

Consultoría:

Plan de Uso del Suelo para las faldas del Volcán Irazú

Producto# 5
Plan de uso del suelo



2016

Elaborado para:
Sistema Nacional de Áreas de Conservación SINAC
Municipalidad de Oreamuno

Financiado por:
Banco Interamericano de Desarrollo- BID

Elaborado por:
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano
Sostenible ProDUS
Universidad de Costa Rica- UCR

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS)
Universidad de Costa Rica
Teléfono: 2511-2777
Correo electrónico: produs@ucr.ac.cr
Internet: www.produs.ucr.ac.cr



Créditos

Dirección General:

Luis Zamora González

Coordinación del Proyecto:

Félix Zumbado Morales

Equipo de Trabajo:

Tema	Equipo responsable
Análisis de problemas y generación de ideas proyectos de solución	Luis Zamora González, Félix Zumbado Morales, Marcos Castillo Bastos, Roger Mesen Leal, Andrés Montealegre Alfaro, Paola Salazar Arce
Criterios legales asociados con el tema de conservación de suelos y gestión ambiental	Adolfo Gell Loría/ Nicole Quesada Chinchilla
Indicador hidrológico	Alejandra Rojas González
Diseño de logos y montajes	Cindy León Sequeira
Investigación sobre certificado de uso conforme y conservación de suelos	Félix Zumbado Morales
Sección de cálculo de beneficio del certificado con la reducción del impuesto de bienes inmuebles	Marcos Castillo Bastos
Procesamiento y análisis de entrevistas aplicadas en ferias del agricultor	Maricé Miranda Zúñiga

Diseño Gráfico:

Kevin Viales Montero

Encuestadores, as:

Darío Vargas Aguilar
Geovanna Calderón Sánchez
Fiorella Murillo Quesada
Jessica Álvarez López
Karen Mora Hernández
Pablo Gamboa Cerdas
Tatiana Fernández Jiménez

Nicole Quesada Chinchilla

Levantamiento topográfico:

Luis Gustavo Muñoz Masís
Jorge Chinchilla Dannenberger

Presentación.

El presente informe contiene el plan de uso del suelo, elaborado por el Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS-UCR), y que constituye el Producto N° 5 del Proyecto denominado: “Plan de usos del suelo de las faldas del volcán Irazú”. Esta consultoría es coordinada por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación SINAC y la Municipalidad de Oreamuno, provincia de Cartago, Costa Rica.

Este proyecto consta de dos líneas de trabajo separadas, que se relacionan directamente con la búsqueda de soluciones a problemas puntuales de inundación en puntos críticos del cantón de Oreamuno, y la generación de una estrategia de trabajo que permita controlar las causas de los problemas de la erosión y escorrentía que afectan la zona.

El primer eje de trabajo, busca mejorar la calidad de vida de los pobladores del cantón que se ven afectados por problemas de inundación en puntos críticos que han sido identificados en estudios previos, en los que se resalta la necesidad urgente de encontrar una solución inmediata a la problemática. Las zonas afectadas han aumentado con el tiempo, y los esfuerzos del gobierno local se han visto limitados por la falta de un estudio técnico que analice las causas del problema, y presente alternativas de proyectos de intervención en el corto y largo plazo.

Como segunda línea de trabajo, se tiene la planificación de una estrategia de abordaje del problema de erosión y pérdida de suelo que se presenta en el cantón de Oreamuno (faldas del volcán Irazú). La zona, es uno de los puntos principales de producción de hortalizas en Costa Rica, así como un lugar con fincas de producción lechera. Las actividades agropecuarias desarrolladas en la zona, son la base del sistema socioeconómico del lugar, y se busca mejorar su gestión ambiental para disminuir los impactos negativos que se presentan en el tema de pérdida de suelo, lo que incide directamente en la primera línea de trabajo de la consultoría.

Finalmente, el trabajo busca mejorar la relación del ser humano con su entorno, en una zona que se ubica en un sitio de gran importancia para el turismo costarricense. Todos los impactos negativos que generan las actividades productivas del lugar pueden afectar el resto de componentes del sistema, entre estos el turismo. Por esta razón, es muy importante visualizar integralmente el proyecto y concientizarse sobre los beneficios en el largo plazo que generará para mejorar el paisaje de la zona, tales como: mantener el atractivo turístico del sitio, asegurar la buena condición del sistema de transporte al prevenir interrupciones por inundaciones o acumulación de sedimentos, entre otros aspectos.

Introducción.

El documento: “Plan de uso del suelo de las faldas del volcán Irazú”, se divide en dos capítulos. El primero, consta de la información general y el resumen de las propuestas del Plan; este, inicia con el desarrollo de los objetivos que se quieren lograr con la realización del proyecto, continuando con los alcances y limitaciones presentes en el contexto de la investigación. Posteriormente, se presenta el resumen de los principales problemas identificados durante el diagnóstico, así como las causas que ocasionan los mismos. Seguidamente, se establecen los plazos que se mencionarán en cada una de las actividades a realizar en el corto, mediano y largo plazo, con sus correspondientes metas.

Continuando con la descripción del documento, el lector encontrará la lista de proyectos e indicadores propuestos para la solución de los problemas encontrados. El listado, se complementa con los actores involucrados y los objetivos a cumplir. En la siguiente sección, se retoma el punto de los actores involucrados, y se describe con detalle la participación que tendrán dentro del Plan de uso del suelo.

El segundo capítulo llamado: “Desarrollo de las Propuestas”, presenta extensamente cada una de las propuestas que conforman el “Plan de uso del suelo”. Finalmente, se citan algunos considerandos legales sobre la conservación de suelos en Costa Rica, y las instituciones que deben velar por la protección del recurso suelo.

Las propuestas que se plantean, se formularon buscando la mayor facilidad de aplicación y el menor costo de implementación; además, se generaron proyectos que complementan iniciativas ya existentes, o que por medio de innovación, buscan utilizar los conocimientos y tecnologías desarrolladas en el tema de gestión integral del recurso suelo.

Al implementar el Plan de Uso del Suelo en el cantón de Oreamuno, se logrará disminuir el problema de erosión que se presenta en la zona. Mediante acciones sencillas y trabajo en equipo con los actores clave involucrados, se logrará una mayor sostenibilidad del sector agropecuario y la minimización de los problemas, asociados con prácticas de gestión de recursos naturales lejanas a los principios de la gestión ambiental.

Glosario¹.

Actividad agraria-agropecuaria: Es la actividad productiva consistente en el desarrollo de un ciclo biológico, vegetal o animal, ligado directa o indirectamente al disfrute de las fuerzas y los recursos naturales, que se traduce económicamente en la obtención de productos vegetales o animales, destinados al consumo directo o sus transformaciones.

Acuífero: Depósito subterráneo de aguas provenientes de la infiltración de este recurso natural, a través el perfil del suelo, sometido al régimen del Ciclo Hidrológico.

Agricultura conservacionista: La utilización racional de las tierras para los fines de producción, buscando aumentar la productividad para satisfacer las necesidades de la población, evitando, reduciendo y controlando las prácticas y procesos, mediante los cuales ellas se degradan, por medio del uso de tecnologías capaces de cumplir con estos objetivos y adaptadas a los sistemas de producción locales.

Agroecología: Ciencia que persigue la armonía entre los objetivos de la actividad agraria y la sostenibilidad de los recursos: suelo, agua y vegetación, en la relación ecología-desarrollo. Aprovechamiento balanceado. Empleo de prácticas de uso, manejo y conservación de suelos para aumentar su beneficio económico, buscando al mismo tiempo la óptima preservación del recurso.

Áreas de recarga acuífera: Superficies territoriales en las cuales ocurre la mayor parte de la infiltración del agua a través de la corteza terrestre, que alimenta acuíferos y cauces de los ríos.

Biodiversidad: Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, ya sea que se encuentren en ecosistemas terrestres, aéreos, marinos, acuáticos, o en otros complejos ecológicos. Comprende la diversidad dentro de cada especie, así como entre las especies y los ecosistemas de los que forma parte; así, como aquellas plantas vasculares y no vasculares, algas y hongos exóticos declarados como silvestres por el país de origen; incluye también: las plantas vasculares y no vasculares, algas y hongos que hayan sido cultivados en cautiverio provenientes de especímenes silvestres. Se exceptúan de ese conjunto las plantas vasculares, que correspondan al concepto de "árbol forestal", y las plantas, hongos y algas de uso agrario; de acuerdo con la definición dada por la ley o la reglamentación que regula esta materia.

Bosque maduro: Este bosque es producto de un proceso de sucesión que se ha mantenido ininterrumpido durante 75-100 o más años. Compuesto por especies nativas de árboles. No presenta huellas evidentes de actividad humana.

¹ Las definiciones se toman de la legislación nacional, por ejemplo del Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos N° 29375 MAG-MINAE y su reglamento.

Bosque secundario: Tierra con vegetación leñosa de carácter sucesional secundario, que se desarrolló una vez que la vegetación original fue eliminada por actividades humanas y/o fenómenos naturales. Tiene una superficie mínima de 0,5 ha, y una densidad no menor a 500 árboles por hectárea de todas las especies, con diámetro mínimo a la altura del pecho de 5 cm. Se incluyen también las tierras de bosque secundario, inmediatamente, después de aprovechadas bajo el sistema de cortas de regeneración. (Decreto Ejecutivo N°. 27388- MINAE, La Gaceta N° 212 del 2 nov. 1998)

Capacidad de uso de la tierra: Es el grado óptimo de aprovechamiento que posee un área de terreno determinada, con base en la calificación de sus limitantes para producir cultivos en forma sostenida y por períodos prolongados.

