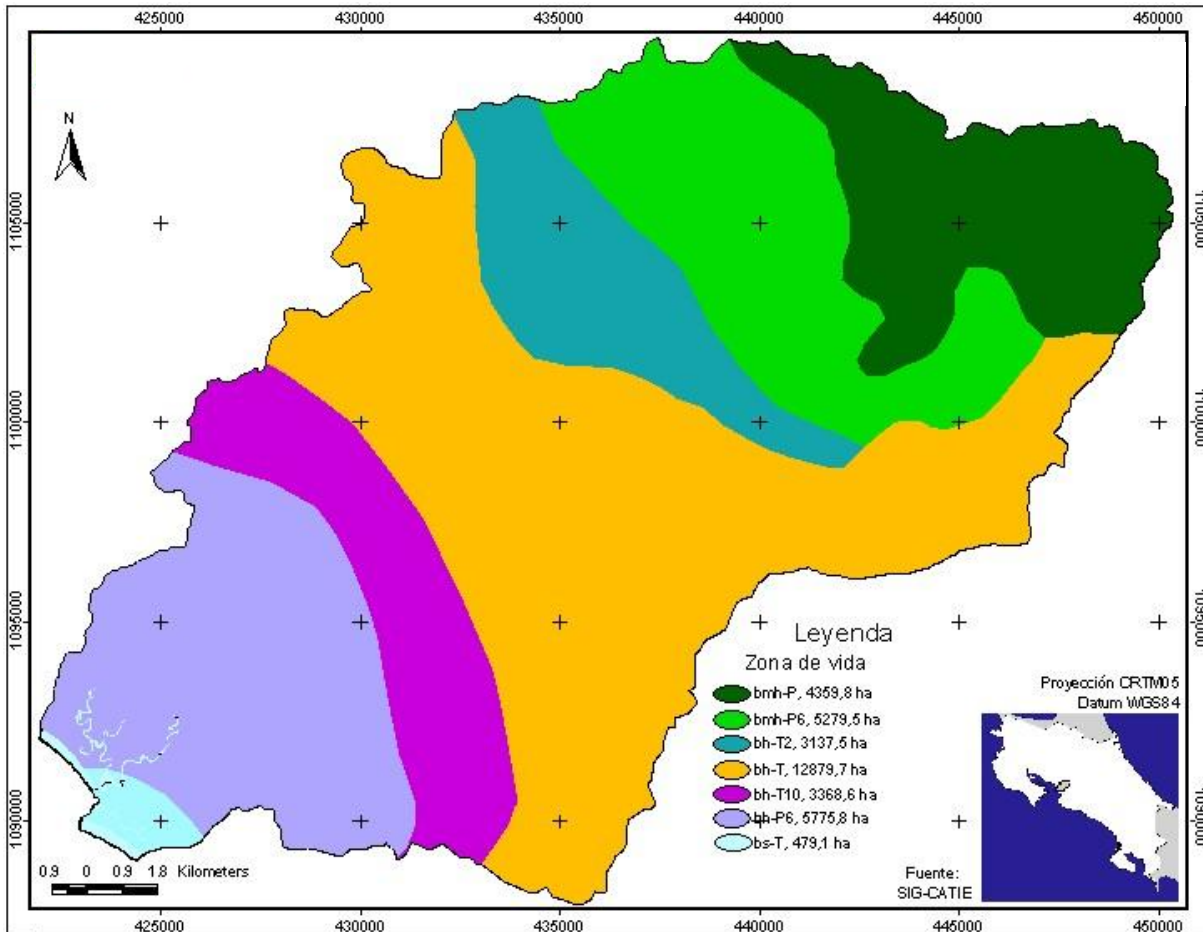
Fuente: Oficina sub regional Esparza-Orotina

I-1.2.8 Zonas de vida

La zona de vida es un conjunto de ámbitos específicos constituido por variables como temperatura, precipitación y humedad, las cuales caracterizan una condición ambiental particular para un área geográfica determinada (Holdrige 2000). En la cuenca se distinguen siete zonas de vida: 1) bosque húmedo premontano (bmh-P); 2) bosque muy húmedo premontano transición a basal (bmh-P6); 3) bosque húmedo tropical de transición a per húmedo (bh-T2); 4) bosque húmedo tropical (bh-T); 5) bosque húmedo tropical de transición a seco (bh-T10); 6) bosque húmedo premontano de transición a Basal (bh-P6); y 7) bosque seco tropical (bs-T) (Mapa 14).

En cuanto al bosque húmedo tropical representa las mayores áreas en la cuenca. Los periodos de bajas precipitaciones abarcan los meses de diciembre hasta abril, siendo el periodo seco un poco más favorable que en el bosque seco tropical. En la cuenca esta zona comprende parte del cantón de Orotina, Esparza y San Mateo con altitudes inferiores a los 400 msnm.

El bosque seco tropical como segunda zona de vida de mayor superficie en la cuenca, presenta un periodo seco que se extiende normalmente de la segunda quincena de noviembre hasta el mes de mayo. En esta zona predomina el cultivo de melón y mango con considerables.



Mapa 14. Zona de vida de la cuenca del Río Jesús María

I-1.2.9 Síntesis interpretativa de las características biofísicas

La cuenca del Río Jesús María comprende 352,8 km² de acuerdo a CADETI (2004) concierne a la cuenca con los mayores niveles de degradación de tierra. Presenta un índice de forma $F = 0,35$, un coeficiente de Gravelius $k = 1,5$ (forma alargada), un coeficiente de masividad de 0,8 m/km² y orográfico de 4. Se distinguen 7 subcuencas y 202 microcuencas, la altitud varían de 0 a 1440 msnm, presenta 1558 cauces distribuidos en 6 órdenes de drenaje que suman una longitud total de 697,5 km. La precipitación media es de 2780 mm/año, con variaciones de 2200 a 3300 mm/año, una temperatura media de 24,8 °C, brillo solar de 6 horas por día, una velocidad del viento de 4,8 km/h, humedad relativa de entre 71,5 a 86,4%. La pendiente es moderadamente plana (poco accidentada) y en la parte alta predominan las escarpadas, los suelos son de textura media (arenoso limoso o franco arcillo arenoso) y generalmente degradados por el mal uso (ganadería), presenta una cobertura o uso actual de 37,3% de pasto con árboles disperso y 22,3% de bosque secundario intervenido.

La clase VIII es la predominante con 34,4% del área total, entre las principales amenazas naturales prevalece la inundación en la parte baja (Tivives) y el deslizamiento lateral. Tiene dos zonas protegidas (ZP Tivives y Cerro Chompipe), doce áreas bajo PSA y existen casos de denuncias por tala ilegal.

I-1.3 Caracterización socioeconómica

Una población está sujeta a cambios. Dichos cambios se generan por procesos de entrada y salida. El número de personas que reside en un determinado cantón puede decrecer, mantenerse constante o incrementarse como resultado de estos cambios. El estudio de los procesos de entrada y salida, permite comprender las relaciones entre ellos, cuantificar sus niveles y determinar su impacto sobre el estado poblacional.

Es importante considerar otros determinantes que pueden afectar directa e indirectamente estos procesos de entrada y salida los cuales pueden ser de orden social, cultural, económico y biológico, pero los cambios ocurridos por la dinámica demográfica, entre otras cosas demandan: 1) planificación de nuevos programas de salud, educación, seguridad, medio ambiente, etc.; 2) evaluación del impacto de los programas existentes; 3) distribución equitativa de los recursos; 4) identificación de problemas y necesidades futuras; 5) identificación del potencial de las localidades para el mercado de bienes y servicios; entre otros. La caracterización socioeconómica del presente Plan de Manejo se basa en la descripción de la población estática de los distritos y comunidades que se encuentran inmersa en los límites hidrográficos de la cuenca del Río Jesús María.

I-1.3.1 Demografía

La población de la cuenca del Río Jesús María está constituida por 11933 habitantes asentados en los pueblos y comunidades de los siguientes cantones y distritos (Tabla 12).

Tabla 12. Cantones, distritos, pueblos y comunidades de la cuenca del Río Jesús María

| Cantones | Distritos | Pueblos o comunidades | Población por distritos |
|---|-----------------|--|-------------------------|
| Esparza | Macacona | Paraíso, San Roque, Macacona y Guapinol | 835 |
| | San Juan Grande | San Juan Chiquito, San Juan Grande, El Jocote, Jesús María y Cuesta Jocote | 1302 |
| | San Rafael | Guadalupe, Facio (Salitral), San Rafael, Llanada del Cacao, El Barón, Alto Corteza y Maratón | 438 |
| Población en la cuenca del cantón de Esparza | | | 2575 |
| Orotina | Ceiba | Machuca, Matamoros, Uvita, Hidalgo, Cascajal, Kilometro 81, Ceiba, Guácimo, La Quesera, Las Juntas y Cuesta Pitahaya | 510 |
| | Coyolar | Coyolar, Pozón, Limonal, Guápiles, Santa Rita, Piedras de Fuego y San Jerónimo | 1165 |
| | Hacienda Vieja | Hacienda Vieja y Marichal | 320 |
| | Mastate | Guayabal, Cuatro Esquinas Este y Mastate | 507 |
| | Orotina | Cuatro Esquinas Norte, Kilometro y Esperanza | 2432 |
| Población en la cuenca del cantón de Orotina | | | 4934 |
| San Mateo | Desmonte | Zapote, Quebrada Honda, Estanquillo, Libertad (Helados), Patio de Agua, Desamparados y Sacra Familia | 231 |
| | Jesús María | Jesús María, Labrador, Poza Redonda y Quinta | 660 |
| | San Mateo | Calera, San Juan de Dios, Dulce Nombre, Maderal, Higuito, Centeno, Ramadas, San Mateo, Izarco y Hacienda los Ángeles | 866 |
| Población en la cuenca del cantón de San Mateo | | | 1757 |
| San Ramón | San Rafael | Llano Brenes, Calera, Berlín, Alto Llano y Chavarria | 367 |
| | Santiago | Angostura | 599 |
| Total población en la cuenca Cantón San Ramón | | | 966 |
| Garabito | Tárcoles | Bellavista, Tivives, Peñón de Tivives | 1701 |
| Población en la cuenca del cantón Garabito | | | 1701 |
| Población total de la cuenca del Río Jesús María | | | 11933 |

La poca oferta laboral permanente y las escasas alternativas de desarrollo personal para los pueblos y comunidades de la cuenca provocan una alta tasa de emigración de la población económicamente activa (PEA), no solo hacia los polos de desarrollo regionales, sino también hacia el extranjero. Paradójicamente, la cuenca es receptora de mano de obra migrante procedente principalmente de Nicaragua en determinadas épocas del año para emplearse en las actividades de la zafra y recolección de productos como café y frutas (sandía, melón, mango, entre otros).

El área de la cuenca experimenta flujos migratorios importantes relacionados principalmente con el empleo de la mano de obra, que se torna difícil de cuantificar, así como el impacto social en la zona. Según datos del censo del 2000, existía en Orotina un flujo migratorio total de 3226 personas de las cuales 1837 eran inmigrantes internos, 1135 emigrantes internos y 254 inmigrantes extranjeros, principalmente nicaragüenses la mayoría de los ellos varones.

Actualmente la cuenca sufre fuertes presiones de inversionistas en bienes raíces, lo cual también es un reflejo directo en la migración hacia polos urbanos y al cambio de actividad de trabajo de muchos de los residentes (Foto 5).



Foto 5. Crecimiento de bienes raíces en la parte media de la cuenca del Río Jesús María

I-1.3.2 Salud y seguridad social

En el área de la cuenca existen establecimientos básicos para la atención integral de la salud como son las clínicas de la CCSS y los EBAIS. El personal de servicios de salud, está formado por grupos de profesiones ubicados en el centro de salud de San Mateo con 23 médicos en funciones administrativas, 1 médico en funciones sanitarias, 12 odontólogos, 3 farmacéuticos, 3 microbiólogos, 2 psicólogos y 2 profesionales en enfermería.

Algunos indicadores básicos de la salud de los habitantes del cantón de San Mateo a partir del 2008, indican un total de 66 nacimientos infantiles, una tasa de natalidad de 11,4, ninguna defunción infantil y 28 defunciones totales con una tasa de mortalidad general de 48 por cada 1000 habitantes (Ministerio de Salud 2009).

El cantón de Esparza ocupaba en el 2007 el lugar número 26 en el Índice de Desarrollo Social (IDS) de los 81 cantones de Costa Rica con un valor de 56,1, siendo el mejor calificado de la provincia de Puntarenas y el segundo de toda la costa Pacífica. Se mejoró la posición de 30 en el 2000 a 26 en el 2007. Este índice de Desarrollo Social se compone de índices en salud, educación, economía y participación. En el caso de Esparza los índices de salud y educación son muy altos (73,3 y 53,6 respectivamente). El índice económico es bajo (22,4), pero aún así superior a sus cantones vecinos; ello hace que el cantón tenga un IDS que lo ubica en una buena posición en comparación a sus vecinos (San Ramón y San Mateo) y otros cantones costeros del Pacífico Central.

I-1.3.3 Educación

En el cantón de Esparza el analfabetismo alcanza el 11,9%. Existen en total 32 escuelas de las cuales, 29 son públicas y 2 privadas, así como 19 centros de educación preescolar (17 públicos y 2 privados). Hay también 5 colegios (3 públicos y 2 privados) y 1 universidad.

En el cantón de Orotina existían en el 2007, 13 centros de educación preescolar, 15 escuelas y 4 colegios con una matrícula en preescolar de 423 niños, 2302 en educación inicial primaria y 1528 en inicial secundaria.

En San Mateo existían en el 2007, 5 centros de educación preescolar, 10 escuelas primarias y 3 colegios. La matrícula en preescolar era de 106 alumnos, en inicial primaria era de 529 y en inicial secundaria de 456 alumnos.

En términos generales la educación primaria está asegurada para todas las comunidades de la cuenca, debido a que la cobertura es del 100% con buenas opciones para la continuación de estudios a nivel de secundaria y algunas oportunidades de educación universitaria.

I-1.3.4 Vivienda

La problemática de la vivienda en la región del Pacífico Central se puede expresar en términos de:

- ⇩ Número y porcentaje de viviendas con problemas de hacinamiento, que son aquellas que tienen una relación de más de tres personas por aposento de uso exclusivo para dormir.
- ⇩ Faltante natural de viviendas, que se determina por la diferencia entre el número de hogares y el número de viviendas ocupadas.
- ⇩ Déficit habitacional, que se estima considerando el faltante natural de viviendas respecto al número de hogares más el total de viviendas malas y aquellas que presentan situación de hacinamiento.

En la siguiente tabla se presenta el desarrollo de esta problemática correspondiente a los periodos 2001 al 2008.

Tabla 13. Indicadores de la problemática de vivienda en la región Pacífico Central 2001-2008

| Indicador | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Viviendas con problemas de hacinamiento (No.) | 5149 | 4402 | 3929 | 3836 | 4319 | 3443 | 4551 | 4154 |
| Viviendas con problemas de hacinamiento (%) | 8,9 | 7,7 | 7,6 | 7,2 | 9,2 | 6,7 | 9,5 | 8,6 |
| Faltante natural de viviendas (No.) | 360 | 873 | 778 | 563 | 829 | 335 | 488 | 1,4 |
| Faltante natural de viviendas (%) | 4,9 | 7,1 | 7,1 | 4,4 | 4,7 | 2,8 | 3,0 | 7,9 |
| Déficit habitacional (No.) | 13325 | 14760 | 16271 | 15229 | 16782 | 10344 | 13346 | 14550 |
| Déficit habitacional (%) | 8,1 | 8,2 | 8,0 | 7,2 | 8,4 | 6,0 | 7,6 | 8,3 |

Fuente: Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, Costa Rica 2009

La relación entre el número total de viviendas con y sin acceso a electricidad varía en los diferentes cantones involucrados en la cuenca. Así, en el cantón de Orotina se registra un total de 5671 viviendas, de las cuales 4554 tienen acceso a electricidad, mientras que en el cantón de San Mateo existían en el 2007 un total de 1884 viviendas de las cuales 1556 contaban con acceso a electricidad. En este caso el consumo total de electricidad fue de 6.788.520,0 kwh y el consumo promedio de electricidad fue de 1.166,0 kwh/habitante.

I-1.3.5 Infraestructura vial y de transporte

Según al Programa Multifase de Desarrollo Sostenible en las regiones Pacífico Central y Brunca (s.f.), la red vial nacional existente en la región Pacífico Central consta de algo más de 700 km de extensión, la red vial cantonal es de 2166 km de extensión lo que indica relaciones relativamente altas con respecto a la superficie (851 km de red/1000 km²) y en relación a la población (12,7 km de red/1000 habitantes).

Esta red cuenta con dos carreteras troncales que atraviesan la región de este a oeste; el Corredor Central y el Corredor de San Ramón, que comunican la zona con San José y el Atlántico y de norte a sur al Corredor del Pacífico que atraviesa la zona, conectando los principales núcleos costeros. A esta red principal se le suman las rutas de conexión de carácter secundario y una diversidad de caminos vecinales que terminan de completar la malla de red vial terrestre.

El Corredor San Ramón comunica Puntarenas con San José a través de Barranca, Esparza y San Ramón. La RN 17 comprende el tramo que va de Puntarenas a Barranca, donde entronca con la CA1 que llega hasta San José. Es la vía con mayor demanda de tránsito hacia y desde el Pacífico, utilizada tanto por el transporte de mercancías como de pasajeros. Su estado de conservación es bueno con algunos tramos en regulares condiciones. Casi la totalidad de su extensión presenta una sección de un carril por sentido, salvo el tramo que va desde Chacarita hasta Barranca que está conformado por una vía de dos carriles por sentido con una separación central por donde circulaba el ferrocarril. La carretera alcanza un nivel de congestionamiento elevado en horas punta.

El Corredor Central es la vía natural y de menor recorrido para llegar a la región desde San José. El recorrido va desde Puerto Caldera hasta San José pasando por Orotina y Ciudad Colón. Con la conclusión del proyecto se cuenta con una vía moderna, rápida y de alta capacidad, lo que reduce considerablemente el tiempo de viaje hacia el Pacífico Central.

El Corredor del Pacífico conecta la frontera norte del país “Peñas Blancas” con la frontera sur “Paso Canoas”. El recorrido comprendido dentro de la región está conformado por la CA1 que va desde Yomale hasta Barranca; Barranca - Coyolar, RN 23, Coyolar-PROGRAMA MULTIFASE DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN LAS REGIONES PACÍFICO CENTRAL Y BRUNCA Dominical, RN 34. Se trata de un Corredor que une la región de norte a sur por la franja costera. Es la vía principal de comunicación terrestre a la parte sur de la región y del país, cuenta con un carril por sentido y un segundo carril en algunas cuestas. Su estado de conservación es bueno, salvo el estado de varios puentes que necesitan ser rehabilitados o cambiados, ya que se trata de estructuras de tipo Bailey con una antigüedad considerable y de un solo sentido. Desde Quepos hasta Dominical se encuentra sin asfaltar y su estado es malo, lo que limita los recorridos.

La red de carreteras se completa con la red vial cantonal, comprendida por los caminos vecinales y vías urbanas. La responsabilidad de su proyección, construcción y mantenimiento es de las municipalidades que cuentan con el apoyo del MOPT, la cual brinda asesoría, recursos económicos y materiales. En los proyectos que se realizan, las municipalidades aportan los materiales y el MOPT se encarga proveer maquinaria, diseño y el resto de tareas. La selección de proyectos se decide en las Juntas Viales y se establece un plan operativo anual. El estado de conservación de estas vías es regular, generalmente están en peores condiciones las vías interiores que discurren por la accidentada geografía local, que las que se encuentran en zonas planas y cercanas a la costa, aunque estas también presentan problemas de anegamiento en la época de lluvias.

En cuanto a la accesibilidad regional a los centros de consumo y al origen de los visitantes, la región metropolitana de San José es el principal centro de consumo y es el punto de origen de la mayor parte de los visitantes de la región Pacífico Central. Por esta razón, la accesibilidad a la región Pacífico Central se vuelve un aspecto clave para el desarrollo local.

Para la región Pacífico Central, los tiempos de viaje indican una accesibilidad relativamente buena en tiempo de viaje, salvo el caso de las poblaciones de la Península de Nicoya. Sin embargo, los tiempos de viaje se ven incrementados por el congestionamiento excesiva que sufre el Corredor San Ramón y las condiciones actuales de reparaciones y mantenimiento de la carretera San José-Caldera. En cuanto a la movilidad interior fuera de la red principal de carreteras, la comunicación depende de la red de caminos comunales que en su mayor parte presentan problemas de mantenimiento y falta de infraestructuras menores, como vados, drenajes y pequeños puentes.

La red vial del cantón de Orotina alcanza una longitud de 158,8 km mientras que en el cantón de San Mateo, la longitud de la red vial es de 145 km, y en el cantón de Esparza se tienen 37 km de carreteras asfaltadas y 241 km de carreteras sin pavimentar.

I-1.3.6 Uso del agua y contaminación

Todas las comunidades de la cuenca poseen el servicio de agua para consumo humano, existen alrededor de 35 acueductos y aproximadamente 675 pozos (Registro de SENARA, MINAET, AyA y IDA) de diversos usos (doméstico, de riego, abrevadero, de abastecimiento público y agroindustrial).

El sistema de red de alcantarillados, tratamientos y uso de aguas negras residuales es nulo, tanto en las comunidades rurales como en las principales ciudades de los distritos dentro de la cuenca, lo que implica la existencia de diversas formas de contaminación ambiental.

Para los cantones de San Mateo, Esparza y Orotina; cantones que corresponden a los principales involucrados en la cuenca del Río Jesús María, según extensión superficial se presenta para cada uno la proyección del balance hídrico del 2003 hasta el 2025 por Sánchez (2009) en su informe titulado “*Diagnóstico de Sistemas de Agua Potable: Programa Nacional 2002-2004*”.

Tabla 14. Comportamiento proyectado del balance hídrico en los cantones de San Mateo, Esparza y Orotina durante el periodo seco (verano) y el periodo lluvioso (invierno)

| Variables / año | 2003 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Cantón de San Mateo | | | | | | |
| Población cubierta | 2725 | 2832 | 3112 | 3411 | 3730 | 4073 |
| Dotación (lppd) | 358,8 | 328,8 | 328,8 | 305,3 | 305,3 | 305,3 |
| Demanda promedio invierno (l/s) | 11,3 | 10,8 | 11,8 | 12,0 | 13,2 | 14,4 |
| Demanda promedio verano (l/s) | 11,3 | 11,8 | 12,9 | 14,2 | 15,5 | 16,9 |
| Capacidad máxima instalada invierno (l/s) | 11,7 | 11,7 | 11,7 | 11,7 | 11,7 | 11,7 |
| Capacidad máxima instalada verano (l/s) | 11,7 | 11,7 | 11,7 | 11,7 | 11,7 | 11,7 |
| Cantón de Esparza | | | | | | |
| Población cubierta | 15413 | 16216 | 18351 | 20691 | 23269 | 26122 |
| Dotación (lppd) | 516,9 | 466,9 | 427,9 | 395,0 | 366,8 | 342,4 |
| Demanda promedio invierno (l/s) | 92,2 | 87,6 | 90,9 | 94,6 | 98,8 | 103,5 |
| Demanda promedio verano (l/s) | 92,2 | 97,0 | 109,8 | 123,8 | 139,2 | 156,3 |
| Capacidad máxima instalada invierno (l/s) | 115,1 | 115,1 | 115,1 | 115,1 | 115,1 | 115,1 |
| Capacidad máx. instalada verano (l/s) | 105,7 | 105,7 | 105,7 | 105,7 | 105,7 | 105,7 |
| Cantón de Orotina | | | | | | |
| Población cubierta | 6555 | 6760 | 7301 | 7885 | 8516 | 9197 |
| Dotación (lppd) | 528,4 | 426,2 | 387,5 | 355,2 | 327,9 | 304,4 |
| Demanda promedio invierno (l/s) | 40,1 | 33,3 | 32,7 | 32,4 | 32,3 | 32,4 |
| Demanda promedio verano (l/s) | 40,1 | 41,4 | 44,7 | 48,3 | 52,1 | 56,3 |
| Capacidad máxima instalada invierno (l/s) | 68,3 | 68,3 | 68,3 | 68,3 | 68,3 | 68,3 |
| Capacidad máxima instalada verano (l/s) | 52,9 | 52,9 | 52,9 | 52,9 | 52,9 | 52,9 |

Fuente: Sánchez 2009

Con base en el Decreto N°32327-S del 2005, sobre el reglamento para la calidad del agua potable de Costa Rica se realizó una comparación no paramétrica de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en los sistemas de abastecimiento de agua potable, correspondiente a las fuentes (pozos, nacientes y quebradas) y la red de distribución, según los datos del laboratorio de AyA, sede Esparza (detalles Anexo 1 y 2) para todos los distritos ubicados en la cuenca. Los datos corresponden específicamente a los cantones de Esparza, San Mateo y Orotina, la cual se detalla a continuación.

Respecto a los resultados del análisis de alcalinidad total y conductividad para las poblaciones de la cuenca del Río Jesús María, los distritos Ceiba y San Juan Grande presentan valores a ser considerados en cuanto a la alcalinidad, igualmente sucede con la conductividad, no obstante, ambos parámetros están por debajo del valor normado. Esta conductividad puede verse reducida como producto de la dilución por las lluvias y la disminución en la concentración de los sólidos. De manera general todos los distritos presentan valores por debajo de lo establecido en la norma (Figura 11).

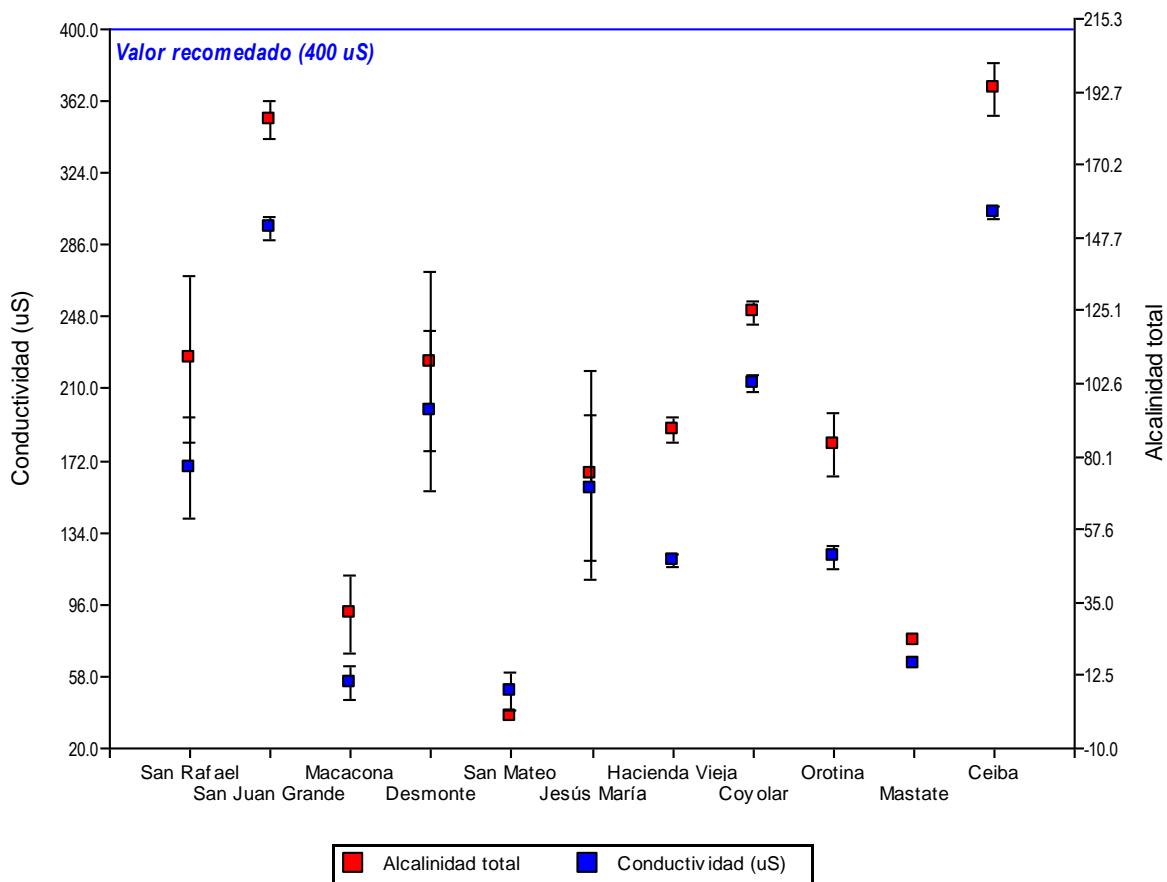


Figura 10. Comportamiento de los parámetros alcalinidad total y conductividad (uS) en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María
Fuente: laboratorio AyA, sede Esparza

Con relación al análisis de turbiedad los distritos Macacona, Desmontes, Jesús María y Coyolar, presentan niveles de turbidez por encima de la norma (< 1), y el resto de distritos muestran valores dentro de los límites permisibles. Con relación al parámetro pH, solo los distritos Macacona, San Mateo y Jesús María se encuentran dentro de los límites de la norma (6,5), el restante exponen valores por encima de este límite. De manera general los menores valores de pH (distrito San Mateo), además de su dilución se deben al arrastre de materia orgánica y mineral producto de la escorrentía superficial característica de la época lluviosa, la cual al descomponerse genera ácidos húmicos que disminuyen el pH en el agua.

En cuanto al color verdadero, no se encontró referencias para evaluar su valor y compararlo con lo establecido en el Decreto N°32327-S del 2005 (Figura 12).

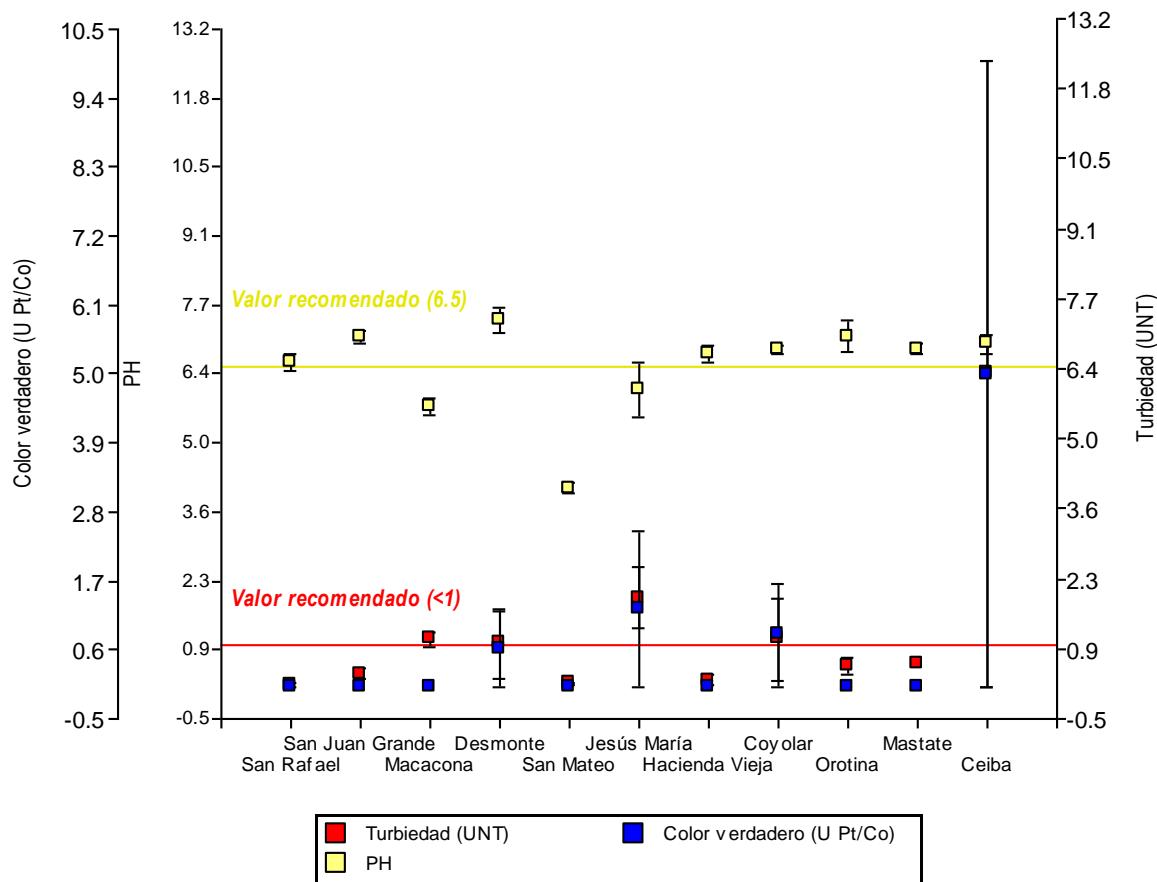


Figura 11. Comportamiento de los parámetros turbiedad (UNT), color verdadero (U pt/Co) y PH en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María
Fuente: laboratorio AyA, sede Esparza

En lo que concierne al cloro residual está presente en todos los distritos, pero en los distritos Jesús María y Hacienda la Vieja, los valores se encuentran por encima del límite máximo admisible con 0,3 mg/l, por lo tanto, las poblaciones deberían tomar medidas correctivas y recibir la atención inmediata de las instituciones pertinentes (ASADAS, AyA y Ministerio de Salud) para afrontar esta problemática. El resto de los distritos presentan valores por debajo de lo máximo admisible, lo que no los exime de recibir la atención y el monitoreo sistemático adecuado.

En relación al índice de saturación se muestra igual en todos los distritos a excepción del distrito San Mateo que tiene un nivel muy bajo, no pudiéndose efectuar una comparación numérica con dicho parámetro por no contar con los límites de referencia en el Decreto N°32327-S del 2005 del reglamento de la calidad del agua (Figura 13).

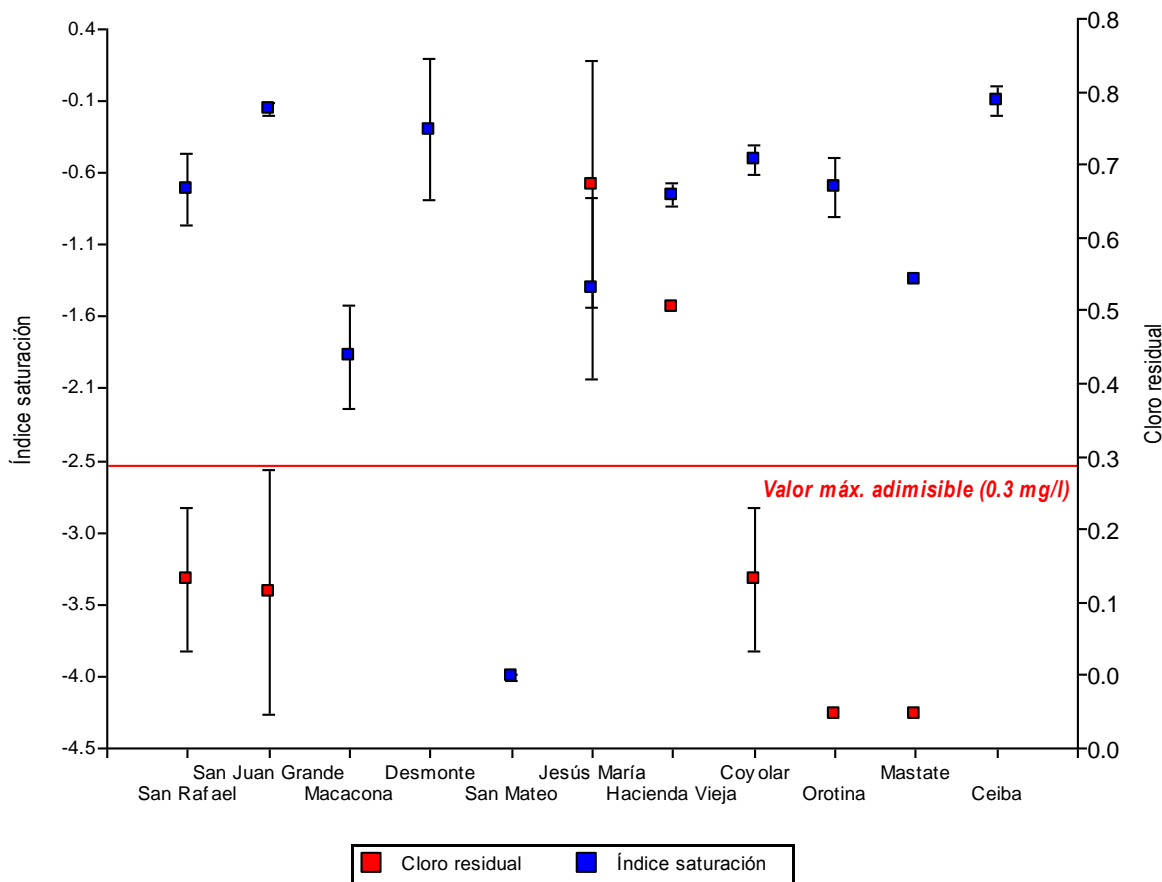


Figura 12. Comportamiento de los parámetros cloro residual y saturación en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María
Fuente: laboratorio AyA, sede Esparza

El parámetro dureza total en los distritos San Juan Grande y Ceiba, presentan los valores más altos con respecto a los demás distritos, por lo que se puede clasificar como agua muy dura, aún cuando se encuentran por debajo del límite establecido por la norma (400 mg/l CaCO₃). Esta dureza del agua posiblemente es causada por la presencia de sulfatos, cloruros, nitratos de calcio y magnesio. Ante esta suposición se recomienda efectuar los análisis sistemáticos para cada parámetro.

Respecto a la presencia de hierro en el agua, los distritos Macacona y Hacienda Vieja muestran concentraciones considerables del mineral. En los demás distritos se encuentran concentraciones por debajo del valor máximo admisible en hierro, la misma que es de 300 ug/l (0,3 mg/l). En cuanto a la dureza de calcio y magnesio se puede hacer mención que los valores son semejantes en todos los distritos de la cuenca del Río Jesús María, pero sin sobrepasar el valor máximo admisible (Figura 14).

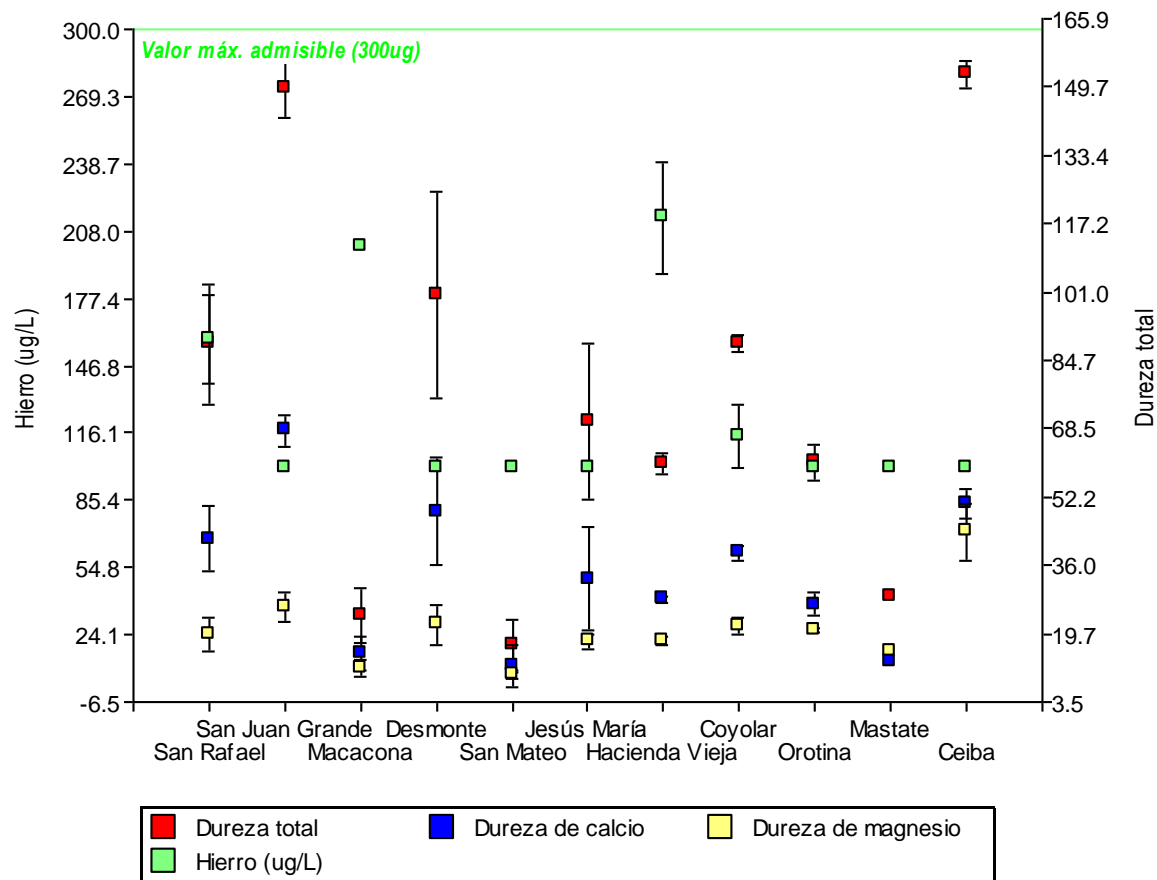


Figura 13. Comportamiento de los parámetros dureza total, dureza de calcio, dureza de magnesio y hierro en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María
Fuente: laboratorio AyA, sede Esparza

Analizando la concentración de fluoruros, sodios y potasio todos los valores en los distritos se encuentran por debajo del valor máximo admisible, que varían de 0,7, 25 y 10 mg/l respectivamente.

Un dato indagador corresponde al de los nitritos que presentan valores justo en el límite del valor máximo admisible (0,1 mg/l) para todos los distritos (Figura 15). En este escenario se recomienda una averiguación prolongada sobre el parámetro (origen, causas, efectos en la población y ambiente, y posibles alternativas de mitigación si se encontrase algún riesgo a la salud en un futuro no muy lejano).

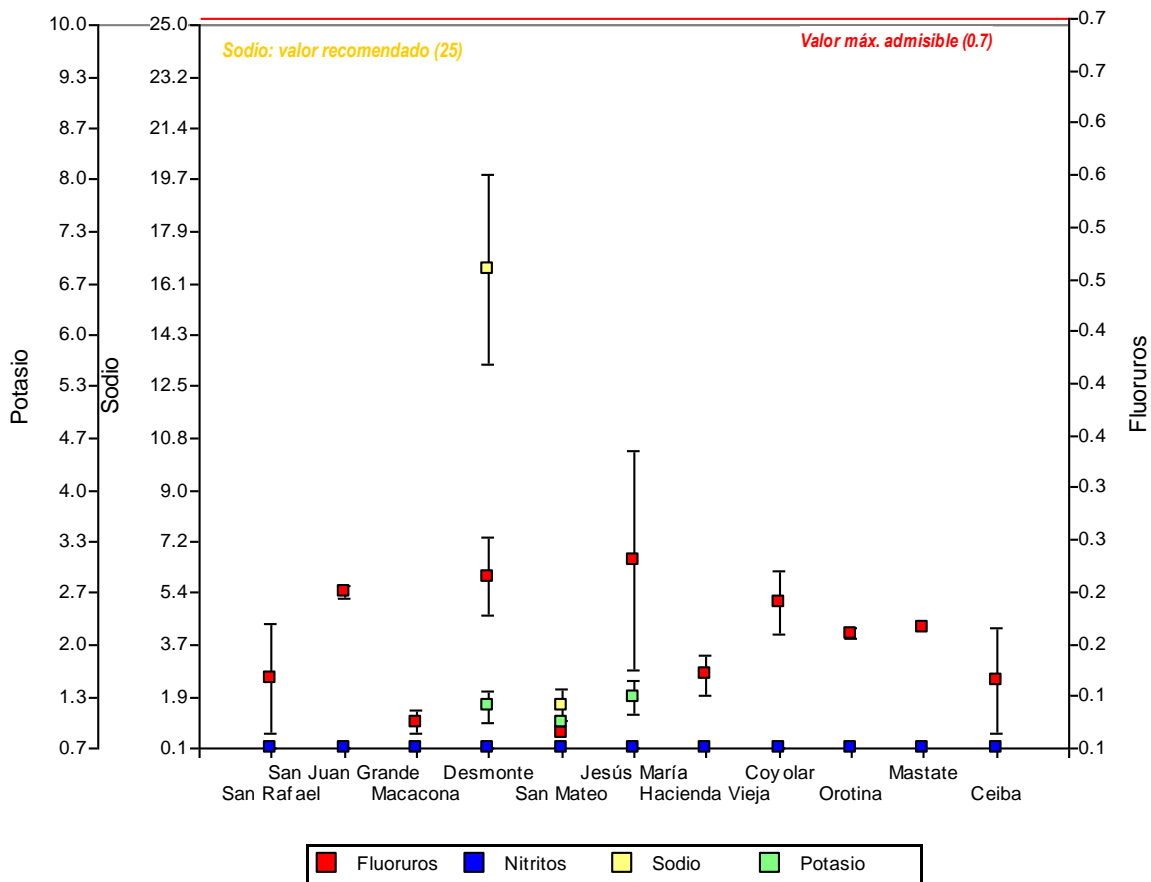


Figura 14. Comportamiento de los parámetros fluoruros, nitratos, sodio y potasio en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María
Fuente: laboratorio AyA, sede Esparza

Los distritos Desmontes y San Mateo presentan los valores más altos de sulfatos con respecto a los demás, no obstante, todos se encuentran dentro de los valores recomendados (25 mg/l), esto aplica también para los demás distritos.

En relación a los cloruros, los valores de cada distrito se encuentran por debajo del recomendado (25 mg/l). Del mismo modo, los nitratos para todos los distritos muestran valores por debajo de lo recomendado por el Decreto N°32327-S del 2005, establecido en el reglamento para la calidad de aguas de Costa Rica. En la cuenca los valores del nitrato tienden a aumentar cuando se inician los temporales de lluvias y luego disminuyen o se estabilizan debido a la dilución de las mismas (Figura 16).