Conservación de suelos: Conjunto de prácticas de manejo y uso de la tierra, realizadas con el fin de proteger, conservar y mejorar la integridad y la productividad del suelo.

Contaminación de suelos y aguas: Es la alteración o modificación detrimental de las características químicas, físicas o biológicas de los suelos y aguas, debido a sustancias o materiales de carácter exógeno, generalmente, causada por la actividad humana, que puede incidir negativamente en la biodiversidad de los agro ecosistemas y en la salud humana.

Cuenca hidrográfica: Es el área geográfica cuyas aguas superficiales vierten a un sistema de desagüe o red hidrológica común, confluyendo a su vez en un cauce mayor, que puede desembocar en un río principal, lago, pantano, marisma, embalse o directamente en el mar. Está delimitada por la línea divisoria de aguas, y puede constituir una unidad para la planificación integral del desarrollo socioeconómico, y la utilización y conservación de los recursos agua, suelo, flora y fauna.

Cultivos anuales: Son los cultivos con un ciclo de crecimiento menor a un año, y que tienen la característica de que la planta se destruye al cosechar.

Cultivos permanentes o perennes: Son aquellos cuyo ciclo de crecimiento es mayor a un año, y que al ser cosechados no se destruye la planta, con lo cual, quedan en capacidad de volver a producir, por ejemplo: café, aguacate, mora, durazno, ciruela, higos, tomate de árbol.

Cultivos Semi-Permanentes: Son aquellos cultivos que tienen un ciclo vegetativo mayor a un año y que requieren sólo una preparación del terreno cada dos o más años; además, logran desarrollar suficiente follaje, ejerciendo cierta función protectora contra la erosión del suelo. Algunos ejemplos de cultivos semipermanentes son: caña de azúcar, pastos de corte y plantas ornamentales.

Degradación de los suelos: Deterioro de las características químicas, físicas y biológicas del suelo, con disminución de su productividad en el tiempo, como consecuencia de procesos tales como: erosión hídrica o eólica, salinización, anegamiento, agotamiento de los elementos nutritivos para las plantas, contaminación con productos agroquímicos de lenta descomposición o elementos pesados, el deterioro de la estructura, compactación, sedimentación y otras formas de degradación.

Ecosistema: Complejo dinámico de comunidades de plantas, animales, hongos y microorganismos y su medio físico, interactuando como una unidad funcional.

Erosión: Es el desprendimiento, arrastre y sedimentación de las partículas superficiales del suelo, por acción del agua de escorrentía, viento, deshielo y otros agentes geológicos, incluyendo procesos como deslizamientos.

Escorrentía: Flujo superficial de agua que no penetra en el suelo y fluye hacia los cuerpos receptores de agua.

Evaluación de tierras: Proceso de clasificación mediante el cual se evalúan las cualidades de la tierra y se armonizan con los requerimientos de un tipo de uso definido, con base en sus características, potencialidades, y limitaciones ecológicas y socioeconómicas.

Evapotranspiración: Cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas.

Fertilidad de suelo: Calidad del suelo definida por características químicas, físicas y biológicas que determinan su productividad.

Finca agropecuaria: Toda extensión de terreno dedicada total o parcialmente a la producción agropecuaria para la venta o el autoconsumo, administrada por un hogar, sociedad, empresa, institución pública u otra, cuyas labores pueden ser dirigidas o ejecutadas directamente por una persona o con la ayuda de otras.

Finca agraria: Todo aquel terreno situado en distritos urbanos o rurales, dedicado a actividad productiva agraria.

Geomorfología: Es la ciencia que estudia las formas de la corteza terrestre. Con este nombre se suele designar la ciencia que estudia el origen y la evolución de la tierra firme emergida pero puede estudiar también los fondos marinos.

Geo referenciar: Es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas.

GOBAL GAP: Es un programa privado de certificación voluntaria, creado por 24 grandes cadenas de supermercados que operan en diferentes países de Europa Occidental, y que han organizado el Grupo Europeo de Minoristas (Euro-Retailer Produce Working Group - EUREP). Para poder vender en los supermercados de esas cadenas se necesita tener la certificación.

Lagos: gran masa permanente de agua depositada en hondonadas del terreno.

Lixiviación: Es el movimiento de sustancias en solución (solutos) dentro del suelo, generalmente, de los horizontes superiores a los inferiores por acción del agua de percolación.

Nivel freático: El nivel freático corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general. A menudo, en este nivel la presión de agua del acuífero es igual a la presión atmosférica.

Páramo: Área de vegetación natural que se ubica en las partes altas, por encima de los 3100 metros de elevación. Comunidades vegetales de baja altura y, generalmente, en sitios húmedos y fríos. La vegetación dominante es de bambú enano del género *Chusquea* sp., entremezclado con plantas leñosas de familias como Ericaceae, Hypericaceae, Rosaceae y Asteraceae.

Parcela: Es todo lote o terreno de la finca rodeado por tierra o aguas que no pertenecen a ella, por ejemplo: un río, otra finca, un lago.

Pastos sin árboles: Áreas cubiertas por pastos herbáceos, carentes de cobertura forestal, o con una cobertura menor al 10%.

Plantación forestal: Superficie arbolada producida en forma artificial mediante plantación o siembra. En general, los árboles pertenecen a una misma especie, tienen los mismos años de vida, y presentan una distribución espacial homogénea. Según la Ley Forestal N° 7575 (1996), una plantación forestal es un terreno de una o más hectáreas cultivado con una o más especies forestales, cuyo objetivo principal, aunque no necesariamente es el único, es la producción de madera.

Profundidad efectiva: Espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos indispensables.

Profundidad radicular: Profundidad de las raíces de un cultivo.

Rasgos culturales: bienes inmuebles que cuentan con su valor en el contexto cultural, tales como: cimientos, pisos, viviendas, calzadas, tumbas, acueductos, canales, entre otros; así como también, bienes muebles que pueden movilizar sin alterar su valor o contexto y fueron empleados como instrumentos, utensilios o estatuaria, como: cerámica, piedra, jade, oro, huesos, conchas, entre otros.

Raster: Formato genérico de almacenamiento que representa una variable a través de un arreglo matricial, donde cada celda de la matriz representa un cuadrado con área específica y constante en toda el área a representar.

Silvopastoriles: sistema de producción donde las plantaciones de árboles conviven con plantaciones de cultivos anuales o con cría de animales.

Sistematización: Procesamiento y transcripción de datos a través de algún programa tecnológico para la investigación cualitativa, en donde se analizan similitudes y divergencias en los datos aportados por informantes o personas entrevistadas durante el proceso de investigación.

SCS: Soil Conservation Service actualmente NRSC National Resources Conservacion Service de Estados Unidos de América.

Taxonomía: Ciencia que trata los principios, métodos y fines de la clasificación, generalmente científica. Se aplica en especial dentro de la biología para la ordenación jerarquizada y sistemática de los grupos de animales y de vegetales.

Unidades de manejo: Constituyen una subdivisión de las subclases de capacidad de uso que indican el o los factores específicos, que limitan su utilización en actividades agropecuarias y forestales. Estas tierras son lo suficientemente homogéneas como para requerir sistemas de manejo y conservación similares, que permiten obtener respuestas parecidas de los cultivos desarrollados en estas áreas. Simbólicamente, las unidades de manejo se representan por un número romano que indica la clase de capacidad, una o más letras minúsculas que indican las subclases de capacidad, y uno o más números arábigos como subíndices a las subclases que corresponden a la unidad de manejo.

Acrónimos.

AC: Áreas de Conservación.

ABOMORE: Alianza Bosque Modelo Reventazón.

ADAPEX: Asociación de Desarrollo Agrícola para la Exportación.

ADI: Asociación de Desarrollo Integral

ArcGIS: Software especializado en el análisis y representación de información geográfica.

ASADAS: Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios.

ASP: Áreas Silvestres Protegidas.

ASAS: Agencia de Extensión Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

ASOCAGRI: Asociación Cartaginesa de Agricultores

AyA: Acueductos y Alcantarillados.

CAC: Centro Agrícola Cantonal

CC: Capacidad de Campo.

CENAGRO: VI Censo Nacional Agropecuario de Costa Rica.

CIA: Centro de Investigaciones Agronómicas.

COMCURE: Comisión para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Reventazón.

FONAFIFO: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal

GAM: Gran Área Metropolitana.

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.

IGN: Instituto Geográfico Nacional.

INA: Instituto Nacional de Aprendizaje.

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica.

INDER: Instituto de Desarrollo Rural.

INF: Inventario Nacional Forestal.

INFOAGRO: Sistema de Información del Sector Agropecuario Costarricense del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

INTA: Instituto de Transferencia Agropecuaria

IMN: Instituto Meteorológico Nacional.

ITCR: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica.

MINSA: Ministerio de Salud

Msnm: Metros sobre el nivel del mar.

ONG: Organización No Gubernamental.

PNVI: Parque Nacional Volcán Irazú.

ProDUS-UCR: Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la Universidad de Costa Rica.

PSA: Pago por servicios ambientales

SENARA: Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento.

SEPSA: Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica.

TEC: Tecnológico de Costa Rica.

UCR: Universidad de Costa Rica.

UNA: Universidad Nacional.

Índice General.

Contenido

Créditos	i
Presentación.....	i
Introducción.....	i
CAPÍTULO I.....	1
1. Objetivos.....	1
2. Alcances y Limitaciones.....	1
3. Problemas principales y sus causas.	2
4. Plazo estimado de cumplimiento.	8
5. Actividades a realizar y Metas.	8
6. Lista de proyectos e indicadores para la solución de problemas que conforman el Plan de Manejo de Uso del Suelo.....	10
7. Actores involucrados y participación.....	12
CAPÍTULO II.....	1
8. Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos, como herramienta de gestión para el control de la erosión en el cantón de Oreamuno.....	13
9. Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos y el Impuesto de bienes e inmuebles.	20
10. Estrategia de promoción del uso del Certificado como medida para disminuir la erosión en el cantón de Oreamuno.....	25
11. Propuesta de organización de productores y gestión organizada del trabajo de publicidad sobre los beneficios ambientales que se dan al contar con el Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos.....	28
12. Sondeos de opinión en los consumidores de frutas y vegetales que se comercializan en las ferias del agricultor.....	30
13. Oportunidades de uso del certificado en productos agro industriales como innovación y diferenciación del producto.....	37
14. Oportunidad de vinculación con la agro-industria a futuro.	39
15. Costo de producción versus ahorro por pago del impuesto de bienes e inmuebles, e inversión en conservación de suelos.	41
16. Programa de divulgación de los beneficios del Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos y educación formal e informal en el tema.....	43
17. Resumen del cambio de modelo de producción y comercialización tradicional al modelo que incorpora la conservación de suelos.....	48

18.	Canales de coordinación y ejecución para lograr el cambio de modelo de trabajo y procesos a seguir para lograr concretar las propuestas.....	49
19.	Medidas para la conservación del suelo.....	54
20.	Indicador Hidrológico.....	71
	Análisis hidrológico.....	76
	Datos de Precipitación y lluvia de diseño.....	78
	Modelo de simulación de pérdidas por escorrentía.....	79
	Tiempo de Concentración.....	83
	Simulación hidrológica.....	86
	Resultados del análisis hidrológico: Condición Actual.....	89
	Simulación de Escenarios.....	92
	Escenario 1: Áreas de protección de nacientes, pozos y ríos.....	93
	Escenario 2: Reducción del área de los pastos para dedicarlas a otros cultivos.....	97
	Escenario 3: Crecimiento poblacional al 2050.....	99
	Escenario 4: Técnicas de conservación de suelos en áreas que presentan vulnerabilidad a erosión hídrica.....	102
22.	Conclusiones.....	112
23.	Literatura consultada.....	118
24.	Anexos.....	122
	APÉNDICE 1: CÁLCULO DE TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN.....	123

Índice de Cuadros.

Cuadro 1. Lista de proyectos e indicadores para la solución de los problemas.....	10
Cuadro 2. Resumen de los actores involucrados y su rol dentro del sistema.....	12
Cuadro 3. Resumen de los artículos que cita la Ley de Conservación y Manejo del Suelo, Ley N° 7779, en referencia al incentivo de Conservación de Suelos.....	14
Cuadro 4. Resumen del papel de los certificadores según Ley de Conservación y Manejo del Suelo.....	15
Cuadro 5. Lista de Certificadores del Uso Conforme del Suelo y Conservación de los Suelos autorizados.....	16
Cuadro 6. Pago estimado de impuestos por zona homogénea y distrito según área en metros cuadrados, distrito San Rafael.....	22
Cuadro 7. Pago estimado de impuestos por zona homogénea y distrito según área en metros cuadrados, distrito de Cot.....	22
Cuadro 8. Pago estimado de impuestos por zona homogénea y distrito según área en metros cuadrados, distrito de Potrero Grande.....	23
Cuadro 9. Pago estimado de impuestos por zona homogénea y distrito según área en metros cuadrados, distrito de Cipreses.....	23
Cuadro 10. Pago estimado de impuestos por zona homogénea y distrito según área en metros cuadrados, distrito de Santa Rosa.....	23
Cuadro 11. Pago estimado de impuestos en colones por zona homogénea según área en metros cuadrados.....	24
Cuadro 12. Resumen de los rendimientos y costos de producción por hectárea para producción de hortalizas en la Región Central Oriental del MAG.....	41
Cuadro 13. Cálculo del rendimiento promedio de producción de papa por hectárea, en el cantón de Oreamuno.....	42
Cuadro 14. Resumen del monto extra que se generaría con el pago extra por poseer el Certificado de Uso Conforme y Conservación de los Suelos.....	42
Cuadro 15. Resumen de las clases de uso del suelo y sus características, según el Decreto 23214-MAG-MIRENEM.....	55
Cuadro 16. Prácticas de Conservación de suelos y agua, según clase del suelo. Decreto N° 23214-MAG-MIRENEM.....	58
Cuadro 17. Características de las microcuencas del cantón de Oreamuno.....	77
Cuadro 18. Análisis de frecuencia de las estaciones de Sanatorio Durán.....	78
Cuadro 19. Número de curva de diversos usos de suelo para la línea base.....	81
Cuadro 20. Grupo hidrológico y tiempos de concentración de las microcuencas.....	82
Cuadro 21. Inventario de elementos y conexiones del modelo hidrológico para cada cuenca.....	85
Cuadro 22. Datos del tránsito de avenidas de los canales.....	88
Cuadro 23. Resultados de modelación hidrológica para las microcuencas del cantón de Oreamuno.....	90
Cuadro 24. Modelación de Escenario 1.....	96
Cuadro 25. Modelación Escenario 2.....	98
Cuadro 26. Resultados del índice hidrológico para el escenario 3.....	101

Cuadro 27. Resultados de modelación de escenario 4 para un periodo de recurrencia de 50 años.....	104
---	-----

Índice de Imágenes.

Imagen 1. Hoja que debe llenarse para solicitar la exoneración fiscal por poseer el certificado de conservación de suelos.	18
Imagen 2. Logos propuestos para el Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos.	26
Imagen 3. Porcentaje por distribución etaria de las personas entrevistadas	30
Imagen 4. Porcentaje de distribución de las personas participantes según nivel de educación formal	31
Imagen 5. Porcentaje de distribución de las personas participantes según nivel de	32
Imagen 6. Periodicidad de visita a la feria por parte de las personas entrevistadas	32
Imagen 7. Distribución porcentual de los sitios donde compran las frutas y verduras los entrevistados	33
Imagen 8. Distribución porcentual de las personas entrevistadas que dijeron conocer la problemática ambiental de la erosión en las faldas del volcán Irazú	34
Imagen 9. Porcentaje de sobreprecio que pagarían las personas entrevistadas por productos con el Certificado de Uso Conforme del Suelo.	35
Imagen 10. Ejemplo de productos elaborados con papas producidas en fincas con Certificado de Uso Conforme y de Conservación de Suelos, en el cantón de Oreamuno.	40
Imagen 11. Ejemplo de afiche #1 para divulgar productos cultivados en fincas con Certificado de Uso Conforme y de Conservación de Suelos en el cantón de Oreamuno.	43
Imagen 12. Ejemplo de afiche #2 para divulgar productos cultivados en fincas con Certificado de Uso Conforme y de Conservación de Suelos en el cantón de Oreamuno.	44
Imagen 13. Ejemplo de afiche #3 para divulgar productos cultivados en fincas con Certificado de Uso Conforme y de Conservación de Suelos en el cantón de Oreamuno.	45
Imagen 14. Ejemplo de afiche #2 para divulgar productos cultivados en fincas con Certificado de Uso Conforme y de Conservación de Suelos en el cantón de Oreamuno.	46
Imagen 15. Resumen del cambio de modelo de producción propuesto.	48
Imagen 16. Mapa de capacidad de uso del suelo del cantón de Oreamuno	57
Imagen 17. Representación del uso de curvas de nivel.	60
Imagen 18. Representación del uso de curvas de nivel.	61
Imagen 19. Nivel A.	62
Imagen 20. Nivel de caballete.	63
Imagen 21. Acequia de ladera de forma triangular.	64
Imagen 22. Canales de Guardia.	66
Imagen 23. Ejemplo de cultivo con terrazas de base ancha.	67
Imagen 24. Imagen de las terrazas de huerto y sus elementos geométricos.	68
Imagen 25. Terrazas de banco.	69
Imagen 26. Terrazas individuales y sus elementos de diseño.	70
Imagen 27. Distribución de las microcuencas en las cuencas principales del cantón de Oreamuno.	75
Imagen 28. Láminas de diseño para diferentes periodos de retorno y duraciones de lluvia, estación 73011-Sanatorio Durán.	79

Imagen 29. Configuración del modelo hidrológico para los puntos de interés.	87
Imagen 30. Caudales simulados condición actual para periodos de retorno (2, 5, 10, 25 y 50 años) en las uniones.	91
Imagen 31. Caudales simulados condición actual en los puntos de interés para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años.	92
Imagen 32. Mapa de área de protección de ríos, pozos y nacientes vigentes registradas por el MINAE.	95
Imagen 33. Mapa de Uso de Suelo para el año 2050, con incremento del área urbana.	100
Imagen 34. Comparación de los caudales pico para los escenarios en las microcuencas.	105
Imagen 35. Índice hidrológico: Cambios porcentuales de los escenarios con respecto a la condición actual.	105

CAPÍTULO I

GENERALIDADES Y RESUMEN DE PROPUESTAS

1. Objetivos.

Objetivo central:

El objetivo general del proyecto es, generar un Plan de Uso del Suelo que permita, mediante su implementación, mejorar la gestión de los suelos que realizan los productores agropecuarios en los terrenos ubicados en las faldas del volcán Irazú, pertenecientes administrativamente al cantón de Oreamuno, Cartago.