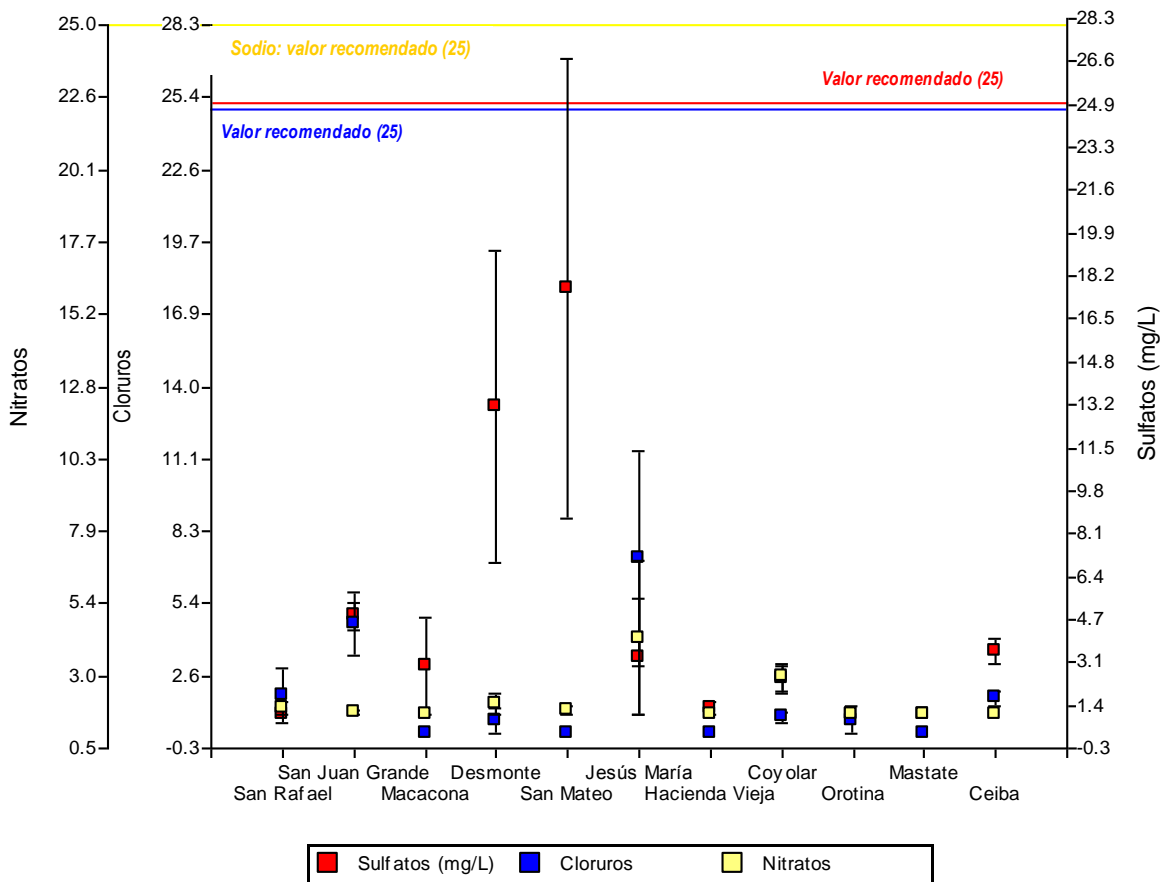


Figura 15. Comportamiento de los parámetros sulfatos (mg/L), cloruros y nitratos en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María
Fuente: laboratorio AyA, sede Esparza

En relación a la presencia de cloro residual, el distrito Hacienda Vieja, para con un pH de 6 - 7 presenta un valor que sobrepasa considerablemente al valor máximo recomendable (0,3 mg/L). El distrito Jesús María muestra un valor cercano a 0,3 mg/L. Otros distritos como San Juan Grande, San Rafael y Coyolar muestran valores relativamente considerables, no obstante, todos los valores a excepción de Hacienda Vieja se encuentran por debajo de lo permisible.

Con respecto al parámetro coliformes fecales, en todos los distritos existe presencia en el sistema de abastecimiento, pero con valores relativamente bajos, no así en el distrito de Macacona donde el valor promedio se encuentra sobre el límite máximo admisible para agua no potable. En lo que concierne al parámetro E. coli, el distrito Desmonte muestra los mayores valores promedios, seguido de Macacona, Mastate, San Rafael y San Mateo, probablemente se deba al origen de las fuentes superficiales de las cuales se abastecen como es el caso de San Mateo y Desmonte. Finalmente, se puede deducir que la contaminación microbiológica en la cuenca es relativamente baja en correlación con la calidad del agua para uso de consumo humano (Figura 17).

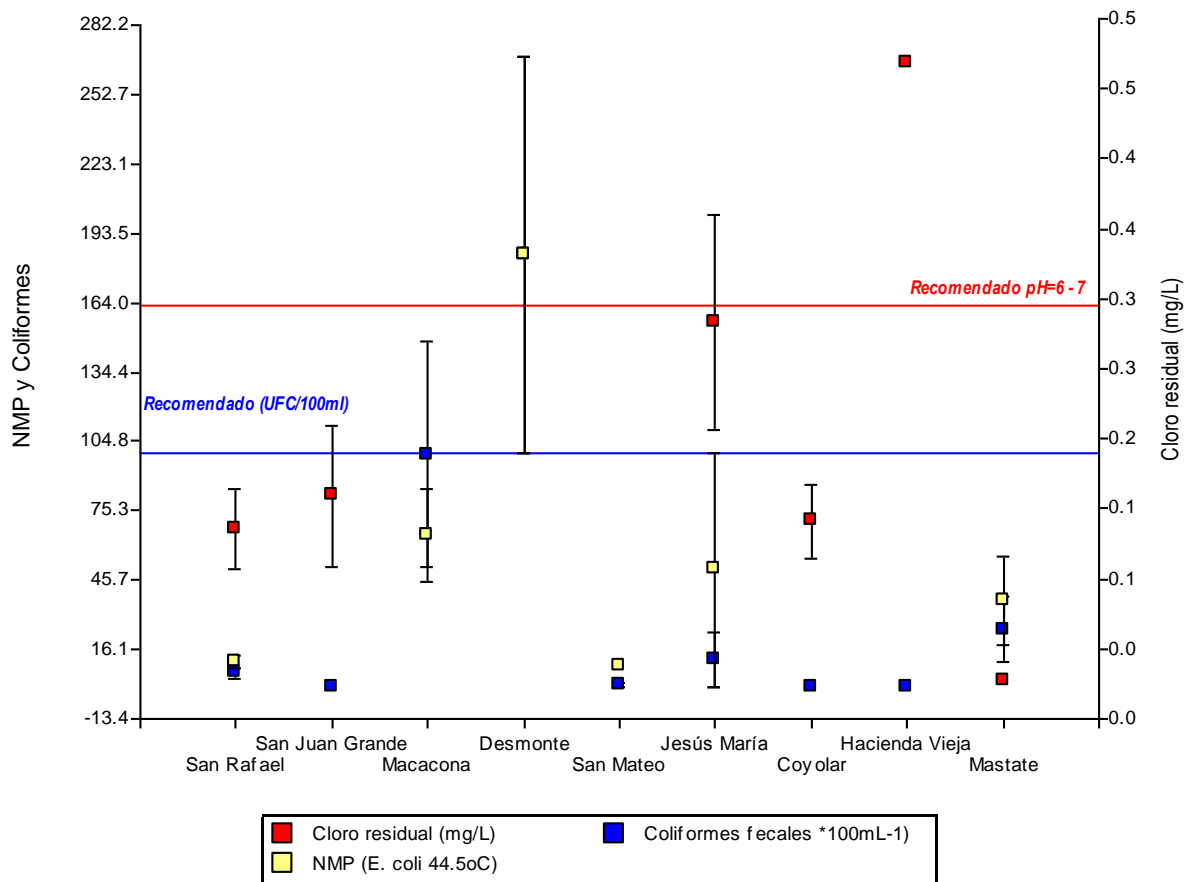


Figura 16. Comportamiento de los parámetros cloro residual (mg/L), coliformes fecales (100 mL⁻¹) y NMP (E. coli 44.5 °C) en los distritos que constituyen la cuenca del Río Jesús María
Fuente: laboratorio AyA, sede Esparza

I-1.3.7 Servicios institucionales

Los servicios institucionales en el área de la cuenca están concentrados en las cabeceras de los cantones principalmente de Esparza, San Mateo y Orotina y en las cabeceras de algunos distritos. En estos centros de población se concentran los servicios administrativos de las instituciones públicas, como los ministerios (MAG, MINAET, Salud, MEP, Ministerio Público, Ministerio de Seguridad y otros entes gubernamentales) e instituciones autónomas y semiautónomas como el ICE, AyA, IDA, INA, Bancos del Sistema Bancario Nacional y otras. Además, los gobiernos locales de estos cantones también participan en la oferta de servicios institucionales básicos para las comunidades (caminos, recolección de basura, mantenimiento de parques, agua potable, entre otros).

Existen múltiples servicios de índole urbano desarrollados por pequeñas empresas de ebanisterías, mecánica automotriz, panaderías, sastrerías, tiendas, bares, restaurantes, pequeños hoteles, artesanías, taxis, veterinarias y comercio en general) y algunas industrias (Alunasa, Fertica, Sardimar, Cerámica Caribe, Zona Franca, Caldera, Trefiladora, Pujol, Ceibo, empacadoras, entre otras).

I-1.3.8 Actividades productivas silvoagropecuarias, industriales, recreativas y comercial

En la cuenca se evidencian un conjunto de actividades productivas, entre las que se destacan: ganadería de carne (Brahman, Nelore, Gir, Indobrazil y otras), café, frutales (mango, cítricos, sandía y melón). En la tabla 15 se muestran las actividades agropecuarias dentro de la cuenca, según su nivel de importancia económica (Cubero 2007).

Tabla 15. Actividades agropecuarias más representativas dentro de la cuenca

| Actividad | Cuenca del Río Jesús María | Nivel de clasificación |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Reforestación comercial | X | Baja |
| Frutales (mango, sandía y melón) | XXX | Alta |
| Café | XX | Media |
| Granos básicos | X | Baja |
| Cucurbitáceas | XX | Media |
| Hortalizas (chile y tomate) | X | Baja |
| Ganadería de doble propósito | XXX | Alta |
| Ganadería de cría y engorde | XX | Media |
| Raíces y tubérculos | XX | Media |

Nota: la cantidad de X indica su importancia económica de la actividad dentro de la cuenca

Como actividad predominante se describe la baja carga animal que oscila entre 0,2 - 2 UA/ha, típica de los productores de la cuenca, la cual se resume en la siguiente tabla.

Tabla 16. Parámetros técnicos que describen la baja producción ganadera de la cuenca del Río Jesús María

| Descripción | Mínimo | Máximo | Promedio |
|----------------------------|--------|--------|----------|
| Producción: tarros/día | 0,5 | 15 | 1,0 |
| Numero de vacas en ordeno | 2,0 | 70 | 10 |
| Parámetros técnicos | | | |
| Carga: UA/ha | 0,3 | 2,0 | 0,8 |
| V. ordeñada/vacas total % | 25 | 70 | 50 |
| Leche, kg/finca/día | 20 | 600 | 40 |
| Leche, kg/vaca/día | 3,0 | 8,0 | 4,5 |
| Leche, kg/ha/día | 0,5 | 5,0 | 1,1 |
| Total de pastos (ha) | 5,0 | 250 | 50 |

Fuente: MAG 2007

Como puntos críticos de la agrocadena de carne se mencionan como temas prioritarios de parte de productores ganaderos lo siguiente: deficiencia en la nutrición animal (energía, proteína y minerales), mala calidad genética de los bovinos, inexistencia de una planificación de fincas acorde a la capacidad de uso de la tierra, inadecuado manejo sanitario de los hatos, poco establecimiento y mal manejo de las pasturas, deficiente nivel organizacional de los ganaderos, administración incorrecta de las fincas y defectuoso manejo productivo y reproductivo del hato.

En lo que concierne a las actividades comerciales, estas han venido surgiendo como una actividad asociada a los principales centros de la población y muy vinculadas al turismo regional de las playas del Pacífico Central. La producción y venta de frutas para consumo local tiene gran importancia en los cantones como Orotina, San Mateo y Esparza. La actividad netamente turística dentro de las cuencas, es en la actualidad incipiente. En resumen la actividad económica en la cuenca está ligada al sector

agropecuario (principalmente la ganadería de carne), seguido del sector servicios y una creciente, pero aún incipiente inversión de bienes raíces (condominios).

En el cantón de Orotina se destacan varias actividades económicas predominantes, que en orden de importancia se mencionan las siguientes: comercio, hotelería y restaurantes, agricultura y ganadería, construcción y la industria manufacturera. En relación al empleo, el 64% de las personas mayores de 12 años se encuentran en el sector terciario, correspondiendo este a todas aquellas actividades relacionadas con servicios públicos y privados (comercio, restaurante y hotelería), seguido por la agricultura y la ganadería (sector primario) con 14% del total de personas ocupadas. Se destaca el papel predominante del empleo de los varones en las actividades productivas, debido a que representan el 76% (3686) del total de la población económicamente activa, mientras que el restante 24% (1173) es asumido por las mujeres. Este comportamiento es evidente tanto a nivel cantonal como a nivel distrital y por comunidades.

En el cantón de Esparza, las principales actividades económicas son la ganadería, agricultura, el comercio local y los servicios. En lo que concierne a la actividad ganadera predomina el ganado vacuno de engorde con sistemas de producción extensivos que están distribuidos por todo el cantón. La pesca se práctica de manera artesanal con sistemas de subsistencia, debido a que los pescadores del cantón no cuentan con las embarcaciones ni aperc de pesca. La extracción y venta al menudeo de moluscos también genera recursos a muchas familias de bajos recursos económicos.

El Plan de Gobierno Local 2010-2016 señala que en Esparza la agricultura se basa en cultivos de clima seco y cálido para zonas bajas, entre los principales se mencionan: mango, aguacate, naranja, papaya, sandía, melón, maíz y caña de azúcar. En los últimos años con la llegada de los cruceros se ha intensificado la producción y venta de artesanía con productos a base de cuero, piedra, madera y telas.

En Esparza hay pocas industrias la más importante en términos de empleo es ALUNASA, seguido de Cerámica Caribe y algunas industrias familiares de quesos en San Jerónimo. También, contribuyen las actividades comerciales de todo tipo principalmente de electrodomésticos, ropas, muebles, joyerías, tecnología y de alimentos. Entre los servicios se destacan: transporte, hotelería, restaurantes, educación, salud, servicios legales y de seguridad (Plan de gobierno local, Esparza 2010-2016).

Las tablas 17, 18 y 19 describen las actividades de las empresas formales y su cantidad por cantón. En la lista no se incluye al cantón de San Ramón, por que los distritos ubicados dentro de la cuenca presentan un bajo crecimiento en esta actividad.

Tabla 17. Empresas formales, según actividad comercial

| Actividades comerciales de las empresas formales | Esparza | San Mateo | Orotina | Garabito |
|--|----------------|------------------|----------------|-----------------|
| Venta de vehículos automotores | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Mantenimiento y reparación de vehículos | 5 | 1 | 4 | 1 |
| Venta al por menor de combustibles para automóviles | 0 | 0 | 2 | 1 |
| Venta al por mayor de materiales de construcción, ferretería, equipos y otros | 4 | 0 | 2 | 4 |
| Venta al por mayor de productos químicos para la industria manufacturera y otras | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Venta al por mayor de fertilizantes, plaguicidas y otros productos | 0 | 0 | 1 | 0 |

| | | | | |
|--|---|---|----|----|
| Venta al por mayor de maquinaria, equipos para la industria, agricultura, construcción y otros | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Pulperías y abastecedores | 0 | 2 | 5 | 10 |
| Venta al por menor de otros productos en almacenes no especializados | 9 | 0 | 2 | 1 |
| Venta al por menor de alimentos, bebidas y tabaco | 0 | 1 | 6 | 3 |
| Venta al por menor de productos farmacéuticos, medicinales, cosméticos y otros | 5 | 0 | 6 | 2 |
| Venta al por menor de productos textiles, prendas de vestir, calzados y artículos de cuero | 2 | 0 | 13 | 18 |
| Venta al por menor de aparatos, artículos y equipos de uso doméstico | 5 | 0 | 1 | 1 |
| Venta al por menor de artículos de ferretería, pinturas y productos de vidrio | 1 | 0 | 4 | 3 |
| Venta al por menor de otros productos en almacenes especializados | 1 | 0 | 3 | 7 |
| Venta al por menor en locales fijos o mercado | 7 | 0 | 7 | 1 |
| Reparación de efectos personales y enseres domésticos | 1 | 0 | 3 | 0 |

Fuente: MAG 2007; ProDUS 2007; Planes Estratégicos Municipales (2011-2015)

Tabla 18. Empresas formales, según actividad del sector servicio

| Actividades del sector servicio de las empresas formales | Esparza | San Mateo | Orotina | Garabito |
|--|---------|-----------|---------|----------|
| Construcción y preparación de terrenos | 0 | 0 | 1 | 4 |
| Construcción de edificios y viviendas | 11 | 2 | 18 | 59 |
| Acondicionamiento de edificios | 0 | 0 | 2 | 7 |
| Hoteles, campamentos y hospedajes temporal | 4 | 0 | 2 | 64 |
| Restaurantes, bares y cantinas | 28 | 1 | 23 | 63 |
| Elaboración y venta de comidas en casas | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Transporte regular de pasajeros por vía terrestre | 4 | 0 | 4 | 3 |
| Transporte no regular de pasajeros por vía terrestre | 1 | 0 | 5 | 0 |
| Transporte de carga por carretera | 2 | 1 | 4 | 0 |
| Manipulación de carga | 3 | 0 | 1 | 1 |
| Actividades de transportes complementarios | 0 | 0 | 1 | 2 |
| Intermediación monetaria | 0 | 10 | 1 | 1 |
| Actividades inmobiliarias realizadas con bienes propios o arrendados | 1 | 10 | 2 | 9 |
| Alquiles de maquinaria y equipo de oficina | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Actividades jurídicas | 3 | 0 | 1 | 2 |
| Actividad de contabilidad, teneduría de libros y auditoría | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Actividades de fotocopias | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Actividades empresariales | 1 | 1 | 2 | 3 |
| Actividad de defensa | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Enseñanza secundaria de formación general | 0 | 0 | 2 | 1 |
| Enseñanza de adultos y otro tipo de enseñanza | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Actividades de hospitales | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Actividades de médicos y odontólogos | 2 | 0 | 4 | 0 |
| Actividades relacionadas con la salud humana | 0 | 0 | 1 | 2 |
| Actividades de otras asociaciones | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Actividades de entretenimiento | 4 | 1 | 4 | 5 |
| Actividades de esparcimiento | 2 | 0 | 2 | 21 |
| Pompas fúnebres y actividades conexas | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Actividades de servicio | 5 | 1 | 5 | 0 |
| Hogares privados con servicios domésticos | 13 | 2 | 7 | 2 |

Fuente: MAG 2007; ProDUS 2007; Planes Estratégicos Municipales (2011-2015)

Tabla 19. Empresas formales, según actividad industrial

| Actividades industriales de las empresas formales | Esparza | San Mateo | Orotina | Garabito |
|--|---------|-----------|---------|----------|
| Producción, procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Elaboración de productos de molinería | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Elaboración de productos de panadería | 0 | 0 | 2 | 6 |
| Elaboración de otros productos alimenticios | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Elaboración de bebidas no alcohólicas producción de aguas minerales | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Acabados de productos textiles | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Aserraderos y acepilladura de madera | 2 | 0 | 1 | 0 |
| Actividades de impresión | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Fabricación de hormigón cemento y yeso | 1 | 0 | 2 | 0 |
| Fabricación de productos metálicos para uso estructural | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Fabricación de vehículos automotores | 1 | 0 | 1 | 0 |

Fuente: MAG 2007; ProDUS 2007; Planes Estratégicos Municipales (2011-2015)

I-1.3.9 Principales fuentes de empleo e ingresos

No hay cifras documentadas y confiables sobre la economía de los cantones y distritos de la cuenca, pero las fuentes secundarias y las observaciones de campo apuntan a una economía centrada en: servicios de índole urbano (ebanistería, mecánica automotriz, panaderías, sastrerías, tiendas, bares, restaurantes, pequeños hoteles, artesanías, taxis, veterinarias y comercio en general), empleo público (municipalidades de Esparza, San Mateo y Orotina, Magisterio Nacional, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Seguridad, Bancos Estatales, MAG, AyA, IDA y otros entes gubernamentales), empleos agroindustriales (Centros Agrícolas Cantonales, Cooperativas, Asociaciones de productores y de Desarrollo del cantón, recolección de café y frutales) (Tabla 17, 18 y 19). En San Mateo funcionó la empresa turística PANACA que fue clausurada por resultados comerciales negativos, así como otras empresas tales como las procesadoras de pulpas de frutas y granjas avícolas.

En el cantón de Esparza, las principales fuentes de empleo que se registran son: ALUNASA (se ubica en distrito segundo), el complejo portuario de Puerto Caldera, los comercios, Fábrica de Productos Caribe, las instituciones públicas, municipalidad, los centros educativos públicos y privados, entre otros.

En el distrito de Macacona se ubican los terrenos de la antigua explotación minera a cielo abierto, la cual dejó de funcionar hace varios años, debido a la presión de los lugareños por los daños ecológicos. Existe una fábrica de productos explosivos los cuales en su mayoría se exportan a Centroamérica y otros países. Por lo demás, el distrito se desarrolla principalmente en la agricultura con el cultivo de la caña de azúcar y otros productos tradicionales, así como el comercio con énfasis en establecimientos ubicados a orillas de la Carretera Interamericana, ofreciendo productos frutales y otros alimenticios a los viajeros y turistas nacionales e internacionales (Plan de desarrollo de Esparza, 2009-2019).

En el cantón de Esparza, la población económicamente activa se distribuye principalmente en los sectores de industria (23%), comercio (18%) y servicios públicos (19%). Los sectores de menor concentración son: agropecuario (9%), construcción (7%), hoteles y restaurantes (6%). Los otros sectores menores agrupados concentran el 18% restante (ProDUS 2007).

La actividad económica autóctona del cantón, está ligada a un deprimido sector agropecuario de caña de azúcar y ganadería que ocupa muy poca mano de obra. El otro sector autóctono está compuesto por el comercio, los talleres artesanales y la venta de servicios, que es un sector más dinámico que el anterior. La economía de este cantón depende del empleo de los sectores estatal, industrial y comercial de la región y normalmente se ubican fuera de sus límites cantonales. La economía es básicamente de producción de servicios dentro y fuera del cantón, no es una economía de producción de bienes.

En el caso del cantón de Orotina se caracteriza por ser una zona comercial y de tránsito, y se debe a su ubicación geográfica que conecta el área metropolitana con la mayoría de las playas del Pacífico Central. Además, es reconocida a nivel nacional e internacional como el cantón de las frutas, particularidad que lo convierten en una zona de atractivo turístico, agrícola y comercial.

En relación con el nivel de ingresos solo se dispone de información a nivel de la región del Pacífico Central, lo que da una idea de la falta de información en la cuenca a niveles más bajo (distritos y comunidades). En la tabla 20 se describe la población ocupada con ingreso conocido e ingreso promedio por categoría ocupacional y grupos de edad, hasta julio del año 2007 referido a la región del Pacífico Central.

Las personas que están entre el rango de 25 - 59 años (rango que incluye patronos, trabajadores por cuenta propia y asalariados) son las que muestran los mayores ingresos promedios con un monto de ¢ 236.842,00 por otra parte, las personas que están en un rango de edad entre 12 - 24 años tienen un ingreso promedio de ¢153.721,00 y de éstas 288 son patronos, 1976 trabajan por cuenta propia y 19381 son asalariados. La población de 60 años o más son el grupo de menor ingreso promedio por mes con ¢151.764,00.

Las 490 personas de la categoría de patronos perciben un ingreso de ¢405.133,00 y es precisamente este monto el más significativo para que el ingreso promedio de este grupo sea igual a ¢151.764,00. Esto es así, porque 2514 personas que trabajan por cuenta propia reciben un ingreso de ¢79.328,00 y además, 1941 personas perciben un ingreso de ¢181.621,00 (Sánchez 2009). La población ocupada con ingreso conocido en la región del Pacífico Central se describe en la tabla 20.

Tabla 20. Ingreso conocido y promedio mensual por categoría ocupacional y por grupos de edad del Pacífico Central

| Grupos de edad | Total | | Patronos | | Cuenta propia | | Asalariados | |
|-----------------|----------|------------|----------|------------|---------------|------------|-------------|------------|
| | Personas | Ingresos | Personas | Ingresos | Personas | Ingresos | Personas | Ingresos |
| Total | 92932 | 212.970,00 | 5908 | 390.172,00 | 18589 | 142.037,00 | 68435 | 216.939,00 |
| De 12 a 24 años | 21645 | 153.721,00 | 288 | 187.328,00 | 1976 | 107.624,00 | 19381 | 157.921,00 |
| De 25 a 59 años | 66240 | 236.842,00 | 5028 | 403.176,00 | 14099 | 158.042,00 | 47113 | 242.673,00 |
| De 60 o más | 4945 | 151.764,00 | 490 | 405.133,00 | 2514 | 79.328,00 | 1941 | 181.621,00 |
| Ignorado | 102 | 250.000,00 | 102 | 250.000,00 | --- | --- | --- | --- |

Fuente: Sánchez 2009

I-1.3.10 Tenencia de la tierra

En la región del Pacífico Central, el IDA atiende a 23 asentamientos para un total de 3139 familias. Acatando las disposiciones de la Contraloría General de la República para determinar la situación legal

y administrativa de las tierras bajo jurisdicción del Instituto. La Dirección Superior inició a partir de septiembre 2006 un proceso de fiscalización agraria en la región Pacífico Central que posteriormente se aplicó en las otras regiones a partir del año 2007. Los resultados obtenidos en este período del proceso de fiscalización agraria se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 21. Resultados del proceso de fiscalización de predios en la región Pacífico Central

| Concepto | Región Pacífico Central |
|--|-------------------------|
| No. predios totales | 396 |
| No. de parcelas | 73 |
| No. de lotes | 323 |
| No. de granjas | 0 |
| No. predios fiscalizados | 388 |
| No. boletas digitadas | 76 |
| No. predios por fiscalizar | 8 |
| Procesos de revocatoria diagnosticados | 73 |
| Predios titulados | 363 |
| Predios sin titular | 33 |

Fuente: IDA 2008

En la tabla 22 se muestra la información sobre predios titulados y predios sin titular en los asentamientos ubicados en la subregión de Orotina que cubre gran parte la cuenca del Río Jesús María.

Tabla 22. Predios titulados y sin titular en los asentamientos de la subregión de Orotina

| Asentamiento | Sub región | No. predios totales | No. de lotes | Predios titulados | Predios sin titular |
|--------------------|------------|---------------------|--------------|-------------------|---------------------|
| Mollejones | Orotina | 113 | 113 | 111 | 2 |
| Las Huacas | | 69 | 69 | 62 | 7 |
| Jesús María | | 40 | 40 | 40 | 0 |
| Queroga | | 89 | 39 | 76 | 13 |
| Total sub regional | | 311 | 261 | 289 | 22 |

Fuente: IDA 2008

I-1.3.11 Organización local

La organización local en el área de la cuenca, está compuesta por una extensa lista de asociaciones de desarrollo y desarrollo integral, comités de caminos, organizaciones sociales y empresariales, entre otros. Desde el punto de vista del Plan de Manejo de la cuenca estas organizaciones locales adquieren relevancia por el trabajo organizacional que inician en la comunidad, además, por el contacto directo como informantes claves, multiplicadores y divulgadores de la información. Generalmente los comités y/o asociaciones de desarrollo cantonales se manifiestan como: comités institucionales, organizaciones comunales (ASADAS: las que *están clasificadas en el presente informe como actores del proceso económico*), sindicatos, cooperativas, mujeres organizadas, entre otros.

Las tablas 23, 24 y 25 detallan el listado de las principales asociaciones y comités de desarrollo por cantones en la cuenca del Río Jesús María.

Tabla 23. Organizaciones y comités locales del desarrollo cantonal de San Mateo

| | |
|-------------------------------------|---|
| Asociaciones de Desarrollo Cantonal | Asociación de Desarrollo Integral (ADI) de Desmonte de San Mateo de Alajuela, ADI de San Mateo de Alajuela, ADI de Dulce Nombre y Maderal de San Mateo de Alajuela, ADI de Higuito de San Mateo, ADI de Jesús María, ADI de Labrador de Jesús María, Asociación de Desarrollo Específico (ADE) pro-mejoras de la Libertad de San Mateo, ADE de la Comunidad de Maderal y ADE pro-mejorar de la comunidad de Desamparados de San Mateo |
| Comités | Comité Dulce Nombre, Comité Calles los Villalobos, Comité de Urb. J.L. Succar, Comité La Liberta, Comité Quebrada Honda-San Juan, Comité Quebrada Honda Arriba, Comité Calle Concepción, Comité Caminos Maderal, Comité Caminos de Calle la Quinta, Comité Caminos Calle Romacri, Comité Caminos de San Mateo Urb. Los Delfines, Comité Caminos de San Mateo Olopopa, Comité de Caminos Calle Chompipe, Comité Caminos de San Mateo Calle Carmona, Comité Caminos de San Mateo Villas Adriana, Comité Caminos de San Mateo San Juan de Dios, Comité Caminos de San Mateo Calle los Acuña, Comité Caminos de San Mateo Poza Azul, Comité Caminos de San Mateo Paraíso Escondido, Comité Caminos de San Mateo Calle los Meléndez, Comité Caminos Las Cruces y Comité Caminos Calles Guatuza |
| Otras Organizaciones Sociales | Junta de Salud, Cruz Roja, Asilo de Ancianos, Red Comunitaria |

Fuente: Plan de Desarrollo Humano Local 2010-2020, cantón de San Mateo

Tabla 24. Organizaciones y comités locales del desarrollo cantonal de Esparza

| | |
|-------------------------------------|---|
| Asociaciones de Desarrollo Cantonal | Asociación para el Rescate y Desarrollo de la Cultura del cantón de Esparza, Asociación Específica Escuela Penas Blancas, Asociación Específica Mesetas-San Jerónimo de Esparza, ADI Macacona, ADE San Roque, ADE Pro Salud y Saneamiento, Asociación de Paraíso, ADI San Rafael, ADI Guadalupe, Asociación Pequeños Productores Asentamiento Barón, ADI San Juan Chiquito, Asociación Mesa Redonda Panamericana, entre otras |
| Comités | Comité de Salud Penas Blancas, Comité Pro Cuenca Río Jabonar, Comité de Vigilancia de Recursos Naturales (Cerrillos), consejos de distritos, Comités Iglesia Católica de Naces, Comité de Desarrollo Barrio Los Ángeles, Comité Caminos Alto Los Barrantes, entre otros |

Fuente: Plan de Desarrollo 2009-2019, cantón Esparza

Tabla 25. Organizaciones y comités locales del desarrollo cantonal de Orotina

| | |
|--------------------------|---|
| Comités institucionales | Junta Vial Cantonal; Comité Cantonal de la Persona Joven, Junta de Salud y Juntas de Educación |
| Organizaciones comunales | Comités de Seguridad Comunitaria; ASOPAPEDI (Asociación de Padres con Personas con Discapacidad); Grupos Forjadores de Esperanza de Orotina; Grupo de Mujeres de Mastate; Asociación de Personas Adultas Mayores; Comités Feria de las Frutas |
| Sindicatos | Filial de ANEP |
| Voluntariado | Club de Leones; Guías y Scouts |
| Medios de comunicación | Orotina YV; Periódico El Orotinense (actualmente inactivo); y Radio Bahía |
| Cooperativas | Cooperativa de Ahorro y Crédito de Orotina R.L., Cooperativa Estudiantil (COOPERICABE), Cooperativas de Productores y Exportados de Productos no Tradicionales R.L. (Coopeexportadores) |
| Cámara | Está en proceso la conformación de la Cámara de Comercio, Industria y Turismo |
| Asociación de desarrollo | ADI Orotina, ADI el Mercado, ADI Barrio Jesús, (ADE) Villa Los Reyes, ADI kilómetro Dos, ADI Cuatro Esquinas, Pro-CEN-CINAI Orotina, ADI Mastate, Pro CEN-CINAI Mastate, ADI Hacienda Vieja, ADI Coyolar, ADI Limonal, ADI Santa Rita, ADE Cerro Bajo, ADI Cebadillo, Pro CEN-CINAI Coyolar, ADE Vivero, ADI Ceiba, ADI Uvita |

Fuente: Plan de Desarrollo Humano Local 2010-2020, cantón Orotina

Entre las organizaciones sociales más importantes se encuentran la Junta de Salud que es un grupo de vecinos del cantón, representantes de los diferentes sectores creada para el control del sector salud y las necesidades de los usuarios. La Cruz Roja que se creó como una necesidad de la comunidad, tiene el propósito de ser una organización humanitaria, auxiliadora de los poderes públicos que procura mejorar las condiciones de vida de la población más vulnerable, y regida por los principios fundamentales del Movimiento Internacional de la Cruz Roja y la Media Luna Roja. El asilo de ancianos que es una agrupación autogestionaria creada para llenar las necesidades de la población adulta mayor. En la actualidad cuenta con el centro de internamiento y diurno. También, existe la red comunitaria, que es un grupo de representantes de diferentes organizaciones, instituciones y vecinos reunidos para buscar el beneficio del cantón.

I-1.3.12 Institucionalidad

En el área de la cuenca hay una cantidad importante de instituciones públicas que muestran serias debilidades en coordinación interinstitucional. Las instituciones que tienen representación en los cantones involucrados dentro de la cuenca se mencionan a continuación: Ministerio de Salud, MEP, Bomberos, CCSS, CNP, Cruz Roja, Delegación Fuerza Pública de Orotina, DINADECO, ICE, IDA, INA, INAMU (en Puntarenas), MAG, Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes, MOPT, PANI, Prevención de Violencia, Delegación Fuerza Pública, UNED.

El mapeo de actores realizado para el Plan de Desarrollo Humano Local del Cantón de Orotina 2010-2020, indica que en este cantón existen cinco comités institucionales, diez organizaciones comunales, cuatro ASADAS, un sindicato, dos organizaciones de voluntariado, tres medios de comunicación colectiva, tres cooperativas y la cámara de comercio, industria, turismo y afines que está en proceso de conformación. Además existen 21 asociaciones de las cuales 14 son asociaciones de desarrollo integral, 4 asociaciones específicas y 3 asociaciones Pro CEN-CINAI.

I-1.3.13 Gobernabilidad y marco legal

La gobernabilidad local del área de la cuenca está liderada por las instituciones nacionales que mantienen representación en la zona y por las municipalidades de los cinco cantones involucrados en la cuenca principalmente por los cantones de Orotina, Esparza y San Mateo, las cuales están regidas por un marco legal constituido por las respectivas leyes de creación y sus modificaciones.

Cada gobierno local ha definido sus áreas estratégicas que en general abarcan las siguientes; desarrollo institucional municipal, equipamiento cantonal, medio ambiente, ordenamiento territorial, política social local, desarrollo económico local, servicios públicos e infraestructura vial.

Entre los planes municipales de la municipalidad de Orotina se destacan: el Plan Regulador que está en su etapa de *Informe Preliminar*; Plan de Desarrollo Municipal 2008-2010 y el Plan Quinquenal Vial del 2009.

En relación a San Mateo la ciudadanía se caracteriza por su activa participación política y el concejo municipal, a pesar de estar representado por diferentes partidos ha tomado un acuerdo de honor en las votaciones de proyectos, donde será apoyado el proyecto por la conveniencia que demuestre para el

cantón y no tanto por el partido que lo represente. Este acuerdo ha hecho que los logros sean bien determinados y sean indicadores de un desarrollo integral.

Finalmente, en el cantón de Esparza se destaca el Plan Regulador que orienta el desarrollo de los centros urbanos; actualmente está en proceso de aprobación. El Plan de la Alcaldía 2007-2011, donde enfatiza las Áreas Estratégicas de la municipalidad en concordancia con el Plan de Desarrollo del cantón de Esparza y el Plan de Desarrollo del cantón de Esparza 2009-2019, en el que se expresan las expectativas que los ciudadanos esperan del Gobierno Local.

I-1.5.14 Actores claves de la cuenca

Con base en fuentes de información secundaria: memorias de estudios y tesis, informes de intensión de planes de manejo de la cuenca del Río Jesús María (Cubero 2007; Barboza s.f.; CADETI 2004), boletines técnicos del MAG (caracterización de agrocadenas), AyA, IDA y empresas privadas, informes de planes estratégicos municipales y cantonales, planes reguladores, reporte de investigación, censos del INEC (estadística de población y demografía y estadística agropecuaria), información de planos de fincas del Catastro Nacional, trabajos de ONG y de fuentes de información primaria básicamente de pequeños talleres participativos y/o entrevistas con grupos focales y a funcionarios locales a través del diálogo semiestructurado, los actores claves dentro de la cuenca y fuera de ella fueron agrupados en actores del proceso económico²⁰, político²¹, socio-cultural²² y ambiental²³ (Tabla 26).

Tabla 26. Actores claves de la cuenca del Río Jesús María

| | Económico | Político | Socio-cultural | Ambiental |
|------------------------|---|-----------------|--------------------------------|------------------|
| Actores claves locales | Productores ganaderos | Municipalidad | Comités de desarrollo cantonal | MINAET |
| | Productores de frutales (mango, melón y sandía) | | Universidad | MAG |
| | Productores de café | | Grupos religiosos | AyA |
| | Dueños de fincas | | | FONAFIFO |
| | Intermediarios: comerciantes | | | SENARA |
| | Empresa privada: supermercados | | | |
| | Centro Agrícola Cantonal de Esparza y San Mateo | | | |
| | Beneficiarios de AyA | | | |
| | ASADAS y Beneficiarios de ASADAS | | | |
| | Dueños de pozos | | | |

Desde el punto de vista del recurso hídrico se agrupan los siguientes actores claves por proceso económico, político, socio-cultural y ambiental (Tabla 27).

²⁰ Actores cuya función se relacionan directamente con la producción y comercialización de bienes y servicios.

²¹ Actor relacionado con las instituciones gubernamentales no ambientales, generalmente están representados por las juntas comunales, el consejo municipal y otras afines.

²² Actores cuya función está relacionada con organizaciones sociales conformadas dentro de procesos sociales, culturales y educativos.

²³ Actores cuya función legal, natural o particular ofrecen servicios de apoyo para el medio ambiente. Estos pueden ser tangibles, no tangibles, formales e informales.

Tabla 27. Actores claves desde el punto de vista del recurso hídrico en la cuenca del Río Jesús María

| | Económico | Político | Socio-cultural | Ambiental |
|------------------------------------|---|-----------------|---|------------------|
| Actores claves del recurso hídrico | Beneficiarios de AyA | Municipalidad | ASADAS Comité de desarrollo cantonal | MINAET |
| | Beneficiarios de ASADAS | | Universidad | MAG |
| | Asociaciones de productores | | | SENARA |
| | Dueños de pozos | | | FONAFIFO |
| | Dueños de fincas | | | AyA |
| | Centro Agrícola Cantonal de Esparza, San Mateo y Orotina Empresas privadas: supermercados | | | |

Con relación al proceso económico se identifican actores de la tierra y del agua, así como los actores relacionados con los medios de producción y comercialización. De forma parcial se resaltan los empresarios de la tierra (agrícola, pecuaria y protección forestal) y del agua (ASADAS y AyA). Dentro del proceso político solo se catalogó a la municipalidad (gobierno local); la magnitud de la institución para el manejo de los recursos naturales de la cuenca depende del campo de acción de la Alcaldía, según la ley. En el proceso socio-cultural se relaciona con las ASADAS, los comités de desarrollo cantonal y grupos religiosos. Dentro del proceso ambiental sobresale el MINAET, seguido del MAG, SENARA, FONAFIFO y AyA, instituciones que fueron establecidas bajo un marco legal de orden constitucional, donde se definieron sus funciones y atributos con relación al ambiente.

Los actores claves caracterizados están emplazados geográficamente tanto en la cuenca como fuera de sus límites naturales. Desde la perspectiva de género sobresalen los actores del proceso político con la participación directa de la mujer en los cargos de vice alcaldesa de San Mateo y Esparza. En la tabla 28 se resumen los actores claves y otros actores de la cuenca.

Tabla 28. Actores claves identificados en el proceso económico, político, socio-cultural y ambiental

| Actores | Identificación | Función claves |
|---|--|---|
| Del proceso económico | | |
| Productores ganaderos | La Asociación de Ganaderos Independientes del Pacífico (ASOFRUPAC) | Desarrollo económico y armonizar la gestión productiva con la ambiental. Incorporar elementos conservacionistas en los procesos productivos. Generación de empleo y mano de obra. |
| | La Asociación El Progreso S.A. | |
| | Comerciantes Ganaderos | |
| | Centro Agrícola Cantonal de Esparza | |
| | Corporación Ganadera CORFOGA | |
| | La Coopeleche R.L. | |
| | Abonos del Pacífico (ABOPAC, S.A.) | |
| | Consumidores de carne | |
| | Ministerio de Agricultura y Ganadería | |
| | Otros (INTA, IMAS, INA y PFPAS) | |
| Productores de frutas | Asociación de Productores de Frutas del Pacífico | Incorporar prácticas para la mejora de la cobertura de la cuenca y buen manejo del suelo. |
| | Asociación de Fruticultores de Paquera (ASOFRUPAC) | |
| | Asociación de Fruticultores de Lepanto (ASOFRUL) | |
| | Cooperativa Nacional de Productores de Sal (CONAPROSAL R.L.) | |
| | Otros (MAG, CNP, INTA, UNED) | |
| Productores y comercializadores de café | Coopesantaelena R.L. | Generar servicios ambientales |
| | Coope El Dos R. L. | |
| | Beneficio El Turín | |
| | Intermediarios | |

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| | Otros: MAG, CNP, IDA, ICAFE, BNCR | |
| Otros | Dueños de finca | |
| | Intermediarios comerciantes | |
| | Empresas privadas | |
| | Centro agrícola cantonal de Esparza y San Mateo | |
| | Beneficiarios de AyA | |
| | Beneficiarios de ASADAS | |
| | Dueños de pozos | |
| Del proceso político | | |
| Políticos | Municipalidad de San Mateo | Ordenamiento urbano, reconocer los bienes y servicios de la cuenca |
| | Municipalidad de Esparza | |
| | Municipalidad de Orotina | |
| Del proceso socio cultural | | |
| Socio-culturales | Comités y/o Asociaciones de desarrollo comunal | Participar y crear capacidades para desarrollar una visión compartida |
| | Universidades | |
| | Grupos religiosos | |
| Del proceso ambiental | | |
| Ambientales | Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones | Conservación de los recursos naturales, liderar la gestión ambiental y facilitar la implementación del Plan de Manejo de la cuenca |
| | Ministerio de Agricultura y Ganadería | |
| | Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados | |
| | Fondo Nacional de Financiamiento Forestal | |
| | Otros: Ministerio de Salud, Ministerio de Educación, INTA, SENARA | |

I-1.5.15 Síntesis interpretativa de las características socioeconómicas

La población de la cuenca es de aproximadamente 11933 habitantes, distribuidos en 14 distritos, 5 cantones (Esparza, San Mateo, San Ramón, Orotina y Garabito) y 2 provincias (Alajuela y Puntarenas). Actualmente, muestra un crecimiento considerable en inversiones de bienes raíces. La actividad económica predominante en la parte media y baja de la cuenca concierne a la ganadería extensiva y plantaciones de frutales (melón, mango, sandía y cítricos), en la parte alta sobresale el cultivo de café y ganadería. Las principales ciudades exponen una gran diversidad del sector servicio y en todo lo ancho y largo de la cuenca la infraestructura vial está bien desarrollada, facilitando su acceso en cualquier época del año.

La contaminación del agua superficial y subterránea es relativamente baja, predominando las fuentes de agua subterránea y sub-superficiales para consumo humano (pozos y nacientes) con más del 90%. La organización local de la cuenca está compuesta por una extensa lista de asociaciones y comités de desarrollo cantonal, comités institucionales, organizaciones comunales, ASADAS, CAC, asociaciones de productores ganaderos, frutícola, productores de café, entre otros, pero sin ningún nivel de organización, coordinación y planificación a mediano y largo plazo. Entre las instituciones del Estado con mayor presencia en la cuenca sobresalen; MAG, AyA, MINAET, IDA, SENARA, INTA, FONAFIFO, IMAS, MEP y el Ministerio de Salud.

I-2 Diagnóstico

El diagnóstico es una etapa primordial en el proceso de la planificación para la gestión integral de la cuenca; tiene como propósito determinar el estado del sistema que analiza los problemas sociales, políticos, económicos y ambientales, así como sus tendencias de las intervenciones humanas sobre ella. También analiza las causas fundamentales y sus consecuencias se plantean las soluciones y establecen los indicadores de línea de base. Cada problema principal se constituye en un componente del plan de acción y ejecución en una perspectiva positiva de planteamiento de las necesidades y soluciones para los diversos componentes del Plan de Manejo y su ejecución (Jiménez 2007).

El diagnóstico además de identificar, localizar, caracterizar, jerarquizar y priorizar los problemas fundamentales analiza los intereses y necesidades de la población local, las potencialidades y oportunidades del contexto interno y externo; asimismo, realiza la interpretación de las interrelaciones entre los diferentes componentes y funciones de la cuenca, la que finalmente permite cuantificar la magnitud del proyecto o programa para lograr el cambio positivo deseado en el ámbito biofísico, social, económico y ambiental.

La metodología utilizada para conocer la situación actual fue el diagnóstico participativo con grupos focalizados (actores claves) por medios de pequeños talleres participativos, los cuales fueron desarrollados en tres etapas: 1) visitas observacionales de campo (cuatro visitas), 2) talleres de trabajo en campo y 3) trabajo de gabinete entre el equipo técnico. En el proceso de diagnóstico participativo se logró identificar cuatro problemas substanciales que al final se tradujeron en las líneas de acción o programas del Plan de Manejo de la cuenca del Río Jesús María:

- 1. Limitada capacidad de organización, institucionalización y de coordinación local para la gestión.**
- 2. Poco desarrollo agropecuario y forestal.**
- 3. Falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y/o servicios ecosistémicos.**
- 4. Problemas de gestión y manejo del recurso hídrico.**

Problemas que fueron analizados en la matriz del marco lógico identificando sus causas, consecuencias (efectos) y las posibles alternativas de solución, hasta finalmente establecer la línea base para cada problema y potencialidad planteada.