Objetivos secundarios:

- Analizar los aspectos legales relacionados con la gestión y conservación de suelos en Costa Rica, con el fin de determinar los actores involucrados y su injerencia en el tema; así, como su rol actual en la gestión de los suelos del cantón de Oreamuno.
- Desarrollar una lista de proyectos con: indicadores, lista de responsables y hoja de ruta, clasificados según el plazo de ejecución, que permitan lograr un cambio en la gestión de suelos de los productores del cantón de Oreamuno, y que puedan ser implementadas por parte de la Municipalidad de Oreamuno mediante trabajo conjunto con el sector privado.
- Generar una solución al corto, mediano y largo plazo a los problemas de inundación que se presentan en la zona, debido al manejo inadecuado de las cuencas en el cantón de Oreamuno.
- Incentivar el desarrollo del sector agropecuario bajo los pilares del desarrollo sostenible, incentivando que los recursos naturales de la zona no se contaminen y estén disponibles para las futuras generaciones del cantón de Oreamuno.
- Propiciar el manejo adecuado del recurso hídrico y sus sistemas de abastecimiento y tratamiento en el cantón de Oreamuno.

2. Alcances y Limitaciones.

El proyecto comprende, únicamente, la elaboración del Plan de Uso del Suelo para las faldas del volcán Irazú. La etapa de implementación y seguimiento, será responsabilidad de la Municipalidad de Oreamuno, con el posible apoyo de los funcionarios del SINAC. Esta es una característica que marca el alcance del papel de la Universidad de Costa Rica en el proceso.

Para este caso, el equipo de ProDUS-UCR, tomó las medidas y acciones necesarias para salvaguardar la situación, y por medio de la lista de proyectos, indicadores, y encargados, se establece una hoja de ruta clara que facilitará la ejecución de las acciones.

3. Problemas principales y sus causas.



Problema

Erosión y pérdida de suelo en el cantón de Oreamuno

Causas

- Cambio de uso del suelo en las partes altas de la cuenca (se producen cultivos anuales en zonas de pendiente > 30 %).

- No se aplican técnicas de conservación de suelos en las fincas agropecuarias.

- Cambio de cobertura boscosa natural a pastos.
- Cambio de pastos a cultivos anuales.
- No se generó un estudio de impactos del cambio de uso del suelo ni se exigen medidas de mitigación.
- Los productores no realizan prácticas de conservación de suelos.
- El MAG no ha realizado el Plan de Conservación de Suelos definido en la Ley: 7779.
- Ninguna institución exige la realización de prácticas de conservación de suelos.
- El MAG no cuenta con suficiente personal o presupuesto para generar proyectos de extensión en el tema de conservación de suelos.



P problema

Causas

- ⊙ **Deficiencias en el sistema de alcantarillado pluvial**
- ⊙ **No existe un plan de gestión de cuenca**

Inundaciones en el cantón de Oreamuno

- Cobertura parcial del alcantarillado.
- Secciones del alcantarillado con problemas de diseño, cuellos de botella, por ejemplo en la zona de Cipreses
- Infraestructura actual no puede soportar el aumento en los caudales provocados por la pérdida de cobertura vegetal en la parte alta de la cuenca.
- No hay una comisión de gestión de cuencas para el cantón de Oreamuno.
- Existe un programa de reforestación pero no da abasto con las necesidades del cantón.
- Falta de visión eco sistémica en la toma de decisiones.
- No se genera coordinación inter institucional para desarrollar proyectos en conjunto.



Problema

Causas

- No se respetan las zonas de protección de nacientes
- No se respetan las zonas de protección de cauces

Deforestación en zonas de protección de cauces y nacientes

- No se respetan las zonas de protección de nacientes establecidas en : Ley de aguas art 8-art 31- art 33, Ley Forestal, art 33,).
- El departamento de Aguas del MINAE, la Municipalidad, o personas físicas no han generado las denuncias del caso para que se obligue al cumplimiento de la ley .
- En muchas de las propiedades colindantes con los cauces de agua no se respeta la legislación nacional en cuanto la zona de protección (art 33. Ley Forestal).
- El departamento de Aguas del MINAE, la Municipalidad o personas físicas no han generado las denuncias del caso para que se obligue al cumplimiento de la ley.



Problema

Causas

- Las faldas del Volcán Irazú cuentan con suelos efectivos profundos, debido a la presencia de los mantos de ceniza volcánicos
- Alquiler de tierras
- Carencia de programas de concientización y de extensión agropecuaria en el tema

No se percibe la erosión como un problema medio ambiental

- Los productores tienen la percepción de la existencia de una alta profundidad del suelo, por lo que no se preocupan por la pérdida del mismo.
- Se asocian las prácticas de conservación de suelos con menor área para producir e inversiones que aumentarían los costos de producción.
- Existe desarraigo por los terrenos que se alquilan para la producción agropecuaria, las personas que los rentan no quieren invertir en mejoras debido a que no son tierras propias.
- No existe un programa de concientización y de extensión rural para los productores y población del cantón de Oreamuno en el tema de manejo y conservación de suelos .



P problema

Causas

- **Uso de agroquímicos en las zonas cercanas a las nacientes o en la parte alta de la cuenca**
- **No hay programas de mejora continua en los sistemas de cloración que utilizan las ASADAS**
- **Pendiente la gestión de las zonas de recarga y protección de nacientes**

Retos de mejora de la gestión del agua para consumo humano y de riego

- Los administradores de acueductos no realizan muestreos de residuos de agroquímicos en las fuentes
- No hay un programa de monitoreo continuo de residuos de agroquímicos en ríos, nacientes o pozos.
- Debilidad en los sistemas de cloración.
- No se verifica el cumplimiento de los parámetros de potabilidad del agua.
- Falta de claridad en la socialización del tema de la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori* en el agua y suelos.
- No hay claridad sobre los resultados de los estudios realizados en la zona para determinar las zonas de recarga de nacientes que deberían protegerse para asegurar la disponibilidad del recurso hídrico .

A continuación se citan aspectos de importancia que ayudarán al lector a comprender el contexto en el que se desarrolló el análisis de los problemas citados:

- Los cuellos de botella que se citan en el problema de inundaciones en el cantón de Oreamuno se observaron durante las giras de campo realizadas por el equipo de ProDUS-UCR. No se realizó un mapa de todos los sitios problemáticos debido a que esa tarea no corresponde al alcance de este proyecto de investigación, sería necesario un proyecto que identifique la totalidad de esos cuellos de botella en todo el cantón de Oreamuno y en el que se genere un mapa para exponer esta problemática.
- En la sección 11 del diagnóstico del Plan de uso del suelo de las faldas del volcán Irazú se presentó la síntesis del estado de administración de las ASADAS en el cantón de Oreamuno. Los principales resultados generados en el tema fueron: respecto al tratamiento del agua son tres los acueductos —Cipreses, Paso Ancho y Boquerón, y Cot— que tienen control de calidad y sistemas de cloración. El acueducto de Cipreses anota que sus captaciones están bien diseñadas por lo que no deben excederse en el tratamiento del agua; mientras que las ASADAS de Cipreses y Paso Ancho y Boquerón reportan que el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) realizan pruebas de laboratorio para asegurarse de las medidas de cloración que se llevan a cabo en la zona sean las adecuadas; Por otro lado, tres acueductos de Santa Rosa, Chicué, Potrero Cerrado no cuentan con sistema de cloración. No obstante en dos de ellos, Santa Rosa y Potrero Cerrado, el sistema de cloración está pronto a instalarse. La cita anterior demuestra que existe una carencia en el tema de cloración del agua en por lo menos la mitad de las ASADAS del cantón, siendo este el indicador para generar el comentario sobre la debilidad en los sistemas de cloración en las ASADAS del cantón.
- Se recomienda que las iniciativas para reforestar y proteger las zonas de protección de nacientes se realice mediante trabajo conjunto de la Municipalidad con las ASADAS. 4574 1070 Según el artículo 4 del Código Municipal de la ley #4574 de 1970 corresponde a las municipalidades la administración de los servicios e intereses locales, con el fin de promover el desarrollo integral de los cantones en armonía con el desarrollo nacional. Dentro de estos cometidos las municipalidades deberán proteger los recursos naturales de todo orden, asociando una acción enérgica municipal a la nacional previstas en materia forestal, para proteger las fuentes hidrográficas, los bosques y la fauna silvestre, mediante establecimiento o promoción de parques nacionales, reservas forestales y refugios animales. La ley fue derogada por el código Municipal #7794 de 1998, sin embargo según el Dictamen C-15-2013 de la Procuraduría General de la República se establece que las competencias colocadas en el nuevo código Municipal engloban las del antiguo y por lo tanto lo expresado en el artículo 4 sigue vigente.

4. Plazo estimado de cumplimiento.

En cada proyecto, se colocó el plazo en el que deben cumplirse los objetivos. A continuación, se presenta la definición de los plazos establecidos en los diferentes proyectos:

Corto plazo: proyectos que pueden iniciarse inmediatamente (menores a 1 año).

Mediano Plazo: proyectos que deben iniciarse en un periodo de 2 a 5 años.

Largo Plazo: proyectos a realizar en un periodo mayor a los 5 años.

5. Actividades a realizar y Metas.

Los proyectos que se mencionan dentro del Plan de uso del suelo serán coordinados desde la Municipalidad de Oreamuno, siendo esta institución la responsable de generar los mecanismos para lograr el cumplimiento de las metas dispuestas. La complejidad de las acciones que se disponen requiere que dentro de esa coordinación se logren realizar convenios para el trabajo conjunto con grupos del sector privado y con otras instituciones públicas. Dentro de los grupos con los que se deberán desarrollar proyectos conjuntos están el SINAC, MAG, Centro Agrícola Cantonal, ASADAS, ADIs, INDER, Municipios vecinos, AyA, asociaciones de productores, comercializadoras de productos agropecuarios, entre otras.

Corto plazo: proyectos que pueden iniciarse inmediatamente (menores a 1 año).

- Preparación de un productor del cantón de Oreamuno, para que obtenga el Certificado de Uso conforme del Suelo y Conservación de Suelos del MAG, y para que reciba el incentivo fiscal de disminución de un 40% del valor del impuesto de bienes inmuebles establecido por ley. Este productor será visto como ejemplo y finca modelo en el cantón.
- Generación de una campaña de concientización del problema de erosión, en la que se involucre a más del 90% de las familias productoras agropecuarias del cantón de Oreamuno, incorporando a todos los actores, y desarrollando material de fácil comprensión como videos, entre otros.
- Desarrollo de un programa de educación ambiental para los niños y jóvenes del cantón de Oreamuno, centrado en valorizar el recurso suelo y el uso sostenible del mismo.
- Generación de una comisión inter-sectorial e inter-institucional, que involucre a las instituciones públicas y sectores productivos con presencia en el cantón de Oreamuno, y que tenga como fin la generación de políticas públicas relacionadas con el control de la erosión.
- Realización de un proyecto, para que los cuatro bancos estatales tengan préstamos y recursos específicos para estudios básicos de impacto ambiental y

prácticas de manejo, conservación, y recuperación de suelos, como parte de las actividades productivas por financiar.

Mediano Plazo: metas que deben iniciarse en periodo de 2 a 5 años.

- Generación de un proyecto de trabajo con los productores, para aumentar el porcentaje de cobertura forestal de uso del suelo que presenta en la actualidad el cantón de Oreamuno.
- Promoción de los sistemas agro silvopastoriles en las fincas de producción pecuarias, ubicadas en el cantón de Oreamuno, para que en el mediano plazo crezca el 10% de cobertura de uso del suelo dedicado a pastos y árboles dispersos.
- Ejecución de proyectos que logren aumentar la cantidad de fincas que, actualmente, presenta un uso adecuado de uso del suelo (según el diagnóstico del Plan de Uso del Suelo del cantón de Oreamuno, corresponde a un 50% del total del uso del suelo del cantón).
- Aplicación de estrategias para disminuir el 40% de sobreuso del suelo que se presenta, actualmente, en el cantón de Oreamuno. Lo anterior, según la información del diagnóstico del Plan de Uso del Suelo del cantón de Oreamuno realizado por ProDUS-UCR.
- Creación de una Comisión de Manejo de Cuenca, que desarrolle programas de: asesoría, préstamo de maquinaria, y atención técnica en el tema de conservación de suelos.
- Apoyar las gestiones del Centro Agrícola Cantonal, para la adquisición de un tractor que se tendría para alquilar a los productores que desarrollan prácticas de conservación de suelos.

Largo Plazo: metas a iniciar en un periodo mayor a los 5 años.

- Generación de un programa de acatamiento obligatorio de incorporación de medidas de conservación de suelos, en aquellas fincas ubicadas en zonas de alta vulnerabilidad de erosión, y a las que se les ha dado capacitación sobre el tema de conservación de suelos.
- Creación un esquema de inspección cantonal de uso de prácticas de conservación de suelos en las fincas del cantón, anualmente, se busca medir el nivel de incremento en el uso de estas prácticas.

6. Lista de proyectos e indicadores para la solución de problemas que conforman el Plan de Manejo de Uso del Suelo.

Cuadro 1. Lista de proyectos e indicadores para la solución de los problemas.

Tema	Relevancia para el Plan de Manejo de Uso del Suelo	Actores involucrados	Indicadores del tema	Objetivo a cumplir	Proyectos a ejecutar
Zonas de Protección de cauces.	Alta.	MINAE, Municipalidad de Oreamuno, ADI, productores con propiedades colindantes a los ríos, INA, MAG.	% de uso del suelo cubierto por bosque en las zonas de protección de los ríos, árboles plantados y su supervivencia.	Lograr que la totalidad de las márgenes de los ríos en el cantón de Oreamuno estén reforestadas, respetando la legislación nacional en cuanto al tamaño de la zona de protección (art 33. Ley Forestal).	Campañas de reforestación. Incentivo al desarrollo de los programas de educación ambiental a los productores. Trabajo en conjunto con el INA para utilizar las especies nativas que se producen en el vivero forestal de esa Institución.
Zonas de protección de nacientes.	Alta.	MINAE, Municipalidad de Oreamuno, ADI, productores con propiedades colindantes a los ríos, INA, MAG, ASADAS.	% de uso del suelo cubierto por bosque en las zonas de protección de las nacientes.	Lograr que la totalidad de las nacientes en el cantón de Oreamuno estén reforestadas según las zonas de protección establecidas en la Ley de Aguas Art 8-Art 31- Art 33, (Ley Forestal, Art 33).	Campañas de reforestación. Incentiva a los programas de educación ambiental a los productores. Trabajo en conjunto con el INA para utilizar las especies nativas que se producen en el vivero forestal de esa institución.
Búsqueda de nuevas fuentes de agua potables localizadas aguas arriba de las zonas de extracción actuales.	Alta.	MINAE, Municipalidad de Oreamuno, ADI, productores con propiedades colindantes al Parque Nacional Volcán Irazú, ASADAS, AYA.	Número de nuevas fuentes de agua localizadas en el cantón.	Localizar nuevas fuentes de extracción de agua potable, localizadas en espacios que tengan bajo riesgo de contaminación por agroquímicos o materia fecal producto de la ganadería	Desarrollo del estudio hidrogeológico para el cantón de Oreamuno, en el que se localicen las posibles fuentes de agua de todo el cantón. Generación de un plan de acción para el uso sostenible del recurso hídrico en el cantón de Oreamuno.
Zona de transición del Parque Nacional Volcán Irazú.	Alta.	Municipalidad de Oreamuno, SINAC, propietarios de fincas colindantes con el Parque Nacional Volcán Irazú.	Presencia en el mapa de zonificación y en el reglamento de zonificación del Plan Regulador del cantón de Oreamuno de una zona de transición entre el Parque Nacional Volcán Irazú y el resto de zonas del cantón.	Incorporar al Plan Regulador del cantón de Oreamuno una zona de amortiguamiento que rodea el Parque Nacional Volcán Irazú, y el resto del cantón.	Definición del tamaño y forma que debe tener la zona de amortiguamiento, así como el establecimiento de las actividades de uso del suelo que podrán desarrollarse, incluyendo las mismas en el Plan Regulador.
Calidad de agua de los ríos que se usa para regar cultivos.	Media.	Municipalidad de Oreamuno, SINAC, propietarios de fincas colindantes con ríos, MAG.,	Resultados de las pruebas de calidad del agua efectuada en los ríos del cantón de Oreamuno, que se utilizan como fuentes de extracción de agua para riego.	Generar un proyecto de monitoreo de la calidad de aguas para el riego en el cantón de Oreamuno, con el fin de determinar que las aguas que se utilizan para el riego de cultivos en el cantón de Oreamuno, no presentan contaminación por agroquímicos o materia fecal. Dicha condición es evidenciada mediante análisis de laboratorio periódicos.	Generación de un programa de muestreo de aguas de los ríos del cantón de Oreamuno, donde se designarán los puntos a muestrear, y la periodicidad en la que se debe realizar el análisis.
La población en general y los productores no perciben la erosión como un problema en la zona.	Alta	Municipalidad de Oreamuno, MAG, ADI, Ministerio de Educación Pública.	% de la población que considera que la erosión y pérdida de suelo es un tema de gran preocupación en el cantón de Oreamuno.	Concientizar a la población del cantón de Oreamuno sobre la importancia del tema de la conservación de los suelos, y su relación con el desarrollo sostenible en el cantón.	Planes de concientización en la educación formal e informal en el cantón de Oreamuno, que incluya el tema dentro de los planes de estudios de los centros educativos del cantón. Involucrar a los actores de la zona en un plan integral de concientización.
Limpieza de las alcantarillas.	Alta	Municipalidad de Oreamuno, ADI.	Porcentaje de alcantarillado pluvial del cantón al que se le da limpieza periódica y porcentaje de esta infraestructura que presenta problemas de taponamiento por desechos de limpieza de las alcantarillas de la zona.	Desarrollar un proyecto de limpieza y mantenimiento de alcantarillas administrado conjuntamente por la ADI y la Municipalidad de Oreamuno.	Creación de un Plan que involucre un convenio entre la ADI del cantón y la Municipalidad de Oreamuno. Por medio de esta herramienta se generará un programa de monitoreo y limpieza de las alcantarillas.

Continuación del Cuadro 1. Lista de proyectos e indicadores para la solución de los problemas.