En lo que concierne al primer problema identificado: **limitada capacidad de organización, institucionalización y de coordinación local para la gestión**, este está afectando y estancando los procesos de desarrollo municipal con una visión fragmentada del desarrollo y en la gestión de los recursos naturales de la cuenca, así como en la duplicación y/o conflictos de intereses institucionales (pérdida de recursos económicos y esfuerzos) y en una distribución no planificada y de coordinación interinstitucional de los recursos financieros.

La falta de organización también está limitando el acceso a recursos económicos frescos y a nuevas oportunidades que podrían estarse utilizando. Finalmente el desarrollo y la calidad de vida, está siendo limitada por el simple hecho de que no se está distribuyendo adecuadamente los recursos (por la falta de institucionalización y coordinación) y se está limitando los mecanismos de integración y priorización de decisiones de manera participativa (falta de una capacidad organizacional y de coordinación local para la gestión).

El segundo problema: **poco desarrollo agropecuario y forestal**, es producto de la falta de una planificación integral (ordenamiento territorial urbano y rural) que oriente el norte a seguir. Sus causas fundamentales conciernen a la falta de un marco regulatorio local con estrategias claras al sector agropecuario y forestal, la falta de una rectoría institucional local de orientación al sector, falta de organización y espacios de concertación y negociación local y falta de capital financiero que desencadene los procesos de producción, comercialización o de mercadeo (agrocadenas).

El tercer problema: **falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y/o servicios ecosistémicos**, es considerado de alto riesgo para el desarrollo económico y ambiental sostenible, a tal grado que CADETI ha catalogado a la cuenca como una de las más degradadas de Costa Rica, debido a la falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y/o servicios ecosistémicos. Actualmente por la falta de dichas iniciativas la degradación natural de la cuenca resulta en perjuicio para la sociedad, la agroindustria, industria, biodiversidad, el turismo y se afianza la alta vulnerabilidad producto de la degradación del recurso suelo y agua.

El cuarto y último: **problemas de gestión y manejo del recurso hídrico**, trasciende en una disminución en la calidad y disponibilidad del agua para consumo humano y al mismo tiempo, el problema de gestión está llevando a un mayor impacto negativo en perjuicio de la salud humana, la biodiversidad, en especial aquellas especies que son más sensibles a las condiciones adversas de su ambiente, al potencial turístico de ciertas áreas, zonas protegidas, belleza escénica, entre otras.

En definitiva con el diagnóstico de la cuenca del Río Jesús María se pretende obtener una línea base para la formulación de proyectos factibles desde el punto de vista biofísico, social y económico; asimismo dar soluciones a los problemas priorizados. Al mismo tiempo, servirá de guía para la planificación de organizaciones e instituciones relacionadas con el manejo integrado de los recursos de la cuenca, ya que se presentan importantes potencialidades, las cuales deberían ser utilizadas de una forma racional y sostenible, evitando el uso inadecuado y aprovechando de una forma racional los recursos disponibles.

Entre los objetivos del diagnóstico se mencionan: 1) elaborar el estado actual de la cuenca, según priorización de sus actores claves; 2) analizar los principales problemas bajo una matriz del marco lógico; 3) proponer un conjunto de acciones que den respuesta a las necesidades de los pobladores (actores claves); 4) analizar sus posibles causas y consecuencias (efectos) de la problemática planteada; y 5) ayudar a determinar la línea base de referencia para monitorear y evaluar las intervenciones en la cuenca, subcuencas y microcuencas del Río Jesús María.

I-2.1 Procedimiento

La metodología utilizada para conocer la situación actual partió del diagnóstico participativo rápido (Geifus 2005) con actores claves. Esta fue desarrollada en tres etapas:

1. Observación participante al campo (5 visitas). Incluyó la visita de campo guiada con tres recorridos de forma transversal en la parte baja, media y alta de la cuenca y dos recorridos puntuales a las áreas de recarga (parte media-alta) con la finalidad de caracterizar la cuenca, reconocer y evaluar la situación de los recursos naturales, su manejo, tipo de usos de los suelos (cobertura vegetal), sus principales actividades productivas, dispersión de asentamiento humanos, conocimientos de problemas y potencialidades, medición de variables de suelo, entre otros. Durante el recorrido se recopiló información fotográfica y entrevistas informal.
2. Pequeños talleres participativos con actores claves y/o entrevistas a grupos focales y funcionarios locales a través del diálogo semiestructurado (10 talleres participativos). Luego de identificados los problemas (visitas observacionales de campo) se procedió a la discusión, análisis y priorización de los mismo. En el proceso, según los actores se utilizó las lluvias de ideas o la herramienta de priorización del sistema de puntaje participativo, adaptados de la escuela de Acción Aprendizaje de Lundy et al. (2008). Finalmente cada actor clasificó y priorizó los problemas, así como las potencialidades de la parte baja, media y alta de la cuenca.
3. La tercera etapa de trabajo de gabinete consistió en el análisis de la información de campo contrastada con la caracterización de la cuenca, procedente de la información secundaria obtenida de las memorias de estudios y tesis, informes de intensión de planes de manejo de la cuenca del Río Jesús María (Cubero 2007; Barboza s.f.; CADETI 2004), boletines técnicos del MAG (caracterización de agrocadenas), AyA, IDA y empresas privadas, informes de planes estratégicos municipales y cantonales, planes reguladores, reporte de investigación, censos del INEC (estadística de población y demografía, y estadística agropecuaria), información de planos de fincas del Catastro Nacional, trabajos de ONG. Esta etapa también incluyó entrevistas a personalidades (expertos) locales.

I-2.2 Matriz del diagnóstico: análisis y evaluación de la cuenca

A pesar de los problemas ambientales y limitantes socioeconómicos que presenta la cuenca, la misma cuenta con una gran diversidad de recursos ecosistémicos que pueden ser un potencial económico factible si se diseñan sistemas adecuados y equilibrados que permitan acciones con rentabilidad, pero no a expensas del sacrificio de estos recursos. A continuación se muestran los problemas priorizados en el contexto del manejo de la cuenca por los actores locales (Tabla 29).

Tabla 29. Problemas priorizados y consensuados con los actores de la cuenca del Río Jesús María

| No. | Principales problemas priorizados o líneas de acción | Otros problemas priorizados, con vínculo en las líneas de acción |
|-----|--|--|
| 1 | Limitada capacidad de organización, | Ausencia de programas de capacitación y fortalecimiento de capacidades: necesidad del fortalecimiento de las capacidades y coordinación interinstitucional. Solo existe un colegio técnico agropecuario y la mayor parte de los esfuerzo es realizados por MAG |

| | | |
|---|--|---|
| | institucionalización y de coordinación local para la gestión | <p>Poca visión integrada y compartida del territorio: actualmente está basado en la institucionalidad sectorial para el desarrollo territorial</p> <p>Desconocimiento de los aspectos legales y jurídicos relacionados a los recursos naturales: los entrevistados manifiestan el desconocimiento en casi todos los instrumentos legales</p> <p>Dependencia de un trasvase para el abastecimiento de agua (Orotina): el representante de la oficina de catastro de Orotina, expresó la necesidad de una gestión compartida de todas la instituciones del cantón</p> |
| 2 | Poco desarrollo agropecuario y forestal | <p>Baja rentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios: los precios han sido constantes en los últimos seis años y han aumentado significativamente los costos de los insumos y servicios básicos (energía y agua)</p> <p>Deforestación: datos del uso actual de la cuenca arrojan que el 61,4% esta deforestado y el restante 38,6% es un bosque secundario y regeneración natural de entre 7 - 10 años</p> <p>Reducción y alteración de la capacidad de infiltración de los suelos: a causa de la ganadería extensiva que abarca el 49,4% del área total</p> <p>Formación de cárcavas: ubicadas en la parte media-alta de la cuenca en pendientes mayores a 30%, principalmente con uso agropecuario (terrenos con pasto mejorado y con árboles muy dispersos)</p> |
| 3 | Falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y/o servicios ecosistémicos | <p>Pérdida del manglar: amenazados por el flujo hídrico irregular y por el desarrollo urbanístico en las playas de: Corralillo, Terciopelo, Tivives y Bajamar, como los centros turísticos de mayor afectación por su crecimiento acelerado</p> <p>Invasión de las tierras que pertenecen a los bosques de galería: se estima que cerca del 55% no cumple la normativa establecida en la Ley No. 7575</p> <p>Crecimiento desordenado de la vivienda rural, urbana y recreativa: se requiere fortalecer la planificación del ordenamiento territorial (urbana y rural) y los Planes Estratégicos y de Desarrollo para destinar nuevas áreas a la protección del ambiente</p> <p>Nacientes de agua sin manejo y protección: el 100% de las fuentes de agua no tienen una figura de protección formal ante el MINAET</p> <p>Protección de zonas de recarga hídrica con criterios técnicos mínimos: 0% de acciones definidas</p> |
| 4 | Problemas de gestión y manejo del recurso hídrico | <p>Inundaciones de tierras de cultivos y poblados: representa 3,2% del área total de la cuenca. Zonas de la parte baja generalmente con cultivos de frutales (melón, sandía y mango)</p> <p>Intrusión salina en la explotación de pozos: la zona de descarga del agua subterránea está siendo sobre explotada, los caudales han disminuido y las profundidades y niveles estáticos de los pozos a aumentado, según manifestaciones de los pobladores de las urbanizaciones de Tivives, ASADAS y AyA</p> <p>Contaminación de aguas por sedimentos: se originan en áreas que sufren erosión de suelo y formación de cárcavas, afectando las partes bajas de las riberas de los ríos</p> <p>Alteración de la calidad del agua por sustancias naturales: informes de laboratorio de AyA para los cantones de Esparza, San Mateo y Orotina; referido a la red de la fuente de agua para consumo humano la Turbidez oscila entre 0.1 - 8.6 UNT, Dureza total (100 - 143) y coliformes fecales de ausente a mayor de 1100 mL⁻¹, en muchos casos sobrepasando los valores tolerables</p> <p>Contaminación del agua por residuos de las actividades agropecuarias: cerca del 80% de las actividades no realizan ningún tratamiento</p> <p>Embalses de agua en los cauces de ríos, sin ordenamiento legal, técnico y social: identificados en los ríos Paires y Jesús María por los actores claves de la cuenca</p> <p>Destrucción de sistemas de conducción de agua a nivel rural: los entrevistados declararon problemas frecuentes en los costos de mantenimiento del sistema; en muchos casos con sistemas obsoletos</p> <p>Uso ineficiente del agua: los entrevistados manifestaban una preocupación y recomendaban mayor educación ambiental en relación al uso del agua</p> <p>No existe sistema de tarifas diferenciadas por usuarios: el 100% de los entrevistados relacionado con las ASADAS manifiestan esta preocupación</p> <p>Deslizamientos y derrumbes de tierras: comprende el 5,9% del área total de la cuenca, según CNE</p> <p>Sobre explotación de las aguas subterráneas y superficiales: existen alrededor de 675 pozos registrados (SENARA, MINAET y AyA), pero sin registro sistemático del caudal extraído</p> <p>Conflictos sociales para la protección de nacientes y zonas de recarga hídrica: alrededor del 97% están localizadas en terrenos privados, el restante concierne a bosque bajo PSA o áreas de con conflictos de propiedad</p> |

Para cada problema priorizado se identificaron sus causas, consecuencias (efectos), zonas, actores inmediatos y posibles alternativas de soluciones (Tabla 30). Asimismo, las potencialidades de la cuenca (Tabla 31) y sus oportunidades en el contexto del mapeo de la cuenca (Tabla 32).

Tabla 30. Matriz lógica de los cuatro problemas identificados y priorizados por los actores locales

| Problemas | Causas | Efectos | Zonas y actores inmediatos | Alternativas de solución |
|---|---|--|---|--|
| Limitada capacidad de organización, institucionalización y de coordinación local para la gestión | | | | |
| Ausencia de programas de capacitación y fortalecimiento de capacidades: necesidad del fortalecimiento de las capacidades y coordinación interinstitucional. Solo existe un colegio técnico agropecuario, y la mayor parte de los esfuerzos es realizados por el MAG | Ausencia de una institución rectora de gestión Baja prioridad para las instituciones responsables Falta de recursos Indiferencia de la población | Baja capacidad de gestión y organización Debilidad en la negociación de temas comunes Baja capacidad para el desarrollo tecnológico sostenible Mal uso de los recursos naturales y medios de vida | Todo el territorio de la cuenca Actores claves ²⁴ para el manejo de la cuenca | Fortalecimiento de las capacidades de las instituciones para la capacitación Sensibilización y concientización acerca de la importancia de manejar la cuenca de manera integral |
| Poca visión integrada y compartida del territorio: actualmente está basado en la acción sectorial institucional para el desarrollo territorial | Enfoque sectoriales Falta de mecanismos de coordinación e integración Administración sin articulación territorial Falta de enfoques sistémicos | Baja eficiencia de la inversión pública Dificultad para lograr una agenda común Dispersión de esfuerzos Malestar de la población | Todo el territorio de la cuenca Actores claves para el manejo de la cuenca | Políticas para la gestión y desarrollo territorial de cuencas Capacitación sobre los beneficios y ventajas de utilizar los enfoques territoriales, la integración y coordinación |
| Desconocimiento de los aspectos legales y jurídicos relacionados a los recursos naturales: los entrevistados manifiestan el desconocimiento en casi todos los instrumentos legales | Falta de capacitación y formación educativa Bajo interés de la población Debilidad de conocimientos e información de parte de los funcionarios y técnicos | Incumplimiento de normas y leyes Omisión de acciones correctivas y de derechos Los conflictos requieren mayor tiempo y esfuerzo para lograr soluciones | Todo el territorio de la cuenca Actores claves para el manejo de la cuenca | Programas de capacitación en los aspectos legales y jurídicos Concientización sobre la importancia de conocer los temas legales, en técnicos y funcionarios |
| Dependencia de un trasvase para el abastecimiento de agua (Orotina): el representante de la oficina de catastro de Orotina, expresó la necesidad de una gestión compartida de todas la instituciones del cantón | Innecesaria fuente externa (hace 100 años) Falta de conocimiento sobre la gestión del recurso | Conflictos con otra ASADAS de la cuenca vecina Inseguridad hídrica | Comunidad de Orotina | Negociación para recibir los servicios de AyA |
| Poco desarrollo agropecuario y forestal | | | | |
| Baja rentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios: los precios han sido constantes en los últimos seis años y han aumentado significativamente los costos de los insumos y servicios básicos (energía y agua), mientras que los parámetros técnicos muestran rendimiento bajos | Ausencia de enfoque de cadena productiva y valor agregado Suelos degradados Falta de asistencia técnica Uso de variedades de alto potencial productivo Carencia de opciones para la diversificación rentable Vacíos en la gestión y emprendimientos (planes de negocios) | Pobreza Bajos ingresos Desempleo Problemas sociales Migración Presión sobre la frontera agropecuaria y forestal Riesgo a la inseguridad alimentaria Venta de tierras Búsqueda de alternativas no sostenibles | Partes alta y media de la cuenca Propietarios de fincas | Programas de agrocadenas Prácticas para el mejoramiento de suelos Programas de asistencia técnica a productores (extensión) Diversificación y medios de vida alternativos Fortalecimiento en las capacidades de gestión y desarrollo de planes de negocios |
| Deforestación: datos del uso actual de la cuenca indican que el 77,7% está deforestado, y el restante 22,3% es un bosque secundario | Avance de la frontera agropecuaria Explotación de la madera Habilitación de tierras para desarrollo de obras | Pérdida de biodiversidad Destrucción de nacientes Incremento de la escorrentía superficial Erosión de suelos y formación de cárcavas Generan ingresos a corto plazo | Zonas altas de la cuenca y áreas con fuertes pendiente Propietarios de fincas | Aplicación de políticas y estrategias para controlar el avance de la frontera agropecuaria Cumplimiento de la ley de suelos Zonificación del territorio Control del aprovechamiento de la |

²⁴ Organizaciones e instituciones que tienen relación directa e importante con el manejo de la cuenca, reciben beneficios y servicios de la cuenca.

| Problemas | Causas | Efectos | Zonas y actores inmediatos | Alternativas de solución |
|--|---|--|--|--|
| | | Alteración del paisaje Fragmentación de los ecosistemas forestales | | madera Programas de reforestación e incentivos |
| Reducción y alteración de la capacidad de infiltración de los suelos: a causa de la ganadería extensiva, el 52,8% de la cuenca presenta niveles de erosión entre 10 - 50 ton/ha | Compactación por usos agropecuarios Ausencia de prácticas de conservación de suelos Plantaciones forestales con especies inapropiadas o mal manejo | Reducción de recarga hídrica y acuífera Aumento de escorrentía Incremento de erosión hídrica Aumenta riesgo de inundaciones | Partes alta y media de la cuenca Propietarios de fincas | Regulación de la intensidad de uso Uso de prácticas para el mejoramiento de suelos Selección apropiada de especies para la reforestación y manejo |
| Formación de cárcavas: ubicadas en la parte media-alta de la cuenca en pendientes mayores a 30%, principalmente con uso agropecuario (terrenos con pasto mejorado y con árboles muy dispersos) | Malas prácticas de manejo de suelos con pasturas Usos inapropiados en zonas de alta pendiente Falta de drenaje Ausencia de prácticas de control de erosión | Sedimentación Pérdida de área productiva Inestabilidad del terreno Fragmentación de la unidad productiva | Partes alta y media de la cuenca Propietarios de fincas | Prácticas de conservación de suelos y uso apropiado de la tierra Desarrollo de sistemas de drenaje superficial Prácticas para el control de la erosión |
| Falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y servicios ecosistémicos | | | | |
| Pérdida del manglar: amenazados por el flujo hídrico irregular y por el desarrollo urbanístico en las playas de: Corralillo, Terciopelo, Tivives y Bajamar, como los centros turísticos de mayor afectación por su crecimiento acelerado | Invasión de tierras Contaminación de aguas Proyectos ambientales mal planificados Desequilibrio en el flujo de las aguas Débil manejo del manglar | Problemas con la biodiversidad (cocodrilos) Reducción de ingresos de familias dependientes Cambio de uso del suelo Disminución de servicios ecosistémicos del manglar y en lugares aledaños | Parte baja de la cuenca Comunidades vecina | Fortalecimiento para la protección y manejo del Manglar Evaluación de impactos de las acciones y seguimiento a proyectos Regulación hidrológica |
| Invasión de las tierras que pertenecen a los de galería (ribereño): se estima que cerca del 55% no cumple la normativa establecida en la Ley No. 7575 | Desacato a las leyes Falta de tierras y posibilidades económicas | Pérdida de biodiversidad Contaminación de las aguas Aumento de las áreas de cultivo Inestabilidad del cauce | Parte alta, media y baja de la cuenca Propietarios de fincas | Fortalecimiento a instituciones para el cumplimiento de leyes Zonificación territorial |
| Crecimiento desordenado de la vivienda rural, urbana y recreativa: se requiere fortalecer la planificación del ordenamiento territorial (urbana y rural), y los Planes Estratégicos y de Desarrollo para destinar nuevas áreas a la protección del ambiente | Falta de planes reguladores y su aplicación Presión de los polos de desarrollo urbano (grandes ciudades) Nueva carretera a Caldera Vacíos legales y de control | Presión sobre el recurso agua Incremento de la población flotante Costo de la tierra se incrementa Inconformidad de los sectores afectados Incrementa la demanda de servicios públicos | Partes media y baja de la cuenca Comunidades, Alcaldías Municipales | Planificación del desarrollo habitacional Zonificación territorial Medios para la aplicación de las regulaciones Posicionamiento territorial |
| Nacientes de agua sin manejo y protección: el 100% de las fuentes de agua no tienen una figura de protección ante el MINAET, cerca del 55% de la distancia horizontal a los 200 m, no está protegida | Falta de conocimiento sobre estas necesidades Limitadas capacidades de las organizaciones e instituciones Carencia de inventarios de las nacientes | Alteración de la calidad de agua Dificultades para la captación Destrucción de la naciente Falta de información sobre el potencial de agua de las nacientes | Parte alta de la cuenca y zonas media alta Propietarios de fincas, comunidades y ASADAS | Capacitación sobre la importancia de la protección y manejo de nacientes de agua Elaborar estudios para caracterizar cada una de las nacientes |
| Protección de zonas de recarga hídrica con criterios técnicos mínimos: 0% de acciones definidas | Falta de estudios apropiados que determinen la zonificación Instancias responsables no priorizan este tema | Inseguridad hídrica Inversiones en sitios inapropiados | Partes alta y media de la cuenca Propietarios de fincas, ASADAS y AyA | Estudios sobre zonas de recarga hídrica Capacitación e información sobre la importancia de estas zonas |
| Problemas de gestión y manejo del recurso hídrico | | | | |
| Inundaciones de tierras de cultivos y | Deforestación | Pérdidas de infraestructura, tierras, | Parte baja de la cuenca | Programas de reforestación |

| Problemas | Causas | Efectos | Zonas y actores inmediatos | Alternativas de solución |
|--|--|--|--|---|
| poblados: representan 1,9% del área total de la cuenca, ubicadas en la parte baja generalmente con cultivos de melón, sandía y mango | Compactación Variabilidad climática Pérdida de bosques de galería Ubicación inadecuada de las viviendas y cultivos | Cosechas y vidas humanas Inversiones para la atención y reconstrucción Ocupación de nuevas áreas | Comunidades, propietarios de fincas y municipalidades de Esparza, San Mateo y Orotina | Manejo apropiado de suelos Zonificación territorial Planificación urbana |
| Intrusión salina en la explotación de pozos: la zona de descarga del agua subterránea, está siendo sobre explotada. Los caudales han disminuido y las profundidades y niveles estáticos de los pozos han aumentado, según manifestaciones de los lugareños de las urbanizaciones de Tivives, ASADAS y AyA | Agotamiento de las aguas subterráneas Presión de la cuña marina Ubicación inapropiada de la fuente | Agua con alto contenido de sales Malestar entre los usuarios Apertura de nuevos pozos | Parte baja de la cuenca Dueños de pozos y comunidades cerca de las zonas costeras | Determinación de la disponibilidad de aguas subterráneas (zona de descarga) Reubicación de fuentes, acorde a las normativas técnicas |
| Contaminación de aguas por sedimentos: se originan en aéreas que sufren erosión de suelo y formación de cárcavas, afectando las partes bajas de las riberas de los ríos. Se estiman sedimentaciones de entre 10 a más de 40 ton/ha | Erosión de suelos en zonas agropecuarias Erosión de suelos en caminos Movimiento de tierras en obras urbanísticas Deslizamientos de tierras | Alteración de la calidad del agua Costos de tratamiento Interrupción en el abastecimiento de agua (época lluviosa) Deterioro de infraestructura | Parte media y baja de la cuenca Propietarios de finca, ASADAS y AyA | Programas de conservación de suelos Protección de caminos Control de obras urbanas Protección de taludes y tierras inclinadas |
| Alteración de la calidad del agua por sustancias naturales: informes del laboratorio de AyA para los distritos de los cantones de Esparza, San Mateo y Orotina, referido a la red de abastecimiento (fuentes y red) de agua para consumo. Los parámetros cloro residual, índice de saturación, pH y coliformes fecales en la mayoría de los distritos presentan valores por encima del máximo admisible | Sustrato geológico contiene alto contenido de minerales Falta de conocimiento de estas características de los sitios | Alteración de la calidad del agua Costo de tratamiento Enfermedades de origen hídrico | Parte media alta de la cuenca Comunidades y pueblos abastecidos por ASADAS y AyA | Capacitación e información sobre las características de estas zonas Rotulación de las zonas |
| Contaminación del agua por residuos de las actividades agropecuarias: más del 85% de los productores no realizan ninguna actividad para evitar contaminación | Uso excesivo de insumos agropecuarios Malas prácticas del manejo de los residuos Ingreso de ganado a cuerpos de agua | Alteración de la calidad del agua Costo de tratamiento Enfermedades de origen hídrico | Partes alta, media y baja de la cuenca Propietarios de fincas | Capacitación sobre usos apropiados de agroquímicos Educación ambiental Protección de fuentes de agua |
| Embalses de agua en los cauces de ríos, sin ordenamiento legal, técnico y social: identificados en los Ríos Paires y Jesús María, por los actores claves de la cuenca | Necesidades de abastecimiento de agua para la producción agrícola Falta de supervisión La población afectada es indiferente | Caudal ecológico se pierde Usuarios aguas abajo sufren carencia de aguas para consumo humano y riego Desacreditación institucional | Parte alta y media alta de la cuenca Regantes ubicados en las cercanías del cauce del río | Capacitación sobre alternativas de riego y cultivos en periodos de escasez de agua Mejora de la comunicación |
| Destrucción de sistemas de conducción de agua a nivel rural: los entrevistados declararon problemas frecuentes en los costos de mantenimiento del sistema; en muchos casos con sistemas obsoletos | Quemas de pastos en épocas secas Derrumbes en épocas lluviosas Falta de protección de los sistemas | Desabastecimiento de agua Costos adicionales por reparación y mantenimiento | Partes alta y media de la cuenca ASADAS y comunidades | Protección de pastizales contra el fuego Protección de acueductos Mantenimiento a los sistemas de agua |
| Uso ineficiente del agua: entrevistados declaraban una preocupación y recomendaban mayor educación ambiental en relación al uso y manejo del agua | Falta de conciencia ambiental hídrica Ausencia de capacitación Tarifas no diferenciadas por consumo (poder económico) | Gasto mayor del recurso (innecesario) Inconformidad entre usuarios Racionamiento entre los usuarios del recurso | Partes media y baja de la cuenca Comunidades, quintas, urbanizaciones y ASADAS | Capacitación y educación ambiental Capacitación para el uso eficiente (tecnologías) Diferenciación en el sistema tarifario |

| Problemas | Causas | Efectos | Zonas y actores inmediatos | Alternativas de solución |
|--|---|---|--|--|
| | Falta de mantenimiento en el sistema | | | Mejora en la operación y mantenimiento de los sistemas |
| No existe sistema de tarifas diferenciadas por usuarios: el 100% de los entrevistados relacionado con las ASADAS manifiestan esta preocupación | Vacío en las regulaciones Ausencia de un pronunciamiento comunal (no hay reclamos) | Malestar en las comunidades (ASADAS) Incremento de consumidores | Partes media y baja de la cuenca ASADAS, comunidades | Revisión de los sistemas tarifarios, según categorías (tipos de usuarios) Capacidad de gestión de las comunidades |
| Deslizamientos y derrumbes de tierras: comprende 5,9% del área total de la cuenca, según la CNE | Deforestación de laderas y tierras inclinadas (frágiles) Usos inapropiados en zonas de alta pendiente | Pérdida de suelos Interrupciones de las vías de comunicación Pérdida de infraestructura | Partes alta y media de la cuenca Comunidades | Protección de laderas y tierras inclinadas con reforestación Zonificación territorial |
| Sobre explotación de las aguas subterráneas y superficiales: existen alrededor de 675 pozos registrados (SENARA, MINAET, AyA y IDA); sin registro sistemático del caudal extraído | Incremento de la demanda Autorización con vacíos de conocimientos Pozos artesanales sin autorización Carencia del agua en periodos crítico Sistemas productivos de alta demanda (meloneras) | Aumento de costos (pozos más profundos) Alteración del balance hídrico Riesgo a la disponibilidad y permanencia del agua subterránea Intrusión marina Conflictos entre usuarios | Partes media y baja de la cuenca Propietarios de fincas, dueños de pozos, ASADAS | Mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua Determinación de la oferta de agua superficial y subterránea Ordenamiento hídrico |
| Conflictos sociales para la protección de nacientes y zonas de recarga hídrica: alrededor del 97%, están localizadas en terrenos privados, el restante concierne a bosque bajo PSA o áreas de con conflictos de propiedad | Ubicación en tierras privadas Dificultades para la negociación del acceso, protección y uso Vacíos legales Costo de oportunidad | Desabastecimiento del recurso agua Dificultad para el monitoreo Pérdida de las relaciones entre comunidad y dueño de la tierra | Parte alta de la cuenca y zonas media alta Propietarios de fincas, comunidades y ASADAS | Sensibilización para la negociación. Compra de tierras Aplicación de normativas y regulaciones Ubicación no conflictiva |

Tabla 31. Principales potencialidades de la cuenca del Río Jesús María

| Potencialidad | Propuesta | Causa (que no ha permitido desarrollarla) | Consecuencia (de no haberla desarrollado) | Ubicación en la cuenca | Alternativa (Solución) |
|---|---|--|---|------------------------|--|
| Presencia de nacientes y zonas de recarga | Identificación y protección de áreas prioritarias | Ausencia estudios técnicos apropiados (inventarios) | Pérdida de nacientes/degradación de áreas de recarga | Alta - Media | Gestión de recursos para el desarrollo de estudios técnicos |
| Suelos con vocación forestal | Desarrollo de proyectos forestales con especies nativas o apropiadas | Expansión de la frontera agropecuario y del casco urbano | Deforestación, pérdida de biodiversidad, afectación a la belleza escénica | Alta - Media | Planificación territorial |
| Ganadería como una actividad económica principal | Desarrollo de sistemas ganaderos sostenibles | Falta de asesoría técnica / débil promoción y divulgación de sistemas silvopastoriles | Ganadería extensiva, degradación de suelos, pérdida de servicios ecosistémicos, baja rentabilidad | Alta -Media - Baja | Establecimiento / difusión de sistemas silvopastoriles y buenas prácticas de manejo |
| Potencial frutícola | Establecimiento de sistemas agroforestales Desarrollo / Fortalecimiento de agrocadenas | Falta de asesoría técnica Ausencia de mercados / plantas de procesamiento Poca inversión de agroindustrias | Poca rentabilidad Bajos ingresos / ausencia de oportunidades laborales Pérdida de productos | Media - Baja | Ubicación de mercados / establecimiento de plantas de procesamiento / dar valor agregado a productos |
| Existencia de vías de comunicación importantes (carretera caldera) | Planeamiento y desarrollo de proyectos / estrategias de desarrollo económico | Desarrollo de planes de desarrollo cantonales y comunales participativos pendientes | Crecimiento territorial desordenado Iniciativas de desarrollo económico sectorizadas | Alta -Media - Baja | Planificación territorial participativa |

| Potencialidad | Propuesta | Causa (que no ha permitido desarrollarla) | Consecuencia (de no haberla desarrollado) | Ubicación en la cuenca | Alternativa (Solución) |
|--|---|--|--|---------------------------|--|
| Conocimiento diversificado sobre el trabajo de campo | Aprovechamiento de conocimiento local | Poco apoyo a iniciativas de productores | Desmotivación y frustración local | Alta -Media - Baja | Formación / apoyo a iniciativas de emprendimiento empresarial |
| Disponibilidad de mano de obra | Desarrollo de proyectos de desarrollo comunal | Iniciativas empresariales débiles | Desempleo, pobreza | Media - Baja | Desarrollo de actividades productivas demandantes de mano de obra |
| Existencia de organizaciones comunales / productores | Manejo y conservación participativa de recursos naturales | Débiles canales de comunicación | Degradación de recursos naturales | Media - Baja | Creación de redes de desarrollo inter comunitarias |
| Ubicación estratégica para el tránsito comercial, turístico y productivo | Desarrollo de turismo ecológico y rural sostenible | Ausencia del enfoque de sostenibilidad | Actividades hacen una sobre explotación de los recursos naturales, aun en adecuado uso del suelo (capacidad de uso de la tierra) | Media - Baja | Fortalecimiento de capacidades: capacitación / entrenamiento en temas de manejo y conservación de recursos naturales |
| Existencia de ecosistemas que por su valor natural (actual y potencial), podrían destinarse a protección y conservación | Protección de ecosistemas frágiles y prioritarios | Iniciativas de conservación dispersas Malas prácticas de manejo agropecuario | Alteración e hábitats / ecosistemas, Pérdida de servicios ecosistémicos | Alta y Baja | Apoyo a iniciativas de conservación, difusión de buenas prácticas de manejo agropecuario |
| Presencia de instituciones gubernamentales | Coordinación interinstitucional para el desarrollo de actividades conjuntas | Enfoque sectorial de las instituciones | Ausencia de una agenda interinstitucional común | Media - Baja | Creación de mesas de concertación interinstitucionales |
| Incremento de demandas del recurso hídrico: desarrollo de proyectos de vivienda, aumento de sitios recreativos (quintas) | Diseño y establecimientos de esquemas de incentivos para protección del recurso hídrico | Poco apoyo político para la agilización / falta de apoyo en procesos | Degradación del ecosistemas acuáticos (superficiales y subterráneos) | Media - Baja | Diseño y desarrollo de un mecanismo de pago por servicio ambiental hídrico |
| Presencia de grupos de alto poder económico (empresas procesadoras de productos agropecuarios (Del Prado), centros urbanos y recreativos (Coopetivives) | Desarrollo de proyectos de protección ambiental y proyección social | Falta de diálogo entre actores y líderes principales No existencia de mesas de concertación | Desarrollo de iniciativas focalizadas de manejo y protección de recursos naturales Fortalecimiento de las actividades productiva, turística o habitacional sobre la ambiental | Alta -Media - Baja | Creación de mesas de diálogo y concertación |
| Presencia de instituciones locales y gubernamentales relacionadas a administración del agua (ASADAS y AyA) | Elaboración de planes sólidos para la protección de los recursos hídricos | Débiles canales de comunicación / poco apoyo a iniciativas | Manejo de recurso hídrico sin un enfoque de cuenca y sin una planificación previa (ordenamiento territorial urbano o rural) | Alta -Media - Baja | Fortalecimiento de capacidades e integración |

Tabla 32. Oportunidades en el contexto del manejo de la cuenca

| Identificación de oportunidades | Limitantes | Efectos | Zonas y actores | Alternativas |
|---|--|---|---|---|
| El desarrollo de la agrocadena, principalmente con frutales (melón, mango y cítricos) y derivados de la producción ganadera: áreas bajo frutales (3%) y de ganadería (37,3%) del área total de la cuenca | Falta de visión y planes de desarrollo a largo plazo, así como la poca tecnificación de la producción ha limitado esta gestión | La rentabilidad de la producción es eminentemente primaria y surte solo materia prima primaria | Parte media de la cuenca, principalmente, con los dueños de finca y asociaciones de productores | Propuesta de proyectos que incluyan el valor agregado y los enfoques de agrocadena productiva y de comercialización |
| La diversificación de la producción agropecuaria con cultivos de Cas, Maraón, Maracuyá y Guayaba, entre otros: el uso de la tierra está basado en tres rubros: pasto (37,3%), frutales (3%) y café (3,4%). Se debe priorizar la diversificación | El modo tradicional de la actividad agropecuaria y los mercados poco explorados, así como la tecnificación productiva, no han permitido explorar la diversificación. El clima es su factor importante, así como el mercado | Dependencia y riesgos de solo uno o dos alternativas de cultivos | Toda la cuenca, pero deben asociarse a los suelos, tipo de productores y tamaño de fincas | Proyectos de diversificación de la producción, previo análisis de mercado y capacitación tecnológica |
| Agro y ecoturismo rural, la cuenca tiene un patrimonio cultural, natural y paisajístico, está cerca de un territorio turístico (la nueva carretera lo favorece): se identificaron 10 sitios históricos y turísticos, y más de 12 hoteles con enfoque de ecoturismo rural | El capital de la finca solo se ha visto como el suelo y el cultivo productivo, dejando de lado el valor paisajístico, la naturaleza y las actividades productivas tradicionales y modernas, como valor para el turista | Se deja de aprovechar el potencial de la finca, como unidad territorial, que puede brindar ingresos por productos y servicios | Definir zonas accesibles y con medios que faciliten la visita del turista | Inventario de la potencialidad y proceso para impulsar acciones para el agro y eco turismo. Fortalecer la educación ambiental y crear las condiciones mínimas para atender a los visitantes |
| La cuenca se ubica en tierras consideradas como Kioto, lo cual da una oportunidad para la venta de carbono: más del 93% del área de la cuenca está considerada como tierras Kioto | No se ha valorado la fijación de carbono en el suelo y la biomasa, con base en la importancia del manejo de los recursos naturales, igualmente otros servicios | Se deja la posibilidad de captar recursos por los servicios que puede brindar la cuenca | El mapa de uso de la tierra define el área potencial | Realizar la valoración y gestionar el vínculo para acceder a recursos externos |
| Fortalecer el manejo de post cosecha y ordenamiento escalonado de la producción, aprovechando sistemas bajo riego: la producción se concentra en tres meses; en caso de los meses secos incentivar el riego por goteo | No existe un ordenamiento apropiado y efectivo de la producción; los volúmenes se concentran en pocas manos, amenazando la estabilidad de precios en el mercado. Falta organización productiva con criterio de mercadeo | Rentabilidad baja, dificultad en la comercialización y pérdida de cosechas | Productores de mango y naranjas en la parte media y baja de la cuenca | Promover propuestas para el manejo post cosecha, la tecnificación de la producción mediante el riego y otras actividades para lograr una mejor calidad y oportunidad |
| Potenciar el desarrollo de un corredor biológico: es una necesidad a ser considerada a largo plazo | La falta de un ordenamiento del territorio y las posibilidades de potenciar el mantenimiento de la biodiversidad, elemento clave de la sostenibilidad | Se desarticula el paisaje y el equilibrio biológico en el territorio | Conexión hacia San Jerónimo desde Tivives, el eje del río y la parte alta de la cuenca | Una propuesta que vincule esta oportunidad con el manejo de las áreas protegidas de la cuenca |
| Aprovechar la reciente ley de gestión de residuos para fomentar el saneamiento de la cuenca: ley que debe ver vista como una oportunidad a largo mediano y plazo | La cuenca necesita tomar medidas preventivas de saneamiento, por el crecimiento poblacional urbano | La contaminación sería una amenaza creciente | En toda la cuenca y trabajando con las alcaldías municipales | Fortalecer la temática con la educación ambiental |
| Cuenca urbana, ordenada y manejada con criterios de sostenibilidad: oportunidad para plantear un enfoque de cuencas semiurbanas; porque el componente de infraestructura cambia la gestión, según las normas establecidas | La ocupación del territorio por nuevas viviendas (quintas), demandas servicios y una nueva organización del territorio, esto debe preverse desde la gestión urbana | Un crecimiento desordenado, con conflictos sobre los servicios, como el agua y saneamiento | En las áreas de crecimiento urbano de San Mateo, Jesús María, Esparza, Garabito y Orotina | Promover el desarrollo y aplicaciones de planes reguladores y de ordenamiento territorial urbano |

I-2.3 Análisis de problemas

El proceso de diagnóstico participativo ha logrado priorizar cuatro problemas, descritos en los párrafos anteriores. A continuación se examinan cada uno de los problemas o líneas de acción, los cuales derivaron en el Plan de Manejo de la cuenca del Río Jesús María, donde se busca dar respuesta a los mismos por medio de los programas o líneas de acción y proyectos.

I-2.3.1 Causas

a. Limitada capacidad de organización, institucionalización y de coordinación local para la gestión: entre las principales causas que ocasionan la débil organización, institucionalización y de coordinación local se mencionan: ausencia de una institución rectora que lidere el proceso de gestión, baja prioridad para las instituciones locales y nacionales responsables que tienen injerencia en la cuenca, falta de recursos e indiferencia de la población y líderes locales, enfoques sectoriales, falta de mecanismos de coordinación e integración local, administración sin articulación territorial, falta de enfoques sistémicos, falta de capacitación y formación educativa, debilidad de conocimiento e información de parte de funcionarios, falta de reconocimiento e importancia de la gestión del recurso por parte de los actores claves de la cuenca. Se suma a esto, la falta de socialización del enfoque de gestión de cuencas que ocasiona desconocimiento del concepto y escasos mecanismos de integración y alianzas que conllevan a un pobre empoderamiento local.

Esta falta de organización está limitando el acceso de recursos económicos y oportunidades y el desarrollo de la calidad de vida, porque se está restringiendo los mecanismos de integración y priorización de decisiones que deben ser concertadas de manera participativa. Así mismo, la limitada organización, institucionalización y de coordinación local existente no será fácil de mejorar si no se tiene un organismo rector que lidere o promueva las mesas de coordinación y participación a nivel local y nacional.

La figura 18 muestra poca organización institucional y de coordinación entre los actores de la cuenca de manera formalizada, es decir, con acuerdos formales firmados (color celeste); mientras que las coordinaciones informales (sin acuerdos firmados y solo referida a reuniones) son las predominantes. De la misma forma, la figura revela agrupación de actores en base a sus actividades y/o funciones. Por ejemplo, agrupan actores vinculados al recurso hídrico como ASADAS y AyA (con acuerdos formales), beneficiarios de ASADAS, dueños de fincas, dueños de pozos y SENARA, estos dos últimos con acuerdos formales vinculados al registro y autorización de pozos. Otro grupo de concentraciones está referida a las siguientes instituciones: MINAET, FONAFIFO, MAG, Centro Agrícola Cantonal (CAC) de Esparza, San Mateo y Orotina, asociaciones de productores, municipalidades y empresas privadas; aquí sobresale el MINAET y FONAFIFO con acuerdo formal por ley, al igual las asociaciones de productores, CAC y MAG, pero con poca coordinación institucional

La red también muestra actores de menor interrelación y/o coordinación, tales como: CNE, SINAC, MS, IMAS, IDA y ARESEP, y los actores sin ningún vínculo: MEP, INTA y Universidad. En último lugar, se señalan los actores con mayor grado de centralidad, que son aquellos que tienen mayores coordinaciones formales e informales con el resto de los actores; en este grupo sobresale el MINAET,

seguido del MAG, ASADAS, dueños de fincas, AyA, y los Centros Agrícolas Cantonales de Esparza, San Mateo y Orotina. Esta mayor vinculación se debe probablemente a sus intervenciones, presencias y acciones desarrolladas dentro de la zona de la cuenca.

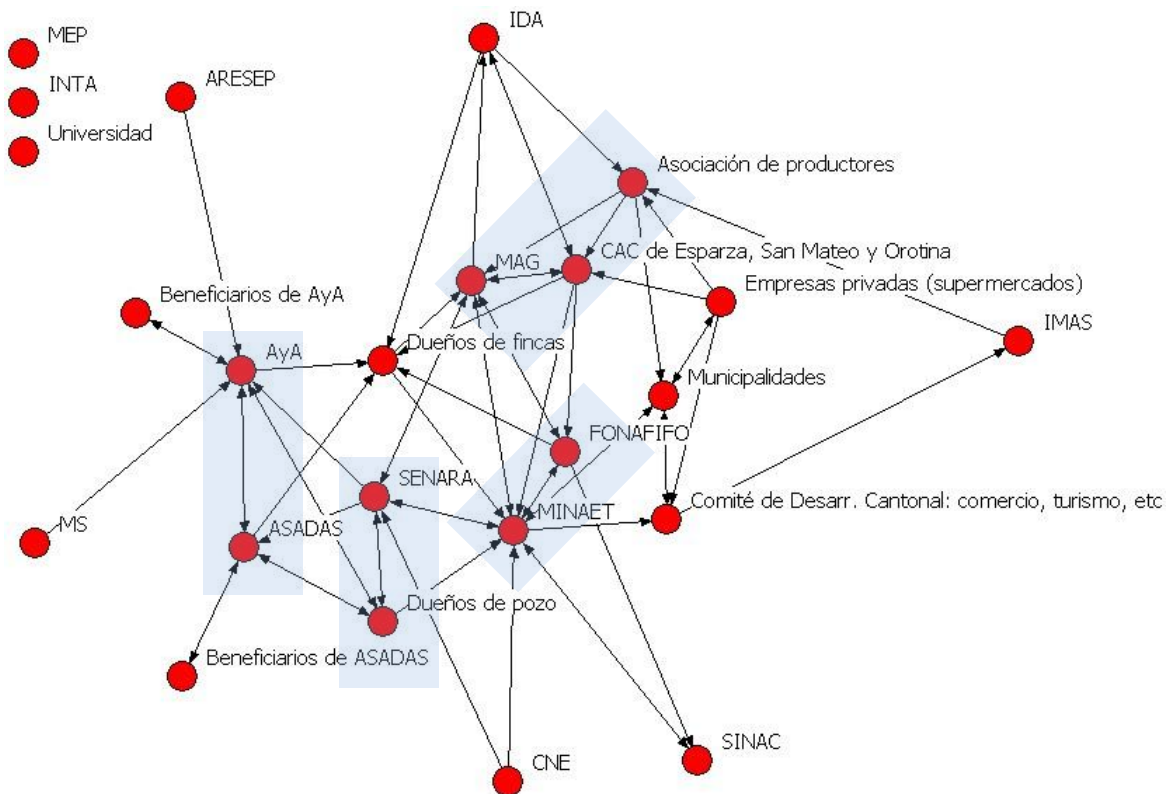


Figura 17. Escenario actual de coordinación de actores en la cuenca del Río Jesús María

b. Poco desarrollo agropecuario y forestal: el problema del poco desarrollo agropecuario y forestal se evidencia en el uso irracional de los recursos naturales, asentamientos humanos dispersos y una desorganización total en la cuenca, la cual está generando conflictos de uso de la tierra en un 31,3% (Mapa 15), una erosión de moderada a severa (10 a más de 50 ton/ha) en una superficie del 54,8% (Mapa 16), una reducción de la cobertura vegetal del 77,7% (uso de bosque secundarios menos el resto de uso) por las actividades productivas (Mapa 11), con consecuencias negativas en el flujo de la calidad de los recursos hídrico, mayores costos sociales y ambientales en perjuicio de la calidad de vida de los pobladores locales y del ambiente.

También se destaca la baja producción de carne bovina por hectárea con una carga animal de 0,72 UA/ha (unidades animal por hectárea), una ganancia de peso diario de 0,5 kilogramo por animal por día, durante 7 meses (210 días que gana peso, y en los otros 5 meses de época seca apenas mantiene el peso), al final se obtiene una producción de carne de sólo 75,5 kilogramo por hectárea por año (0,72x0,5x210) (MAG 2007). Es evidente que la baja competitividad y el poco desarrollo tecnificado, reflejada en la baja productividad por hectárea, es el problema prioritario de la ganadería de carne bovina de los productores de la cuenca del Río Jesús María. En relación a la producción de leche existen seis productores ubicados en Esparza y La Angostura que entregan la leche a Coopeleche R.L.