Tema	Relevancia para el Plan de Manejo de Uso del Suelo	Actores involucrados	Indicadores del tema	Objetivo a cumplir	Proyectos a ejecutar
Alcantarillado pluvial.	Alta.	Municipalidad de Oreamuno.	Existencia o no de un plan de instalación y mantenimiento del sistema de alcantarillado pluvial para las comunidades del cantón de Oreamuno, el plan debe contener parámetros para medir estado del sistema, e indicadores de la cobertura del mismo.	Desarrollar un plan de inversión en el alcantarillado pluvial para el cantón de Oreamuno, priorizando las comunidades y zonas a intervenir según plazos establecidos.	Proyecto de inventario de necesidades de alcantarillado pluvial en el cantón. Determinación de necesidades de inversión y plazos. Búsqueda de fuentes de financiamiento y factibilidad. Proyecto de diseño del alcantarillado pluvial y zonas de desfogue y planificación de la inversión (etapas y plazos).
Manejo de aguas residuales ordinarias y especiales.	Alta	Municipalidad de Oreamuno.	Porcentaje del total de entes emisores de aguas grises del cantón de Oreamuno que utilizan sistemas de tratamientos individuales y colectivos de aguas residuales, cumpliendo los parámetros establecidos en la legislación para descarga de aguas en ríos, alcantarillado sanitario y suelos.	Lograr que el total de aguas grises del cantón reciban un tratamiento adecuado para que, cuando sean descargadas en los cauces, no sobre pasen los niveles de residuos permitidos por ley.	Se crea un programa de denuncias que involucre a la comunidad. La Municipalidad de Oreamuno trabaja en conjunto con el MINSA para controlar los entes generadores de aguas residuales.
Pérdida de las lagunas de retención naturales.	Alta	Propietarios de las fincas, Municipalidad de Oreamuno, MAG.	Localización, cantidad y estado de lagunas naturales de retención del cantón de Oreamuno.	Conservar las lagunas naturales que existen en el cantón de Oreamuno; y aquellas que han sido destruidas, deben ser restauradas.	Elaboración del mapa de lagunas naturales actuales y destruidas en el cantón de Oreamuno, y establecimiento de un plan de recuperación.
Gestión de envases de agroquímicos.	Media.	MAG, productores, casas comerciales, Municipalidad de Oreamuno.	Cantidad de envases de agroquímicos que se reciclan en el cantón de Oreamuno. Porcentaje del total de envases de agro químicos que se reciclan del total utilizado.	Recolectar y reciclar la mayor cantidad de envases de agro químicos que se utilizan en el cantón de Oreamuno.	Programa de colocación de centros recolección y lavado de envases de agroquímicos en los principales poblados del cantón de Oreamuno.
Extensión rural.	Alta.	MAG, Municipalidad de Oreamuno, ASOCAGRI, CAC.	Cantidad de productores que utilizan prácticas de conservación de suelos en las fincas.	Desarrollar un proyecto de capacitación en prácticas de conservación de suelos, que fomente la mayor parte de los productores y se involucren y tomen medidas contra la erosión en sus fincas.	Plan de capacitaciones para la extensión rural en el tema de conservación de suelo en el cantón de Oreamuno. Generación de un programa de monitoreo y corroboración de implementación de medidas de conservación de suelos en las fincas del cantón de Oreamuno.
Certificado de uso conforme y conservación de suelos del INTA.	Alta.	INTA, productores, Municipalidad de Oreamuno, certificadores, consumidores, CAC.	Cantidad de fincas con prácticas de conservación del suelo que poseen el certificado de uso conforme y conservación de suelos del INTA.	Incentivar a los productores agropecuarios del cantón de Oreamuno para que adquieran el certificado de uso conforme y conservación de suelos.	Proyecto de promoción para el uso del certificado de uso conforme y conservación de suelos; esto, mediante el uso de incentivos, tales como el sobreprecio en la venta de productos o convenios con agro industrias.
Monitoreo de calidad de aguas y pozos y acuíferos.	Alta.	Municipalidad de Oreamuno, SINAC, propietarios de fincas colindantes con ríos, MAG.	Cumplimiento de todos los parámetros de calidad de agua según la legislación costarricense	Valorar la calidad de agua de todas las fuentes del cantón de Oreamuno, iniciando con las de abastecimiento público, y verificando el cumplimiento de los valores establecidos en la legislación.	Plan de monitoreo de la calidad del agua, tanto de los parámetros establecidos en la legislación costarricense como de los residuos de agroquímicos.
Contaminación fecal en agua para consumo humano debido a problemas en los sistemas de cloración.	Alta.	ASADAS, Municipalidad de Oreamuno, propietarios de fincas.	Porcentaje del total de ASADAS del cantón de Oreamuno que utilizan sistemas de desinfección y tratamiento de aguas residuales eficientes y que den como resultados parámetros acordes con los establecidos en la legislación.	Lograr que los administradores de acueductos revisen los sistemas de tratamiento y cloración del agua, logrando un funcionamiento correcto de todos los sistemas.	Proyecto de mejora de la gestión de los sistemas de cloración que se usan en los acueductos. Proyecto para la creación de series históricas de resultados de calidad de aguas. Proyecto para determinación de las zonas de recarga y su protección

Fuente: ProDUS, 2016.

7. Actores involucrados y participación.

Cuadro 2. Resumen de los actores involucrados y su rol dentro del sistema.

Actores	Rol dentro del sistema
Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)	<p>Encargado de establecer los programas de capacitación en el tema de conservación de suelos y producción sostenible. Será necesaria su colaboración para la conformación de una comisión de cuenca que se encargue del desarrollo de proyectos integrales para involucrar a los productores del cantón de Oreamuno.</p> <p>Deberá trabajar en conjunto con el Centro Agrícola Cantonal y la Municipalidad de Oreamuno para impulsar el uso del certificado de uso conforme y conservación de suelos en Oreamuno.</p> <p>Debe controlar las acciones que realizan los productores en el tema de conservación de suelos, según lo establece la Ley de Manejo y Conservación de Uso del Suelo N° 7779 y su reglamento.</p> <p>Debe crear el Plan de Manejo y Conservación de Suelos para las tierras de uso agroecológico y los Planes de Manejo de Conservación y Recuperación de Suelos, así como el resto de responsabilidades asignadas en la Ley N° 7779 de Manejo y Conservación de Suelos.</p> <p>Facilitar el préstamo y mantenimiento de maquinaria para que los productores puedan realizar labores de conservación de suelos, puede hacerlos directamente o en trabajo conjunto con el Centro Agrícola Cantonal.</p> <p>Fomentar la gestión sostenible de los residuos sólidos, mediante el uso de tecnologías limpias y técnicas de manejo de residuos, tales como: el compostaje, biodigestores, biocombustibles, entre otros.</p>
Municipalidad de Oreamuno	<p>Responsabilidad como entidad que otorga el beneficio fiscal del 40% en el impuesto de bienes inmuebles a los productores con el certificado de uso conforme y conservación de suelos.</p> <p>Responsable de incorporar en el Plan Regulador las zonas de amortiguamiento del Parque Nacional Volcán Irazú.</p> <p>Deberá trabajar en conjunto con el Centro Agrícola Cantonal y el MAG, para impulsar el uso del certificado de uso conforme y conservación de suelos en Oreamuno.</p>
Asociaciones de Desarrollo Integral	Participación como centros de campañas para la concientización en temas de conservación de suelos y manejo sostenible de los recursos.
SINAC	Colaboración en concientización sobre la importancia de la gestión de las áreas protegidas y la gestión sostenible de sus zonas de amortiguamiento.
Productores agropecuarios del cantón de Oreamuno	Deben concientizarse e interiorizar el tema de la conservación de suelos, como un tema central dentro de la producción agropecuaria. Responsables de generar las medidas de conservación de suelos en las fincas, y de obtener el Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos. Deben aprovechar los incentivos que otorga la Municipalidad de Oreamuno, y las capacitaciones que se generen sobre el tema.
Productores en cuyas fincas se ubican nacientes o cauces de agua naturales	Los productores cuyas fincas posean cauces de agua deben reforestar las zonas de protección, según lo establecido en la legislación nacional en cuanto al tamaño de la zona de protección (art 33. Ley Forestal). En aquellas fincas con nacientes, los productores deben reforestar las zonas de protección según lo que se establece en la Ley de Aguas art 8-art 31- art 33, y la Ley Forestal, art 33).
AYA	Encargado de la coordinación del proyecto para localizar las nuevas fuentes de agua potable en el cantón de Oreamuno. Asesorar a las ASADAS para mejorar la gestión del recurso hídrico en el cantón.
Universidades que ofrecen carreras de Agronomía, Química, Ingeniería Agrícola, Biosistemas, Ingeniería Civil, Ingeniería Química	Facilitar el desarrollo de investigaciones y trabajos comunales en el tema de la conservación de suelos, tratamiento y calidad de aguas, y la generación de nuevas técnicas para lograr minimizar los impactos negativos de la pérdida de suelos en el cantón de Oreamuno.
Empresarios del cantón de Oreamuno	Fomentar alianzas público - privadas para lograr convenios con los productores que realizan conservación de suelos, generando beneficios extras a los establecidos en la ley. Se pueden generar programas de descuentos en compras de artículos agropecuarios, e insumos para los productores que posean el certificado de conservación de uso del suelo.
Banca estatal	El artículo 50 del capítulo IV de la Ley N° 7779, establece que en los planes para el otorgamiento de créditos bancarios para actividades agropecuarias, el Sistema Bancario Nacional podrá incluir préstamos y recursos específicos para estudios básicos de impacto ambiental y prácticas de manejo, conservación y recuperación de suelos, como parte de las actividades productivas por financiar. Esta opción se debe implementar.
Consumidores de frutas y verduras producidas en el cantón de Oreamuno	Los consumidores deben informarse sobre el tema de erosión y conservación de suelos, así como de la problemática en el cantón de Oreamuno.
Centro Agrícola Cantonal	Su papel en el sistema de producción agropecuaria es muy importante, actualmente se encarga de prestar herramientas de trabajo para los productores de la zona, por lo que se recomienda fortalecer ese programa de préstamo de maquinaria, y apoyar al centro en la adquisición de un tractor para incluirlo en el catálogo de herramientas a prestar. Los funcionarios del Centro Agrícola podrían apoyar con capacitaciones a los productores sobre el proceso de Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos. Es conveniente mencionar que la ley #4521 y el Decreto N° 30629-MTSS-MAG faculta a las municipalidades a realizar proyectos para fortalecer y trabajar conjuntamente con los centros agrícolas cantonales.
Ministerio de Educación Pública	Participa en las campañas de información y concientización sobre el problema de la erosión en el cantón de Oreamuno.
Comerciantes	Promover la comercialización y consumo de productos cultivados en fincas con el Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos.
Asociaciones de productores agrícolas	Fomentan en las personas socias que obtengan el certificado de conservación de suelos, y genera proyectos conjuntos con instituciones públicas para brindar capacitaciones en el tema de gestión integral de suelos. Lograr establecer convenios con comerciantes para que las personas que tengan el certificado se les den incentivos.

Fuente: Elaboración de ProDUS, 2016.

CAPÍTULO II

DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS

8. Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos, como herramienta de gestión para el control de la erosión en el cantón de Oreamuno.

La Ley N° 7779 “Uso, Manejo y Conservación de Suelos”, es una herramienta de gran utilidad para la gestión de los suelos en Costa Rica.

El Título IV “De la participación de los Particulares”, en su capítulo IV, hace referencia a los incentivos que pueden utilizarse para fomentar las prácticas de conservación de suelos en los productores agropecuarios costarricenses. En ese capítulo, se dedican los artículos del 46 hasta el 50 para establecer los lineamientos que deberán utilizarse en la otorgación de los incentivos, relacionados con la adecuada gestión de los suelos.

A continuación, se presenta un resumen del contenido de los artículos citados.

Cuadro 3. Resumen de los artículos que cita la Ley de Conservación y Manejo del Suelo, Ley N° 7779, en referencia al incentivo de Conservación de Suelos.

N° de artículo del Capítulo IV de la Ley 7779	Aspectos relevantes
46	Para hacer efectiva la exoneración fiscal o incentivo tributario, o acceso a créditos preferenciales, el beneficiario deberá comprobar ante el MAG que la propiedad presenta un uso conforme del suelo. Este estudio debe ser elaborado por un Ing. Agrónomo, autorizado por el Colegio de Agrónomos de Costa Rica.
47	Para mantener el beneficio de una exención o un incentivo al efectuar los trámites de renovación o cancelación respectivos, el interesado deberá presentar una certificación emitida por los profesionales autorizados. Si tal situación no se hubiese dado, se le cancelará de inmediato el beneficio de las exenciones o los incentivos a la persona o la empresa que haya incumplido; y esta, deberá reintegrarle al fisco los beneficios obtenidos a partir de ese incumplimiento.
48	En la próxima revaloración general de los bienes inmuebles ubicados dentro del cantón de jurisdicción, las municipalidades deberán incluir como criterio adicional de valoración, la comprobación de que los inmuebles tienen una utilización actual, acorde con su capacidad de uso o su uso potencial, en cuyo caso le asignarán un valor menor.
49	A los propietarios o poseedores de los terrenos agrícolas que se utilicen conforme a su capacidad de uso, y que además, apliquen prácticas de manejo, conservación y recuperación de suelos, se les exonerará del pago del impuesto de bienes inmuebles, en un cuarenta por ciento (40%) de lo que les corresponde pagar de acuerdo con la valoración del terreno(hecho el perito respectivo).
50	En los planes para el otorgamiento de créditos bancarios para actividades agropecuarias, el Sistema Bancario Nacional, podrá incluir préstamos y recursos específicos para estudios básicos de impacto ambiental y prácticas de manejo, conservación y recuperación de suelos, como parte de las actividades productivas por financiar.

Fuente: Recopilado de la Ley de Manejo y Conservación del Suelo, Ley N° 7779.

Complementariamente, el “Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos N° 29375-MAG-MINAE-S-Hacienda-MOPT”, señala el proceso por el que se autorizarán las personas que pueden trabajar como certificadores de uso del suelo, y quiénes serán los responsables de realizar la verificación de las medidas de conservación de suelos en las fincas.

Cuadro 4. Resumen del papel de los certificadores según Ley de Conservación y Manejo del Suelo.

Capítulo V de los certificadores del uso conforme del suelo del Título II	
N° de art. del Cap. V, Tít II	Aspectos relevantes
34	Corresponde a los profesionales debidamente acreditados ante el MAG, realizar los estudios de suelos y los de uso, manejo y conservación de suelos y aguas para fines agrarios, y emitir las certificaciones para otorgar los beneficios y exoneraciones fiscales que establecen los Artículos 30, 46, 47, 48 y 49 de la Ley N° 7779 y su Reglamento.
35	Para ser acreditado y autorizado por el MAG como Certificador de Uso Conforme del Suelo, el profesional, deberá demostrar idoneidad académica, experiencia práctica, y aprobar los cursos de complementación que determine el MAG.
36	El Certificador de Uso Conforme del Suelo realizará o supervisará los estudios de suelos al nivel de detalle que requieran los casos concretos, los que se someterán a la aprobación del MAG, para determinar si las actividades que se pretendan desarrollar cumplen o no con lo estipulado por la Ley N° 7779. Con el fin de promover los trabajos de uso, manejo y conservación de suelos comunales, se priorizará la ejecución de estudios de suelos a nivel grupal sobre la ejecución de los estudios individuales.
37	El Certificador de Uso Conforme del Suelo, bajo su responsabilidad profesional, emitirá la certificación de uso conforme del suelo, en la que obligatoriamente consignará el número y fecha del oficio de aprobación del MAG
38	El Certificador de Uso Conforme del Suelo, será responsable penal, civil y disciplinariamente por negligencia, impericia, dolo o culpa, al emitir certificaciones de uso conforme del suelo cuando se compruebe que el beneficiario no cumplió los requisitos para obtener los beneficios o exoneraciones.
39	Si resultare condenado el Certificador de Uso Conforme del Suelo, además de sufrir las penas que establece la Falsedad Ideológica, perderá su credencial de Certificador de Uso Conforme del Suelo otorgada por el MAG, y el interesado deberá de reintegrar a la Administración Tributaria, las sumas desembolsadas o reconocidas en cada caso de exoneración o beneficio, para lo cual el MAG hará de conocimiento de la misma la defraudación.

Fuente: Ley de Manejo y Conservación del Suelo, N° 7779.

A continuación, se presenta la lista de certificadores de uso conforme y de conservación de suelos, autorizados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería al mes de mayo del año 2016.

Cuadro 5. Lista de Certificadores del Uso Conforme del Suelo y Conservación de los Suelos autorizados.



Registro de *Inspectores de Suelos* habilitados para la venta de servicios



Código: IS-PG-07-R04

Versión 03 (9/3/2015)

Página: 1 de 1

Consecutivo: 16-04

N°	Nombre	1er Apellido	2do Apellido	Profesión	N° Inspector	N° Colegiado	Teléfono	Correo electrónico
1	Juan Ramon	Vargas	Arias	Ing. Forestal	12	3235	83730616 - 27100659	juanravarqas59@hotmail.com
2	Roy W.	Mc Donald	Bourne	Ing. Agrónomo	6	509	22850004 - 83987616	rdonald@ice.co.cr
3	Rigoberto	Bustos	Bustos	Ing. Agrónomo	29	1423	83315025 - 224602178	rigobustosb@gmail.com
4	Mario	Ramírez	Castro	Ing. Forestal	1	2245	83689797 - 27638247	pmariorc@hotmail.com
5	Jose Francisco	Camacho	Centeno	Ing. Agrónomo	63	411	83881610 - 25919587	camachocenteno@hotmail.com
6	Fernando	Rojas	Conejo	Ing. Forestal	49	4792	89167216	rcfernando@gmail.com
7	Jimmy	Mora	Cruz	Ing. Agrónomo	17	2307	88240953 - 22477476	mapasysistemas@hotmail.com
8	Antonio	Rodríguez	Delgado	Ing. Forestal	36	3200	88275697	rodelan58@yahoo.com
9	Luis Angel	Sánchez	Duran	Ing. Forestal	11	2945	27102655 - 88262161	lsanchezdu@yahoo.com
10	Leonardo	Mora	Durán	Ing. Forestal	35	2227	87048468 - 22450091	leomora@beleco.co
11	Roger Alberto	Achio	Fuentes	Ing. Agrónomo	25	4187	89913036	roger.achio@gmail.com
12	Floribeth	Ortega	Garita	Inga. Forestal	23	4456	25916182 - 83531826	floryog@hotmail.com
13	Fabio Antonio	Avendaño	Granados	Ing. Forestal	58	2302	88420552 - 27687963	favendano29@gmail.com
14	Shiriam	Farah	Guzmán	Ing. Forestal	30	4203	83882152	syfarah23@yahoo.com
15	Andrés	Paniagua	Hernández	Ing. Forestal	33	4961	27113089 - 83651460	ampani75@hotmail.com
16	Fernando	Castro	Hernández	Ing. Agrónomo	53	6163	88273706	ch.fernando@gmail.com
17	Jorge	Acón	Ho	Ing. Agrónomo	16	585	83819322 - 22366364	jorge.acon@gmail.com
18	Alexander	Rosales	Ibarra	Ing. Agrónomo	38	5725	88510203 - 22742034	arosales68@hotmail.com
19	Marcelo	Pacheco	Jiménez	Ing. Forestal	78	3524	89932665	pachecomarcelo51@yahoo.es
20	Janeth	Pedroza	Laguna	Inga. Agrónoma	2	5466	88173153 - 27636243	jpdrozal@hotmail.com
21	Rafael A.	Bolaños	Montero	Ing. Forestal	28	4377	24721821	rbolanos@cct.or.cr
22	Ileana	Vargas	Mora	Inga. Forestal	14	5476	88489356 - 27717791	lacibapz@gmail.com
23	Hans	Corrales	Morales	Ing. Forestal	51	4479	88323655 - 24501156	consultoforestal@ice.co.cr
24	Marco Antonio	Ugalde	Morales	Ing. Agrónomo	80	1046	83168613	mugaldem@yahoo.com
25	Franklin	Arias	Murillo	Ing. Agrónomo	48	6172	88253815 - 24483728	farias@consultoresagroambientales.com
26	Miguel Ángel	Gómez	Ramírez	Ing. Forestal	8	3824	83623995 - 27105832	mgomezr70@hotmail.com
27	Luis Alberto	Aguilar	Rodríguez	Ing. Agrónomo	62	1772	8822-9004	luis251961@gmail.com
28	Rolando	Barrientos	Saborío	Ing. Forestal	27	2313	83512262 - 22246974	talanoi@hotmail.com
29	Esteban	Loría	Solano	Ing. Agrónomo	34	5372	88212836	erlosa@hotmail.com
30	María de los Áng.	Murillo	Soto	Inga. Agrónoma	64	5804	89374085 - 22242611	leiosmurillo@gmail.com
31	Carlos Arturo	Cervantes	Umaña	Ing. Agrónomo	44	1134	88407224	ccervant.53t@hotmail.com