El problema se debe a las siguientes causas fundamentales: ausencia de enfoque de cadena productiva y valor agregado, suelos degradados, falta de asistencia técnica, carencia e opciones para la diversificación rentable, vacíos en la gestión y emprendimientos (planes de negocios), avance de la frontera agropecuaria, explotación ilegal de la madera, habilitación de tierras para el desarrollo de obras, compactación por usos agropecuarios, ausencia de prácticas de conservación de suelos, plantaciones forestales con especies inapropiadas o mal manejadas, malas prácticas de manejo de suelos, pasturas, usos inapropiados en zonas de alta pendiente, falta de drenaje, ausencia de prácticas de control de erosión, entre otras.

El poco desarrollo agropecuario provoca en la cuenca, tres tipos de problemas: sólidos en suspensión, organismos vivos y componentes químicos. Los sólidos en suspensión provienen de los procesos de malas prácticas agrícolas que acentúan la erosión de los suelos. Los elementos químicos son productos de la fertilización, la aplicación de plaguicidas y las aguas de riego. Finalmente, los residuos de las agroindustrias y actividades agrícolas aportan desechos considerables que están afectando las aguas superficiales.

El mapa de divergencia o conflicto de uso de la tierra de la cuenca, derivada del estudio de capacidad de uso de la tierra confrontada con los distintos tipos de cobertura o uso actual (Mapa 15), usando el “Map Calculator” en el programa ArcView 3.3, una matriz de análisis de tipo cualitativo, permitió la definición de las categorías de conflictos en: sobreuso, adecuado, subuso y urbano (Tabla 33).

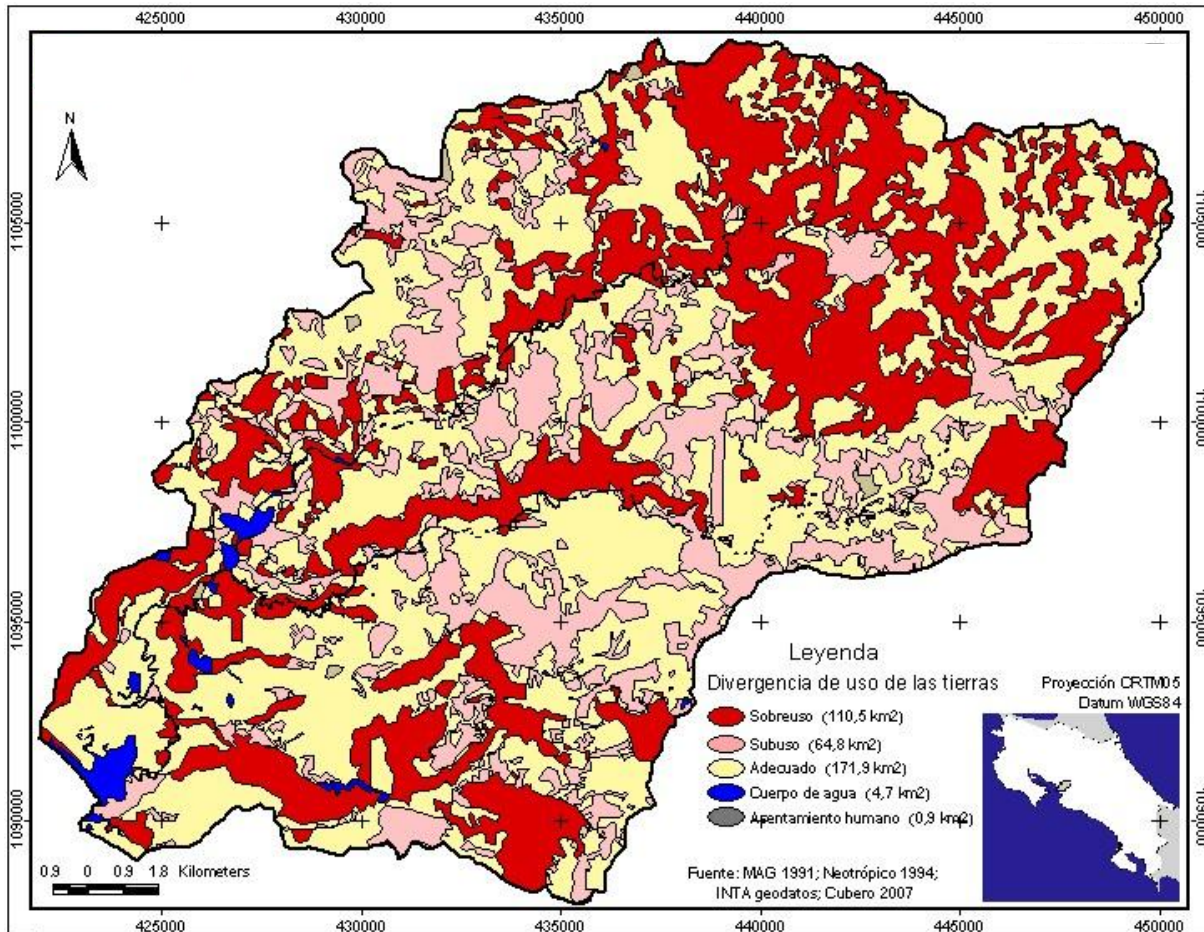
Tabla 33. Matriz de conflictos de uso de la tierra de la cuenca del Río Jesús María

| Categoría de cobertura vegetal o uso actual del suelo | Categoría A (100) uso agropecuario | Categoría B (200): uso silvopastoril | Clase VI (300): producción forestal o cultivos perennes | Clase VII (400): manejo de bosque o regeneración natural | Clase VIII (500): protección |
|--|---|---|--|---|-------------------------------------|
| Cuerpo de agua (1) | No aplica (101) | No aplica (201) | No aplica (301) | No aplica (401) | No aplica (501) |
| Bosque secundario (2) | Subuso (102) | Subuso (202) | Subuso (302) | Adecuado (402) | Adecuado (502) |
| Café (3) | Adecuado (103) | Adecuado (203) | Sobreuso (303) | Sobreuso (403) | Sobreuso (503) |
| Cultivos (4) | Adecuado (104) | Sobreuso (204) | Sobreuso (304) | Sobreuso (404) | Sobreuso (504) |
| Frutales con manchas de pastos (5) | Adecuado (105) | Adecuado (205) | Sobreuso (305) | Sobreuso (405) | Sobreuso (505) |
| Manglar (6) | Sobreuso (106) | Sobreuso (206) | Sobreuso (306) | Adecuado (406) | Adecuado (506) |
| Matorral (charral) (7) | Subuso (107) | Adecuado (207) | Adecuado (307) | Sobreuso (407) | Sobreuso (507) |
| Pasto con árboles dispersos (8) | Adecuado (108) | Adecuado (208) | Sobreuso (308) | Sobreuso (408) | Sobreuso (508) |
| PSA (9) | Subuso (109) | Subuso (209) | Subuso (309) | Adecuado (409) | Adecuado (509) |
| Regeneración natural (10) | Subuso (110) | Adecuado (210) | Adecuado (310) | Adecuado (410) | Sobreuso (510) |
| Asentamientos humanos (11) | Urbano (111) | Urbano (211) | Urbano (311) | Urbano (411) | Urbano (511) |

Los resultados muestran que el mayor porcentaje (48,7%) de la cuenca se encuentra en uso adecuado, esto indica que las actividades agropecuarias desarrollada coinciden con la capacidad de uso de los suelos, no así, el tipo de práctica que efectúan los productores (uso extensivo poco tecnificado), ubicadas principalmente en la parte media y baja de la cuenca. Las tierras en subuso abarcan 18,4%

del área y un 31,3% sobreuso o sobre explotada, correspondiendo a áreas de fuerte pendiente y bajo pastura de la parte media y alta de la cuenca.

En lo que concierne a las áreas subutilizadas deberían ser explotadas más eficientemente, bajo diversas formas de uso agropecuario, y la sobreexplotadas requieren cambios de uso más acorde con sus condiciones naturales, como la reforestación, cultivos perennes o sistemas silvopastoriles. Dependiendo de la gravedad de esta sobre explotación se hará necesario el cambio de uso de la tierra a través de la regeneración natural o reforestación con modalidad de protección de fuentes de agua.



Mapa 15. Divergencia de uso de la tierra en la cuenca del Río Jesús María

c. Falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y/o servicios ecosistémicos: entre las causas se mencionan: invasión de tierras, contaminación de aguas, proyectos ambientales mal planificados, desequilibrios en el flujo de las aguas, débil manejo del manglar, ubicación en tierras privadas, dificultad para la negociación del acceso, protección y uso, vacíos legales, costos de oportunidad, desacato a las leyes, falta de posibilidades económicas, falta de planes regulatorios y su aplicación, nueva carretera de Caldera, falta de conocimiento sobre estas necesidades, limitaciones capacidades de las organizaciones e instituciones, falta de estudios apropiados que determinen la zonificación, y las instancias responsables no priorizan el tema.

Es necesario recalcar la carencia de una institución rectora y líderes comunales dentro de la cuenca, que promuevan iniciativas de conservación de los recursos naturales y servicios ecosistémicos. A pesar de encontrar personas con un nivel educativo considerable, no existe una cultura organizativa en el territorio, mucho menos proyectos de desarrollo, puesto que carecen de un componente de fortalecimiento local.

d. Problemas de gestión y manejo del recurso hídrico: entre las principales causas se mencionan: la deforestación, pérdida del bosque de galería, agotamiento de las aguas subterráneas, falta de supervisión, la población afectada es indiferente, quemados de pastos en épocas secas, derrumbes en épocas lluviosas, falta de conciencia ambiental hídrica, falta de mantenimiento del sistema de abastecimiento, deforestación de laderas, incremento de la demanda, pozos artesanales sin autorización, carencia del agua en periodos críticos (época seca), entre otras.

Desde el punto de vista de la gestión de los recursos hídricos las causas del problema se resumen en cinco puntos principales: 1) **falta de un marco legal local:** se carece de un marco de ordenanza o normativas locales (municipales) que promuevan el ordenamiento territorial hídrico; 2) **falta de rectoría institucional:** la falta de rectoría institucional a nivel de gobierno local y entidades competentes se debe fundamentalmente, a la débil capacidad de gestión institucional para la formulación, dirección e implementación de planes conjuntos para la gestión sostenible de los recursos naturales. Al no existir una rectoría con liderazgo institucional, en especial de parte del gobierno local de San Mateo o Esparza se debilitan las iniciativas del ordenamiento territorial hídrico y continúan el conflicto de uso y degradación de los recursos; 3) **falta de organización (empoderamiento):** las organizaciones presentes en la cuenca muestran débil organización que carecen de visión integral de manejo, no existe una organización integral, las instituciones y/o organizaciones, si bien es cierto están presentes en la cuenca, ellas tienen funciones específicas que están aisladas en su mayoría en el tema social u organizacional; y finalmente 4) **falta de liderazgo:** la carencia de liderazgo político, técnico y comunal en el ámbito de la cuenca son los factores que limitan contar con iniciativas, entusiasmo e interés en el manejo integral de los recursos hídricos, si vemos el capital humano y político de las municipalidades principalmente de Esparza, San Mateo y Orotina, como ente promotor del desarrollo del territorio, existe deficiencia en este aspecto, entonces ahí el reto de cómo explicar la importancia de contar con un Plan de Manejo de la cuenca con enfoque ecosistémico hídrico.

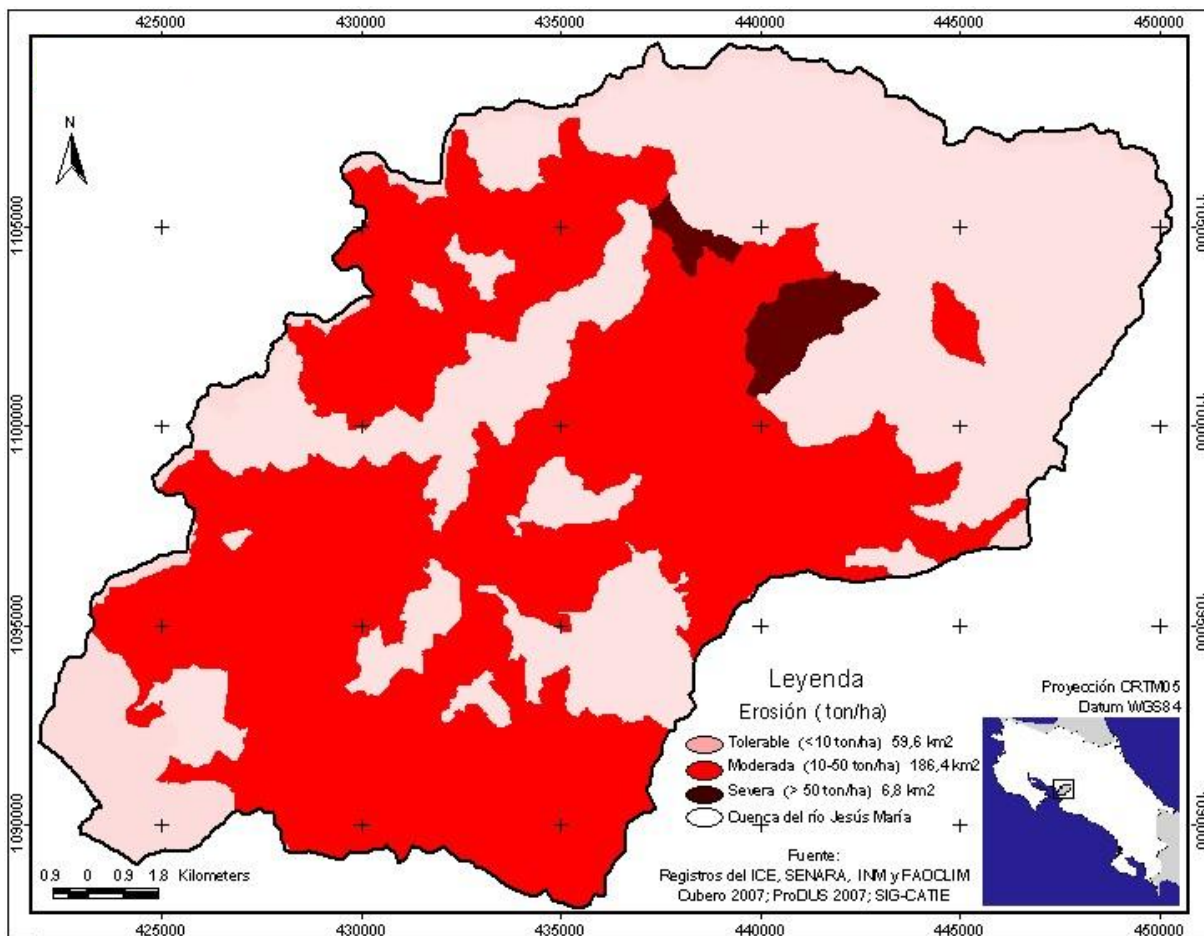
I-2.3.2 Consecuencias

a. Limitada capacidad de organización, institucionalización y coordinación local para la gestión: sobre la base del diagnóstico participativo (pequeños talleres) y las entrevistas con actores claves, la baja capacidad organizacional, institucionalización y coordinación local en alguna medida está provocando la duplicación de esfuerzos principalmente en ciertas actividades agropecuarias, asimismo una baja eficacia de la inversión pública, omisión en acciones correctivas, entre otras. Al mismo tiempo, el desarrollo y la calidad de los recursos de la cuenca están limitados, porque no se distribuyen adecuadamente los recursos y se restringen los mecanismos de integración y priorización.

b. Poco desarrollo agropecuario y forestal: la impotencia de los gobiernos locales, la falta de organización y el escaso capital financiero y humano, constituyen las principales causas que conducen a la ausencia de estrategias de desarrollo sostenible plasmada en el poco desarrollo agropecuario y forestal y como consecuencia prevalece un desorden en el uso de la tierra, la centralización económica y la carencia de orientaciones de desarrollo e inversiones de protección de paisajes y áreas boscosas.

El desorden en el uso del suelo, está dado por la sustitución y colonización de áreas boscosas con fines agropecuarios que transgreden los límites establecidos por ley; por ejemplo se observó que los bosques de galería, en varios tramos de los ríos y riachuelos fueron talados a menos de los 10 m establecidos como límite legal. También se pudo verificar que las actividades pecuarias, así como agrícolas (frutales) se desarrollan de manera extensiva y en áreas diferentes a su vocación. En términos generales, el 31,3% de la cuenca esta sobre explotada, por lo tanto, en esta área las actividades productivas y la forma en que estas se llevan a cabo, deben ser supervisadas.

A estos hechos, si le sumamos la tasa de erosión moderada, que oscilan entre más 10 - 50 ton/ha dependiendo de la zona, contribuye en la degradación ambiental y al aumento de la pérdida de la cobertura natural. De acuerdo a los resultados del modelo SWAT, el 2% corresponde a una tasa de erosión severa, el 52,8% a moderada y el restante 45,2% a una erosión de tasa tolerable (Mapa 16).



Mapa 16. Distribución de la erosión en ton/ha de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: SIG-CATIE; modelo SWAT

La centralización económica (monopolización) y carencia de orientaciones de desarrollo e inversiones de protección de bosques, son situaciones que conducen a una visión limitada de aquellas zonas, donde se puede impulsar o no las actividades productivas que contribuyan al bienestar social y ambiental. Sin esa visión se cae en el centralismo, principalmente económico y sus derivados, y se pierde la perspectiva de desarrollo armónico, coordinado, planificado y visionario.

Los efectos antes señalados también arrastran consigo pobreza y migración. Si a esto se añaden el embate de algún fenómeno natural o la carencia de oportunidades laborales, es muy probable que el poblador (migre) en busca de nuevos horizontes de desarrollo y procurará establecerse en un lugar más seguro.

b. Falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y/o servicios ecosistémicos: la falta de iniciativas de conservación de los recursos naturales y servicios ecosistémicos a generado serios problemas con la biodiversidad (cocodrilos parte baja de la cuenca), la disminución de servicios ecosistémicos del manglar, el desabastecimiento del recurso agua en época seca, alteración de la calidad del agua, destrucción de las nacientes, inversiones en sitios inapropiados, entre otros.

Un efecto resaltado por los actores es la ausencia de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y servicios ecosistémicos, que se manifiesta en la escasez de agua y su mala calidad en época de verano, la inundaciones en las parte baja, mayor incidencia de plagas y enfermedades y mayor erosión del suelo, producto del impacto de la lluvia sobre el suelo sin protección.

c. Problemas de gestión y manejo del recurso hídrico: los problemas de gestión y manejo del recurso hídrico se traduce en la alteración de la calidad del agua, costos de tratamientos, interrupción en el abastecimiento de agua, deterioro de la infraestructura, racionamiento y conflictos entre los usuarios del recurso, alteración del balance hídrico, aumento del nivel freático del agua subterránea (pozos), entre otros.

En resumen los problemas de gestión y manejo del recurso hídrico provocan una disminución en la calidad y disponibilidad del agua en época seca, la cual conlleva a un mayor riesgo de la población a adquirir enfermedades, mayor pérdida de la biodiversidad e impactos en el turismo, reduciendo su potencial de carga; todo ello va incrementando el costo de vida.

I-2.3.3 Posibles soluciones

a. Limitada capacidad de organización, institucionalización y coordinación local para la gestión: programas de capacitación de gestión y organización deben ser el eje central para que cumpla la función de facilitar la coordinación, integración y concertación de los intereses, esfuerzos e iniciativas, tanto individuales como colectivas, para que busquen la resolución de conflictos en el uso del territorio e impulsar así las prácticas reales del desarrollo local sostenible.

Otras alternativas de solución para lograr la organización, institucionalización y de coordinación local para la gestión conciernen a impulsar políticas de desarrollo territorial de cuencas, sensibilización y

concientización acerca de la importancia de manejar la cuenca de forma integral y que se promueva la creación de un comité de gestión motivador. Esta última alternativa, tiene que nacer de las concentraciones de todos los actores claves en la cuenca, para ello se propone al MINAET como el ente rector para promover estos espacios de interacción, en coordinación con las demás instituciones.

b. Poco desarrollo agropecuario y forestal: entre las alternativas se mencionan: programa de agrocadenas, prácticas para el mejoramiento de suelos (obras de conservación de suelos y agua), diversificación de la producción y medios de vida, aplicación de políticas y estrategias para el control del avance de la frontera agropecuaria, cumplimiento de la ley de suelos, zonificación del territorio, programa de reforestación e incentivos, prácticas para el control de la erosión, entre otros.

La rigidez de la planificación agropecuaria y forestal, debería dar paso a la planificación estratégica, identificando y conociendo las fortalezas y debilidades, que relacionadas con el uso del territorio se constituyan en proyectos concretos que satisfagan las necesidades reales y los hagan más productivos y eficientes, reduciendo las externalidades sociales, económicas y ambientales.

c. Falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y/o servicios ecosistémicos: se requieren iniciativas de evaluaciones de impactos tanto de las acciones como de seguimiento de proyectos, así como medios para la aplicación de las regulaciones. Para lograr las iniciativas de conservación de los recursos naturales y servicios ecosistémicos se debe convertir en un proceso dinámico y continuo con contenido programático, el mismo debe partir desde una base conceptual de consensos (servicios ecosistémicos).

Para que las iniciativas de conservación sean viables es necesario que se constituyan y fortalezcan los líderes locales y se genere una capacidad de gestión holística de la cuenca, que incluya la creación de mecanismos y espacios de participación y toma de decisiones.

d. Problemas de gestión y manejo del recurso hídrico: como alternativas se mencionan la zonificación territorial, planificación urbana, determinación de las zonas de recarga de aguas subterráneas, programas de conservación de suelos, control de obras urbanas, protección de taludes y tierras inclinadas, ordenamiento hídrico, entre otros.

Para mitigar la problemática del manejo del recurso hídrico, es necesario implementar un Plan de Manejo de desechos sólidos y líquidos acompañado de un programa de educación ambiental, para que logre crear conciencia hídrica ambiental en la población y comunidades de la cuenca del Río Jesús María. Para ejecutar dicho programa se hace necesario contar con una institución y/u organizaciones con liderazgo y compromiso social, y que tengan la suficiente capacidad de gestionar y canalizar proyectos; al mismo tiempo que se promuevan incentivos a las buenas prácticas agrícolas se sugieren: MINEAT, AyA, MAG y Municipalidad para liderar esos procesos.

I-3 Línea base

La cuenca es la unidad básica de planificación y durante el proceso de elaboración e implementación del Plan de Manejo es necesario el seguimiento y monitoreo. Para ello es ineludible la elaboración de la línea base²⁵, tomando como referencia la información recopilada y analizada en la caracterización y el diagnóstico; complementada con las observaciones de campo y prioridades de los actores locales a través de los talleres participativos, para finalmente establecer indicadores y variables que permitirán valorar y monitorear los impactos relacionadas con las posibles intervenciones: programas y proyectos del Plan de Manejo de la cuenca.

En la línea base del presente Plan de Manejo se proponen indicadores y variables de los principales problemas priorizados, donde cada uno de ellos fue construido considerando el enfoque de manejo de cuencas, de la posibilidad real para que el monitoreo sea efectuado por las instancias locales, y por la importancia práctica del indicador. Las principales razones por las cuales se proponen los indicadores y variables se mencionan: el limitado grado de organización, institucionalización, participación y esfuerzos conjuntos, poca disponibilidad de agua en cantidad y calidad en época seca, cobertura vegetal permanente y con un régimen de incremento en sobreuso, patrones de producción poco amigables con el medio ambiente, incidencia del mal manejo del agua en la salud pública en un futuro no muy lejano y falta de políticas y normativas locales o nacionales para el manejo integrado de la cuenca. Otras razones consideradas conciernen a los vacíos críticos existentes de información biofísica y socioeconómica (Tabla 34).

Tabla 34. Vacíos críticos de información biofísica y socioeconómica existente en la cuenca del Río Jesús María

| Vacíos críticos de información biofísica y socioeconómica de la cuenca del Río Jesús María | Existente | Observación |
|--|-----------|--|
| Plan de Manejo de la cuenca | No | --- |
| Iniciativas de instituciones estatales para la elaboración del Plan de Manejo de la cuenca del Río Jesús María | Si | Iniciativa incipiente (FONAFIFO) y sin una organización interinstitucional y de coordinación |
| Información biofísica y socioeconómica suficiente y actualizada, para establecer la caracterización, diagnóstico, línea base del Plan de Manejo de la cuenca | Si | Información muy dispersa, y sin análisis y contenido de un diagnóstico indicativo, ni línea base con indicadores y variables priorizadas y consensuadas |
| Estudios (tesis, monografía, informe, caracterización y diagnóstico) de la cuenca y/o subcuencas | Parcial | Los estudios están sectorizados por cantones o distritos y nulo en el cantón de San Mateo |
| Informe de balance hídrico: evaluación de los recursos hídricos | Parcial | Existen estudios muy puntuales y de poca validación técnica, como en los referidos a los sistemas de abastecimiento de AyA de Esparza, San Mateo y Orotina |
| Estudios hidrogeológicos | No | Existe registro de los pozos ubicados en la cuenca, por parte de SENARA, MINAET y AyA, pero con información incompleta |

²⁵ La línea base "es un conjunto de indicadores que sirve como marco de referencia cualitativa y cuantitativa para poder verificar, analizar, monitorear, dar seguimiento y evaluar los resultados, impactos y cambios a nivel biofísico, socioeconómico y ambiental, relacionado con la implementación de actividades de un plan, un proyecto o un programa de manejo de cuencas hidrográficas" (Jimenez 2007).

| | | |
|---|----|---|
| Estudio de valoración de los cuatro servicios ambientales definidos para Costa Rica | No | --- |
| Planes estratégicos municipales y planes de desarrollo humano local en los cantones que forman parte de la cuenca: Esparzas, San Mateo, Orotina, San Ramón y Garabito | Si | Solo para el caso del cantón de Orotina se ha efectuado y aprobado el Plan Regulador (ProDUS 2007) |
| Presencia de instituciones del Estado que velan por el medio ambiente, el sector agropecuario y áreas protegidas | Si | Debilidad en la articulación y poca disponibilidad de recursos económicos en pro del manejo sostenible de los recursos suelos, agua y biodiversidad |
| Consultas, coordinaciones y talleres globales en la cuenca por parte del Programa de Acción Nacional (PAN) | Si | De manera aislada, sin una base organizacional de parte de las instituciones involucradas |
| Proyectos ecomercados: cambio climático y biodiversidad | No | --- |
| Proyectos silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas | Si | Existe experiencias en la cuenca; proyecto CATIE-Esparza |
| Estudio de caracterización de agrocadenas de los principales rubros de producción agropecuario | Si | --- |
| Áreas bajo pagos por servicios ambientales (PSA) | Si | --- |
| Programa de pago por servicios ambientales para sistemas agroforestales | Si | Por ejemplo el Centro Agrícola Cantonal de Esparza, contabiliza 12 productores bajo PSA con modalidad de protección de bosque, generalmente en fincas ganaderas |
| Programa de pago por servicios ambientales de protección hídrica | No | |
| Programas de fomento de la producción agropecuaria sostenible | No | --- |
| Programa de gestión local | No | Los Planes Estratégicos Municipales catalogan la gestión local como una prioridad en sus agendas (2011-2015) |

Para el Plan de Manejo de la cuenca la línea base es importante, porque los cambios e impactos más fuertes, generalmente se producen a mediano y largo plazo (por ejemplo a 10 o 15 años); al mismo tiempo, es elemental monitorear los procesos para poder establecer los ajustes necesarios y sustentar la intensidad de acciones en determinados proyectos con el fin de asegurar los productos esperados.

A continuación, en la tabla 35 se presenta una matriz de indicadores y variables seleccionadas a partir de una discusión grupal entre técnicos y actores claves y de los análisis producto de la información de campo, indicadores que demuestran la situación inicial de la cuenca del Río Jesús María. Esta matriz de indicadores y variables se presentará como un insumo a todos los actores claves reunidos en una asamblea, para realizar los ajustes y sobre todo para poder establecer responsabilidades en los procesos de ejecución, monitoreo y evaluación.

Tabla 35. Indicadores para la limitada capacidad de organización, institucionalización y coordinación local para la gestión

| No. | Principales problemas priorizados o líneas de acción | Indicadores | Variables | Unidad | Valor actual | Valor ideal | Instrumentos de medición | Lugar de medición | Periodo de medición |
|-----|---|---|---|-----------|--|--|---|---------------------------|---------------------|
| 1 | Limitada capacidad de organización, institucionalización y coordinación local para la gestión | Grado de fortalecimiento institucional y organizacional | Actores locales de la cuenca formalmente establecidas y reconocidos por las instituciones Estatales locales de los cantones de Esparza, San Mateo y Orotina | Unidad | 0 | 3 | Actas y registros | Parte media y alta | Anual |
| | | | Número de instituciones Estatales locales vinculadas en el proceso y tomando decisiones para el manejo integral de la cuenca | No. | Ninguna institución de las 15 ²⁶ identificadas como claves efectúan procesos y toman decisión para el manejo de la cuenca | Mas del 50% | Actas y registros | Parte baja, media y alta | |
| | | | Número organizaciones locales (ASADAS, CAC ²⁷ , comités o asociaciones de desarrollo cantonal y organizaciones de productores), vinculados con el proceso de manejo de la cuenca | No. | Ninguna de las 4 organización locales, está vinculada a algún proceso de manejo integrado de la cuenca | Mas del 50% | Actas y registros | Subcuencas y distritos | |
| | | | Financiamiento para el manejo sostenible de la cuenca | Proyectos | No existe proyecto con enfoque de cuencas | Al menos 5 proyectos financiados | Memoria de proyectos | Toda la cuenca | |
| | | | Convenios de coordinación entre instituciones Estatales y organizaciones locales para el manejo integral de la cuenca | No. | No existen convenios de organización y de coordinación entre instituciones para el manejo de la cuenca | Al menos 2 convenios tripartitos (Instituciones Estatales, gobierno municipal y organizaciones locales ²⁸) | Constancias de inscripción de los convenios | Toda la cuenca | |
| | | Grado de gestión y organización local con equidad de genero | Comunidades de los distritos de la cuenca, bajo un escenario nuevo de gestión y administración de los recursos naturales y del ambiente | Unidad | No existe un documento estratégico de gestión y administración de los recursos naturales con enfoque de genero | Al menos un plan de gestión y administración, con estrategias claras para el manejo los recursos naturales | Documento o plan aprobado por MINAET | Subcuencas o microcuencas | |
| | | | Comités locales de mujeres lideresas en proceso de constitución para el manejo de ciertos proyectos de la cuenca | Unidad | No existe comités local con fuerte participación de la mujer, para acciones integrales del manejo en la cuenca | Al menos 2 comités local de mujeres participando | Acta de acreditación | Subcuencas | |
| | | Número de capacitaciones en formulación, | Registro de las instituciones y organizaciones locales del cantón de Esparza | Unidad | 0 | Al menos 1 | Listados | Cantón de la cuenca | |

²⁶ AyA, MINAET, SENARA, CNE, FONAFIFO, IDA, MAG, IMAS, INTA, Universidad (UNED), SINAC, ARESEP, Municipalidad, Ministerio de Salud, Ministerio de Educación Pública.

²⁷ Centro Agrícola Cantonal.

²⁸ Organizaciones locales: ASADAS, CAC, Comités y/o asociaciones de desarrollo cantonal, Organización de productores (dueños de fincas).

| | | | | | | | |
|--|--|--|--------|---|------------|----------|---------------------|
| | evaluación y gestión de proyectos | Registro de las instituciones y organizaciones locales del cantón de San Mateo | Unidad | 0 | Al menos 1 | Listados | Cantón de la cuenca |
| | | Registro de las instituciones y organizaciones locales del cantón de Orotina | Unidad | 0 | Al menos 1 | Listados | Cantón de la cuenca |
| | Número de capacitaciones sobre el marco jurídico con el ambiente | Registro de las instituciones y organizaciones locales del cantón de Esparza | Unidad | 0 | Al menos 1 | Listados | Cantón de la cuenca |
| | | Registro de las instituciones y organizaciones locales del cantón de San Mateo | Unidad | 0 | Al menos 1 | Listados | Cantón de la cuenca |
| | | Registro de las instituciones y organizaciones locales del cantón de Orotina | Unidad | 0 | Al menos 1 | Listados | Cantón de la cuenca |

Tabla 36. Indicadores del poco desarrollo agropecuario y forestal

| No. | Principales problemas priorizados o líneas de acción | Indicadores | Variables | Unidad | Valor actual | Valor ideal | Instrumentos de medición | Lugar de medición | Periodo de medición |
|-----|--|---|--|--------|-------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|---------------------|
| 2 | Poco desarrollo agropecuario y forestal | Modelos de producción amigables con el medio ambiente | Número de fincas con sistemas silvopastoriles y agroforestales | No. | 10%, según fuente MAG y campo | 70% | Encuesta | Toda la cuenca | Anual |
| | | | % de fincas con manejo y obras de conservación de suelos y agua | No. | 0% | 50% | Encuesta | Toda la cuenca | |
| | | | Número de pequeñas fincas agropecuarias diversificando su producción con prácticas amigables al ambiente | No. | 8%, según MAG y campo | 50% | Encuesta | Toda la cuenca | |
| | | | Número de fincas de café con iniciativas de mejoras en el sistema productivo | No. | 40%, según MAG y campo | 90% | Encuesta | Toda la cuenca | |
| | | | Número de fincas fomentando el eco y agro turismo | No. | 0%, según MAG y campo | Al menos un 20% | Encuesta | Toda la cuenca | |
| | | | Número de fincas con un aumento del 10% de plantaciones forestales | No. | 0%, según MAG y campo | 40% | Encuesta | Toda la cuenca | Bianual |
| | | Fomento de la agroindustria y cadenas de valor | % de productores ganaderos con iniciativas agroindustriales y cadenas de valor | % | 0% | Más de 50% | Encuesta | Toda la cuenca | Anual |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|---|----|-------------|----------|----------------|--|
| | | | % de productores de frutas con iniciativas agroindustriales y cadenas de valor | % | 0% | Más del 50% | Encuesta | Toda la cuenca | |
|--|--|--|--|---|----|-------------|----------|----------------|--|

Tabla 37. Indicadores de la falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y servicios ecosistémicos

| No. | Principales problemas priorizados o líneas de acción | Indicadores | VARIABLES | Unidad | Valor actual | Valor ideal | Instrumentos de medición | Lugar de medición | Periodo de medición |
|-------------------------------------|---|---|---|--------|---|---|--------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 3 | Falta de iniciativas para la conservación de los recursos naturales y servicios ecosistémicos | Nuevas áreas bajo PSA | Número de áreas protegidas, según modalidad | No. | 10 | 20 | Registro de FONAFIFO | Toda la cuenca | Bianual |
| | | Aplicada la noma legal de protección del bosque ribereño | Declaración y ejecución de mecanismos locales de aplicación y control ambiental | Unidad | No existe el plan local de protección del bosque ribereño | Plan aprobado por las tres municipalidades (Esparza, San Mateo y Orotina) | Plan de acción aprobado | Toda la cuenca | Annual |
| | | Nuevas áreas reforestadas y con buen manejo para la conservación y restauración ecológica | Número de áreas reforestadas y con buen manejo y con supervisión de la instancia competente | No. | 0 | 10 | Registro del SINAC | Toda la cuenca | Bianual |
| | | Nuevas áreas restauradas de suelos degradados | Pérdida de suelos por erosión | Ton/ha | Moderada de entre 10 - 50 ton/ha | Menos de 10 ton/ha | Muestreo | Parte media y media-alta (cauces) | |
| | | Disminución de áreas vulnerables a inundación | Frecuencia | % | En al menos 1 vez por cada dos años, según la CNE | 0 | Encuesta | Parte baja | |
| | | | Áreas afectadas | ha | 6,9 km ² | 0 | Informes de campo | | |
| Manejo adecuado de áreas protegidas | Numero de áreas protegidas | No. | 2 | 3 | Registro del SINAC | Parte alta: zona de recarga hídrica | | | |

Tabla 38. Indicadores de los problemas de gestión y manejo del recurso hídrico

| No. | Principales problemas priorizados o líneas de acción | Indicadores | Variables | Unidad | Valor actual | Valor ideal | Instrumentos de medición | Lugar de medición | Periodo de medición |
|-----|--|---|---|----------------------------|--|---|--|--|------------------------|
| 4 | Problemas de gestión y manejo del recurso hídrico | Iniciativas de protección de las fuentes de agua | Áreas de los 200 m horizontal establecido o con regeneración natural | m | Un promedio de 15 m, según AyA: dirección de planificación | 200 m horizontal | Informe | Fuentes de agua | Anual |
| | | Cobertura vegetal del bosque secundario y su régimen de uso | Cobertura de áreas de recarga hídrica restablecido y protegido | ha | No existe una delimitación potencial del área de recarga hídrica | Zonificación territorial | Informe | Agua arriba de las tomas, nacientes, ojos de agua o punto de captación | --- |
| | | Disponibilidad de agua | Mejorada el sistema de abastecimiento de las ASADAS | Unidad | 70%, según entrevistas con los administradores de las ASADAS | 100% | Encuestas | ASADAS | Anual |
| | | Grado de gestión para el mejoramiento de la calidad y cantidad del agua superficial y subterránea | Análisis físico-químico y microbiológico en toda la red de abastecimiento de agua para consumo humano | Decreto N°32327-S del 2005 | Por encima del valor recomendable | 0 | Toma de muestra y análisis de laboratorio | En todas las ASADAS | En época seca y húmeda |
| | | | Registro de caudales de cada subcuenca | m³/s | No existe un informe | Informe del Balance hidrológico | Aforador | Puntos de aforo del los ríos de la subcuencas | |
| | | | Registro sistemático del nivel freático, profundidad, caudal y contaminantes del agua subterránea (pozos) | m y m³/s | No existe un registro | Informe del Balance hidrogeológico | Aforador | Pozos en toda la cuenca | |
| | | Normas locales o nacionales para el manejo integrado de la cuenca | Resolución de normativas municipales para el manejo sostenible al ambiente | Unidad | No existe un Plan de Manejo de la cuenca | Se aplica un Plan de Manejo | Actas de resolución | Subcuencas o microcuencas | Bianual |
| | | | Resolución municipal y en divulgación para la implementación de la zonificación territorial | Unidad | No existe una zonificación territorial con enfoque de cuenca | Resolución aprobada y en proceso de implementación participativa de la zonificación territorial | Planes de acción para la implementación de la zonificación territorial | Toda la cuenca | |

I-4 Zonificación²⁹ territorial

Las crecientes necesidades humanas y el aumento de las actividades económicas ejercen una presión cada vez mayor sobre los recursos tierra y agua, de ahí suscitan la competencia y los conflictos, y llevan a un uso impropio de la tierra y los recursos. Si se quiere satisfacer en el futuro las necesidades humanas de manera sostenible, es esencial resolver ahora los conflictos y encaminarse hacia un uso más eficaz y eficiente de la tierra y sus recursos naturales (Faustino 2006).

En relación a las zonas de recarga es uno de los desafíos importantes que se deben planificar después de haber logrado su identificación y evaluación, debido a que los servicios que brinda generalmente están fuera del sitio (finca o sistema de producción). Las alternativas técnicas para el manejo de estas zona existen, pero la dificultad muchas veces está en que los dueños de las tierras, no aceptan aplicar medidas que llevan costos adicionales o que por un uso limitado disminuyen sus ingresos, esto es lo que da origen entre otras alternativas a definir y negociar pagos, compensaciones y hasta compra de terrenos, sobre todo cuando se tiene la seguridad de haber delimitado una zona de recarga importante, que constituyen la fuente de agua para una población u otro uso importante (Faustino 2006).

En ese sentido es necesario dejar entrever que el recurso agua no solo está determinado por la disponibilidad natural del recurso (aguas superficiales y subterráneas), sino también por la organización social que define el acceso al agua y su aprovechamiento. Es decir, las condiciones sociales y económicas de los usuarios asentados en la cuenca hacen que ocurran diversas acciones para lograr el acceso al agua que en ocasiones se expresen en demandas a las instituciones encargadas de la administración del recurso o en conflictos entre usuarios y otras instancias (ASADAS).

El resultado de la zonificación territorial de la cuenca del Río Jesús María es uno de los insumos clave que derivan en un Plan de Manejo, con fuerte soporte técnico-legal y social. En ella, las organizaciones locales encontrarán un instrumento directriz, orientador y facilitador de toma de decisiones para un uso adecuado del territorio y de la gestión de cada zona definida, así como también para la reducción de la vulnerabilidad natural.

I-4.1 Metodología

La zonificación territorial del presente Plan de Manejo, corresponde a una combinación de metodologías que tienen como propósito definir y/o delimitar áreas que desde el punto de vista **biofísico** pueden soportar un uso máximo sin que la capacidad de estas sean sobrepasadas, **legal** porque solo obedeciendo el marco jurídico establecido se puede garantizar su sostenibilidad en el tiempo y **socioeconómico**, toda sostenibilidad requiere del empoderamiento de los actores locales y, esto se logra si y solo si, se consideran sus prioridades económicas que abonan al mejoramiento de la calidad de vida.

En ese sentido la zonificación territorial presentada (Mapa 24), es producto de cuatro zonas de manejo:

²⁹ La zonificación es la división física del área en varias unidades de análisis para poder planificar acciones que conlleven a la resolución de problemas o conflictos, y para tener una mejor visión de las actividades que se quieren realizar (Faustino 2006).

1. **Zona de protección** (54,4%), que se divide en dos categorías:
 - a. **Protección absoluta** (121,3 km²; 34,4%): incluye las zonas catalogadas como clase VIII en el estudio de capacidad de uso de las tierras, áreas protegidas que se encuentran bajo alguna categoría de manejo (ZP Tivives y Cerro Chompipe), las zonas de protección, según el criterio de biodiversidad (Ley Forestal No. 7575 del 5 de febrero de 1996, respecto a áreas de protección, que indican: *las áreas que bordean nacientes permanentes, definidas en un radio de 100 m medidos de modo horizontal; una franja de 15 m en zona rural y 10 m en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano y de 50 m horizontales, si el terreno es quebrado; las áreas de recarga y de los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley*); y la Ley de Aguas: Ley General de Agua Potable, artículo 31, *Las tierras que circunden los sitios de captación o tomas surtidoras, en un perímetro no menor de 200 m de radio*) y las áreas de humedales costeros o manglares.
 - b. **Protección y recuperación de bosques** (70,6 km²; 20%): incorpora las zonas catalogadas como clase VI y VII que de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra, permite la conservación de bosques, recuperación de los mismos y algunas actividades productivas. Esta categoría considera aprovechamiento del recurso forestal bajo modalidad PSA. Aquí se incluyen las áreas vulnerables de inundación y deslizamiento.
2. **Zona de uso silvopastoril** (55,5 km²; 15,7%): incluye las áreas con categoría B (clase IV y V) en el estudio de capacidad de uso de la tierra, cuyas limitaciones permiten el desarrollo de la ganadería, en asocio con el manejo de árboles y cultivos; no obstante, ambas actividades deben estar bajo estrictas medidas de conservación de suelos y agua.
3. **Zona de uso Agrícola** (105,5 km²; 29,9%): corresponde a la categoría A (clase II y III) con capacidad para el desarrollo de cultivos anuales, permanentes y ganadería, siempre bajo medidas de conservación de suelos y agua.
4. **Zona urbana** (0,9 km²; 0,3%): concierne a las principales ciudades de Esparza, San Mateo y Orotina y las principales vías de comunicación (carreteras).

I-4.1.1 Zona de protección

I-4.1.1.1 Protección absoluta

La representación del área de protección absoluta, es producto de las áreas de la clase VIII (34,4% del área total), las zonas de las áreas protegidas: ZP Tivives (948,3 ha) y Cerro Chompipe (948,3 ha) (detalles II-1.2.7), la zonas de protección, según criterio de biodiversidad (Ley Forestal y Ley de Aguas) y las áreas humedales que en esta caso coinciden con la ZP de Tivives. En lo que concierne al área de recarga hídrica (ARH) el proceso de su delimitación se detalla a continuación.

a. Área de recarga hídrica³⁰ (ARH)

El recurso hídrico dentro de la cuenca juega un papel protagónico y en muchos casos determinante en el desarrollo de la misma y en el bienestar de sus pobladores. Es por ello, importante determinar, evaluar y definir aspectos relacionados a las áreas de recarga de aguas subterráneas.

La cuenca en estudio se caracteriza por presentar una reducida cobertura vegetal y una eminente amenaza a la contaminación y reducción de las aguas superficiales y subterráneas, debido al incremento desordenado de la actividad bovina, agrícola y demográfica. De acuerdo con CADETI (2004), la cuenca soporta las consecuencias de una zona empobrecida y desarticulada por el agotamiento de sus recursos (suelo, agua y vegetación natural) y el deterioro de sus modelos agrícolas a causa de una disminución progresiva e insostenible de los ingresos de las familias; en ese sentido la “*Metodología de priorización de cuencas*” desarrollada por el Programa de Acción Nacional (PAN³¹), determina que la cuenca corresponde a los mayores niveles de degradación de tierra en Costa Rica. En ese sentido el diagnóstico participativo del equipo técnico de CATIE, efectuado en diciembre del 2010 y febrero del 2011, lo resume en cuatro problemas principales relacionados con los recursos naturales de la cuenca (detalle, inciso I-2 Diagnóstico). Ante el contexto la identificación de las áreas de recarga tiene como finalidad proteger las aguas superficiales y los reservorios de agua subterránea, ambas aprovechadas por las ASADAS, AyA y los usuarios de los 675 pozos registrados en la cuenca, según SENARA, MINAET, AyA y la verificación de campo.

b. Antecedentes del proceso metodológico para la estimación del área recarga hídrica (ARH)

Existen diferentes métodos que consideran variables biofísicas superficiales para determinar recarga potencial de los acuíferos, entre ellos se destacan: el balance hídrico de Thornthwaite, balance hídrico de un ecosistema de Holdridge, la recarga de agua subterráneas (RAS) de Junker (2005), metodología para la determinación de áreas de recarga natural (DARHN) y el cálculo de recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos, definido por el autor Gunther Schosinsky (2006).

De los métodos señalados, el de Thornthwaite se ha aplicado en mayor medida para encontrar soluciones de índole agronómica e hidráulica, y aunque puede ser efectivo en determinar la recarga potencial de los acuíferos, Thornthwaite no considera tanta información para dar respaldo a resultados más confiables. En caso de Holdridge, el método ha sido diseñado para ser aplicado en bosque tropical, sus resultados son más prácticos y efectivos en la determinación de la salud y crecimiento de la vegetación boscosa (Hernández 2001). Los métodos RAS y DARHN, aunque son recomendados para regiones tropicales, no han sido aplicados a una escala considerable en Costa Rica, estos dos métodos son resultados de una combinación de los otros métodos, incluyendo el de Schosinsky.

Para el presente estudio, el ARH corresponde a una combinación y ajuste de dos métodos: recarga de aguas subterráneas (RAS) de Junker (2005) y criterios de Schosinsky (2006); este último considerado el más apto para determinar ARH, pues además de ser el más reciente y actualizado, considera más

³⁰ Se denomina área de recarga hídrica al proceso por el que se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior del mismo, igualmente se llama recarga al volumen de agua que penetra en el acuífero durante un intervalo de tiempo dado (Vargas 2000).

³¹ Nace con la ratificación de la convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD), donde Costa Rica se comprometió a elaborar un Programa de Acción Nacional (PAN) para combatir y rehabilitar las tierras degradadas.

variables biofísicas cuantitativas, algunas de las cuales deben obtenerse mediante trabajo de campo y análisis de laboratorio. A continuación se detalla el proceso metodológico y los resultados de ambos métodos.

c. Método RAS de Junker (2005); *proceso metodológico y resultado*

El método RAS se fundamenta en la estimación del balance climático ($BC = \text{Precipitación} - ET_{\text{real}}$) por el coeficiente de infiltración ($C = k_p + k_v + k_{fc}$). Cada componente corresponde a una distribución espacial (mapa), que fueron elaborados con el programa ArcGIS 9.2 a partir del método de interpolación del inverso de la distancia ponderada (IDW).

El balance climático (BC) inicia con la elaboración del mapa de distribución de la precipitación, haciendo uso de la información de nueve estaciones meteorológicas (Argentina-Grecia N463835.507 E1107641.883; Atenas Ecg Aut N459443.211 E1099906.950; Esparza N428754.949 E1102165.557; Nagatac N439730.833 E1110991.156; Orotina Aut N445179.946 E1091080.291; Palmares N456168.178 E1110967.375; Puntarenas N409024.385 E1102209.679; San Miguel de Ba N426569.426 E1105487.046; y San Ramón N448500.628 E1113188.887, obtenidas de los registros del ICE, SENARA, IMN y FAOCLIM) para un periodo máximo de 30 y un mínimo de 5 años (Mapa 7, detalle Anexo).

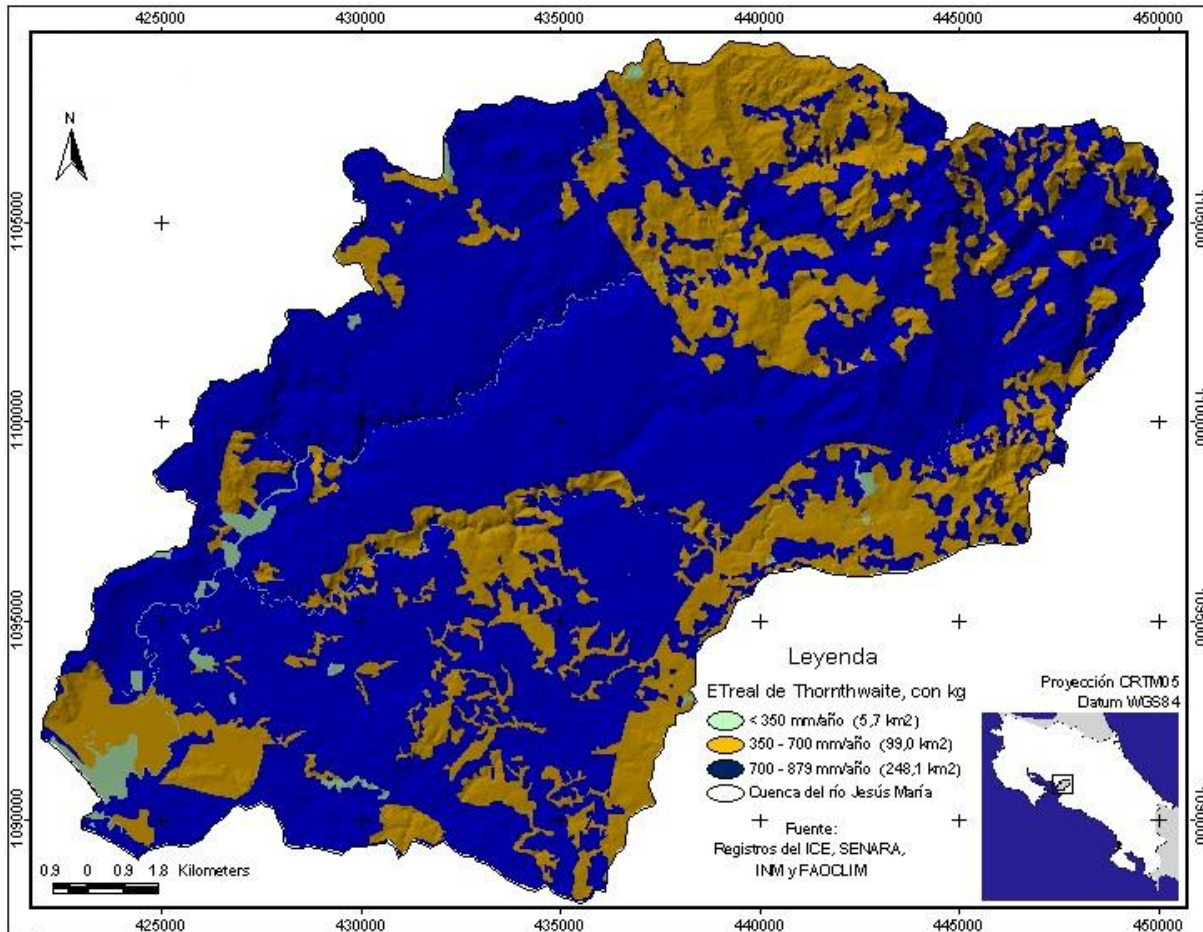
Posteriormente se elabora el mapa de evapotranspiración real ($ET_{\text{real}} = ETP * kg$), derivado del mapa de evapotranspiración potencial (ETP) construido a partir del modelo de Thornthwaite de la hoja Excel diseñada por Villón (detalle Anexo), haciendo uso de los datos de temperatura mensual (detalle Anexo), la cual fue multiplicado con el mapa kg (Tabla 39) construido a partir de los valores empíricos del coeficiente global de desarrollo, tanto de los periodos lluviosos y secos (Bosch et al. 1982; Aparicio 1997).

Tabla 39. Valores kg y ciclo vegetativo

| No. | Cobertura (uso actual) | kg |
|-----|--------------------------------------|------|
| 1 | Asentamientos humanos (urbano) | 0,00 |
| 2 | Bosque secundario | 0,80 |
| 3 | Café | 0,60 |
| 4 | Charral o matorral | 0,63 |
| 5 | Cuerpo de agua | 0,00 |
| 6 | Cultivos | 0,80 |
| 7 | Frutales | 0,70 |
| 8 | Manglar | 0,65 |
| 9 | Pasto mejorado con árboles dispersos | 0,70 |
| 10 | PSA | 0,80 |
| 11 | Regeneración Natural | 0,75 |

Fuente: Bosch et al. 1982; Aparicio 1997; CeNAT 2005

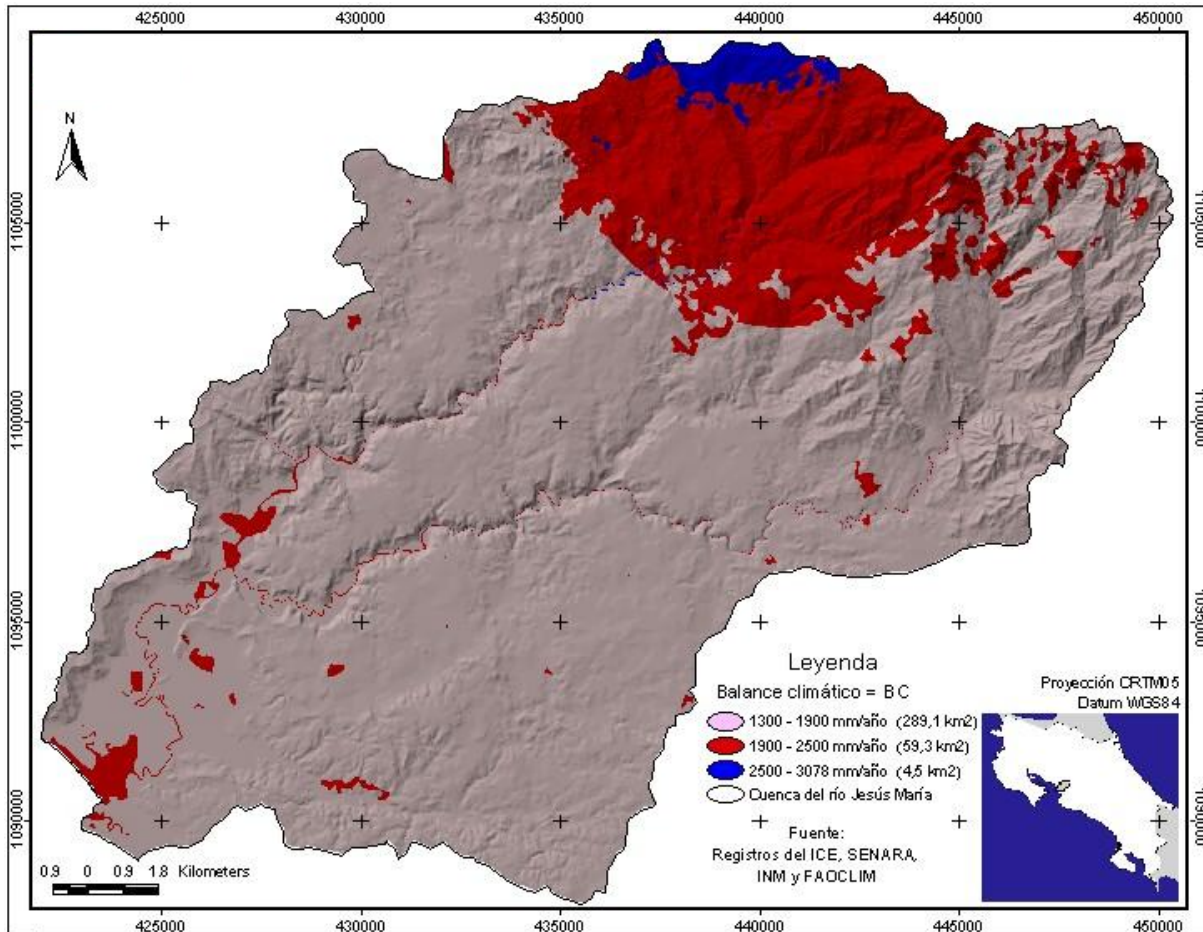
Los valores del mapa de ET_{real} de la cuenca muestran rangos que varían de menos de 350 a valores de entre 700 y 879 mm/año (Mapa 17).



Mapa 17. ETreal de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: registros del ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM

El mapa 17 pone de manifiesto la cantidad de pérdidas de agua por año tanto de la superficie del suelo por evaporación directa y de las plantas por transpiración. Los resultados indican que en la cuenca, cerca del 70,3% de la ETreal se encuentra entre los rangos de 700 - 879 mm/año, el restante 29,7% varía de menos de 350 - 700 mm/año.

Como resultado de la unión de las dos variables (Precipitación - ETreal), a través de la herramienta *Map Calculator* del programa ArcGis 9.2 se obtuvo la distribución espacial del Balance Climático (BC) de la cuenca (Mapa 18) con valores máximos de 3078 y mínimos de 1300 mm/año. Por lo tanto, desde la óptica de la ingeniería hidrológica, la precipitación media de la cuenca constituye la fuente primaria del agua superficial y subterránea, donde sus aproximaciones establecen el punto de partida para el uso, aprovechamiento y control del agua de manera sostenible. A continuación se muestra el siguiente mapa correspondiente al balance climático (BC) de la cuenca del Río Jesús María.



Mapa 18. Balance climático (BC) de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: registros del ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM

Con relación al coeficiente de infiltración (C^{32}): inicia con la obtención del mapa de coeficiente de infiltración (C), al sobreponer los mapas de las variables $k_p + k_v + k_{fc}$ (Tablas 40, 41 y 42), establecidas sobre la base de los valores de Shosinsky y Losilla (2000) y modificada por Junker (2005). En principio se construyó el mapa de pendiente en unidades porcentuales con seis rangos a partir del modelo de elevación digital (MED), fijándole a cada unidad el valor del coeficiente k_p para el rango de pendientes.

Tabla 40. Valores k_p

| No. | Rangos de pendiente en % | k_p |
|-----|--------------------------|-------|
| 1 | 0 - 3 | 0,40 |
| 2 | 3 - 15 | 0,15 |
| 3 | 15 - 30 | 0,10 |
| 4 | 30 - 50 | 0,07 |
| 5 | 50 - 70 | 0,05 |
| 6 | Mayor de 70 | 0,01 |

Fuente: Junker 2005

³² Para Junker (2005) el coeficiente de infiltración (C), es un valor relativo sin dimensión que expresa para una zona definida la infiltración potencial basada en los coeficientes del modelo analítico de Schosinsky y Losilla (2000).

Seguidamente se confecciona el mapa de cobertura vegetal o uso actual del suelo con sus respectivos valores de coeficiente de uso de suelo kv.

Tabla 41. Valores kv

| No. | Cobertura vegetal (uso actual) | kv |
|-----|--------------------------------------|------|
| 1 | Asentamientos humanos (urbano) | 0,10 |
| 2 | Bosque secundario | 0,20 |
| 3 | Café | 0,19 |
| 4 | Charral o matorral | 0,15 |
| 5 | Cuerpo de agua | 0,00 |
| 6 | Cultivos | 0,15 |
| 7 | Frutales | 0,18 |
| 8 | Manglar | 0,15 |
| 9 | Pasto mejorado con árboles dispersos | 0,20 |
| 10 | PSA | 0,15 |
| 11 | Regeneración Natural | 0,20 |

Fuente: Junker 2005

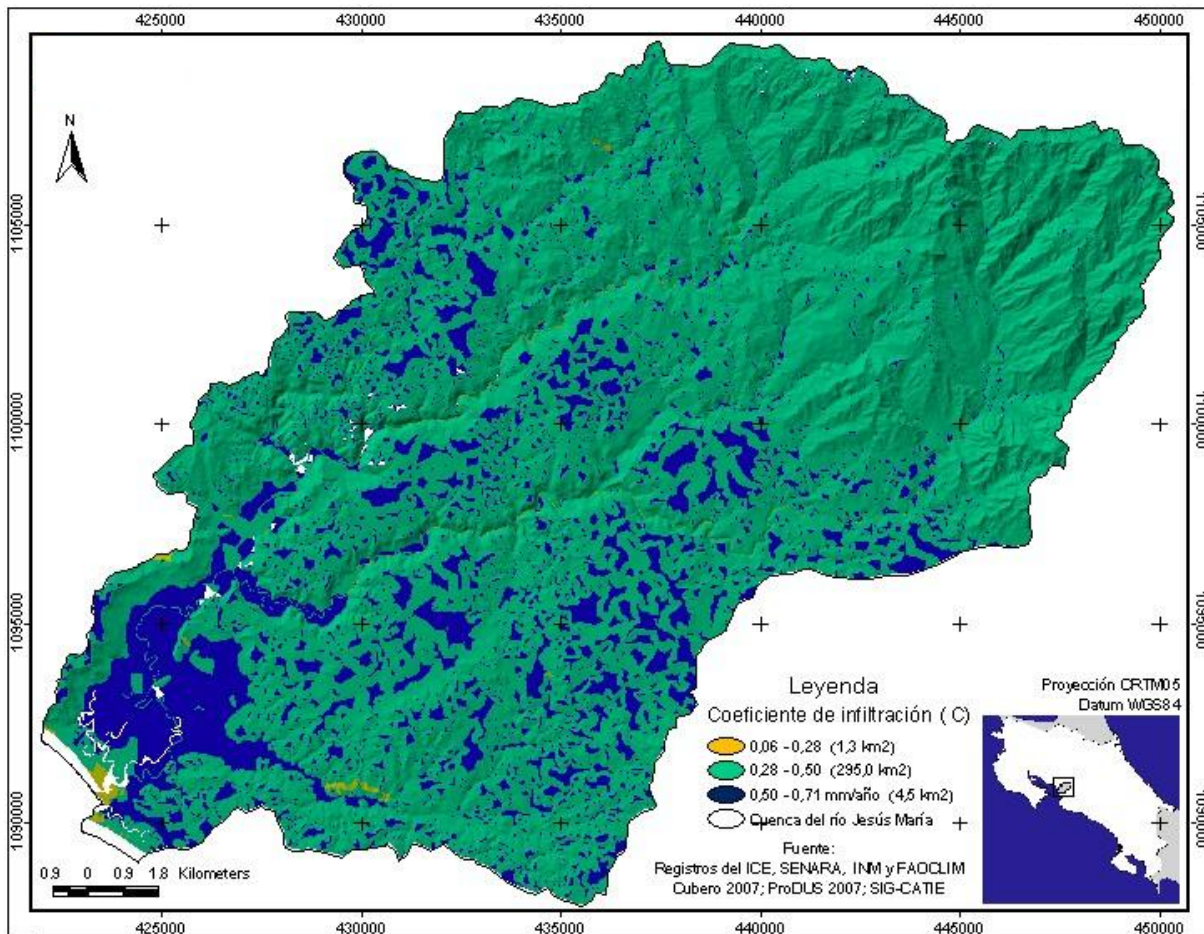
Haciendo uso de la información de Cubero (2007), correspondiente a la clasificación de las clases y subclases de capacidad de uso de la tierra y tipo de suelo de la cuenca, así como del Plan Regulador del cantón de Orotina (ProDUS 2007) y datos del MAG se procesó a la elaboración del mapa kfc, asignándole a cada Orden y Gran grupo el coeficiente kfc relacionado al tipo de suelo.

Tabla 42. Valores kfc

| No. | Orden de suelos | Descripción y/o composición de los suelos en la cuenca | kfc |
|-----|-----------------|---|------|
| 1 | Alfisoles | Suelos compactados con erosiones severas, poco profundos y con presencia de material parental en la superficie, generalmente por la actividad ganadera y monocultivos | 0,15 |
| 2 | Entisoles | Suelos de combinación de limo y arcilla, generalmente compactados y con evidencia de erosión sufrida a causa de las actividades ganaderas y monocultivos | 0,15 |
| 3 | Inceptisoles | Suelos de textura media a arenoso limoso, sin piedras a fuertemente pedregosos, con pendientes de 30 a mayores de 75% | 0,20 |
| 4 | Ultisoles | Suelos con predominio de textura areno limosos franco (moderadamente fina a moderadamente gruesa), poco compactada se evidencia erosión laminar. Asimismo, presenta un bosque secundario, café, áreas bajo regeneración natural, matorrales y ganadería extensiva | 0,20 |

Fuente: Cubero 2007; ProDUS 2007; Junker 2005

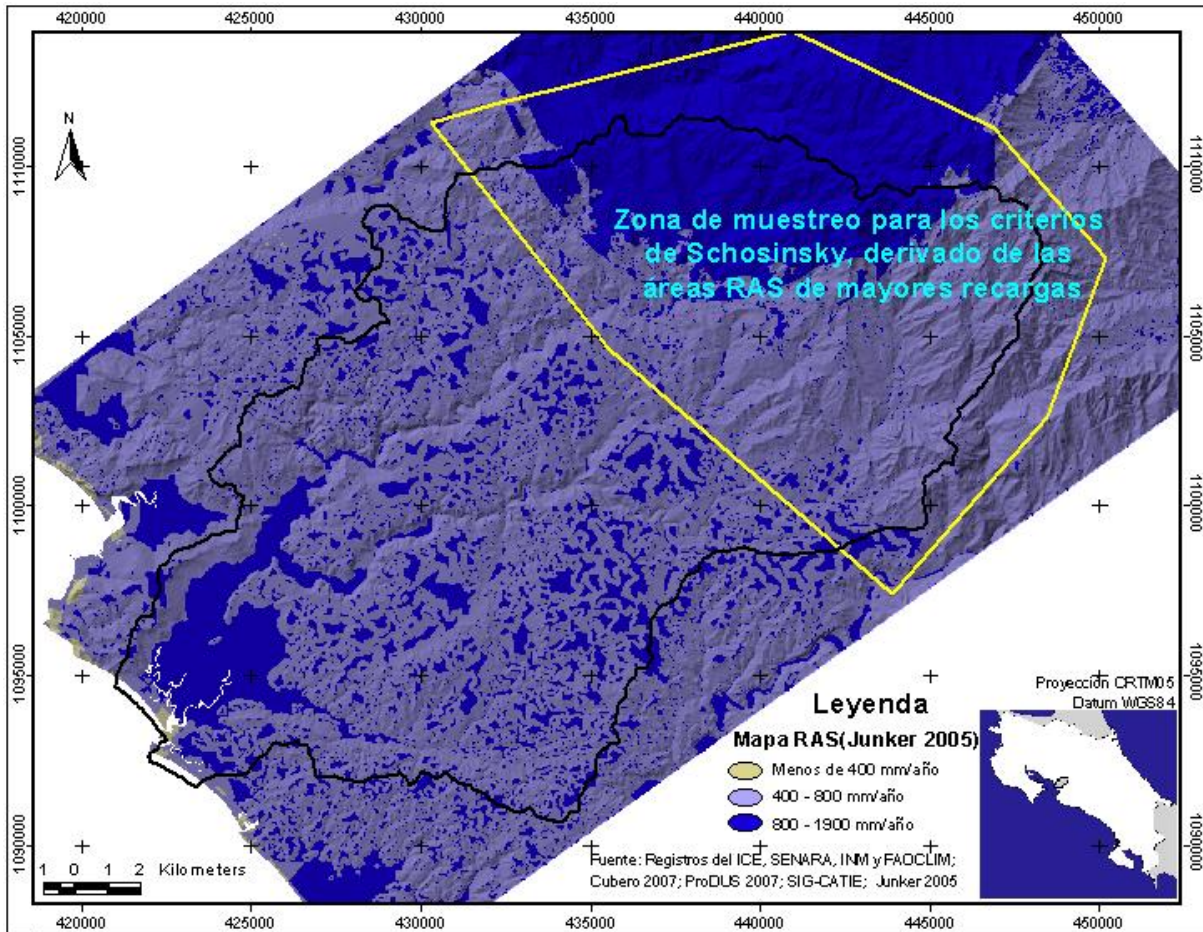
Consecutivamente se determina el mapa C, sobreponiendo los mapas de cada coeficiente haciendo uso del *Map Calculator*: $C = kp + kv + kfc$. Los resultados muestran que la cuenca presenta diferentes rangos de infiltración de recarga de agua subterránea, con una predominancia del 98,1% de rangos que varían de 0,28 - 0,50; esto prescribe al área de estudio como una zona de recarga donde se obtiene la infiltración del agua que fluye a través de los Ríos Paires, Agua Agria, Salto, Jesús María, Machuca, Turrubares y Cuarros y que descarga en los pozos que abastecen a la población y comunidades de los cantones de Esparza, San Mateo, Orotina y Garabito, de agua para consumo humano para las agroindustrias, para riego y otros. En el mapa 19 se presentan los rangos de infiltración relativas a la recarga de agua subterránea de la cuenca.



Mapa 19. Coeficiente de infiltración (C) de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: Cubero 2007; ProDUS 2007; Plan Regulador de Orotina 2007; SIG-CATIE; Junker 2005

Finalmente, se elabora el mapa RAS multiplicando el mapa de balance climático (BC) con el mapa C (coeficiente de infiltración) que equivale a la ecuación $RAS = BC \cdot C$. Los resultados presentan rangos de entre 400 - 800 mm/año como los predominantes y con una distribución casi homogénea por toda la cuenca. También, muestra que las mayores láminas de recarga de agua subterráneas se localizan en la parte alta con rangos que varían desde los 800 - 1900 mm/año. Partiendo de este resultado se selecciona la zona de muestreo RAS, para poder aplicar los criterios de Schosinsky (Mapa 20), con la finalidad de poder ajustar las ARH. Zona que en teoría podría afectar los caudales de los ríos y pozos de la cuenca de no tomarse las medidas de protección absoluta.

Además, el mapa RAS muestra áreas de recarga en menores superficies en toda la cuenca, áreas que para ser catalogadas en la categoría de zona de protección absoluta requerirán de muestreos de campo para su ajuste final. En ese sentido se recomienda trabajar estas áreas de menor superficie de recarga hídrica a nivel de subcuenca y microcuencas, en coordinación con las ASADAS para poder establecer un plan estratégico local, según sus prioridades, ingresos y proyección poblacional (abonados).



Mapa 20. Recarga de agua subterránea (RAS) de Junker (2005) de la cuenca del Río Jesús María
Fuente: registro de datos del ICE; SENARA; IMN; FAOCLIM, SIG-CATIE, Junker 2005

d. Criterios de Schosinsky (2006): *proceso metodológico y resultado*

Para la zona RAS seleccionada mapa 20 se emplearon los criterios de Schosinsky (2006) o balance hídrico³³ de suelos como un ajuste para la definición del ARH en la cuenca. La combinación de ambas metodologías permitió conocer el potencial de recarga hídrica más conveniente para el presente informe. En seguida se describen los pasos que estimaron los criterios para el ajuste de ARH.

Paso 1. Delimitación de la zona de muestreo: una vez estimadas y delimitadas las áreas RAS de mayores recargas en mm/año se procedió a la demarcación de la zona de muestreo (parte media-alta) con el propósito de evaluar los criterios de Schosinsky (Mapa 20).

Paso 2. Distribución de las precipitaciones: corresponde al mapa de distribución de la precipitación (Mapa 7, detalle Anexo).

Paso 3. Determinación de la evapotranspiración potencial (ETP): mapa 17 de Junker (2005).

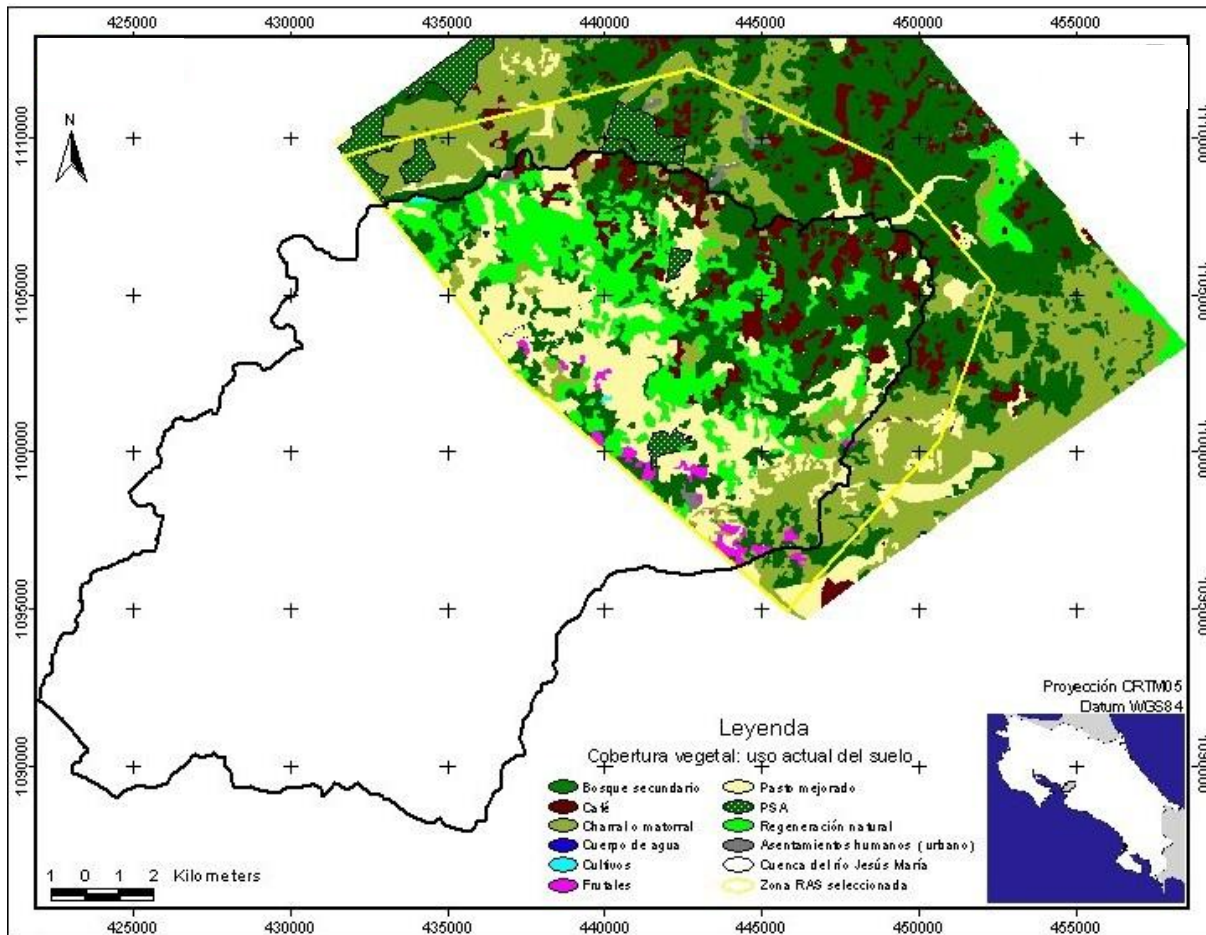
³³ El estudio del balance de suelos se basa en el principio de la conservación de la materia; o sea, el agua que entra a un suelo, más el agua que sale de él. Las entradas son debidas a la infiltración del agua hacia el suelo y las salidas se deben a la evapotranspiración de las plantas, más la descarga de los acuíferos (Schosinsky 2006).

Paso 4. **Tipo de cobertura o uso actual del suelo:** elaborado a partir de las fotografías aéreas en infrarrojo de la misión carta (CeNAT 2005) a escala 1:8.000 y fotografías del proyecto CATIE-Esparza del 2007 a escala 1:25.000, donde a cada tipo de cobertura vegetal o uso actual del suelo se le completaron (ajustaron) los coeficientes establecidos por Schosinsky (2006) (Tabla 43, Mapa 21).

Tabla 43. Coeficientes kv para cada tipo de cobertura y/o uso del suelo

| Cobertura vegetal (uso actual) | Cobertura vegetal de Schosinsky | kv |
|--------------------------------|---------------------------------|------|
| Asentamientos humanos (urbano) | sd | 0,00 |
| Charral o matorral | Zacate 50% | 0,09 |
| Cultivos | sd | 0,10 |
| Pasto con árboles dispersos | Alfalfa (pastos) | 0,18 |
| Bosque secundario | Bosques | 0,20 |
| PSA | | |
| Café | | |
| Frutales con manchas de pasto | Zacate 75% | 0,21 |
| Regeneración Natural | | |
| Cuerpo de agua | sd | 0,00 |

Fuente: Schosinsky 2006



Mapa 21. Tipo de cobertura vegetal y/o uso actual del suelo de la zona RAS seleccionada

Fuente: CeNAT 2005; SIG-CATIE-Esparza 2007

De la tablas 43 debe entenderse que la cobertura con zacate o pasto en una proporción a 50%, es decir, aquella área que presenta al menos un 50% de zacate o matorral y el restante 50% puede estar cubierta de cultivos, rocas, piedras, árboles y otros. Esta misma descripción aplica para la cobertura con zacate en un 75%. Los terrenos con cultivos se refieren a cultivos anuales y semiperennes, el pastizal representa el área dedicada a la actividad agropecuaria con baja a nula presencia de árboles. A su vez, la cobertura boscosa significa parches considerables de bosques primario o secundario.

Paso 5. **Tipo de suelo:** corresponde al mapa del Gran grupo de suelo, obtenida de la información de Cubero 2007, ProDUS 2007 y base de datos del SIG-CATIE-Esparza 2007 (Mapa 22). A la zona de muestreo (unidades de distintos tipos de suelo y cobertura vegetal) se efectuó un análisis físico de suelo con el propósito de determinar la retención de humedad y la densidad aparente (Da).

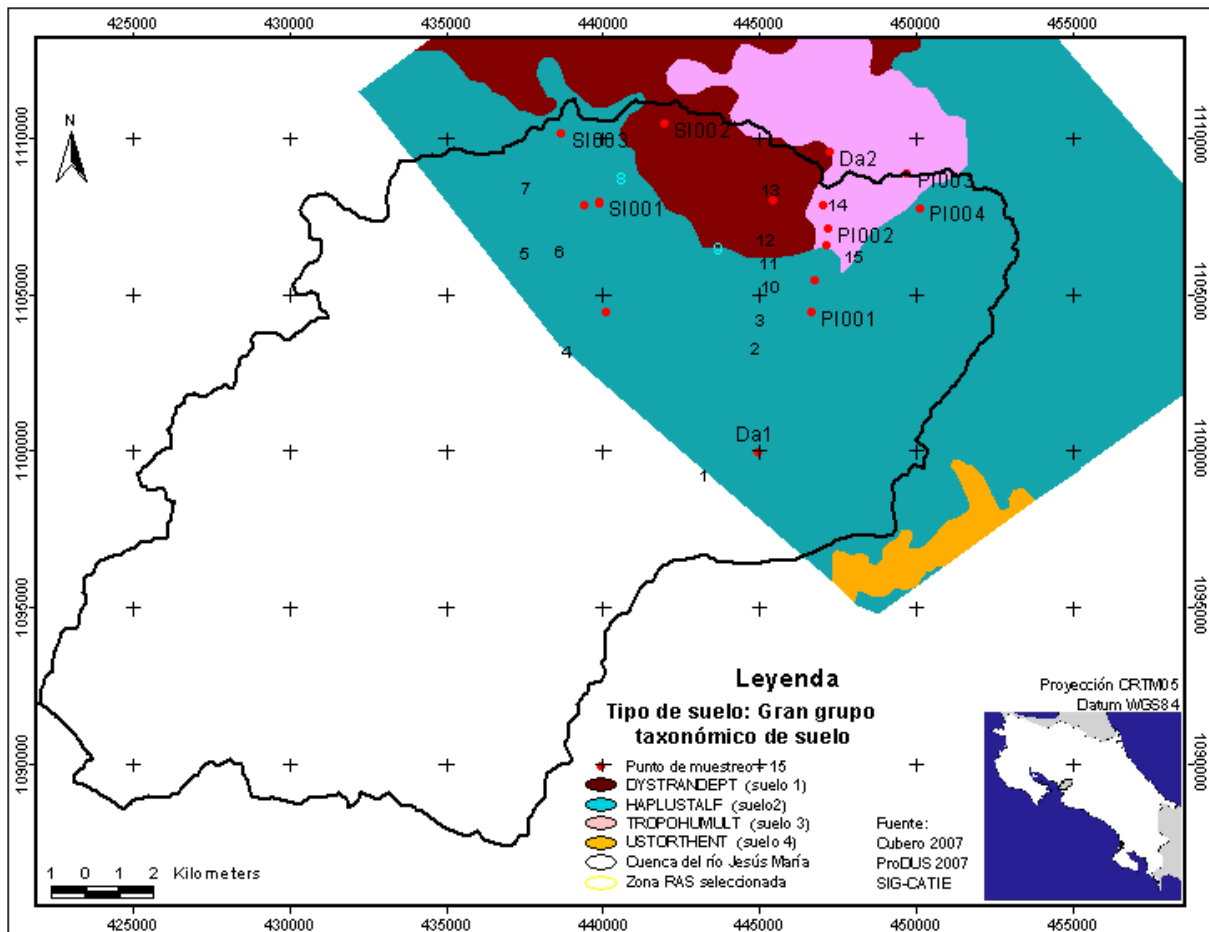
- ⇓ Para la determinación de la retención de humedad se recolectaron muestras de suelo con anillos de acero inoxidable de dimensiones 0,5x2 cm de diámetro; los anillos se introdujeron en el suelo a profundidades de 15 cm, una vez introducida y con ayuda de un palín se extrajeron los anillos rellenos de suelo y con una cuchilla se limpiaron cuidadosamente los bordes de cada uno. Estos se envolvieron en un papel aluminio y una vez codificados se empacaron en una bolsa sellada para luego ser trasladada el laboratorio de suelo de CATIE, donde fueron saturadas de humedad durante 24 horas y sometidas a presiones de 0,33 bares (datos referentes a la capacidad de campo³⁴) y 15 bares (datos referentes al punto de marchitez permanente³⁵) respectivamente.
- ⇓ Para la determinación de la Da se recolectaron muestras de suelo con cilindros de 10x2 cm de diámetro a 15 cm de profundidad de suelo. La recolecta se efectuó de la misma manera como se obtuvieron las muestras de los anillos para determinar la retención de humedad (párrafo anterior). En el laboratorio de suelo de CATIE, cada muestra fue pesada antes de someterla a una estufa de 110 °C durante 24 horas para luego ser enfriada y pesada nuevamente; siendo la diferencia entre la masa del suelo seco y el volumen del cilindro, la que determinaron la Da del suelo de cada una de las muestras.

Para la conversión de capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y de porcentaje de humedad por peso de suelo seco a porcentaje de humedad por volumen se aplicó la siguiente ecuación: *% de humedad por volumen = % de humedad por peso de suelo seco * Da*.

En la zona muestreada predominan tres tipos de suelo. Para su análisis físico se tomaron 15 muestras con el fin de determinar la capacidad que tiene el suelo de retener humedad, representada por la capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). La misma cantidad muestreada fue determinada para la Da del suelo. En la tabla 44 se muestra el resultado del análisis físico de suelo del laboratorio de CATIE.

³⁴ En un suelo saturado el exceso de agua se elimina por gravedad, es decir, el agua que ocupa una gran parte de los macro poros infiltra al subsuelo por su propio peso. A partir del momento de la saturación y al cabo de un tiempo (dos o tres días), el suelo ha eliminado por gravedad la mayor parte del agua sobrante, cuando esto ocurre se dice que el suelo se encuentra a capacidad de campo (CC).

³⁵ A partir de la capacidad de campo, el agua del suelo se va perdiendo progresivamente por evaporación y por absorción de las plantas hasta que llega a un momento en el que las plantas no puede absorber más agua y se marchitan, entonces se dice que el agua se encuentra retenida a una presión de 15 atmósfera (bares de presión), conocida como agua a punto de marchitez permanente (PMP).



Mapa 22. Tipo de suelo (Gran grupo) identificados dentro de la zona RAS y muestreo de campo
Fuente: Cubero 2007, ProDUS 2007 y base de datos del SIG-CATIE-Esparza 2007

Tabla 44. Análisis físico de suelo en relación a su densidad aparente (Da) y capacidad de retención de agua

| Tipo de suelo y cobertura vegetal (uso actual) | Da (g/cm ³) | Retención de humedad | | Agua útil (%) |
|--|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------|
| | | 0,33 bares de presión (CC) | 15 bares de presión (PMP) | |
| Suelo 1.8: Bosque secundario | 0,87 | 49,72 | 30,08 | 19,64 |
| Suelo 1.9: Charral o matorral | 0,85 | 52,61 | 32,90 | 19,71 |
| Suelo 1.13: Regeneración natural | 0,67 | 50,00 | 30,89 | 19,11 |
| Suelo 2.1: Frutales con machas de pastos | 0,89 | 26,10 | 15,46 | 10,64 |
| Suelo 2.2: Pasto con árboles dispersos | 1,00 | 37,42 | 24,18 | 13,24 |
| Suelo 2.3: Café | 0,79 | 42,40 | 30,18 | 12,22 |
| Suelo 2.4: Charral o matorral | 1,00 | 27,20 | 17,98 | 9,22 |
| Suelo 2.5: Pasto con árboles dispersos | 0,93 | 41,50 | 25,01 | 16,49 |
| Suelo 2.6: Regeneración natural | 0,90 | 56,23 | 38,96 | 17,27 |
| Suelo 2.7: Bosque secundario | 0,89 | 45,60 | 31,45 | 14,15 |
| Suelo 2.15: Café | 0,77 | 49,41 | 33,10 | 16,31 |
| Suelo 3.10: Regeneración natural | 0,87 | 41,00 | 26,84 | 14,16 |
| Suelo 3.11: Café con sombra | 0,82 | 47,06 | 28,00 | 19,06 |
| Suelo 3.12: Bosque secundario | 0,80 | 50,54 | 32,40 | 18,14 |
| Suelo 3.14: Bosque secundario con manchas de pasto | 0,79 | 54,00 | 34,01 | 19,99 |

De acuerdo a la tabla 44, los valores promedio de la D_a en el suelo tipo 1 es relativamente bajo ($0,78 \text{ mg/m}^3$) y aumentan en los suelos 2 y 3 con $0,90$ y $0,82 \text{ mg/m}^3$. Según Alvarado et al. (2001) los valores de D_a que oscilan entre $0,30 - 0,80 \text{ mg/m}^3$ son habituales en suelos volcánicos, caracterizados por poseer minerales amorfos o alófanos, presentar buenos contenidos de materia orgánica y un amplio espacio poroso favoreciendo la infiltración. En relación a los resultados de retención de humedad y D_a obtenidos, muestran una pequeña congruencia con las propiedades texturales que presentan los estudios del INTA.

Paso 6. **Rangos de pendientes:** a partir del mapa de elevación digital (MED) se confecciona el mapa de pendientes en porcentaje, llamado también llamado isopendiente. Mapa que muestra pocas áreas con pendiente menor a 7%, por lo que se considera el coeficiente de pendiente k_p de $0,06$ para toda la zona.

Tabla 45. Coeficientes k_p , según % de pendiente

| No. | Terreno | Rangos de pendiente en % | k_p |
|-----|---------------|--------------------------|-------|
| 6 | Muy irregular | Mayor de 7 | 0,06 |

Fuente: Schosinsky 2006

Paso 7. **Infiltración básica (fc):** se realizaron nueve pruebas de infiltración que comparten unidades de tipo de suelo, pendientes menores a 7% y cobertura o uso actual del suelo.

Los sitios seleccionados corresponden a los menos alterados, es decir, que no exhibiesen algún indicio de compactación por el peso de maquinarias, existencia de grietas, hormigueros o cualquier perturbación anormal al suelo. El método utilizado es el conocido como infiltrómetro de doble anillo de hierro (un cilindro de 50 cm y otro de 30 cm de diámetro). Inicialmente se introdujo el anillo exterior a 5 cm , luego el anillo interior a 10 cm , de seguida se realizaron las marcas a 7 cm de altura para el anillo exterior y 14 cm al anillo interior, para luego colocarle una regla graduada de mediciones y una tela con el propósito de evitar la compactación; llenando de agua al anillo exterior y luego al anillo interior, momento en el cual se iniciaron las mediciones de los siguientes intervalos de tiempo ($1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90$ y 120 minutos), las que fueron registradas en tablas previamente elaboradas para tal finalidad.

En la estimación de la capacidad de infiltración (velocidad de infiltración) se utilizó la ecuación de Kostyakov (1990), detalles de datos de campo en Anexo, a partir de la infiltración acumulada. La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$I = a \cdot b (t)^{b-1}$$

Donde; I = velocidad de infiltración (cm/h), a = infiltración durante el intervalo inicial, b = pendiente, e indica la forma que la velocidad se reduce en el tiempo (t).

Los resultados de los sitios muestreado se resume en la tabla 46, donde se detallan los valores obtenidos de la velocidad de infiltración por tipo de suelos y cobertura vegetal.

Tabla 46. Velocidad de infiltración por tipo de suelo y cobertura vegetal o uso actual

| Código | Tipo de suelo y cobertura vegetal (uso actual) | Velocidad de infiltración | | | fc | Kfc |
|--------|--|---------------------------|-------|-------------|--|-----|
| | | cm/min | cm/h | mm/día (fc) | | |
| PI001 | Suelo 2.1: Frutales con manchas de pastos | 0,05 | 2,79 | 670,1 | Entre 16 - 1568 mm/día: $kfc = 0,67\ln(fc)-0,000154fc-0,723$ | 0,9 |
| PI002 | Suelo 2.2: Pasto con árboles dispersos | 0,13 | 7,61 | 1826,9 | Mayor a 1568 mm/día | 1,0 |
| PI003 | Suelo 2.4: Charral o matorral | 0,33 | 19,57 | 4695,6 | Mayor a 1568 mm/día | 1,0 |
| PI004 | Suelo 3.12: Bosque secundario | 0,13 | 7,76 | 1861,4 | Mayor a 1568 mm/día | 1,0 |
| SI001 | Suelo 2.6: Regeneración natural | 0,41 | 24,51 | 5881,7 | Mayor a 1568 mm/día | 1,0 |
| SI002 | Suelo 1.8: Bosque secundario | 0,37 | 21,95 | 5268,3 | Mayor a 1568 mm/día | 1,0 |
| SI003 | Suelo 2.3: Café | 0,33 | 20,05 | 4812,5 | Mayor a 1568 mm/día | 1,0 |
| TI001 | Suelo 3.14: Bosque secundario con manchas de pasto | 0,32 | 19,31 | 4633,7 | Mayor a 1568 mm/día | 1,0 |
| TI002 | Suelo 2.15: Café | 0,16 | 9,82 | 2357,6 | Mayor a 1568 mm/día | 1,0 |

Fuente: Schosinsky 2006

El comportamiento de la velocidad de infiltración en los sitios muestreados es relativamente rápido en los primeros 30 minutos con una disminución a partir de los 40 a 70 minutos, hasta alcanzar una velocidad casi constante después de los 70 (Figura 19). De acuerdo a la tabla 46, las mayores velocidades de infiltración se presentaron en la clasificación tipo de suelo 2 bajo regeneración natural (24,5 cm/h), seguido del suelo tipo 1 con bosque secundario ralo (22,0 cm/h), suelo tipo 2 con café (20,1 cm/h) (Foto 8), suelo tipo suelo 2 con charral o matorral (19,6 cm/h) y tipo de suelo 3 con una mayor predominancia de bosque secundario (19,3 cm/h) (Foto 7) y la menor infiltración en el suelo 2 bajo frutales con pastos o pasto con árboles dispersos (Foto 6).

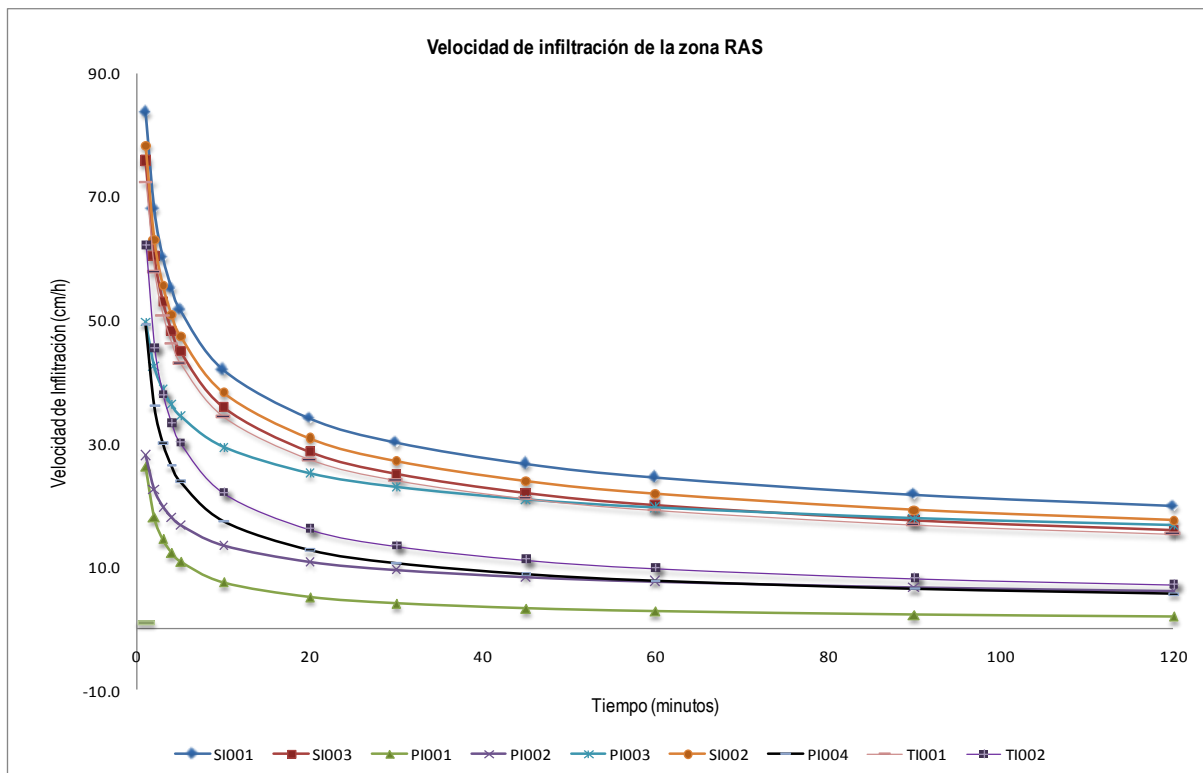


Figura 18. Velocidad de infiltración de la zona RAS seleccionada

Fotos representativas de tipo de suelo y cobertura o uso del suelo (Foto 6, 7 y 8) en la zona RAS.



Foto 6. Prueba de infiltración en suelo 2 bajo pasto con árboles dispersos: parte media-alta de la cuenca del Río Jesús María



Foto 7. Prueba de infiltración en suelo 3 con bosque secundario: parte alta de la cuenca del Río Jesús María



Foto 8. Prueba de infiltración en suelo 2 con café bajo sombra: parte alta de la cuenca del Río Jesús María

De las nueve pruebas de infiltración tres presentaron valores inferiores a 8 (cm/h), ubicadas en la parte media-alta de la cuenca. Valores que pueden deberse a la compactación producto de la ganadería y la predominancia de altas pendientes acompañada de pérdida de la vegetación.

Paso 8. **Profundidad de las raíces:** las profundidades de raíces, según el tipo de suelo y cobertura o uso actual fueron observadas en los cortes de caminos, las cuales se compararon y ajustaron a los valores sugeridos por Schosinsky.

Tabla 47. Profundidad de raíces extractoras de agua, según tipo de cobertura o uso del suelo predominante

| Cobertura vegetal (uso actual) | Cobertura vegetal de Schosinsky | Profundidad de raíces (m) | Profundidad de raíces (mm) |
|---|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Asentamientos humanos (urbano) | sd | 0,0 | 0,0 |
| Charral o matorral | Zacate 50% | 0,8 | 800 |
| Cultivos | sd | 0,5 | 500 |
| Pasto mejorado con árboles dispersos | Alfalfa (pastos) | 0,5 | 500 |
| Bosque secundario PSA | Bosques | 2,0 | 2000 |
| Café Frutales con manchas de pasto Regeneración Natural | Zacate 75% | 1,0 | 1000 |
| Cuerpo de agua | sd | 0,0 | 0,0 |

Fuente: Schosinsky 2006

Para conocer el porcentaje de humedad por volumen en mm de agua existente en la franja de profundidades de las raíces se utilizó la siguiente ecuación:

$$mm \text{ de agua} = \text{porcentaje de humedad por volumen} * \text{profundidad de las raíces en mm}$$

Tabla 48. Humedad por profundidad en mm de los tipos de suelo y cobertura

| Tipo de suelo y cobertura vegetal (uso actual) | Da (g/cm ³) | Humedad por peso (%) | Humedad por volumen (%) | Profundidad de raíces (mm) | Humedad por profundidad (mm) |
|--|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Suelo 1.8: Bosque secundario | 0,87 | 24,3 | 21,1 | 2000 | 422,8 |
| Suelo 1.9: Charral o matorral | 0,85 | 20,9 | 17,8 | 800 | 142,1 |
| Suelo 1.13: Regeneración natural | 0,67 | 21,9 | 14,7 | 1000 | 146,7 |
| Suelo 2.1: Frutales con manchas de pasto | 0,89 | 11,0 | 9,8 | 1000 | 97,9 |
| Suelo 2.2: Pasto con árboles dispersos | 1,00 | 12,8 | 12,8 | 500 | 64,0 |
| Suelo 2.3: Café | 0,79 | 20,3 | 16,0 | 1000 | 160,4 |
| Suelo 2.4: Charral o matorral | 1,00 | 15,7 | 15,7 | 800 | 125,6 |
| Suelo 2.5: Pasto con árboles dispersos | 0,93 | 12,0 | 11,2 | 500 | 55,8 |
| Suelo 2.6: Regeneración natural | 0,90 | 15,8 | 14,2 | 1000 | 142,2 |
| Suelo 2.7: Bosque secundario | 0,89 | 18,2 | 16,2 | 2000 | 324,0 |
| Suelo 2.15: Café | 0,77 | 15,7 | 12,1 | 1000 | 120,9 |
| Suelo 3.10: Regeneración natural | 0,87 | 18,7 | 16,3 | 1000 | 162,7 |
| Suelo 3.11: Café con sombra | 0,82 | 18,5 | 15,2 | 1000 | 151,7 |
| Suelo 3.12: Bosque secundario | 0,80 | 20,7 | 16,6 | 2000 | 331,2 |
| Suelo 3.14: Bosque secundario con manchas de pasto | 0,79 | 19,7 | 15,6 | 2000 | 311,3 |

Paso 9. **Intercepción de la lluvia en el follaje:** son valores referidos a la intercepción de la lluvia por follaje de Schosinsky, la cual fue adaptada a la cobertura o uso actual del suelo de la zona RAS seleccionada como de muestreo (Tabla 49).

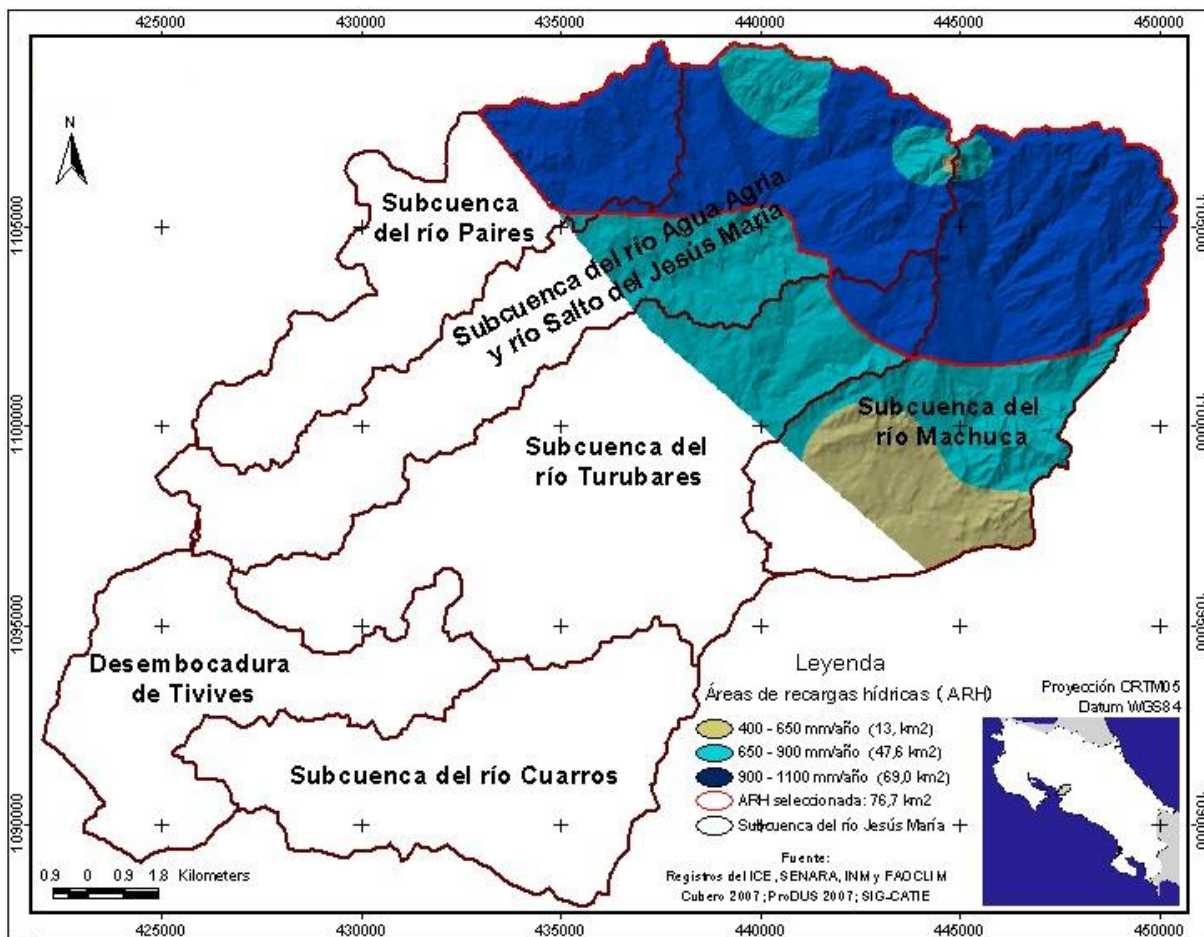
Tabla 49. Porcentaje de retención de lluvia en el follaje, según cobertura o uso del suelo

| Cobertura vegetal (uso actual) | Cobertura vegetal de Schosinsky | Retención de lluvia (%) | Coefficiente de retención de lluvia en el follaje |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|
| Asentamientos humanos (urbano) | sd | 0,0 | 0,00 |
| Charral o matorral | Zacate 50% | 12,0 | 0,12 |
| Cultivos | sd | 12,0 | 0,12 |
| Pasto con árboles dispersos | Alfalfa (pastos) | 12,0 | 0,12 |
| Bosque secundario PSA | Bosques | 20,0 | 0,20 |
| Café | | | |
| Frutales con manchas de pasto | Zacate 75% | 12,0 | 0,12 |
| Regeneración Natural | | | |
| Cuerpo de agua | sd | 0,0 | 0,00 |

Fuente: Schosinsky 2006

Paso 10. **Humedad inicial de los tipos de suelo:** se considera como humedad inicial la CC, obtenida para cada tipo de suelo y cobertura (Tabla 43).

Paso 11. **Determinación de las ARH:** a cada sitio muestreado se le empleó la ecuación del balance hídrico o criterios establecidos por Schosinsky, descritos anteriormente (detalles Anexo), dando como resultado el mapa 23 que muestra las diferentes ARH en mm/año.



Mapa 23. Área de recarga hídrica (ARH) de la cuenca del Río Jesús María, según criterios de Schosinsky

El mapa 23 muestra el ARH seleccionada (color rojo) con 76,7 km², área que representa una distribución de 900 a 1100 mm/año de recarga de agua subterránea; no obstante, es difícil afirmar que estos valores son altos, medios o bajos, ya que la falta de estudios similares dificulta poder efectuar una comparación. También el mapa permite ubicar los proyectos orientados a la protección absoluta y establecer responsabilidades políticas administrativas a nivel local y nacional.

De manera general, en la siguiente tabla se presentan los valores promedios de Precipitación (P), Precipitación que se infiltra (Pi), Retención de humedad en el follaje (Ret), Evapotranspiración real (ETR), Escurrimiento superficial (Esc) y Recarga potencial del acuífero del ARH (Mapa 23).

Tabla 50. Valores promedio del balance hídrico de suelo en la zona definida como ARH

| P (mm/año) | Pi (mm/año) | Ret (mm/año) | ETR y Esc (mm/año) | ARH (mm/año) |
|------------|-------------|--------------|--------------------|--------------|
| 2197,7 | 1.863,3 | 334,4 | 1.042,0 | 867,8 |

Según datos de la tablas 50, la precipitación que infiltra corresponde al 84,8% de la precipitada y un 46,6% llega a ser recarga potencial hídrica (ARH). Si bien es cierto que la zona tiene una influencia favorable de precipitación con respecto a la parte baja, también es cierto que estas hacen posible una buena cantidad de evapotranspiración real (ETR) y escurrimiento superficial (47,4%).

El volumen promedio de las ARH, según extensión de la parte media-alta de la cuenca se detalla en la tabla 51.

Tabla 51. Volumen promedio de las ARH en la parte media-alta de la subcuencas del Río Paires, Agua Agria y Salto del Jesús María y Machuca

| ARH (mm/año) | Prom. ARH (m/año) | Área (m ²) | Volumen (m ³ /año) |
|-----------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|
| 400 - 650 | 0,525 | 13.102.000,0 | 6.878.550,0 |
| 650 - 900 | 0,775 | 47.601.600,0 | 36.891.240,0 |
| 900 - 1100 | 1,000 | 69.010.800,0 | 69.010.800,0 |
| Promedio | | | 37.593.530,0 |

En último lugar se establece una categorización de las ARH de la zona de muestreo seleccionada en: alta (comprende entre 900 - 1100 mm/año), media (650 - 900 mm/año) y baja (400 - 650 mm/año). A las ARH de categorización media y alta, es indispensable definirles acciones de protección absoluta para el recurso hídrico subterráneo a mediano y largo plazo. En los talleres realizados con los actores locales se discutieron y analizaron los siguientes lineamientos legales, técnicos y administrativos que podrían ser considerados en estas áreas:

- a. Crear conciencia en los productores y población local para velar porque se respete la legislación ambiental vigente (Ley de Aguas, Forestal, Conservación de la vida silvestre, Uso y Conservación de Suelos, Ordenamiento Territorial y otras leyes relacionadas con la protección y conservación del recurso hídrico), antes de desarrollar cualquier tipo de actividad en la zona.
- b. Los planes reguladores y de ordenamiento territorial a elaborarse en la municipalidad de Esparza y San Mateo, deberán considerar en su agenda la protección del ARH.

- c. Desarrollar e implementar Plan de Manejo Integral (PMI) en las partes altas de las subcuencas (Paires, Agua Agria y Salto del Jesús María y Machuca) para la recuperación y protección de las ARH media y alta. La implementación del Plan dará la oportunidad de obtener incentivos frescos para el financiamiento de actividades productivas amigables con el medio ambiente, PSA, fincas ecológicas, certificación de producción orgánica y de sostenibilidad turísticas.
- d. Con base en los resultados de recarga potencial del acuífero o ARH se puede establecer clases de uso del territorio que considere la presencia de corredores biológicos, protección de manantiales, protección de ríos, áreas productivas de alta, media y baja densidad y áreas recreativas o de desarrollo turístico. Algo importante a destacar en estas áreas es la poca urbanización, la cual está a tiempo de planificarse, promover y alcanzar un desarrollo congruente con la protección del recurso hídrico.
- e. En las áreas de producción pecuaria se deben promover la conservación de suelos y agua, entendida como la reducción de las tasas de erosión, escorrentía superficial, contaminación, sellamiento de poros (compactación) con técnicas convencional de producción. Algunas prácticas señaladas por los actores son: siembra y manejo de árboles o plantaciones forestales con especies nativas, siembra de barreras y cercas vivas, establecimiento de sistemas agroforestales, producción de biogás (biodigestores) a partir de excretas de bovinos, manejo de carga animal inferior a 1,3 animales/ha, uso de abono orgánico con la finalidad de aumentar el contenido de materia orgánica en los suelos, producción de carne con animales estabulados o semiestabulados, promover la permanencia de árboles en un 30% de las propiedades y permitir la regeneración natural en charrales, tacotales y bosque secundario.
- f. Promover la explotación turística sostenible (turismo de baja carga e impacto) mediante un plan de desarrollo turístico, donde el paisaje natural, las actividades productivas (café y ganadería) y otros, sean los segmentos de turismo rural y ecológico.
- g. Inventariar y clasificar las prácticas de producción en las ARH media y alta, ya sean favorables o no a la infiltración para luego promover cambios en la producción que facilite la recarga de aguas subterráneas.
- h. Las ASADAS, AyA y otros actores locales, requieren del acompañamiento técnico y de los recursos económicos necesarios para implementar acciones de manejo adecuado en las ARH de categorización media y alta. Actores que deben ser vistos como los responsables de destinar un porcentaje de su presupuesto para la protección y mejoramiento de las ARH.

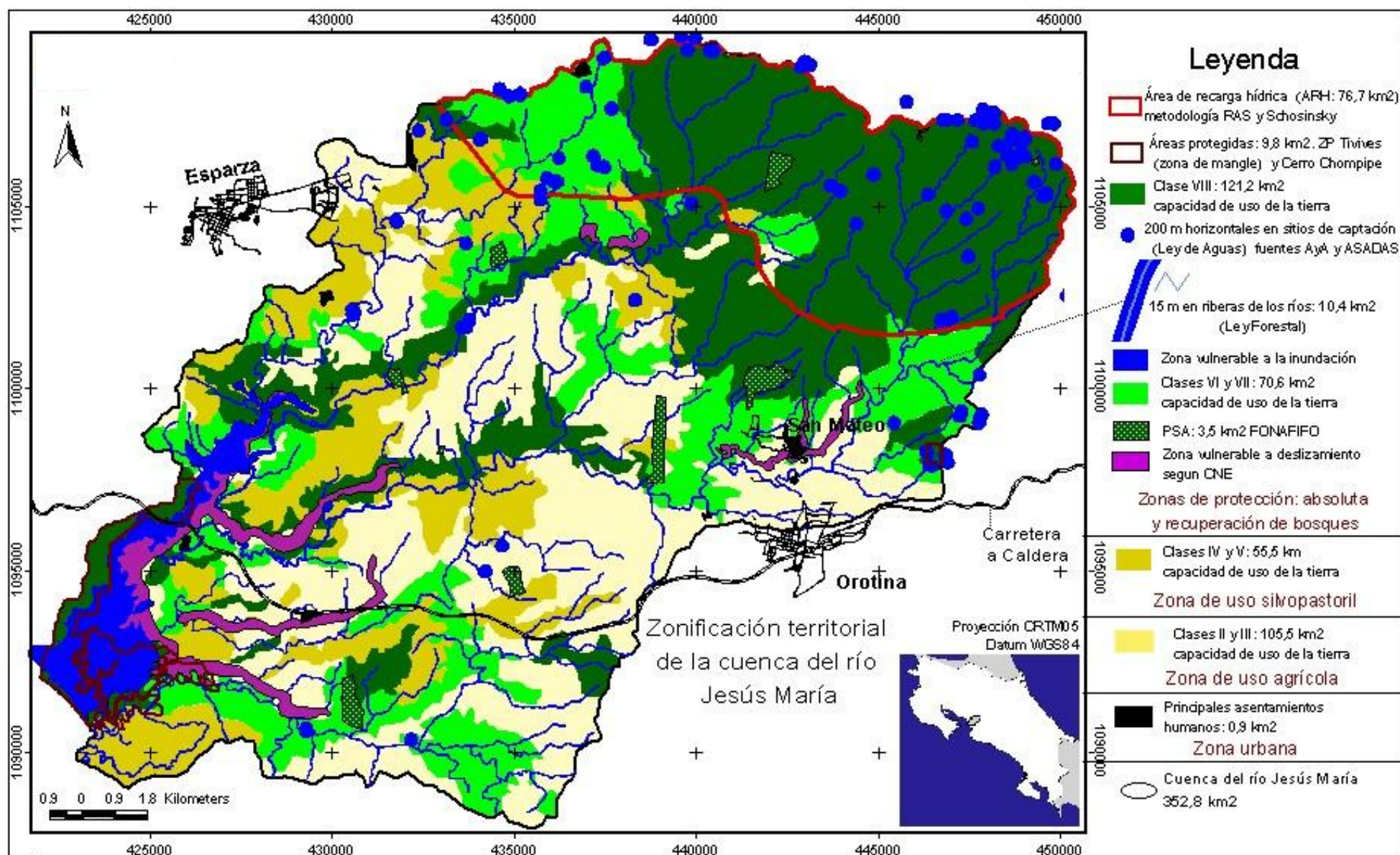
I-4.1.2.1 Protección y recuperación de bosques

Zona que representa las áreas destinadas a la protección y recuperación de bosques, como resultado de las clases VI y VII (3,1 y 11,1%) y áreas bajo PSA (3,5 km²) para cualquier modalidad.

I-4.1.3.1 Zona de uso silvopastoril, de uso agrícola y urbano

Las tres zonas: zonas de uso silvopastoril, de uso agrícola y urbana (Mapa 24), generalmente están ubicadas en la parte media y baja de la cuenca del Río Jesús María.

A continuación se presenta el mapa propuesto para la zonificación de la cuenca del Río Jesús María.



Mapa 24. Zonificación territorial de la cuenca del Río Jesús María

El mapa 24 derivado de la caracterización y diagnóstico, muestra la distribución espacial de cada una de las categorías o zonificación territorial de la cuenca, siendo predominante la categoría destinada a la protección absoluta con 33,1% (parte media y alta), seguido la categoría de uso agrícola tecnificado con 29,9% (parte media y baja) y la de protección y recuperación del bosque con 21%. En la siguiente tabla se muestra la zonificación territorial para la cuenca de Río Jesús María, en orden de importancia según superficie que representan, las cuales exponen cantidades superpuestas en km².

Tabla 52. Categorías de la zonificación territorial de la cuenca del Río Jesús María

| No. | Categorías (unidades) de la zonificación territorial | Área superpuesta (km ²) |
|-----|---|-------------------------------------|
| 1 | Zonas de protección absoluta | 225,0 |
| | Áreas de recarga hídrica | 76,7 |
| | Áreas protegidas | 9,8 |
| | Clases VII | 121,2 |
| | Nacientes y quebradas con 200 m de protección a la horizontal | --- |
| | Riberas de los ríos: 15 m a ambos lados | 10,4 |
| | Zonas vulnerables a la inundación | 6,9 |
| | Zona de protección y recuperación de bosques | 94,8 |
| | Clases VI y VII | 70,6 |
| | PSA | 3,5 |
| | Zona vulnerables al deslizamiento y derrumbes | 20,7 |
| 2 | Zona de uso agrícola | 105,5 |
| 3 | Zona de uso silvopastoril | 55,5 |
| 4 | Zona urbana | 0,9 |

I-4.2 Descripción de las categorías (unidades)

La zonificación territorial (Mapa 24) es producto de la reclasificación del mapa de capacidad de uso de la tierra elaborada a partir de la caracterización y el diagnóstico. Como parte del análisis de la información se han integrado el ARH, como prioridad para los actores locales, las áreas protegidas (una de ellas, la ZP Tivives constituye también al área de mangle y vulnerable a la inundación), áreas potenciales de deslizamiento y zonas de uso de la tierra. De manera tal, que facilite la toma de decisiones (proyectos) en la aplicación de las recomendaciones de la zonificación territorial.

Finalmente, sobre la base de los principales problemas y potencialidades manifestados y consensados con los actores locales se definieron los proyectos (posibles alternativas de soluciones a los problemas y aprovechamientos de potencialidades), resultados que se armonizan con cada categoría de la zonificación territorial, integrado desde el punto de vista social, técnico y normativo. A continuación se describen las categorías o unidades.

I-4.2.1 Zona de protección absoluta y recuperación de bosques

Con la protección de ambas zonas se garantizaría la permanencia del recurso agua con potencial para consumo humano, así como los recursos genéticos. Además, permitiría en parte maximizar la producción agropecuaria de tipo sostenible.

En ese sentido, la zona de **protección absoluta**; constituye una propuesta de gestión para establecer nuevas áreas protegidas, bajo categoría de manejo de zona protectora. La zona comprende un área

principal definida como ARH (76,7 km²) vinculada a las áreas de alto potencial de recarga hídrica. Zona que deberá crearse mediante decreto del MINAET, como la instancia que posee las atribuciones según Ley Forestal 7575 (artículo 2) para establecer áreas protegidas bajo cualquier categoría de manejo participativo que van a regir los usos y restricciones en dicho territorio.

En segunda instancia se presentan las zonas de la clase VIII (121,2 km²), según capacidad de uso de la tierra. Áreas que deberán constituirse en una propuesta de PSA o PSE (pagos por servicios ecosistémicos) bajo la modalidad de protección del recurso hídrico. En relación a las zonas de protección de los márgenes fluviales, captación de agua (Ley Forestal y Ley de Aguas: Ley General de Agua Potable) y zonas protegidas, estas deberán reforzarse con la aplicación de las leyes por parte de grupos locales constituidos, ASADAS y las instituciones como el MINAET, AyA, municipalidades, entre otros.

Partiendo de las propuestas de los actores locales y, según el diagnóstico (principales problemas y potencialidades) se hace mención de los proyectos que regirán y normalizarán esta zona:

1. Fortalecimiento institucional y organizacional.
2. Capacitación sobre el marco jurídico relacionado con el ambiente.
3. Capacitación en el uso y aprovechamiento eficiente del recurso hídrico.
4. Fomento al PSA o PSEH.
5. Protección del bosque ribereño.
6. Manejo de áreas protegidas.
7. Protección de fuentes de agua.
8. Manejo integral de las zonas de recarga hídrica.
9. Gestión para el mejoramiento de la calidad del agua.

En lo que concierne a la zona de **protección y recuperación del bosque**; en primera instancia se deberán instaurar zonas de restauración ecológica y de protección de recursos naturales, principalmente en las categorías que agrupan la clase VII, y que se encuentren en condiciones de uso adecuado y sobreuso. En el caso concreto de las áreas con uso adecuado (bosques) se considera necesaria la protección de los mismos con fines de conservación de flora y fauna y recursos genéticos, debido a que son áreas importantes para mantener el equilibrio natural en la cuenca. Estas áreas generalmente están ubicadas en la parte media-alta y en los depósitos fluviales de los principales ríos (parte baja de la cuenca). Para aquellas áreas en sobreuso se consideran actividades de restauración ecológica, por ejemplo las áreas degradadas (sobre pastoreadas) necesitarán un manejo adecuado para recuperar su estado natural.

Con la finalidad de proteger los recursos naturales las áreas de la clase VI, comprenderán cualquiera de las siguientes modalidades de PSA o PSE: protección de bosque, protección de recurso hídrico, protección de áreas silvestres, manejo de bosque, reforestación total, reforestación, segundas cosechas, reforestación de especies nativas, reforestación en multi etapas, plantaciones establecidas, regeneración natural, regeneración natural conectada al MDL, regeneración natural productiva y sistemas forestales de café.

En último lugar, en los terrenos cubiertos de bosque (clase VI), no se permitirá el cambio de uso del suelo, ni establecer plantaciones forestales. Sin embargo, la administración forestal del Estado podrá otorgar permisos en estas áreas para ciertas obras de infraestructuras, ya sean las destinadas a la recreación y al turismo ecológico, cortar árboles por razones de seguridad y prevenir acciones de incendios forestales, desastres naturales u otras razones de seguridad o causas análogas a su consecuencia. También, la ley debe recaer a quienes invadan terrenos sometidos al régimen forestal, a solicitud del titular o representante, en este caso, el Ministerio Público está en la obligación de acatar dicha norma. En ese sentido, la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317 restringe ciertas actividades con la finalidad de proteger los recursos naturales. En este caso indica que está prohibida la caza, la pesca y la extracción de fauna y flora, salvo que no estén en peligro de extinción.

En las áreas de riesgo (zonas vulnerables a la inundación y deslizamiento) se considera restricciones para el desarrollo agropecuario, forestal y expansión urbana, por constituir espacios vulnerables a sufrir daños que puede generar pérdidas a las inversiones económicas. También se considera los poblados que actualmente se encuentran en zonas de riesgo, los cuales merecen una especial atención para su reubicación u otro tratamiento a fin de salvaguardar las vidas humanas. En estas zonas las municipalidades no permitirá obras de construcción, en tanto lo vete alguna limitación impuesta o una declaratoria formal de inhabilitación del área, motivada en renovación urbana (Ley de Planificación Urbana No. 4240, artículo 58).

Entre los proyectos priorizados se mencionan:

1. Fortalecimiento institucional y organizacional.
2. Capacitación sobre el marco jurídico relacionado con el ambiente.
3. Capacitación en el uso y aprovechamiento eficiente del recurso hídrico.
4. Establecimiento y manejo de plantaciones forestales.
5. Fomento al PSA o PSEH.
6. Protección del bosque ribereño.
7. Manejo de áreas protegidas.
8. Fomento al ecoturismo.
9. Protección de fuentes de agua.
10. Gestión para el mejoramiento de la calidad del agua.
11. Reforestación y manejo para la conservación y restauración ecológica.
12. Rehabilitación y protección de áreas vulnerables (inundación y deslizamiento).
13. Restauración de suelos degradados.
14. Mejora en el manejo, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de las ASADAS.

I-4.2.2 Zona de uso silvopastoril

Esta categoría comprende 55,5 km² agrupan áreas con capacidad de uso para la producción forestal, cultivos permanentes y desarrollo de la ganadería (Clase IV y V). En las áreas bajo subuso y uso adecuado se recomienda potenciar las actividades agroforestales o silvopastoriles y la de producción

forestal con especies nativas. En las áreas sobreuso aplicarán los PSA bajo las siguientes modalidades: sistemas agroforestales totales, regeneración de potreros, sistemas agroforestales y sistemas agroforestal con café.

Entre los proyectos priorizados se mencionan:

1. Fortalecimiento institucional y organizacional.
2. Capacitación sobre el marco jurídico relacionado con el ambiente.
3. Capacitación en formulación, evaluación y gestión de proyectos.
4. Sistemas silvopastoriles y agroforestales.
5. Mejoramiento genético del hato ganadero.
6. Fomento al ecoturismo y agro ecoturismo.
7. Protección de fuentes de agua.
8. Gestión para el mejoramiento de la calidad del agua.
9. Gestión del agua subterránea.
10. Rehabilitación y protección de áreas vulnerables (inundación y deslizamiento).
11. Mejoramiento del sistema productivo del café.
12. Diversificación agropecuaria en pequeñas fincas con prácticas amigables al ambiente.
13. Establecimiento y manejo de plantaciones forestales.
14. Manejo y conservación de suelos y agua.
15. Fomento del PSA o PSE.
16. Restauración de suelos degradados.
17. Fomento de la agroindustria y cadenas de valor.

I-4.2.3 Zona de uso agrícola

Abarca 105,5 km², esta categoría contempla actividades agropecuarias, cultivos anuales, semiperennes y perennes. Bajo estas condiciones se sugiere la explotación de una agricultura tecnificada (cultivos anuales y semiperennes) y una ganadería bajo el sistema silvopastoril. Estas actividades productivas constituyen actualmente el motor de la economía de la población de la cuenca, ubicadas en la parte media y baja.

El MAG es la institución encargada de promover la actividad agropecuaria, así como también la encargada de fiscalizar, evaluar y realizar cuando considere necesario los estudios básicos de uso de la tierra. Con la finalidad de realizar un aprovechamiento óptimo del recurso suelo, deberán existir ciertos incentivos a los propietarios de los terrenos agrícolas que utilicen sus tierras conforme a su capacidad de uso y que además apliquen prácticas de manejo, conservación y recuperación de suelo. En estos casos se recomienda la exoneración de parte de la municipalidad a los propietarios del pago de impuestos de bienes e inmuebles en un 40% de los que les corresponda pagar (Ley de Impuesto sobre Bienes Inmuebles No. 7509 y sus reformas), según valoración del terreno que realice el perito (Ley Orgánica del Ambiente No. 7554, artículo 48 y Ley de Impuesto sobre Bienes Inmuebles No. 7509, artículo 10 Bis).

Entre los proyectos priorizados se mencionan:

1. Fortalecimiento institucional y organizacional.
2. Capacitación en el uso y aprovechamiento eficiente del recurso hídrico.
3. Capacitación en formulación, evaluación y gestión de proyectos.
4. Sistemas silvopastoriles.
5. Mejoramiento genético del hato ganadero.
6. Manejo y conservación de suelos y agua.
7. Fomento de la agroindustria y cadenas de valor.
8. Fomento de eco y agro turismo.
9. Diversificación agropecuaria en pequeñas fincas con prácticas amigables al ambiente.
10. Restauración de suelos degradados.
11. Gestión para el mejoramiento de la calidad del agua.
12. Gestión del agua subterránea.

I-4.2.4 Zona urbana

Esta categoría corresponde a las zonas urbanas de las principales ciudades y pueblos de la cuenca (0,9 km²). No se consideraron los pueblos con urbanización dispersa, ni aquellas que contenían menos de 50 casas. En la cuenca generalmente los asentamientos humanos (urbanos) se encuentran dispersos en los bordes de las carreteras principales.

Aquí las municipalidades de Esparza, San Mateo y Orotina tienen la competencia de regular el crecimiento urbano y rural en sus jurisdicción, para ello, según la Ley de Planificación Urbana No. 4240 (artículos 15 y 25) deben contar con el Plan Regulador, como un instrumento de planificación y de regulación. Estos Planes, en la actualidad están en proceso de aprobación a excepción de Orotina que tiene el aval por parte del consejo municipal. Los planes deben contener todos los reglamentos de zonificación urbana, donde figuren zonas especiales que soporten alguna reserva en cuanto a su uso y desarrollo, como en el caso de los sitios con importancia histórica y las áreas demarcadas como inundables, peligrosas al propósito de contener el crecimiento urbano periférico.

Entre los proyectos priorizados se mencionan:

1. Fortalecimiento institucional y organizacional.
2. Capacitación en el uso y aprovechamiento eficiente del recurso hídrico.
3. Capacitación en formulación, evaluación y gestión de proyectos.
4. Mejora en el manejo, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de las ASADAS y AyA.
5. Gestión para el mejoramiento de la calidad del agua.
6. Gestión del agua subterránea.

Anexo

Anexo 1. Datos físico-químicos de los sistemas de abastecimientos (pozos, nacientes, quebradas y red de distribución) de agua potable de las ASADAS que constituyen los distritos de la cuenca del Río Jesús María

| Distrito | Poblado | Punto de muestreo | Origen | Sistema | Clor o resid . | Color verd. (U Pt/Co) | Turbi. (UNT) | Conduc t. (uS) | Olor | pH | pH Satur. | Índice satur. | Alcal. total | Dur. total | Durez . de Ca | Durez. de Mg | Na2SO 4 (mg/L) | Clor uro. | Fluorur o. | NO3 | NO2 | Na | K | Fe (ug/L) |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|-----------|--|----------------|-----------------------|--------------|----------------|-------|------|-----------|---------------|--------------|------------|---------------|--------------|----------------|-----------|------------|------|-----|----|---|-----------|
| San Rafael | El Barón | Pozo | Pozo | Asentamiento las parcelas del Barón de San Rafael de Esparza | | 0 | 0,1 | 281 | Neg. | 7,12 | 7,17 | -0,05 | 174 | 132 | 106 | 26 | 1 | 1 | 0,1 | 1 | 0,1 | | | 201 |
| San Rafael | El Barón | Red | Red | Asentamiento las parcelas del Barón de San Rafael de Esparza | 0 | 0 | 0,3 | 276 | Neg. | 7,27 | | | | 136 | | | | | | | | | | |
| San Rafael | El Barón | Pozo1 | Pozo | El Barón de San Rafael de Esparza | | 0 | 0,1 | 142 | Neg. | 6,84 | 7,45 | -0,61 | 103 | 83 | 60 | 23 | 1 | 1 | 0,1 | 1 | 0,1 | | | 100 |
| San Rafael | El Barón | Red | Red | El Barón de San Rafael de Esparza | 0,3 | 0 | 0,1 | 146 | Cloro | 6,9 | | | | 83 | | | | | | | | | | |
| San Rafael | Llanada del Cacao | Pozo1 | Pozo | Llanada del Cacao | | 0 | 0,1 | 80 | Neg. | 5,41 | 6,92 | -1,51 | 36 | 41 | 33 | 8 | 1 | 6,37 | 0,1 | 2,68 | 0,1 | | | 201 |
| San Rafael | Llanada del Cacao | Pozo2 | Pozo | Llanada del Cacao | | 0 | 0,1 | 301 | Neg. | 7,03 | 7,14 | -0,11 | 200 | 176 | 116 | 60 | 1 | 3,43 | 0,1 | 1 | 0,1 | | | 201 |
| San Rafael | Llanada del Cacao | Red | Red | Llanada del Cacao | 0,2 | 0 | 0,1 | 138 | Cloro | 6,18 | | | | 87 | | | | | | | | | | |
| San Juan Grande | San Juan Chiquito | Pozo (Nelson Benavides) | Pozo | San Juan Chiquito de Esparza | | 0 | 0,4 | 280 | Neg. | 7,04 | 7,25 | -0,21 | 176 | 137 | 103 | 34 | 4 | 3,92 | 0,23 | 1 | 0,1 | | | 100 |
| San Juan Grande | San Juan Chiquito | Pozo (Beto Jiménez) | Pozo | San Juan Chiquito de Esparza | | 0 | 0,2 | 312 | Neg. | 6,82 | 7,02 | -0,2 | 196 | 178 | 128 | 50 | 4,9 | 6,86 | 0,22 | 1,35 | 0,1 | | | 100 |
| San Juan Grande | San Juan Chiquito | Red | Red | San Juan Chiquito de Esparza | 0,3 | 0 | 0,2 | 282 | Cloro | 7,12 | | | | 147 | | | | | | | | | | |
| San Juan Grande | San Juan Grande | Pozo del Tigre | Pozo | San Juan Grande de Esparza | | 0 | 0,6 | 301 | Neg. | 7,06 | 7,13 | -0,07 | 188 | 147 | 120 | 27 | 5,9 | 3,43 | 0,21 | 1 | 0,1 | | | 100 |
| San Juan Grande | San Juan Grande | Red1 | Red | San Juan Grande de Esparza | 0 | 0 | 0,7 | 299 | Neg. | 7,47 | | | | 149 | | | | | | | | | | |
| San Rafael | Guadalupe | Mezcla nac. Alejo Quesada 1 y 2 | Nacient e | Guadalupe de San Rafael de Esparza | | 0 | 0,2 | 139 | Neg. | 6,8 | 7,51 | -0,71 | 101 | 81 | 62 | 19 | 1 | 1 | 0,1 | 1 | 0,1 | | | 148 |
| Macacona | Paraíso | Naciente | Red | La Pochota de Macacona de Esparza | | 0 | 1,5 | 39 | Neg. | 5,34 | 7,54 | -2,2 | 20 | 13 | 8 | 5 | 4,9 | 1 | 0,1 | 1 | 0,1 | | | 201 |
| Macacona | Paraíso | Red | Red | La Pochota de Macacona de Esparza | | 0 | 1,13 | 39 | Neg. | 5,59 | | | | 13 | | | | | | | | | | |
| Macacona | Macacona | Naciente | Nacient e | Macacona de Esparza | | 0 | 0,8 | 69 | Neg. | 5,89 | 7,38 | -1,49 | 44 | 36 | 23 | 13 | 1 | 1 | 0,12 | 1 | 0,1 | | | 201 |
| Macacona | Macacona | Red1 | Red | Macacona de Esparza | | 0 | 1 | 70 | Neg. | 6,06 | | | | 36 | | | | | | | | | | |
| San Rafael | No ubicado | Mezcla nac. 1, 2 y 3 | Nacient e | Salitral de San Rafael de Esparza | | 0 | 0,6 | 91 | Neg. | 6,17 | 7,43 | -1,26 | 59 | 39 | 29 | 10 | 1 | 1 | 0,38 | 1 | 0,1 | | | 100 |
| San Rafael | No ubicado | Red | Red | Salitral de San Rafael de Esparza | | 0 | 0,3 | 93 | Neg. | 6,32 | | | | 41 | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|---------------------------------------|-----------|---|-----|---|-----|-----|-------|------|------|-------|-----|-----|-----|----|------|-------|------|-------|-----|-----|-----|-----|
| Desmonte | No ubicado | Mezcla nac. Chompipi 1 y 2 | Nacient e | Desmontes (cerro sector naciente los Miranda) | | 0 | 0,2 | 97 | Neg. | 6,78 | 8 | -1,22 | 55 | 41 | 31 | 10 | 1 | 1 | 0,17 | 1 | 0,1 | 4,4 | 2,6 | 100 |
| Desmonte | No ubicado | Red | Red | Desmontes (cerro sector naciente los Miranda) | | 0 | 0,2 | 95 | Neg. | 6,89 | | | | 41 | | | | | | | | | | |
| Desmonte | No ubicado | Mezcla nac. El alto del monte 1,2 y 3 | Nacient e | Desmontes de San Mateo: sector naciente alto el monte | | 0 | 0,2 | 283 | Neg. | 7,52 | 7,59 | -0,07 | 138 | 143 | 102 | 41 | 21 | 2,32 | 0,28 | 2,24 | 0,1 | 8,2 | 1 | 100 |
| Desmonte | No ubicado | Naciente alto del monte 4 | Nacient e | Desmontes de San Mateo: sector naciente alto el monte | | 3 | 3,7 | 277 | Neg. | 8,09 | 7,71 | 0,38 | 140 | 143 | 108 | 35 | 17,6 | 1 | 0,25 | 1 | 0,1 | 7,9 | 1 | 100 |
| Desmonte | No ubicado | Red | Red | Desmontes de San Mateo: sector naciente alto el monte | | 0 | 0,8 | 238 | Neg. | 7,86 | | | | 141 | | | | | | | | | | |
| San Mateo | Dulce Nombre | Nac. finca Rafael Jiménez Mora | Nacient e | Dulce nombre de San Mateo | | 0 | 0,3 | 34 | Neg. | 3,93 | 8,07 | -4,04 | 0 | 4 | 0 | 4 | 8,8 | 1 | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 | 1 | 100 |
| San Mateo | Dulce Nombre | Red | Red | Dulce nombre de San Mateo | | 0 | 0,2 | 32 | Neg. | 4,09 | | | | 8 | | | | | | | | | | |
| San Mateo | Maderal | Naciente Maderal1 | Nacient e | Maderal de San Mateo | | 0 | 0,2 | 70 | Neg. | 4,01 | 8,01 | -4 | 0 | 27 | 19 | 8 | 27 | 1 | 0,1 | 1,35 | 0,1 | 1,4 | 1 | 100 |
| San Mateo | Maderal | Red | Red | Maderal de San Mateo | | 0 | 0,2 | 64 | Neg. | 4,38 | | | | 29 | | | | | | | | | | |
| Jesús María | Labrador | Pozo Labrador | Pozo | Labrador, parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,8 | 0 | 1 | 193 | Neg. | 6,47 | 7,55 | -1,08 | 85 | 69 | 48 | 21 | 1 | 14,06 | 0,22 | 1 | 0,1 | | 3 | 100 |
| Jesús María | Labrador | Pozo finca Carlos Campo | Pozo | Labrador, parcelas y Oricuajo de Jesús María | | 0 | 2,1 | 56 | Neg. | 4,48 | 7,05 | -2,57 | 15 | 25 | 10 | 15 | 1 | 4,85 | 0,1 | 10,19 | 0,1 | | 1 | 100 |
| Jesús María | Labrador | Pozo Oricuajo1 | Pozo | Labrador, parcelas y Oricuajo de Jesús María | | 5 | 3,6 | 235 | Neg. | 6,81 | 7,31 | -0,5 | 127 | 118 | 91 | 27 | 7,9 | 1,94 | 0,42 | 1 | 0,1 | | 1,6 | 100 |
| Jesús María | Labrador | Labrador | Red | Labrador, parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,5 | 0 | 1 | 146 | Cloro | 6,51 | | | | 73 | | | | | | | | | | |
| Hacienda Vieja | Hacienda Vieja | Naciente Chilamate | Nacient e | Hacienda vieja de Orotina | | 0 | 0,2 | 128 | Neg. | 6,45 | 7,17 | -0,72 | 97 | 68 | 43 | 25 | 2 | 1 | 0,13 | 1 | 0,1 | | | 254 |
| Hacienda Vieja | Hacienda Vieja | Naciente bajo oscuro1 | Nacient e | Hacienda vieja de Orotina | | 0 | 0,4 | 113 | Neg. | 6,92 | 7,64 | -0,72 | 87 | 56 | 39 | 17 | 1 | 1 | 0,14 | 1 | 0,1 | | | 254 |
| Hacienda Vieja | Hacienda Vieja | Naciente bajo oscuro2 | Nacient e | Hacienda vieja de Orotina | | 0 | 0,1 | 110 | Neg. | 6,28 | 7,24 | -0,96 | 80 | 56 | 37 | 19 | 1 | 1 | 0,2 | 1 | 0,1 | | | 201 |
| Hacienda Vieja | Hacienda Vieja | Naciente Ojoche | Nacient e | Hacienda vieja de Orotina | | 0 | 0,2 | 127 | Neg. | 7 | 7,59 | -0,59 | 95 | 66 | 43 | 23 | 1 | 1 | 0,13 | 1 | 0,1 | | | 148 |
| Hacienda Vieja | Hacienda Vieja | Red | Red | Hacienda vieja de Orotina | 0,5 | 0 | 0,6 | 119 | Cloro | 7,17 | | | | 60 | | | | | | | | | | |
| Coyolar | Vivero | Pozo el vivero | Pozo | Vivero de Coyolar de Orotina | | 0 | 0,1 | 195 | Neg. | 6,97 | 7,47 | -0,5 | 118 | 87 | 56 | 31 | 1 | 1 | 0,23 | 1,35 | 0,1 | | | 201 |
| Coyolar | Vivero | Red | Red | Vivero de Coyolar de Orotina | 0,3 | 0 | 0,1 | 191 | Cloro | 7,17 | | | | 83 | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|-------------------|----------|---|-----|----|------|-----|-------|------|------|-------|-----|-----|----|----|-----|------|------|------|-----|--|--|-----|
| Coyolar | Vivero | Pozo | Pozo | Vivero de Coyolar: sector mollejones | | 0 | 0,1 | 208 | Neg. | 6,72 | 7,29 | -0,57 | 124 | 97 | 54 | 43 | 1 | 1,47 | 0,28 | 3,12 | 0,1 | | | 100 |
| Coyolar | Vivero | Red | Red | Vivero de Coyolar: sector mollejones | | 0 | 0,2 | 207 | Neg. | 6,88 | | | | 91 | | | | | | | | | | |
| Orotina | Pital | Naciente Pital | Naciente | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | | 0 | 0,3 | 134 | Neg. | 6,49 | 7,38 | -0,89 | 95 | 70 | 43 | 27 | 1 | 1,96 | 0,19 | 1 | 0,1 | | | 100 |
| Orotina | Pital | Quebrada Pital | Quebrada | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | | 0 | 0,5 | 114 | Neg. | 7,35 | 7,84 | -0,49 | 75 | 58 | 33 | 25 | 1 | 1 | 0,18 | 1 | 0,1 | | | 100 |
| Orotina | Pital | Red | Red | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | 0 | 0 | 0,9 | 115 | Neg. | 7,49 | | | | 56 | | | | | | | | | | |
| Mastate | No ubicado | Quebrada centeno | Quebrada | Mastate y calle guayabal de Mastate | | 0 | 0,6 | 65 | Neg. | 6,77 | 8,1 | -1,33 | 24 | 29 | 12 | 17 | 1 | 1 | 0,19 | 1 | 0,1 | | | 100 |
| Mastate | No ubicado | Red | Red | Mastate y calle guayabal de Mastate | 0 | 0 | 0,6 | 65 | Neg. | 6,96 | | | | 29 | | | | | | | | | | |
| Coyolar | Cebadilla | Pozo cebadilla | Pozo | Cebadilla de Coyolar Orotina | | 0 | 0,2 | 221 | Neg. | 6,42 | 7,03 | -0,61 | 133 | 97 | 62 | 35 | 3 | 1,47 | 0,26 | 2,68 | 0,1 | | | 100 |
| Coyolar | Cebadilla | Red | Red | Cebadilla de Coyolar Orotina | 0 | 0 | 0,1 | 223 | Neg. | 6,65 | | | | 99 | | | | | | | | | | |
| Coyolar | Santa Rita | Pozo nuevo | Pozo | Santa Rita de Coyolar de Orotina | | 10 | 10 | 211 | Neg. | 6,34 | 6,98 | -0,64 | 117 | 89 | 68 | 21 | 4,9 | 2,45 | 0,13 | 4,01 | 0,1 | | | 100 |
| Coyolar | Santa Rita | Pozo viejo | Pozo | Santa Rita de Coyolar de Orotina | | 0 | 0,5 | 245 | Neg. | 6,98 | 7,23 | -0,25 | 143 | 93 | 79 | 14 | 3 | 1,47 | 0,21 | 4,45 | 0,1 | | | 100 |
| Coyolar | Santa Rita | Red | Red | Santa Rita de Coyolar de Orotina | 0,2 | 0 | 0,3 | 229 | Cloro | 6,81 | | | | 89 | | | | | | | | | | |
| Coyolar | Centro | Pozo | Pozo | Coyolar de Orotina | | 0 | 0,8 | 208 | Neg. | 7,26 | 7,33 | -0,07 | 129 | 91 | 58 | 33 | 1 | 1 | 0,1 | 1 | 0,1 | | | 100 |
| Coyolar | Centro | Red | Red | Coyolar de Orotina | | 0 | 0,2 | 209 | Neg. | 7,48 | | | | 89 | | | | | | | | | | |
| Ceiba | Uvita | Pozo viejo | Pozo | Uvita Trinidad de Orotina | | 15 | 18,8 | 308 | Neg. | 6,72 | 6,92 | -0,2 | 205 | 149 | 91 | 58 | 3 | 2,45 | 0,1 | 1 | 0,1 | | | 100 |
| Ceiba | Uvita | Red | Red | Uvita Trinidad de Orotina | | 0 | 0,1 | 303 | Neg. | 7,34 | | | | 155 | | | | | | | | | | |
| Ceiba | Uvita | Pozo nuevo | Pozo | Uvita Trinidad de Orotina | | 0 | 0,2 | 297 | Neg. | 6,85 | 6,85 | 0 | 188 | 161 | 77 | 84 | 4 | 1,96 | 0,19 | 1 | 0,1 | | | 100 |
| Coyolar | Santa Rita | Pozo 3 la vaquita | Pozo | Santa Rita de Coyolar de Orotina | | 0 | 0,7 | 207 | Neg. | 6,55 | 7,47 | -0,92 | 122 | 74 | 54 | 20 | 3 | 2,06 | 0,27 | 1 | 0,1 | | | 100 |

Fuente: laboratorio AyA, cede Esparza

Anexo 2. Datos microbiológicos de los sistemas de abastecimientos (pozos, nacientes, quebradas y red de distribución) de agua potable de las ASADAS que constituyen los distritos de la cuenca del Río Jesús María

| Distrito | Poblado | Punto de muestreo | Sistema | Cloro residual (mg/L) | Coliformes fecales *100mL ⁻¹) | NMP (E. coli 44,5°C) |
|------------|----------|----------------------------|--|-----------------------|---|----------------------|
| San Rafael | El Barón | Pozo | Asentamiento las parcelas del Barón de San Rafael de Esparza | 0,0 | Negativo | --- |
| San Rafael | El Barón | Tanque de almacenamiento | Asentamiento las parcelas del Barón de San Rafael de Esparza | 0,0 | Negativo | --- |
| San Rafael | El Barón | Red1 (Victor Hugo Sánchez) | Asentamiento las parcelas del Barón de San Rafael de Esparza | 0,0 | Negativo | --- |
| San Rafael | El Barón | Red2 (Eduardo Carvajal) | Asentamiento las parcelas del Barón de San Rafael de Esparza | 0,0 | Negativo | --- |
| San Rafael | El Barón | Red3 (Antonio Cambroner) | Asentamiento las parcelas del Barón de San Rafael de Esparza | 0,0 | Negativo | --- |
| San Rafael | El Barón | Pozo1 | El Barón de San Rafael de Esparza | --- | Negativo | --- |
| San Rafael | El Barón | Tanque de almacenamiento | El Barón de San Rafael de Esparza | 0,3 | Negativo | --- |
| San Rafael | El Barón | Red1 (Adrián Carvajal) | El Barón de San Rafael de Esparza | 0,3 | Negativo | --- |

| | | | | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------------------------|---|-----|----------|----------|
| San Rafael | El Barón | Red2 (Katia Rodríguez) | El Barón de San Rafael de Esparza | 0,1 | Negativo | --- |
| San Rafael | El Barón | Red3 (Idiavil Salas) | El Barón de San Rafael de Esparza | 0,1 | Negativo | --- |
| San Rafael | Llanada del Cacao | Pozo1 | Llanada del Cacao | --- | Negativo | --- |
| San Rafael | Llanada del Cacao | Pozo2 | Llanada del Cacao | --- | Negativo | --- |
| San Rafael | Llanada del Cacao | Tanque de distribución | Llanada del Cacao | 0,2 | Negativo | --- |
| San Rafael | Llanada del Cacao | Red1 (Hipólito Sánchez) | Llanada del Cacao | 0,2 | Negativo | --- |
| San Rafael | Llanada del Cacao | Red2 (Súper Sami) | Llanada del Cacao | 0,2 | Negativo | --- |
| San Rafael | Llanada del Cacao | Red3 (Pedro Rojas) | Llanada del Cacao | 0,2 | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Grande | Pozo del Tigre | San Juan Grande de Esparza | --- | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Grande | Red1 (Plaza de deportes) | San Juan Grande de Esparza | 0,0 | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Grande | Red2 (Melani Sánchez Solís) | San Juan Grande de Esparza | 0,0 | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Grande | Red3 (Mario Quirós) | San Juan Grande de Esparza | 0,0 | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Grande | Tanque de almacenamiento | San Juan Grande de Esparza | 0,0 | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Chiquito | Pozo (Nelson Benavides - El Pato) | San Juan Chiquito de Esparza) | --- | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Chiquito | Pozo (Beto Jiménez) | San Juan Chiquito de Esparza) | --- | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Chiquito | Red1 (Gilberto Calderón) | San Juan Chiquito de Esparza) | 0,3 | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Chiquito | Tanque de almacenamiento | San Juan Chiquito de Esparza) | 0,3 | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Chiquito | Red2 (Angélica Ugalde) | San Juan Chiquito de Esparza) | 0,3 | Negativo | --- |
| San Juan Grande | San Juan Chiquito | Red3 (María Barrantes) | San Juan Chiquito de Esparza) | 0,3 | Negativo | --- |
| San Rafael | Guadalupe | Mezcla Nac Alejo Quesada 1 y 2 | Guadalupe de San Rafael de Esparza | --- | 23 | 23 |
| San Rafael | Guadalupe | Tanque de distribución | Guadalupe de San Rafael de Esparza | --- | 43 | 23 |
| San Rafael | Guadalupe | Red1 (Aidee Elizondo) | Guadalupe de San Rafael de Esparza | --- | 9,1 | 9,1 |
| San Rafael | Guadalupe | Red2 (Roberto Arroyo Garita) | Guadalupe de San Rafael de Esparza | --- | 9,1 | 9,1 |
| San Rafael | Guadalupe | Red3 (Escuela Maratón de Guadalupe) | Guadalupe de San Rafael de Esparza | --- | 23 | 23 |
| Macacona | Macacona | Naciente1 | La Pochota de Macacona de Esparza | --- | 11 | 11 |
| Macacona | Macacona | Red1 (William Bogantes) | La Pochota de Macacona de Esparza | --- | 23 | 23 |
| Macacona | Macacona | Red2 (Álvaro Bogantes) | La Pochota de Macacona de Esparza | --- | 15 | 15 |
| Macacona | Macacona | Red3 (Carlos Ruíz Hernández) | La Pochota de Macacona de Esparza | --- | 3,0 | 3 |
| Macacona | Macacona | Naciente | Macacona de Esparza | --- | 150 | 150 |
| Macacona | Macacona | Tanque de almacenamiento viejo | Macacona de Esparza | --- | 93 | 93 |
| Macacona | Macacona | Red1 (Marcelino Loría) | Macacona de Esparza | --- | 43 | 43 |
| Macacona | Macacona | Red2 (Emelina Vásquez) | Macacona de Esparza | --- | 93 | 93 |
| Macacona | Macacona | Red3 (Juan Abarca Marín) | Macacona de Esparza | --- | 460 | 150 |
| San Rafael | Salitral | Nacientes 1,2 y 3 | Salitral de San Rafael de Esparza | --- | 21 | 9,1 |
| San Rafael | Salitral | Red1 (Eduardo Carvajal) | Salitral de San Rafael de Esparza | --- | 3,6 | Negativo |
| San Rafael | Salitral | Red2 (Yorlan Madrigal Porras) | Salitral de San Rafael de Esparza | --- | 15 | 15 |
| San Rafael | Salitral | Tanque almacenamiento viejo | Salitral de San Rafael de Esparza | --- | 3,6 | 3,6 |
| San Rafael | Salitral | Tanque almacenamiento nuevo | Salitral de San Rafael de Esparza | --- | 7,3 | 3 |
| San Rafael | Salitral | Red3 (Maribel Solano) | Salitral de San Rafael de Esparza | --- | 3,6 | 3,6 |
| Desmorte | --- | Mezcla Nac Chompipe 1 y 2 | Desmontes (Cerro chompipe): sector naciente los miranda | --- | 93 | 93 |
| Desmorte | --- | Tanque de almacenamiento | Desmontes (Cerro chompipe): sector naciente los miranda | --- | 11 | 11 |
| Desmorte | --- | Tanque metálico | Desmontes (Cerro chompipe): sector naciente los miranda | --- | 3 | 3 |
| Desmorte | --- | Red1 (Eliécer Delgado) | Desmontes (Cerro chompipe): sector naciente los miranda | --- | 15 | 15 |

| | | | | | | |
|-------------|--------------|--|---|-----|----------|----------|
| Desmante | --- | Red2 (Walter Arbuola Ramírez) | Desmontes (Cerro chompipe): sector naciente los miranda | --- | 43 | 43 |
| Desmante | --- | Red3 (Rancho Típico del Monte) | Desmontes (Cerro chompipe): sector naciente los miranda | --- | 43 | 43 |
| Desmante | --- | Mezcla Nac. El alto del monte 1, 2 y 3 | Desmontes de San Mateo: sector naciente alto el monte | --- | 9,1 | 9,1 |
| Desmante | --- | Naciente el alto del monte 4 | Desmontes de San Mateo: sector naciente alto el monte | --- | 460 | 460 |
| Desmante | --- | Tanque de almacenamiento viejo | Desmontes de San Mateo: sector naciente alto el monte | --- | 43 | 43 |
| Desmante | --- | Tanque de almacenamiento nuevo | Desmontes de San Mateo: sector naciente alto el monte | --- | 240 | 240 |
| Desmante | --- | Red1 (Francisco Arbuola Muñoz) | Desmontes de San Mateo: sector naciente alto el monte | --- | 93 | 93 |
| Desmante | --- | Red2 (Chicharronera el Minero) | Desmontes de San Mateo: sector naciente alto el monte | --- | 240 | 240 |
| Desmante | --- | Red3 (Templo católico) | Desmontes de San Mateo: sector naciente alto el monte | --- | 1100 | 1100 |
| San Mateo | Dulce Nombre | Naciente finca Rafael Jiménez Mora | Dulce nombre de San Mateo | --- | Negativo | --- |
| San Mateo | Dulce Nombre | Cámara de filtro | Dulce nombre de San Mateo | --- | Negativo | --- |
| San Mateo | Dulce Nombre | Tanque de distribución | Dulce nombre de San Mateo | --- | Negativo | --- |
| San Mateo | Dulce Nombre | Red1 (Joaquín Alvarado) | Dulce nombre de San Mateo | --- | Negativo | --- |
| San Mateo | Dulce Nombre | Red2 (Isaías Salas) | Dulce nombre de San Mateo | --- | Negativo | --- |
| San Mateo | Dulce Nombre | Red3 (Edwin Moscoso) | Dulce nombre de San Mateo | --- | Negativo | --- |
| Jesús María | Labrador | Pozo las parcelas | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | --- | 150 | 150 |
| Jesús María | Labrador | Las Parcelas (Monumento, fuente pública) | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,5 | Negativo | --- |
| Jesús María | Labrador | Labrador1 (Colegio Labrador) | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,5 | Negativo | --- |
| Jesús María | Labrador | Tanque principal o nuevo | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,5 | Negativo | --- |
| Jesús María | Labrador | Pozo finca Carlos Campos | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | --- | Negativo | --- |
| Jesús María | Labrador | Pozo Labrador | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,8 | Negativo | --- |
| Jesús María | Labrador | Labrador2 (Carlos Jarquín Salas) | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,3 | Negativo | --- |
| Jesús María | Labrador | Pozo Oricuajo1 | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | --- | Negativo | --- |
| Jesús María | Labrador | Tanque Oricuajo R | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,1 | 2,2 | Negativo |
| Jesús María | Labrador | Oricuajo1 (William Montero Rodríguez R) | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,1 | 2,2 | Negativo |
| Jesús María | Labrador | Oricuajo2 (Pacífica Fernández) | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,1 | Negativo | --- |
| Jesús María | Labrador | Tanque Oricuajo R | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,0 | Negativo | --- |
| Jesús María | Labrador | Oricuajo1 (William Montero Rodríguez R) | Labrador. Parcelas y Oricuajo de Jesús María | 0,0 | Negativo | --- |
| San Mateo | Maderal | Naciente Maderal1 | Maderal de San Mateo | --- | Negativo | --- |
| San Mateo | Maderal | Filtro y tanque de distribución | Maderal de San Mateo | --- | Negativo | --- |
| San Mateo | Maderal | Red1 (Antonio Rojas) | Maderal de San Mateo | --- | Negativo | --- |
| San Mateo | Maderal | Red2 (Ofelia Hidalgo) | Maderal de San Mateo | --- | Negativo | --- |
| San Mateo | Maderal | Red3 (Rafael Araya) | Maderal de San Mateo | --- | 9,1 | 9,1 |
| Coyolar | Cebadilla | Pozo cebadilla | Cebadilla de Coyolar Orotina | --- | Negativo | --- |
| Coyolar | Cebadilla | Tanque finca Juan Luis Jiménez | Cebadilla de Coyolar Orotina | 0,1 | Negativo | --- |
| Coyolar | Cebadilla | Red1 (Ermita Católica) | Cebadilla de Coyolar Orotina | 0,0 | Negativo | --- |
| Coyolar | Cebadilla | Red2 (Aurora Vargas) | Cebadilla de Coyolar Orotina | 0,0 | Negativo | --- |
| Coyolar | Cebadilla | Red3 (Vicky Rojas) | Cebadilla de Coyolar Orotina | 0,0 | Negativo | --- |
| Coyolar | --- | Pozo | Coyolar de Orotina | --- | Negativo | --- |

| | | | | | | |
|----------------|------------|--|---|-----|----------|-----|
| Coyolar | --- | Tanque de almacenamiento | Coyolar de Orotina | 0,1 | Negativo | --- |
| Coyolar | --- | Red1 (Ricardo León) | Coyolar de Orotina | 0,0 | Negativo | --- |
| Coyolar | --- | Red2 (Dulcelina Gonzáles Jiménez) | Coyolar de Orotina | 0,0 | Negativo | --- |
| Coyolar | --- | Red3 (Mainor Venegas Cubero) | Coyolar de Orotina | 0,0 | Negativo | --- |
| Hacienda Vieja | --- | Naciente el chilamate | Hacienda vieja de Orotina | --- | Negativo | --- |
| Hacienda Vieja | --- | Naciente bajo oscuro 1 | Hacienda vieja de Orotina | --- | Negativo | --- |
| Hacienda Vieja | --- | Tanque de almacenamiento | Hacienda vieja de Orotina | 0,5 | Negativo | --- |
| Hacienda Vieja | --- | Naciente bajo oscuro 2 | Hacienda vieja de Orotina | --- | Negativo | --- |
| Hacienda Vieja | --- | Naciente Ojoche | Hacienda vieja de Orotina | --- | Negativo | --- |
| Hacienda Vieja | --- | Red1 (Rodolfo Vargas) | Hacienda vieja de Orotina | 0,5 | Negativo | --- |
| Hacienda Vieja | --- | Red2 (Restaurante Kokas) | Hacienda vieja de Orotina | 0,5 | Negativo | --- |
| Hacienda Vieja | --- | Red3 (Alice Castillo) | Hacienda vieja de Orotina | 0,5 | Negativo | --- |
| Mastate | --- | Quebrada Centeno | Mastate y calle guayabal de Mastate | --- | 93 | 93 |
| Mastate | --- | Tanque de almacenamiento | Mastate y calle guayabal de Mastate | 0,0 | Negativo | --- |
| Mastate | --- | Calle Guayabal1 (taller mecánico Chino Chen) | Mastate y calle guayabal de Mastate | 0,0 | 23 | 23 |
| Mastate | --- | Calle Guayabal2 (Sra.Fulmen Hernández Rojas) | Mastate y calle guayabal de Mastate | 0,0 | 23 | 23 |
| Mastate | --- | Mastate1 (Sra. Nelly Maroto Molina) | Mastate y calle guayabal de Mastate | 0,0 | 9,1 | 9,1 |
| Mastate | --- | Mastate2 (Taller la Flor) | Mastate y calle guayabal de Mastate | 0,0 | Negativo | --- |
| --- | --- | Naciente Pital | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | --- | Negativo | --- |
| --- | --- | Quebrada Pital | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | --- | 240 | 240 |
| --- | --- | Filtrada | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | --- | 43 | 43 |
| --- | --- | Tanque de almacenamiento1 | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | 0,0 | 93 | 93 |
| --- | --- | Tanque de almacenamiento2 | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | 0,0 | 460 | 460 |
| --- | --- | Marichal (Francisco Morales) | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | 0,0 | 240 | 240 |
| --- | --- | Barrio escondido (Augusto Alvarado) | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | 0,0 | 240 | 240 |
| --- | --- | Cuatro Esquinas (Shirley Salazar) | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | 0,0 | 43 | 43 |
| --- | --- | Mastate Ariiba (Rafael Soto) | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | 0,0 | 9,1 | 9,1 |
| --- | --- | Tanque Cementerio | Pital, Marichal y 4 esquinas de Orotina | 0,0 | 3,6 | 3,6 |
| --- | Uvita | Pozo viejo | Uvita Trinidad de Orotina | --- | Negativo | --- |
| --- | Uvita | Tanque de almacenamiento | Uvita Trinidad de Orotina | 0,0 | Negativo | --- |
| --- | Uvita | Red1 (Milton Canales) | Uvita Trinidad de Orotina | 0,0 | Negativo | --- |
| --- | Uvita | Red2 (Nelson Nuñez) | Uvita Trinidad de Orotina | 0,0 | Negativo | --- |
| --- | Uvita | Red3 (Tempo católico la Trinidad) | Uvita Trinidad de Orotina | 0,0 | Negativo | --- |
| Coyolar | Santa Rita | Pozo nuevo | Santa Rita de Coyolar de Orotina | --- | Negativo | --- |
| Coyolar | Santa Rita | Pozo viejo | Santa Rita de Coyolar de Orotina | --- | Negativo | --- |
| Coyolar | Santa Rita | Tanque de almacenamiento pequeño | Santa Rita de Coyolar de Orotina | 0,2 | Negativo | --- |
| Coyolar | Santa Rita | Tanque de almacenamiento grande | Santa Rita de Coyolar de Orotina | 0,2 | Negativo | --- |
| Coyolar | Santa Rita | Red1 (Juanito Vargas) | Santa Rita de Coyolar de Orotina | 0,2 | Negativo | --- |

| | | | | | | |
|---------|------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----|----------|-----|
| Coyolar | Santa Rita | Red2 (Etelvina Chaverri) | Santa Rita de Coyolar de Orotina | 0,1 | Negativo | --- |
| Coyolar | Santa Rita | Red3 (Luisa Hernández Agüero) | Santa Rita de Coyolar de Orotina | 0,1 | Negativo | --- |
| Coyolar | vivero | Pozo el vivero | Vivero de Coyolar de Orotina | --- | Negativo | --- |
| Coyolar | vivero | Tanque de distribución vivero | Vivero de Coyolar de Orotina | 0,3 | Negativo | --- |
| Coyolar | vivero | Red1 (Juan Luis Venegas) | Vivero de Coyolar de Orotina | 0,3 | Negativo | --- |
| Coyolar | vivero | Red2 (Ricardo García) | Vivero de Coyolar de Orotina | 0,3 | Negativo | --- |
| Coyolar | vivero | Red3 (Oficina del acueducto) | Vivero de Coyolar de Orotina | 0,3 | Negativo | --- |
| Coyolar | vivero | Pozo | Vivero de Coyolar: sector Mollejones | --- | Negativo | --- |
| Coyolar | vivero | Tanque de almacenamiento | Vivero de Coyolar: sector Mollejones | --- | Negativo | --- |
| Coyolar | vivero | Red1 (Wilberth Flores) | Vivero de Coyolar: sector Mollejones | --- | Negativo | --- |
| Coyolar | vivero | Red2 (Julio Arias) | Vivero de Coyolar: sector Mollejones | --- | Negativo | --- |
| Coyolar | vivero | Red3 (Guido Jiménez) | Vivero de Coyolar: sector Mollejones | --- | Negativo | --- |

Fuente: laboratorio AyA, cede Esparza

Anexo 3. Precipitación media mensual y anual (mm)

| No. | Estaciones meteorológicas | X_coord | Y_coord | Elevación (msnm) | Registro (año) | Precipitación (mm) | | | | | | | | | | | | Total (mm/año) |
|-----------|---------------------------|------------|-------------|------------------|----------------|--------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----------------|
| | | | | | | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | |
| 1 | Argentina-Grecia | 463835.507 | 1107641.883 | 824 | 30 | 6 | 5 | 10 | 46 | 300 | 324 | 260 | 262 | 349 | 422 | 153 | 44 | 2181 |
| 2 | Atenas | 459443.211 | 1099906.950 | 695 | 25 | 11 | 11 | 25 | 68 | 270 | 295 | 217 | 309 | 353 | 360 | 141 | 33 | 2093 |
| 3 | Esparta | 428754.949 | 1102165.557 | 207 | 24 | 7 | 6 | 2 | 50 | 282 | 307 | 315 | 338 | 382 | 430 | 166 | 35 | 2320 |
| 4 | Nagatac | 439730.833 | 1110991.156 | 450 | 26 | 7 | 19 | 27 | 105 | 451 | 482 | 339 | 493 | 695 | 566 | 193 | 28 | 3405 |
| 5 | Orotina | 445179.946 | 1091080.291 | 223 | 10 | 3 | 17 | 14 | 81 | 331 | 320 | 304 | 297 | 393 | 440 | 199 | 20 | 2419 |
| 6 | Palmares | 456168.178 | 1110967.375 | 1017 | 26 | 7 | 5 | 8 | 45 | 245 | 262 | 206 | 285 | 377 | 297 | 128 | 22 | 1887 |
| 7 | Puntarenas | 409024.385 | 1102209.679 | 3 | 30 | 6 | 2 | 6 | 30 | 196 | 233 | 185 | 232 | 304 | 252 | 117 | 32 | 1595 |
| 8 | San-Miguel-de-Ba | 426569.426 | 1105487.046 | 139 | 30 | 6 | 7 | 5 | 41 | 246 | 313 | 272 | 263 | 359 | 387 | 153 | 31 | 2083 |
| 9 | San-Ramón | 448500.628 | 1113188.887 | 1115 | 10 | 1 | 3 | 8 | 25 | 220 | 250 | 227 | 267 | 354 | 281 | 130 | 30 | 1796 |
| Media/mes | | | | | | 6,0 | 8,3 | 11,7 | 54,6 | 282,3 | 309,6 | 258,3 | 305,1 | 396,2 | 381,7 | 153,3 | 30,6 | --- |

Fuente: ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM y CATIE

Anexo 4. Escorrentía media mensual y anual (mm), según hoja Excel: Villón

| No. | Estaciones meteorológicas | X_coord | Y_coord | Elevación (msnm) | Registro (año) | Escorrentía (mm) | | | | | | | | | | | | Total (mm/año) |
|-----------|---------------------------|------------|-------------|------------------|----------------|------------------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| | | | | | | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | |
| 1 | Argentina-Grecia | 463835.507 | 1107641.883 | 824 | 30 | 34,1 | 17,0 | 8,5 | 4,3 | 46,8 | 14,4 | 83,2 | 120,4 | 124,1 | 222,7 | 136,4 | 68,2 | 880,1 |
| 2 | Atenas | 459443.211 | 1099906.950 | 695 | 16 | 31,7 | 15,8 | 7,9 | 4,0 | 27,2 | 14,4 | 62,7 | 132,0 | 128,3 | 198,2 | 126,6 | 63,3 | 812,1 |
| 3 | Esparta | 428754.949 | 1102165.557 | 207 | 11 | 34,9 | 17,4 | 8,7 | 4,4 | 19,2 | 14,4 | 98,7 | 154,8 | 129,5 | 222,6 | 139,4 | 69,7 | 913,7 |
| 4 | Nagatac | 439730.833 | 1110991.156 | 450 | -99999 | 59,2 | 29,6 | 14,8 | 7,4 | 116,1 | 14,4 | 120,5 | 251,1 | 294,4 | 378,5 | 236,7 | 118,4 | 164,1 |
| 5 | Orotina | 445179.946 | 1091080.291 | 223 | 10 | 38,5 | 19,3 | 9,6 | 4,8 | 39,8 | 14,4 | 97,9 | 131,2 | 135,1 | 228,8 | 154,1 | 77,0 | 950,5 |
| 6 | Palmares | 456168.178 | 1110967.375 | 1017 | 13 | 27,9 | 14,0 | 7,0 | 3,5 | 23,3 | 14,4 | 61,0 | 125,3 | 141,5 | 175,8 | 111,6 | 55,8 | 761,1 |
| 7 | Puntarenas | 409024.385 | 1102209.679 | 3 | 29 | 12,3 | 6,1 | 3,1 | 1,5 | 0,8 | 14,4 | 18,2 | 48,7 | 83,5 | 98,2 | 49,1 | 24,5 | 360,4 |
| 8 | San-Miguel-de-Ba | 426569.426 | 1105487.046 | 139 | 20 | 15,7 | 7,9 | 3,9 | 2,0 | 14,4 | 84,7 | 115,8 | 106,6 | 124,2 | 201,9 | 125,9 | 31,5 | 834,5 |
| 9 | San-Ramón | 448500.628 | 1113188.887 | 1115 | -99999 | 27,8 | 13,9 | 7,0 | 3,5 | 15,8 | 14,4 | 77,2 | 129,5 | 136,4 | 169,0 | 111,4 | 55,7 | 761,6 |
| Media/mes | | | | | | 31,3 | 15,7 | 7,8 | 3,9 | 33,7 | 22,2 | 81,7 | 133,3 | 144,1 | 210,6 | 132,4 | 62,7 | --- |

Fuente: ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM, CATIE; hoja Excel Villón

Anexo 5. Temperatura media mensual y anual (°C)

| No. | Estaciones meteorológicas | X_coord | Y_coord | Elevación (msnm) | Registro (año) | Temperatura (°C) | | | | | | | | | | | | Media (°C) |
|-----------|---------------------------|------------|-------------|------------------|----------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | | | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | |
| 1 | Argentina-Grecia | 463835.507 | 1107641.883 | 824 | 30 | 24,8 | 24,0 | 23,7 | 24,4 | 24,1 | 23,3 | 23,9 | 23,7 | 23,8 | 23,8 | 24,3 | 23,6 | 24,0 |
| 2 | Atenas | 459443.211 | 1099906.950 | 695 | 16 | 23,1 | 23,9 | 24,8 | 25,0 | 24,7 | 24,0 | 23,7 | 23,9 | 23,4 | 23,0 | 22,8 | 22,6 | 23,7 |
| 3 | Esparta | 428754.949 | 1102165.557 | 207 | 11 | 26,3 | 27,3 | 28,8 | 28,7 | 26,7 | 26,7 | 25,9 | 25,7 | 25,8 | 25,3 | 25,3 | 25,7 | 26,5 |
| 4 | Nagatac | 439730.833 | 1110991.156 | 450 | -99999 | 24,7 | 25,2 | 26,0 | 26,3 | 25,3 | 24,6 | 24,4 | 24,4 | 24,4 | 24,2 | 24,1 | 24,1 | 24,8 |
| 5 | Orotina | 445179.946 | 1091080.291 | 223 | 10 | 27,2 | 27,5 | 28,4 | 28,3 | 27,1 | 25,6 | 25,4 | 26,0 | 25,8 | 25,5 | 25,9 | 26,1 | 26,6 |
| 6 | Palmares | 456168.178 | 1110967.375 | 1017 | 13 | 21,1 | 21,7 | 22,0 | 23,0 | 23,0 | 23,0 | 22,7 | 22,5 | 22,8 | 22,1 | 21,8 | 21,4 | 22,3 |
| 7 | Puntarenas | 409024.385 | 1102209.679 | 3 | 29 | 27,8 | 28,2 | 28,8 | 28,9 | 28,2 | 27,4 | 27,0 | 27,1 | 26,7 | 26,8 | 26,8 | 27,2 | 27,6 |
| 8 | San-Miguel-de-Ba | 426569.426 | 1105487.046 | 139 | 20 | 26,8 | 28,0 | 28,8 | 28,7 | 26,6 | 25,3 | 25,0 | 25,0 | 24,8 | 24,8 | 25,3 | 26,2 | |
| 9 | San-Ramón | 448500.628 | 1113188.887 | 1115 | -99999 | 21,0 | 21,3 | 21,9 | 22,4 | 21,8 | 21,3 | 21,3 | 21,2 | 21,2 | 21,0 | 21,0 | 20,7 | 21,3 |
| Media/mes | | | | | | 24,8 | 25,2 | 25,9 | 26,2 | 25,3 | 24,6 | 24,4 | 24,4 | 24,3 | 24,1 | 24,1 | 24,1 | 24,8 |

Fuente: ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM y CATIE

Anexo 6. Evapotranspiración media y anual de Thornthwaite

| No. | Estaciones meteorológicas | X_coord | Y_coord | Elevación (msnm) | Registro (año) | ETP de Thornthwaite | | | | | | | | | | | | Total |
|-----------|---------------------------|------------|-------------|------------------|----------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| | | | | | | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | |
| 1 | Argentina-Grecia | 463835.507 | 1107641.883 | 824 | 30 | 109,4 | 92,2 | 100,5 | 109,5 | 110,7 | 98,3 | 108,0 | 104,4 | 100,8 | 100,8 | 103,0 | 95,4 | 1123,6 |
| 2 | Atenas | 459443.211 | 1099906.950 | 695 | 16 | 89,3 | 91,5 | 115,3 | 118,1 | 119,5 | 107,9 | 106,0 | 107,6 | 96,5 | 91,8 | 86,0 | 84,6 | 1124,8 |
| 3 | Esparta | 428754.949 | 1102165.557 | 207 | 11 | 126,9 | 135,4 | 187,1 | 184,7 | 147,9 | 145,2 | 132,0 | 127,1 | 122,9 | 114,3 | 109,8 | 117,6 | 1524,0 |
| 4 | Nagatac | 439730.833 | 1110991.156 | 450 | -99999 | 106,0 | 105,0 | 131,3 | 136,1 | 126,2 | 113,2 | 112,4 | 111,3 | 106,1 | 103,4 | 98,0 | 99,0 | 1242,0 |
| 5 | Orotina | 445179.946 | 1091080.291 | 223 | 10 | 143,8 | 139,1 | 177,6 | 175,3 | 156,3 | 123,9 | 122,6 | 132,6 | 122,8 | 117,5 | 119,7 | 124,4 | 1511,8 |
| 6 | Palmares | 456168.178 | 1110967.375 | 1017 | 13 | 74,1 | 73,9 | 86,7 | 97,1 | 101,9 | 100,0 | 98,5 | 95,4 | 94,1 | 86,8 | 80,6 | 77,6 | 992,6 |
| 7 | Puntarenas | 409024.385 | 1102209.679 | 3 | 29 | 155,4 | 153,1 | 188,9 | 191,6 | 181,7 | 158,4 | 151,9 | 152,8 | 137,0 | 139,1 | 133,7 | 143,5 | 1731,7 |
| 8 | San-Miguel-de-Ba | 426569.426 | 1105487.046 | 139 | 20 | 136,6 | 148,6 | 186,2 | 183,9 | 146,5 | 120,0 | 117,1 | 116,0 | 110,6 | 107,4 | 103,2 | 112,0 | 1451,5 |
| 9 | San-Ramón | 448500.628 | 1113188.887 | 1115 | -99999 | 76,3 | 73,2 | 88,6 | 93,5 | 91,9 | 85,3 | 86,9 | 85,2 | 81,2 | 79,4 | 76,3 | 74,4 | 915,9 |
| Media/mes | | | | | | 113,1 | 112,4 | 140,2 | 143,3 | 131,4 | 116,9 | 115,0 | 114,7 | 108,0 | 104,5 | 101,1 | 103,2 | --- |

Fuente: ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM y CATIE

Anexo 7. Radiación solar media mensual y anual

| No. | Estaciones meteorológicas | X_coord | Y_coord | Elevación (msnm) | Registro (año) | Radiación solar | | | | | | | | | | | | Media |
|--------------|---------------------------|------------|-------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | | | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | |
| 1 | Argentina-Grecia | 463835.507 | 1107641.883 | 824 | 30 | 20,67 | 22,22 | 23,39 | 23,05 | 21,42 | 20,63 | 21,80 | 21,00 | 19,82 | 19,08 | 18,91 | 20,04 | 21,0 |
| 2 | Atenas | 459443.211 | 1099906.950 | 695 | 16 | 19,50 | 21,71 | 22,59 | 22,80 | 24,73 | 19,67 | 19,79 | 19,74 | 18,37 | 17,78 | 17,66 | 17,37 | 20,1 |
| 3 | Esparta | 428754.949 | 1102165.557 | 207 | 11 | 19,50 | 22,05 | 23,55 | 23,47 | 21,92 | 20,00 | 19,79 | 20,08 | 18,37 | 18,12 | 17,94 | 18,45 | 20,3 |
| 5 | Orotina | 445179.946 | 1091080.291 | 223 | 10 | 18,95 | 21,34 | 22,59 | 23,01 | 21,13 | 20,00 | 20,13 | 20,08 | 19,15 | 19,12 | 17,69 | 17,61 | 20,1 |
| 6 | Palmares | 456168.178 | 1110967.375 | 1017 | 13 | 18,66 | 21,30 | 22,80 | 22,59 | 20,88 | 20,33 | 19,82 | 20,08 | 19,50 | 18,45 | 17,66 | 17,32 | 19,9 |
| 7 | Puntarenas | 409024.385 | 1102209.679 | 3 | 29 | 19,23 | 21,19 | 22,59 | 22,17 | 19,92 | 18,19 | 20,56 | 20,27 | 20,67 | 18,06 | 18,58 | 18,48 | 20,0 |
| 8 | San-Miguel-de-Ba | 426569.426 | 1105487.046 | 139 | 20 | 18,69 | 20,92 | 22,59 | 23,05 | 20,88 | 20,33 | 20,41 | 20,41 | 19,50 | 18,45 | 17,07 | 17,11 | 20,0 |
| 9 | San-Ramón | 448500.628 | 1113188.887 | 1115 | -99999 | 18,66 | 20,29 | 21,71 | 21,84 | 20,88 | 20,33 | 20,46 | 20,41 | 20,17 | 18,79 | 17,91 | 17,56 | 19,9 |
| Promedio/mes | | | | | | 19,2 | 21,4 | 22,7 | 22,7 | 21,5 | 19,9 | 20,3 | 20,3 | 19,4 | 18,5 | 17,9 | 18,0 | 20,2 |

Fuente: ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM y CATIE

Anexo 8. Humedad relativa media mensual y anual

| No. | Estaciones meteorológicas | X_coord | Y_coord | Elevación (msnm) | Registro (año) | Humedad relativa (%) | | | | | | | | | | | | Media (%) |
|-----------|---------------------------|------------|-------------|------------------|----------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| | | | | | | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | |
| 1 | Argentina-Grecia | 463835.507 | 1107641.883 | 824 | 30 | 67 | 67 | 69 | 74 | 80 | 82 | 78 | 82 | 85 | 84 | 79 | 68 | 76,3 |
| 2 | Atenas | 459443.211 | 1099906.950 | 695 | 16 | 74 | 70 | 73 | 75 | 83 | 85 | 86 | 89 | 88 | 84 | 82 | 81 | 80,8 |
| 3 | Esparta | 428754.949 | 1102165.557 | 207 | 11 | 74 | 68 | 68 | 72 | 78 | 84 | 85 | 85 | 89 | 87 | 83 | 77 | 79,2 |
| 5 | Orotina | 445179.946 | 1091080.291 | 223 | 10 | 78 | 72 | 72 | 76 | 82 | 83 | 85 | 85 | 86 | 86 | 84 | 82 | 80,9 |
| 6 | Palmares | 456168.178 | 1110967.375 | 1017 | 13 | 77 | 72 | 73 | 74 | 81 | 84 | 84 | 85 | 87 | 84 | 84 | 81 | 80,5 |
| 7 | Puntarenas | 409024.385 | 1102209.679 | 3 | 29 | 78 | 72 | 72 | 76 | 82 | 83 | 85 | 85 | 86 | 86 | 84 | 82 | 80,9 |
| 8 | San-Miguel-de-Ba | 426569.426 | 1105487.046 | 139 | 20 | 78 | 74 | 73 | 74 | 82 | 83 | 83 | 84 | 86 | 86 | 86 | 83 | 81,0 |
| 9 | San-Ramón | 448500.628 | 1113188.887 | 1115 | -99999 | 78 | 77 | 77 | 79 | 82 | 83 | 83 | 84 | 84 | 85 | 83 | 81 | 81,3 |
| Media/mes | | | | | | 75,5 | 71,5 | 72,1 | 75,0 | 81,3 | 83,4 | 83,6 | 84,9 | 86,4 | 85,3 | 83,1 | 79,4 | 80,1 |

Fuente: ICE, SENARA, IMN, FAOCLIM y CATIE

Anexo 9. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte media)

| | | |
|-------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Coord_X 442858.554 | Coord_Y 1099341.711 | Uso del suelo: Frutales con pastos |
| Diámetro del cilindro : 30 cm | | Cantón: San Mateo |
| Fecha : 16-feb-11 | | Distrito: San Mateo |
| Ensayo (código) : PI001 | Seco (x) Húmedo () | Comunidad: Izarco |
| | | Lugar : Parte media de la cuenca |

| Hora de lectura | 1 = T | 2 = Altura del Agua | | 3 = Lectura actual - anterior (cm) | 4 = I* | 5 = Tiempo actual - anterior (minutos) | 6 = Velocidad de Infiltración (cm/minuto) | |
|--|------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|---------------------|--|---|-------------|
| | Tiempo (minutos) | Lectura | Lectura ajustada* | | Lecturas acumuladas | | | |
| | | | 1 | | | | | 2 |
| 13:33 | 0 | 14,0 | | | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,00 |
| 13:34 | 1 | 13,4 | | | 0,6 | 0,6 | 1 | 0,60 |
| 13:35 | 2 | 12,8 | | | 0,6 | 1,2 | 1 | 0,60 |
| 13:36 | 3 | 12,3 | | | 0,5 | 1,7 | 1 | 0,50 |
| 13:37 | 4 | 11,75 | | | 0,55 | 2,25 | 1 | 0,55 |
| 13:38 | 5 | 11,1 | | | 0,65 | 2,9 | 1 | 0,65 |
| 13:43 | 10 | 10,5 | | | 0,6 | 3,5 | 5 | 0,12 |
| 13:53 | 20 | 10,0 | | | 0,5 | 4,0 | 10 | 0,05 |
| 14:03 | 30 | 9,4 | | | 0,6 | 4,6 | 10 | 0,06 |
| 14:18 | 45 | 8,89 | | | 0,51 | 5,11 | 15 | 0,03 |
| 14:33 | 60 | 8,2 | | | 0,69 | 5,8 | 15 | 0,05 |
| 15:03 | 90 | 7,4 | | | 0,8 | 6,6 | 30 | 0,03 |
| 15:33 | 120 | 6,65 | | | 0,75 | 7,35 | 30 | 0,03 |
| Ecuación de Kostyakov ($I = 0,9713t^{0,4519-1}$), donde la infiltración en cm/minutos | | | | | | | | 0,05 |
| * Altura ajustada al completar al nivel original de ajuste del agua 1) antes de ajustar; 2) después de ajustar | | | | | | | | |

Anexo 10. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte media)

| | | |
|-------------------------------|--------------------------|---|
| Coord_X 438490.131 | Coord_Y 1103372.149 | Uso del suelo: Pasto con arboles disperso |
| Diámetro del cilindro : 30 cm | | Cantón: San Mateo |
| Fecha : 15-feb-11 | | Distrito: Jesús María |
| Ensayo (código) : PI002 | Seco (x) Húmedo () | Comunidad: Cerca de San Juan de Dios |
| | | Lugar : Parte media de la cuenca |

| Hora de lectura | 1 = T | 2 = Altura del Agua | | 3 = Lectura actual - anterior (cm) | 4 = I* | 5 = Tiempo actual - anterior (minutos) | 6 = Velocidad de Infiltración (cm/minuto) | |
|--|------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|---------------------|--|---|-------------|
| | Tiempo (minutos) | Lectura | Lectura ajustada* | | Lecturas acumuladas | | | |
| | | | 1 | | | | | 2 |
| 16:30 | 0 | 14,0 | | | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,00 |
| 16:31 | 1 | 13,5 | | | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,50 |
| 16:32 | 2 | 13,0 | | | 0,5 | 1,0 | 1 | 0,50 |
| 16:33 | 3 | 12,5 | | | 0,5 | 1,5 | 1 | 0,50 |
| 16:34 | 4 | 12,0 | | | 0,5 | 2,0 | 1 | 0,50 |
| 16:35 | 5 | 11,7 | | | 0,3 | 2,3 | 1 | 0,30 |
| 16:40 | 10 | 10,0 | | | 1,7 | 4,0 | 5 | 0,34 |
| 16:50 | 20 | 7,7 | | | 2,3 | 6,3 | 10 | 0,23 |
| 17:00 | 30 | 6,2 | | | 1,5 | 7,8 | 10 | 0,15 |
| 17:15 | 45 | 4,5 | | | 1,7 | 9,5 | 15 | 0,11 |
| 17:30 | 60 | 2,5 | | | 2,0 | 11,5 | 15 | 0,13 |
| 18:00 | 90 | 1,6 | | | 0,9 | 12,4 | 30 | 0,03 |
| 18:30 | 120 | 0,0 | | | 1,6 | 14,0 | 30 | 0,05 |
| Ecuación de Kostyakov ($I = 0,6847t^{0,6818-1}$), donde la infiltración en cm/minutos | | | | | | | | 0,13 |
| * Altura ajustada al completar al nivel original de ajuste del agua 1) antes de ajustar; 2) después de ajustar | | | | | | | | |

Anexo 11. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte media-alta)

| | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Coord_X 444408.557 | Coord_Y 1103392.453 | Diámetro del cilindro : 30 cm | Uso del suelo: Charral o matorral |
| Fecha : 15-feb-11 | Seco (x) Húmedo () | | Cantón: San Mateo |
| Ensayo (código) : PI003 | | | Distrito: San Mateo |
| | | | Comunidad: Maderal |
| | | | Lugar : Parte media-alta de la cuenca |

| Hora de lectura | 1 = T Tiempo (minutos) | 2 = Altura del Agua | | 3 = Lectura actual - anterior (cm) | 4 = I* Lecturas acumuladas | 5 = Tiempo actual - anterior (minutos) | 6 = Velocidad de Infiltración (cm/minuto) |
|--|---------------------------|---------------------|------|------------------------------------|-------------------------------|--|---|
| | | Lectura ajustada* | | | | | |
| | | 1 | 2 | | | | |
| 10:42 | 0 | 14,0 | | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,00 |
| 10:43 | 1 | 13,0 | | 1,0 | 1,0 | 1 | 1,00 |
| 10:44 | 2 | 12,1 | | 0,9 | 1,9 | 1 | 0,90 |
| 10:45 | 3 | 11,5 | | 0,6 | 2,5 | 1 | 0,60 |
| 10:46 | 4 | 10,8 | | 0,7 | 3,2 | 1 | 0,70 |
| 10:47 | 5 | 10,3 | | 0,5 | 3,7 | 1 | 0,50 |
| 10:52 | 10 | 7,5 | | 2,8 | 6,5 | 5 | 0,56 |
| 11:02 | 20 | | 14,0 | 4,5 | 11,0 | 10 | 0,45 |
| 11:12 | 30 | 4,8 | | 4,7 | 15,7 | 10 | 0,47 |
| 11:27 | 45 | | 14,0 | 5,3 | 21,0 | 15 | 0,35 |
| 11:42 | 60 | 5,0 | | 3,7 | 24,7 | 15 | 0,25 |
| 00:12 | 90 | | 14,0 | 9,3 | 34,0 | 30 | 0,31 |
| 00:42 | 120 | | 14,0 | 7,0 | 41,0 | 30 | 0,23 |
| Ecuación de Kostyakov ($I = 1,0749t^{0,7719-1}$), donde la infiltración en cm/minutos | | | | | | | 0,33 |
| * Altura ajustada al completar al nivel original de ajuste del agua 1) antes de ajustar; 2) después de ajustar | | | | | | | |

Anexo 12. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)

| | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Coord_X 444893.531 | Coord_Y 1105793.965 | Diámetro del cilindro : 30 cm | Uso del suelo: Bosque secundario |
| Fecha : 15-feb-11 | Seco (x) Húmedo () | | Cantón: San Mateo |
| Ensayo (código) : PI004 | | | Distrito: San Mateo |
| | | | Comunidad: Arriba de Calera-Berlín |
| | | | Lugar : Parte alta de la cuenca |

| Hora de lectura | 1 = T Tiempo (minutos) | 2 = Altura del Agua | | 3 = Lectura actual - anterior (cm) | 4 = I* Lecturas acumuladas | 5 = Tiempo actual - anterior (minutos) | 6 = Velocidad de Infiltración (cm/minuto) |
|--|---------------------------|---------------------|------|------------------------------------|-------------------------------|--|---|
| | | Lectura ajustada* | | | | | |
| | | 1 | 2 | | | | |
| 13:53 | 0 | 14,0 | | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,00 |
| 13:54 | 1 | 12,4 | | 1,6 | 1,6 | 1 | 1,60 |
| 13:55 | 2 | 11,9 | | 0,5 | 2,1 | 1 | 0,50 |
| 13:56 | 3 | 11,3 | | 0,6 | 2,7 | 1 | 0,60 |
| 13:57 | 4 | 10,9 | | 0,4 | 3,1 | 1 | 0,40 |
| 13:58 | 5 | 10,4 | | 0,5 | 3,6 | 1 | 0,50 |
| 14:03 | 10 | 8,8 | | 1,6 | 5,2 | 5 | 0,32 |
| 14:13 | 20 | 6,0 | | 2,8 | 8,0 | 10 | 0,28 |
| 14:23 | 30 | 4,0 | | 2,0 | 10,0 | 10 | 0,20 |
| 14:38 | 45 | 1,7 | | 2,3 | 12,3 | 15 | 0,15 |
| 14:53 | 60 | | 14,0 | 2,6 | 14,9 | 15 | 0,17 |
| 15:23 | 90 | 9,3 | | 2,1 | 17,0 | 30 | 0,07 |
| 15:53 | 120 | 6,2 | | 3,1 | 20,1 | 30 | 0,10 |
| Ecuación de Kostyakov ($I = 1,5029t^{0,5478-1}$), donde la infiltración en cm/minutos | | | | | | | 0,13 |
| * Altura ajustada al completar al nivel original de ajuste del agua 1) antes de ajustar; 2) después de ajustar | | | | | | | |

Anexo 13. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)

| | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Coord_X 438280.702 | Coord_Y 1106578.859 | Diámetro del cilindro : 30 cm | Uso del suelo: Regeneración natural |
| Fecha : 16-feb-11 | Seco (x) Húmedo () | | Cantón: Esparza |
| Ensayo (código) : S1001 | | | Distrito: San Rafael |
| | | | Comunidad: Alto Cortez |
| | | | Lugar : Parte alta de la cuenca |

| Hora de lectura | 1 = T | 2 = Altura del Agua | | 3 = Lectura actual - anterior (cm) | 4 = I* | 5 = Tiempo actual - anterior (minutos) | 6 = Velocidad de Infiltración (cm/minuto) | |
|--|------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|---------------------|--|---|-------------|
| | Tiempo (minutos) | Lectura | Lectura ajustada* | | Lecturas acumuladas | | | |
| | | | 1 | | | | | 2 |
| 09:00 | 0 | 14,0 | | | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,00 |
| 09:01 | 1 | 12,7 | | | 1,3 | 1,3 | 1 | 1,30 |
| 09:02 | 2 | 10,9 | | | 1,8 | 3,1 | 1 | 1,80 |
| 09:03 | 3 | 8,96 | | | 1,94 | 5,04 | 1 | 1,94 |
| 09:04 | 4 | 7,76 | | | 1,2 | 6,24 | 1 | 1,20 |
| 09:05 | 5 | 6,85 | | | 0,91 | 7,15 | 1 | 0,91 |
| 09:10 | 10 | 2,93 | | | 3,92 | 11,07 | 5 | 0,78 |
| 09:20 | 20 | | 14,0 | 7,7 | 6,3 | 17,37 | 10 | 0,63 |
| 09:30 | 30 | 0,75 | | | 6,95 | 24,32 | 10 | 0,70 |
| 09:45 | 45 | | 14,0 | 7,5 | 6,5 | 30,82 | 15 | 0,43 |
| 10:00 | 60 | | 14,0 | 8,0 | 6,0 | 36,82 | 15 | 0,40 |
| 10:30 | 90 | | 14,0 | 11,0 | 3,0 | 39,82 | 30 | 0,10 |
| 11:00 | 120 | | 14,0 | 10,0 | 4,0 | 43,82 | 30 | 0,13 |
| Ecuación de Kostyakov ($I = 1,9962t - 0,6997t^2$), donde la infiltración en cm/minutos | | | | | | | | 0,41 |
| * Altura ajustada al completar al nivel original de ajuste del agua 1) antes de ajustar; 2) después de ajustar | | | | | | | | |

Anexo 14. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)

| | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Coord_X 440160.760 | Coord_Y 1108864.195 | Diámetro del cilindro : 30 cm | Uso del suelo: Bosque secundario |
| Fecha : 16-feb-11 | Seco (x) Húmedo () | | Cantón: San Ramón |
| Ensayo (código) : S1002 | | | Distrito: Santiago |
| | | | Comunidad: Angostura |
| | | | Lugar : Parte alta de la cuenca |

| Hora de lectura | 1 = T | 2 = Altura del Agua | | 3 = Lectura actual - anterior (cm) | 4 = I* | 5 = Tiempo actual - anterior (minutos) | 6 = Velocidad de Infiltración (cm/minuto) | |
|--|------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|---------------------|--|---|-------------|
| | Tiempo (minutos) | Lectura | Lectura ajustada* | | Lecturas acumuladas | | | |
| | | | 1 | | | | | 2 |
| 13:53 | 0 | 14,0 | | | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,00 |
| 13:54 | 1 | 12,0 | | | 2,0 | 2,0 | 1 | 2,00 |
| 13:55 | 2 | 11,2 | | | 0,8 | 2,8 | 1 | 0,80 |
| 13:56 | 3 | 10,0 | | | 1,2 | 4,0 | 1 | 1,20 |
| 13:57 | 4 | 9,1 | | | 0,9 | 4,9 | 1 | 0,90 |
| 13:58 | 5 | 8,3 | | | 0,8 | 5,7 | 1 | 0,80 |
| 14:03 | 10 | 4,0 | | | 4,3 | 10,0 | 5 | 0,86 |
| 14:13 | 20 | | 14,0 | 8,4 | 5,6 | 15,6 | 10 | 0,56 |
| 14:23 | 30 | 4,9 | | | 3,5 | 19,1 | 10 | 0,35 |
| 14:38 | 45 | | 14,0 | 7,45 | 6,55 | 25,65 | 15 | 0,44 |
| 14:53 | 60 | | 14,0 | 7,8 | 6,2 | 31,85 | 15 | 0,41 |
| 15:23 | 90 | | 14,0 | 4,1 | 9,9 | 41,75 | 30 | 0,33 |
| 15:53 | 120 | | 14,0 | 4,2 | 9,8 | 51,55 | 30 | 0,33 |
| Ecuación de Kostyakov ($I = 1,8971t - 0,689t^2$), donde la infiltración en cm/minutos | | | | | | | | 0,37 |
| * Altura ajustada al completar al nivel original de ajuste del agua 1) antes de ajustar; 2) después de ajustar | | | | | | | | |

Anexo 15. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)

| | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Coord_X 437174.209 | Coord_Y 1108571.371 | Diámetro del cilindro : 30 cm | Uso del suelo: Café |
| Fecha : 16-feb-11 | Seco (x) Húmedo () | | Cantón: San Ramón |
| Ensayo (código) : SI003 | | | Distrito: Santiago |
| | | | Comunidad: Angostura |
| | | | Lugar : Parte alta de la cuenca |

| Hora de lectura | 1 = T Tiempo (minutos) | 2 = Altura del Agua | | 3 = Lectura actual - anterior (cm) | 4 = I* Lecturas acumuladas | 5 = Tiempo actual - anterior (minutos) | 6 = Velocidad de Infiltración (cm/minuto) | |
|--|---------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|---|---|
| | | Lectura | Lectura ajustada* | | | | | |
| | | | 1 | | | | | 2 |
| 16:30 | 0 | 14,0 | | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,00 | |
| 16:31 | 1 | 12,0 | | 2,0 | 2,0 | 1 | 2,00 | |
| 16:32 | 2 | 11,0 | | 1,0 | 3,0 | 1 | 1,00 | |
| 16:33 | 3 | 9,9 | | 1,1 | 4,1 | 1 | 1,10 | |
| 16:34 | 4 | 9,4 | | 0,5 | 4,6 | 1 | 0,50 | |
| 16:35 | 5 | 8,6 | | 0,8 | 5,4 | 1 | 0,80 | |
| 16:40 | 10 | 5,9 | | 2,7 | 8,1 | 5 | 0,54 | |
| 16:50 | 20 | | 14,0 | 5,7 | 13,8 | 10 | 0,57 | |
| 17:00 | 30 | 4,2 | | 4,1 | 17,9 | 10 | 0,41 | |
| 17:15 | 45 | | 14,0 | 6,6 | 24,5 | 15 | 0,44 | |
| 17:30 | 60 | | 14,0 | 6,3 | 30,8 | 15 | 0,42 | |
| 18:00 | 90 | | 14,0 | 9,7 | 40,5 | 30 | 0,32 | |
| 18:30 | 120 | | 14,0 | 8,3 | 48,8 | 30 | 0,28 | |
| Ecuación de Kostyakov ($I = 1,8712t^{0,6752} - 1$), donde la infiltración en cm/minutos | | | | | | | 0,33 | |
| * Altura ajustada al completar al nivel original de ajuste del agua 1) antes de ajustar; 2) después de ajustar | | | | | | | | |

Anexo 16. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)

| | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|--|
| Coord_X 447483.036 | Coord_Y 1107790.706 | Diámetro del cilindro : 30 cm | Uso del suelo: Bosque secundario con pasto |
| Fecha : 15-feb-11 | Seco (x) Húmedo () | | Cantón: San Ramón |
| Ensayo (código) : TI001 | | | Distrito: San Rafael |
| | | | Comunidad: Berlín |
| | | | Lugar : Parte alta de la cuenca |

| Hora de lectura | 1 = T Tiempo (minutos) | 2 = Altura del Agua | | 3 = Lectura actual - anterior (cm) | 4 = I* Lecturas acumuladas | 5 = Tiempo actual - anterior (minutos) | 6 = Velocidad de Infiltración (cm/minuto) | |
|--|---------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|---|---|
| | | Lectura | Lectura ajustada* | | | | | |
| | | | 1 | | | | | 2 |
| 08:00 | 0 | 14,0 | | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,00 | |
| 08:01 | 1 | 12,0 | | 2,0 | 2,0 | 1 | 2,00 | |
| 08:02 | 2 | 11,3 | | 0,7 | 2,7 | 1 | 0,70 | |
| 08:03 | 3 | 10,2 | | 1,1 | 3,8 | 1 | 1,10 | |
| 08:04 | 4 | 9,6 | | 0,6 | 4,4 | 1 | 0,60 | |
| 08:05 | 5 | 8,8 | | 0,8 | 5,2 | 1 | 0,80 | |
| 08:10 | 10 | 6,1 | | 2,7 | 7,9 | 5 | 0,54 | |
| 08:20 | 20 | | 14,0 | 5,5 | 13,4 | 10 | 0,55 | |
| 08:30 | 30 | 4,4 | | 4,1 | 17,5 | 10 | 0,41 | |
| 08:45 | 45 | | 14,0 | 6,2 | 23,7 | 15 | 0,41 | |
| 09:00 | 60 | | 14,0 | 6,0 | 29,7 | 15 | 0,40 | |
| 09:30 | 90 | | 14,0 | 9,1 | 38,8 | 30 | 0,30 | |
| 10:00 | 120 | | 14,0 | 7,0 | 45,8 | 30 | 0,23 | |
| Ecuación de Kostyakov ($I = 1,7847t^{0,6769} - 1$), donde la infiltración en cm/minutos | | | | | | | 0,32 | |
| * Altura ajustada al completar al nivel original de ajuste del agua 1) antes de ajustar; 2) después de ajustar | | | | | | | | |

Anexo 17. Datos del muestreo de infiltración de campo (parte alta)

| | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Coord_X 447577.662 | Coord_Y 1106404.113 | Diámetro del cilindro : 30 cm | Uso del suelo: Café |
| Fecha : 16-feb-11 | Seco (x) Húmedo () | | Cantón: San Ramón |
| Ensayo (código) : TI002 | | | Distrito: San Rafael |
| | | | Comunidad: Chavaría |
| | | | Lugar : Parte alta de la cuenca |

| Hora de lectura | 1 = T Tiempo (minutos) | 2 = Altura del Agua | | 3 = Lectura actual - anterior (cm) | 4 = I* Lecturas acumuladas | 5 = Tiempo actual - anterior (minutos) | 6 = Velocidad de Infiltración (cm/minuto) | |
|--|---------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|---|------|
| | | Lectura | Lectura ajustada* | | | | | |
| | | | 1 | | | | | 2 |
| 12:50 | 0 | 14,0 | | | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,00 |
| 12:51 | 1 | 12,04 | | | 1,96 | 1,96 | 1 | 1,96 |
| 12:52 | 2 | 11,0 | | | 1,04 | 3,0 | 1 | 1,04 |
| 12:53 | 3 | 10,8 | | | 0,2 | 3,2 | 1 | 0,20 |
| 12:54 | 4 | 10,0 | | | 0,8 | 4,0 | 1 | 0,80 |
| 12:55 | 5 | 9,05 | | | 0,95 | 4,95 | 1 | 0,95 |
| 13:00 | 10 | 7,89 | | | 1,16 | 6,11 | 5 | 0,23 |
| 13:10 | 20 | 5,0 | | | 2,89 | 9,0 | 10 | 0,29 |
| 13:20 | 30 | 3,05 | | | 1,95 | 10,95 | 10 | 0,20 |
| 13:35 | 45 | 0,2 | | | 2,85 | 13,8 | 15 | 0,19 |
| 13:50 | 60 | | 14,0 | 6,2 | 7,8 | 21,6 | 15 | 0,52 |
| 13:20 | 90 | 4,26 | | | 1,94 | 23,54 | 30 | 0,06 |
| 13:50 | 120 | 1,01 | | | 3,25 | 26,79 | 30 | 0,11 |
| Ecuación de Kostyakov (I= 1,8856t 0,5494-1), donde la infiltración en cm/minutos | | | | | | | 0,16 | |
| * Altura ajustada al completar al nivel original de ajuste del agua 1) antes de ajustar; 2) después de ajustar | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

Anexo 18. Balance hídrico de suelos o criterios de Schosinsky

| BALANCE HIDRICO DE SUELOS Gunther Schosinsky | |
|--|------------------------------------|
| Zona de Estudio: | Cuenca del Río Jesús María |
| Fecha: | 2010 |
| Simbología | |
| fc: capacidad de infiltración | P: precipitación media mensual |
| I: infiltración | Pi: precipitación que infiltra |
| CC: capacidad de campo | ESC: escorrentía superficial |
| PM: punto de marchitez | ETP: evapotranspiración potencial |
| PR: profundidad de raíces | ETR: evapotranspiración real |
| (CC-PM): rango de agua disponible | HSi: humedad de suelo inicial |
| DS: densidad de suelo | HD: humedad disponible |
| C1: factor de ETP, por cierre de estomas antes que ocurra ETR | HSf: humedad de suelo final |
| C2: factor de ETP, por cierre de estomas después que ocurre TR | DCC: déficit de capacidad de campo |
| Kp: factor por pendiente (ver léame) | Rp: recarga potencial |
| Kv: factor por vegetación (ver léame) | NR: necesidad de riego |
| Kfc: factor estimado con base a la prueba de infiltración | Ret: retención de lluvia |

Fuente: Schosinsky 2006

Anexo 19. Resultados de balance hídrico del suelo (PI001)

| PI001 | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| fc [mm/d] | | | | | | | | | | | | | |
| Kp [0,01%] | | | | | | | | | | | | | |
| Kv [0,01%] | | | | | | | | | | | | | |
| Kfc [0,01%] | | | | | | | | | | | | | |
| I [0,01%] | | | | | | | | | | | | | |
| DS (g/cm³): | | | | | | | | | | | | | |
| PR (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| HSi (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| Nº de mes con que inicia HSi: 1,2,3,...,12? | | | | | | | | | | | | | |
| Lluvia retenida [0,01%] : Bosques=0,2, otros=0,12 | | | | | | | | | | | | | |
| Concepto | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Total |
| P (mm) | 6,00 | 8,30 | 11,70 | 54,60 | 282,30 | 309,60 | 258,30 | 305,10 | 396,20 | 381,70 | 153,30 | 30,60 | 2197,70 |
| Ret [mm] | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 6,55 | 33,88 | 37,15 | 31,00 | 36,61 | 47,54 | 45,80 | 18,40 | 5,00 | 276,93 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------------------------|
| Pi (mm) | 1,00 | 3,30 | 6,70 | 48,05 | 248,42 | 272,45 | 227,30 | 268,49 | 348,66 | 335,90 | 134,90 | 25,60 | 1920,77 | final de mes |
| ESC (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | final de mes |
| ETP (mm) | 113,10 | 112,40 | 140,20 | 143,30 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 103,20 | 1403,80 | final de mes |
| HSi (mm) | 232,29 | 176,74 | 154,85 | 143,82 | 150,80 | 232,29 | 232,29 | 232,29 | 232,29 | 232,29 | 232,29 | 232,29 | | inicio de mes |
| C1 | 1,00 | 0,45 | 0,25 | 0,57 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | final de mes antes de ETR |
| C2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,18 | | final de mes después de ETR |
| HD (mm) | 95,70 | 42,45 | 23,96 | 54,27 | 261,63 | 367,14 | 322,00 | 363,18 | 443,35 | 430,59 | 229,60 | 120,30 | | final de mes antes de ETR |
| ETR (mm) | 56,55 | 25,19 | 17,73 | 41,06 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 60,92 | 993,05 | final de mes |
| HSf (mm) | 176,74 | 154,85 | 143,82 | 150,80 | 232,29 | 232,29 | 232,29 | 232,29 | 232,29 | 232,29 | 232,29 | 196,97 | | final de mes |
| DCC (mm) | 55,55 | 77,44 | 88,47 | 81,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 35,32 | | final de mes |
| Rp (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 35,54 | 155,55 | 112,30 | 153,79 | 240,66 | 231,40 | 33,80 | 0,00 | 963,03 | final de mes |
| NR (mm) | 112,10 | 164,65 | 210,94 | 183,73 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 77,60 | 749,02 | final de mes |

Anexo 20. Resultados de balance hídrico del suelo (PI002)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------------------------|
| PI002 | | | | | | | | | | | | | | |
| fc [mm/d] | | | | | 1826,90 | | | | | | | | | |
| Kp [0,01%] | | | | | 0,06 | | | | | | | | | |
| Kv [0,01%] | | | | | 0,18 | | | | | peso | | | | |
| Kfc [0,01%] | | | | | 1 | | | | | (%) | (mm) | | | |
| I [0,01%] | | | | | 1 | | | | CC | 37,42 | 187,10 | | | |
| DS (g/cm³): | | | | | 1,00 | | | | PM | 24,18 | 120,90 | | | |
| PR (mm) | | | | | 500,00 | | | | (CC-PM) | 13,24 | 66,20 | | | |
| HSi (mm) | | | | | 187,10 | | | | | | | | | |
| Nº de mes con que inicia HSi:1,2,3,..,12? | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Lluvia retenida [0,01%]: Bosques=0,2, otros=0,12 | | | | | 0,12 | | | | | | | | | |
| Concepto | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Total | |
| P (mm) | 6,00 | 8,30 | 11,70 | 54,60 | 282,30 | 309,60 | 258,30 | 305,10 | 396,20 | 381,70 | 153,30 | 30,60 | 2197,70 | final de mes |
| Ret [mm] | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 6,55 | 33,88 | 37,15 | 31,00 | 36,61 | 47,54 | 45,80 | 18,40 | 5,00 | 276,93 | final de mes |
| Pi (mm) | 1,00 | 3,30 | 6,70 | 48,05 | 248,42 | 272,45 | 227,30 | 268,49 | 348,66 | 335,90 | 134,90 | 25,60 | 1920,77 | final de mes |
| ESC (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | final de mes |
| ETP (mm) | 113,10 | 112,40 | 140,20 | 143,30 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 103,20 | 1403,80 | final de mes |
| HSi (mm) | 187,10 | 131,55 | 123,01 | 120,90 | 120,90 | 187,10 | 187,10 | 187,10 | 187,10 | 187,10 | 187,10 | 187,10 | | inicio de mes |
| C1 | 1,00 | 0,21 | 0,13 | 0,73 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | final de mes antes de ETR |
| C2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | | final de mes después de ETR |
| HD (mm) | 67,20 | 13,95 | 8,81 | 48,05 | 248,42 | 338,65 | 293,50 | 334,69 | 414,86 | 402,10 | 201,10 | 91,80 | | final de mes antes de ETR |
| ETR (mm) | 56,55 | 11,84 | 8,81 | 48,05 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 51,60 | 968,45 | final de mes |
| HSf (mm) | 131,55 | 123,01 | 120,90 | 120,90 | 187,10 | 187,10 | 187,10 | 187,10 | 187,10 | 187,10 | 187,10 | 161,10 | | final de mes |
| DCC (mm) | 55,55 | 64,09 | 66,20 | 66,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 26,00 | | final de mes |
| Rp (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 50,82 | 155,55 | 112,30 | 153,79 | 240,66 | 231,40 | 33,80 | 0,00 | 978,32 | final de mes |
| NR (mm) | 112,10 | 164,65 | 197,59 | 161,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 77,60 | 713,39 | final de mes |

Anexo 21. Resultados de balance hídrico del suelo (PI003)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------------------------|
| PI003 | | | | | | | | | | | | | | |
| fc [mm/d] | | | | | 4695,60 | | | | | | | | | |
| Kp [0,01%] | | | | | 0,06 | | | | | | | | | |
| Kv [0,01%] | | | | | 0,09 | | | | | peso | | | | |
| Kfc [0,01%] | | | | | 1 | | | | | (%) | (mm) | | | |
| I [0,01%] | | | | | 1 | | | | CC | 27,20 | 217,60 | | | |
| DS (g/cm³): | | | | | 1,00 | | | | PM | 17,98 | 143,84 | | | |
| PR (mm) | | | | | 800,00 | | | | (CC-PM) | 9,22 | 73,76 | | | |
| HSi (mm) | | | | | 217,60 | | | | | | | | | |
| Nº de mes con que inicia HSi:1,2,3,..,12? | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Lluvia retenida [0,01%]: Bosques=0,2, otros=0,12 | | | | | 0,12 | | | | | | | | | |
| Concepto | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Total | |
| P (mm) | 6,00 | 8,30 | 11,70 | 54,60 | 282,30 | 309,60 | 258,30 | 305,10 | 396,20 | 381,70 | 153,30 | 30,60 | 2197,70 | final de mes |
| Ret [mm] | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 6,55 | 33,88 | 37,15 | 31,00 | 36,61 | 47,54 | 45,80 | 18,40 | 5,00 | 276,93 | final de mes |
| Pi (mm) | 1,00 | 3,30 | 6,70 | 48,05 | 248,42 | 272,45 | 227,30 | 268,49 | 348,66 | 335,90 | 134,90 | 25,60 | 1920,77 | final de mes |
| ESC (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | final de mes |
| ETP (mm) | 113,10 | 112,40 | 140,20 | 143,30 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 103,20 | 1403,80 | final de mes |
| HSi (mm) | 217,60 | 162,05 | 148,96 | 144,43 | 145,23 | 217,60 | 217,60 | 217,60 | 217,60 | 217,60 | 217,60 | 217,60 | | inicio de mes |
| C1 | 1,00 | 0,29 | 0,16 | 0,66 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | final de mes antes de ETR |
| C2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | | final de mes después de ETR |
| HD (mm) | 74,76 | 21,51 | 11,82 | 48,63 | 249,82 | 346,21 | 301,06 | 342,25 | 422,42 | 409,66 | 208,66 | 99,36 | | final de mes antes de ETR |
| ETR (mm) | 56,55 | 16,39 | 11,23 | 47,24 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 51,60 | 974,62 | final de mes |
| HSf (mm) | 162,05 | 148,96 | 144,43 | 145,23 | 217,60 | 217,60 | 217,60 | 217,60 | 217,60 | 217,60 | 217,60 | 191,60 | | final de mes |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------------|
| DCC (mm) | 55,55 | 68,64 | 73,17 | 72,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 26,00 | | final de mes |
| Rp (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 44,66 | 155,55 | 112,30 | 153,79 | 240,66 | 231,40 | 33,80 | 0,00 | 972,15 | final de mes |
| NR (mm) | 112,10 | 164,65 | 202,14 | 168,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 77,60 | 724,91 | final de mes |

Anexo 22. Resultados de balance hídrico del suelo (PI004)

| PI004 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|-----------------------------|
| fc [mm/d] | | | | | 1861,40 | | | | | | | | | |
| Kp [0,01%] | | | | | 0,06 | | | | | | | | | |
| Kv [0,01%] | | | | | 0,20 | | | | | peso | | | | |
| Kfc [0,01%] | | | | | 1 | | | | | (%) | (mm) | | | |
| I [0,01%] | | | | | 1 | | | | | CC | 50,54 | 808,64 | | |
| DS (g/cm³): | | | | | 0,80 | | | | | PM | 32,40 | 518,40 | | |
| PR (mm) | | | | | 2000,00 | | | | | (CC-PM) | 18,14 | 290,24 | | |
| HSi (mm) | | | | | 808,64 | | | | | | | | | |
| Nº de mes con que inicia HSi:1,2,3,..,12? | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Lluvia retenida [0,01%] : Bosques=0,2, otros=0,12 | | | | | 0,20 | | | | | | | | | |
| Concepto | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Total | |
| P (mm) | 6,00 | 8,30 | 11,70 | 54,60 | 282,30 | 309,60 | 258,30 | 305,10 | 396,20 | 381,70 | 153,30 | 30,60 | 2197,70 | final de mes |
| Ret [mm] | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 10,92 | 56,46 | 61,92 | 51,66 | 61,02 | 79,24 | 76,34 | 30,66 | 6,12 | 449,34 | final de mes |
| Pi (mm) | 1,00 | 3,30 | 6,70 | 43,68 | 225,84 | 247,68 | 206,64 | 244,08 | 316,96 | 305,36 | 122,64 | 24,48 | 1748,36 | final de mes |
| ESC (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | final de mes |
| ETP (mm) | 113,10 | 112,40 | 140,20 | 143,30 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 103,20 | 1403,80 | final de mes |
| HSi (mm) | 808,64 | 718,38 | 658,20 | 611,23 | 604,15 | 723,50 | 808,64 | 808,64 | 808,64 | 808,64 | 808,64 | 808,64 | | inicio de mes |
| C1 | 1,00 | 0,70 | 0,50 | 0,47 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | final de mes antes de ETR |
| C2 | 0,61 | 0,43 | 0,26 | 0,24 | 0,62 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,73 | | final de mes después de ETR |
| HD (mm) | 291,24 | 203,28 | 146,50 | 136,51 | 311,59 | 452,78 | 496,88 | 534,32 | 607,20 | 595,60 | 412,88 | 314,72 | | final de mes antes de ETR |
| ETR (mm) | 91,26 | 63,48 | 53,68 | 50,76 | 106,49 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 89,20 | 1115,07 | final de mes |
| HSf (mm) | 718,38 | 658,20 | 611,23 | 604,15 | 723,50 | 808,64 | 808,64 | 808,64 | 808,64 | 808,64 | 808,64 | 743,92 | | final de mes |
| DCC (mm) | 90,26 | 150,44 | 197,41 | 204,49 | 85,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 64,72 | | final de mes |
| Rp (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 45,64 | 91,64 | 129,38 | 208,96 | 200,86 | 21,54 | 0,00 | 698,02 | final de mes |
| NR (mm) | 112,10 | 199,36 | 283,94 | 297,03 | 110,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 78,72 | 1081,20 | final de mes |

Anexo 23. Resultados de balance hídrico del suelo (SI001)

| SI001 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|-----------------------------|
| fc [mm/d] | | | | | 5881,70 | | | | | | | | | |
| Kp [0,01%] | | | | | 0,06 | | | | | | | | | |
| Kv [0,01%] | | | | | 0,21 | | | | | peso | | | | |
| Kfc [0,01%] | | | | | 1 | | | | | (%) | (mm) | | | |
| I [0,01%] | | | | | 1 | | | | | CC | 56,23 | 506,07 | | |
| DS (g/cm³): | | | | | 0,90 | | | | | PM | 38,96 | 350,64 | | |
| PR (mm) | | | | | 1000,00 | | | | | (CC-PM) | 17,27 | 155,43 | | |
| HSi (mm) | | | | | 506,07 | | | | | | | | | |
| Nº de mes con que inicia HSi:1,2,3,..,12? | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Lluvia retenida [0,01%] : Bosques=0,2, otros=0,12 | | | | | 0,12 | | | | | | | | | |
| Concepto | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Total | |
| P (mm) | 6,00 | 8,30 | 11,70 | 54,60 | 282,30 | 309,60 | 258,30 | 305,10 | 396,20 | 381,70 | 153,30 | 30,60 | 2197,70 | final de mes |
| Ret [mm] | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 6,55 | 33,88 | 37,15 | 31,00 | 36,61 | 47,54 | 45,80 | 18,40 | 5,00 | 276,93 | final de mes |
| Pi (mm) | 1,00 | 3,30 | 6,70 | 48,05 | 248,42 | 272,45 | 227,30 | 268,49 | 348,66 | 335,90 | 134,90 | 25,60 | 1920,77 | final de mes |
| ESC (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | final de mes |
| ETP (mm) | 113,10 | 112,40 | 140,20 | 143,30 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 103,20 | 1403,80 | final de mes |
| HSi (mm) | 506,07 | 434,76 | 397,70 | 377,78 | 388,46 | 505,73 | 506,07 | 506,07 | 506,07 | 506,07 | 506,07 | 506,07 | | inicio de mes |
| C1 | 1,00 | 0,56 | 0,35 | 0,48 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | final de mes antes de ETR |
| C2 | 0,28 | 0,16 | 0,03 | 0,04 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | | final de mes después de ETR |
| HD (mm) | 156,43 | 87,42 | 53,76 | 75,18 | 286,25 | 427,54 | 382,73 | 423,92 | 504,09 | 491,33 | 290,33 | 181,03 | | final de mes antes de ETR |
| ETR (mm) | 72,31 | 40,36 | 26,62 | 37,36 | 131,15 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 77,44 | 1045,45 | final de mes |
| HSf (mm) | 434,76 | 397,70 | 377,78 | 388,46 | 505,73 | 506,07 | 506,07 | 506,07 | 506,07 | 506,07 | 506,07 | 454,23 | | final de mes |
| DCC (mm) | 71,31 | 108,37 | 128,29 | 117,61 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 51,84 | | final de mes |
| Rp (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 155,21 | 112,30 | 153,79 | 240,66 | 231,40 | 33,80 | 0,00 | 927,16 | final de mes |
| NR (mm) | 112,10 | 180,41 | 241,87 | 223,55 | 0,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 77,60 | 836,12 | final de mes |

Anexo 24. Resultados de balance hídrico del suelo (SI002)

| SI002 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|-----------------------------|
| fc [mm/d] | | | | | 5268,30 | | | | | | | | | |
| Kp [0,01%] | | | | | 0,06 | | | | | | | | | |
| Kv [0,01%] | | | | | 0,20 | | | | | peso | | | | |
| Kfc [0,01%] | | | | | 1 | | | | | (%) | (mm) | | | |
| I [0,01%] | | | | | 1 | | | | CC | 49,72 | 865,13 | | | |
| DS (g/cm³): | | | | | 0,87 | | | | PM | 30,08 | 523,39 | | | |
| PR (mm) | | | | | 2000,00 | | | | (CC-PM) | 19,64 | 341,77 | | | |
| HSi (mm) | | | | | 865,13 | | | | | | | | | |
| Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3,..,12? | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Lluvia retenida [0,01%] : Bosques=0,2, otros=0,12 | | | | | 0,20 | | | | | | | | | |
| Concepto | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Total | |
| P (mm) | 6,00 | 8,30 | 11,70 | 54,60 | 282,30 | 309,60 | 258,30 | 305,10 | 396,20 | 381,70 | 153,30 | 30,60 | 2197,70 | final de mes |
| Ret [mm] | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 10,92 | 56,46 | 61,92 | 51,66 | 61,02 | 79,24 | 76,34 | 30,66 | 6,12 | 449,34 | final de mes |
| Pi (mm) | 1,00 | 3,30 | 6,70 | 43,68 | 225,84 | 247,68 | 206,64 | 244,08 | 316,96 | 305,36 | 122,64 | 24,48 | 1748,36 | final de mes |
| ESC (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | final de mes |
| ETP (mm) | 113,10 | 112,40 | 140,20 | 143,30 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 103,20 | 1403,80 | final de mes |
| HSi (mm) | 865,13 | 771,58 | 705,77 | 650,82 | 637,80 | 757,97 | 865,16 | 865,16 | 865,16 | 865,16 | 865,16 | 865,16 | | inicio de mes |
| C1 | 1,00 | 0,74 | 0,55 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | final de mes antes de ETR |
| C2 | 0,67 | 0,49 | 0,33 | 0,29 | 0,61 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,77 | | final de mes después de ETR |
| HD (mm) | 342,74 | 251,49 | 189,08 | 171,11 | 340,24 | 482,26 | 548,41 | 585,85 | 658,73 | 647,13 | 464,41 | 366,25 | | final de mes antes de ETR |
| ETR (mm) | 94,55 | 69,11 | 61,66 | 56,70 | 105,67 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 91,31 | 1139,19 | final de mes |
| HSf (mm) | 771,58 | 705,77 | 650,82 | 637,80 | 757,97 | 865,16 | 865,16 | 865,16 | 865,16 | 865,16 | 865,16 | 798,33 | | final de mes |
| DCC (mm) | 93,58 | 159,39 | 214,34 | 227,37 | 107,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 66,83 | | final de mes |
| Rp (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 23,59 | 91,64 | 129,38 | 208,96 | 200,86 | 21,54 | 0,00 | 675,97 | final de mes |
| NR (mm) | 112,13 | 202,68 | 292,89 | 313,96 | 132,93 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 78,72 | 1133,31 | final de mes |

Anexo 25. Resultados de balance hídrico del suelo (SI003)

| SI003 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|-----------------------------|
| fc [mm/d] | | | | | 4812,50 | | | | | | | | | |
| Kp [0,01%] | | | | | 0,06 | | | | | | | | | |
| Kv [0,01%] | | | | | 0,21 | | | | | peso | | | | |
| Kfc [0,01%] | | | | | 1 | | | | | (%) | (mm) | | | |
| I [0,01%] | | | | | 1 | | | | CC | 42,40 | 334,96 | | | |
| DS (g/cm³): | | | | | 0,79 | | | | PM | 30,18 | 238,42 | | | |
| PR (mm) | | | | | 1000,00 | | | | (CC-PM) | 12,22 | 96,54 | | | |
| HSi (mm) | | | | | 334,96 | | | | | | | | | |
| Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3,..,12? | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Lluvia retenida [0,01%] : Bosques=0,2, otros=0,12 | | | | | 0,12 | | | | | | | | | |
| Concepto | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Total | |
| P (mm) | 6,00 | 8,30 | 11,70 | 54,60 | 282,30 | 309,60 | 258,30 | 305,10 | 396,20 | 381,70 | 153,30 | 30,60 | 2197,70 | final de mes |
| Ret [mm] | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 6,55 | 33,88 | 37,15 | 31,00 | 36,61 | 47,54 | 45,80 | 18,40 | 5,00 | 276,93 | final de mes |
| Pi (mm) | 1,00 | 3,30 | 6,70 | 48,05 | 248,42 | 272,45 | 227,30 | 268,49 | 348,66 | 335,90 | 134,90 | 25,60 | 1920,77 | final de mes |
| ESC (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | final de mes |
| ETP (mm) | 113,10 | 112,40 | 140,20 | 143,30 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 103,20 | 1403,80 | final de mes |
| HSi (mm) | 334,96 | 279,41 | 256,93 | 245,32 | 252,59 | 334,96 | 334,96 | 334,96 | 334,96 | 334,96 | 334,96 | 334,96 | | inicio de mes |
| C1 | 1,00 | 0,46 | 0,26 | 0,57 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | final de mes antes de ETR |
| C2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,20 | | final de mes después de ETR |
| HD (mm) | 97,54 | 44,29 | 25,21 | 54,95 | 262,59 | 368,99 | 323,84 | 365,03 | 445,19 | 432,43 | 231,44 | 122,14 | | final de mes antes de ETR |
| ETR (mm) | 56,55 | 25,78 | 18,30 | 40,78 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 61,72 | 994,74 | final de mes |
| HSf (mm) | 279,41 | 256,93 | 245,32 | 252,59 | 334,96 | 334,96 | 334,96 | 334,96 | 334,96 | 334,96 | 334,96 | 298,84 | | final de mes |
| DCC (mm) | 55,55 | 78,03 | 89,64 | 82,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,12 | | final de mes |
| Rp (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,65 | 155,55 | 112,30 | 153,79 | 240,66 | 231,40 | 33,80 | 0,00 | 962,15 | final de mes |
| NR (mm) | 112,10 | 164,65 | 211,53 | 184,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 77,60 | 750,77 | final de mes |

Anexo 26. Resultados de balance hídrico del suelo (TI001)

| TI001 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|-----------------------------|
| fc [mm/d] | | | | | 4633,70 | | | | | | | | | |
| Kp [0,01%] | | | | | 0,06 | | | | | | | | | |
| Kv [0,01%] | | | | | 0,20 | | | | | peso | | | | |
| Kfc [0,01%] | | | | | 1 | | | | | (%) | (mm) | | | |
| I [0,01%] | | | | | 1 | | | | CC | 54,00 | 853,20 | | | |
| DS (g/cm³): | | | | | 0,79 | | | | PM | 34,01 | 537,36 | | | |
| PR (mm) | | | | | 2000,00 | | | | (CC-PM) | 19,99 | 315,84 | | | |
| HSi (mm) | | | | | 853,20 | | | | | | | | | |
| Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3,..,12? | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Lluvia retenida [0,01%] : Bosques=0,2, otros=0,12 | | | | | 0,20 | | | | | | | | | |
| Concepto | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Total | |
| P (mm) | 6,00 | 8,30 | 11,70 | 54,60 | 282,30 | 309,60 | 258,30 | 305,10 | 396,20 | 381,70 | 153,30 | 30,60 | 2197,70 | final de mes |
| Ret (mm) | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 10,92 | 56,46 | 61,92 | 51,66 | 61,02 | 79,24 | 76,34 | 30,66 | 6,12 | 449,34 | final de mes |
| Pi (mm) | 1,00 | 3,30 | 6,70 | 43,68 | 225,84 | 247,68 | 206,64 | 244,08 | 316,96 | 305,36 | 122,64 | 24,48 | 1748,36 | final de mes |
| ESC (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | final de mes |
| ETP (mm) | 113,10 | 112,40 | 140,20 | 143,30 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 103,20 | 1403,80 | final de mes |
| HSi (mm) | 853,20 | 761,17 | 698,03 | 646,92 | 636,85 | 756,65 | 853,20 | 853,20 | 853,20 | 853,20 | 853,20 | 853,20 | | inicio de mes |
| C1 | 1,00 | 0,72 | 0,53 | 0,49 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | final de mes antes de ETR |
| C2 | 0,65 | 0,46 | 0,29 | 0,27 | 0,61 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,75 | | final de mes después de ETR |
| HD (mm) | 316,84 | 227,11 | 167,37 | 153,25 | 325,33 | 466,97 | 522,48 | 559,92 | 632,80 | 621,20 | 438,48 | 340,32 | | final de mes antes de ETR |
| ETR (mm) | 93,03 | 66,44 | 57,81 | 53,76 | 106,04 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 90,34 | 1127,61 | final de mes |
| HSf (mm) | 761,17 | 698,03 | 646,92 | 636,85 | 756,65 | 853,20 | 853,20 | 853,20 | 853,20 | 853,20 | 853,20 | 787,34 | | final de mes |
| DCC (mm) | 92,03 | 155,17 | 206,28 | 216,35 | 96,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 65,86 | | final de mes |
| Rp (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 34,23 | 91,64 | 129,38 | 208,96 | 200,86 | 21,54 | 0,00 | 686,61 | final de mes |
| NR (mm) | 112,10 | 201,13 | 288,67 | 305,90 | 121,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 78,72 | 1108,43 | final de mes |

Anexo 27. Resultados de balance hídrico del suelo (TI002)

| TI002 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|-----------------------------|
| fc [mm/d] | | | | | 2357,60 | | | | | | | | | |
| Kp [0,01%] | | | | | 0,06 | | | | | | | | | |
| Kv [0,01%] | | | | | 0,21 | | | | | peso | | | | |
| Kfc [0,01%] | | | | | 1 | | | | | (%) | (mm) | | | |
| I [0,01%] | | | | | 1 | | | | CC | 45,60 | 405,84 | | | |
| DS (g/cm³): | | | | | 0,89 | | | | PM | 31,45 | 279,91 | | | |
| PR (mm) | | | | | 1000,00 | | | | (CC-PM) | 14,15 | 125,94 | | | |
| HSi (mm) | | | | | 405,84 | | | | | | | | | |
| Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3,..,12? | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Lluvia retenida [0,01%] : Bosques=0,2, otros=0,12 | | | | | 0,12 | | | | | | | | | |
| Concepto | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Total | |
| P (mm) | 6,00 | 8,30 | 11,70 | 54,60 | 282,30 | 309,60 | 258,30 | 305,10 | 396,20 | 381,70 | 153,30 | 30,60 | 2197,70 | final de mes |
| Ret (mm) | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 6,55 | 33,88 | 37,15 | 31,00 | 36,61 | 47,54 | 45,80 | 18,40 | 5,00 | 276,93 | final de mes |
| Pi (mm) | 1,00 | 3,30 | 6,70 | 48,05 | 248,42 | 272,45 | 227,30 | 268,49 | 348,66 | 335,90 | 134,90 | 25,60 | 1920,77 | final de mes |
| ESC (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | final de mes |
| ETP (mm) | 113,10 | 112,40 | 140,20 | 143,30 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 103,20 | 1403,80 | final de mes |
| HSi (mm) | 405,84 | 344,08 | 314,03 | 298,01 | 308,42 | 405,84 | 405,84 | 405,84 | 405,84 | 405,84 | 405,84 | 405,84 | | inicio de mes |
| C1 | 1,00 | 0,54 | 0,32 | 0,53 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | final de mes antes de ETR |
| C2 | 0,11 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,38 | | final de mes después de ETR |
| HD (mm) | 126,94 | 67,47 | 40,83 | 66,15 | 276,94 | 398,38 | 353,24 | 394,42 | 474,59 | 461,83 | 260,84 | 151,54 | | final de mes antes de ETR |
| ETR (mm) | 62,76 | 33,35 | 22,73 | 37,63 | 131,40 | 116,90 | 115,00 | 114,70 | 108,00 | 104,50 | 101,10 | 71,40 | 1019,47 | final de mes |
| HSf (mm) | 344,08 | 314,03 | 298,01 | 308,42 | 405,84 | 405,84 | 405,84 | 405,84 | 405,84 | 405,84 | 405,84 | 360,04 | | final de mes |
| DCC (mm) | 61,76 | 91,81 | 107,83 | 97,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 45,80 | | final de mes |
| Rp (mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 19,60 | 155,55 | 112,30 | 153,79 | 240,66 | 231,40 | 33,80 | 0,00 | 947,10 | final de mes |
| NR (mm) | 112,10 | 170,86 | 225,31 | 203,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 77,60 | 788,96 | final de mes |