Fuente: http://www.maq.go.cr/servicios/inta-lista-inspectores-suelos_activos_16-04.pdf, 2016

En el Cuadro N° 5, se observan los datos de las personas autorizadas para realizar los certificados de uso del suelo. En el caso de los productores del cantón de Oreamuno, se deberá recurrir a los certificadores que tienen el título de Ingenieros Agrónomos o Agrónomas. Las personas que poseen el título de Ingeniero Forestal, podrían certificar fincas solo en el caso de cultivos forestales.

Luego de realizar el filtro, según la profesión, solamente, 15 personas podrían realizar los estudios de certificación, en el caso de cultivos ubicados en el cantón de Oreamuno. En el siguiente listado se citan los nombres de estas personas:

- Roy Mc Donald Bourne
- Rigoberto Bustos Bustos
- José Francisco Camacho Centeno
- Jimmy Mora Cruz
- Roger Alberto Achio Fuentes
- Fernando Castro Hernández
- Jorge Acón Ho
- Alexander Rosales Ibarra
- Janeth Pedroza Laguna
- Marco Antonio Ugalde Morales
- Fanklin Arias Murillo
- Luis Alberto Aguilar Rodríguez
- Esteban Loría Solano
- María de los Ángeles Murillo Soto
- Carlos Arturo Cervantes Umaña

Para obtener un estimado de los costos que cobran los consultores por realizar la certificación, se realizó una consulta a las personas inscritas en la base proporcionada por el INTA. Las personas que respondieron las llamadas, expresaron que los costos se estiman dependiendo de: el tamaño de la finca, las condiciones de acceso, el cultivo, entre otros factores.



El costo estimado de inspección por hectárea, para una certificación en la zona de Oreamuno, en una finca de buenas condiciones de acceso sembrada con papa, es de 45.000 a 50.000 colones/hectárea. Esta cifra, fue proporcionada por el Ingeniero Agrónomo Esteban Loría Solano, y la Ingeniera María de los Ángeles Murillo Soto; ambas personas, autorizadas para realizar informes de certificación.

La Imagen # 1, presenta la boleta que debe llenar el certificador contratado para inspeccionar la finca y optar por los incentivos fiscales.

Imagen 1. Hoja que debe llenarse para solicitar la exoneración fiscal por poseer el certificado de conservación de suelos.

Certificado de inspección para incentivos fiscales
(de conformidad al artículo 40 de la Ley N° 7779 y al Capítulo XVII del Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos, Decreto N° 20375 MAG-MINAE-S-HACIENDA-MOPT)

Código: INPT-02-R01 Versión: 05 (20/10/14) Página: 1 de 1 Consecutivo de Ingreso:

CERTIFICACIÓN PARA EXONERACIÓN FISCAL <small>(según Decreto Ejecutivo N° 23214-MAG-MIRENEM-La Gaceta N° 107 del 6 de junio de 1994)</small>					
Fecha de visita:			Asunto:		
Propiedad de:			Cédula:		
Folio real:		N° de plano:		Área:	
Caserío:		Distrito:		Cantón:	
				Provincia:	
Ubicación GPS:		Latitud:		Longitud:	
				Altitud (msnm):	
Hoja cartográfica:		Escala:		1:	
Ubicación coordenadas planas (métricas):					
Norte:			Este:		
Lambert:					
CRTM05:					
SECTOR:	USO ACTUAL:	UNIDAD DE MANEJO:	LIMITACIONES DE LA UNIDAD DE MANEJO:	ÁREA:	
				"	%
TOTAL:					
RESOLUCIÓN					
<p><i>De conformidad con la "Metodología Determinación Capacidad Uso Tierras Costa Rica", Decreto Ejecutivo N° 23214-MAG-MIRENEM-La Gaceta N° 107 del 6 de junio de 1994 y el artículo 49 de la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos N° 7779, Gaceta 97, del 21 de mayo de 1998, Capítulo XVII del Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos Decreto N° 29375-MAG-MINAE-Hacienda-MOPT, Gaceta 57 del 21 de marzo del 2001 y con base en una visita de campo, se certifica que esta finca se utiliza CONFORME A LA CAPACIDAD DE USO; y que además, se aplican las prácticas de manejo, conservación y recuperación de suelos, para la actividad que se realiza en el inmueble por lo que califica para la exoneración del porcentaje de pago del impuesto de bienes inmuebles.</i></p>					
Observaciones:					
Recomendaciones:					
 Ing. Agr. o Ing. Ecol. Nombre del Certificador: N° de Certificador: N° de Colegido C.I.A.: Fecha de emisión:		 Firma: N° de cédula:		SELLO:	

Fuente: http://www.mag.go.cr/servicios/inta-lista-inspectores-suelos_activos_16-04.pdf. 2016

Uso del incentivo fiscal otorgado por el INTA-MAG:

El 12 de mayo del año 2016, el personal de ProDUS-UCR, realizó una consulta telefónica al Ingeniero Germán Aguilar Vega, sobre el tema del uso del incentivo fiscal de conservación de suelos. El señor Aguilar es funcionario del Departamento de Servicios Técnicos del Instituto de Transferencia Agropecuaria (INTA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). El INTA, es la entidad encargada de dar el certificado de uso conforme y conservación de suelos.

Según información del señor Aguilar, a mayo del 2016, aproximadamente, 50 productores poseen la certificación de uso conforme y conservación de uso del suelo. Dentro de los productores que han obtenido el certificado, ninguno cultiva en el cantón de Oreamuno.

Durante la conversación telefónica, el Ing. German Aguilar, expresó que la mayor parte de las solicitudes que se han presentado son de fincas que pueden considerarse grandes, y que lo anterior, puede explicarse por la relación beneficio/costo de solicitar el incentivo versus realizar en la finca los trabajos de conservación de suelos.

Otro de los aspectos que se mencionó, es la necesidad de recertificar las fincas cada dos años, lo que también elevaría los costos, y desalentaría a los productores pequeños.

Caso del cantón de Oreamuno:

Durante la segunda semana del mes de mayo del año 2016, el personal de ProDUS llamó por teléfono al Señor Giovanni Arias Chacón, encargado de la Unidad Tributaria de la Municipalidad de Oreamuno y le consultó por las solicitudes de exoneración fiscal por poseer el certificado de conservación de suelos realizadas ante la Municipalidad de Oreamuno, según información del señor Arias, a la fecha de la consulta no se habían presentado solicitudes de uso del incentivo fiscal para obtener el sello de conservación de suelos del MAG.

9. Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos y el Impuesto de bienes inmuebles.

¿Qué es el impuesto de bienes inmuebles?

El impuesto de bienes inmuebles es un pago que deben realizar los propietarios de terrenos a la Municipalidad. El monto de ese impuesto corresponde a un 0.25% del valor estimado del terreno.

¿Cómo se calcula impuesto de bienes inmuebles?

Para calcular el valor del impuesto, es necesario establecer el precio estimado del terreno según el mercado, por lo que se debe conocer el precio del metro cuadrado y el tamaño de la propiedad; luego, se multiplica el área del terreno por su valor en metros cuadrados.

Para el cálculo de este valor, las municipalidades utilizan el mapa de valores de terrenos por zonas homogéneas, elaborado por el Ministerio de Hacienda de Costa Rica, donde cada cantón, es dividido en zonas con características similares de terrenos (pendiente, servicios disponibles, regularidad, tipo de vida, tipo de uso, entre otros). Para cada zona homogénea, se calcula un valor promedio de metro cuadrado en colones, a partir del cual, se tasaré el impuesto de bienes e inmuebles.

En cuanto al área, se tiene gran diversidad de tamaño de fincas. Para efectos de la investigación, se utilizará el valor de una hectárea. En el cantón de Oreamuno, según el Censo Nacional Agropecuario del 2014, las fincas tienen un área promedio de 12,01 hectáreas. No obstante, las fincas destinadas a actividades agrícolas tienen un área promedio de 4,35 hectáreas. Sin embargo, al no contarse con un catastro ni con los datos del Censo Agropecuario 2014 a nivel de finca, se dificulta la estimación de valores cercanos a la realidad. En el análisis que se realizó, se colocó una hectárea como valor promedio. Lo anterior, permitirá una mayor facilidad para la realización de conversiones a otras medidas de fincas.

Relación del impuesto de bienes inmuebles y el certificado de uso conforme y conservación de suelos.

Según la Ley de Conservación y Uso del Suelo N° 7779, artículo 49, los propietarios de terrenos con un certificado de uso conforme y conservación de suelos, brindado por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), pueden solicitar un rebajo en el pago del impuesto de bienes inmuebles del 40%.

Se procede a realizar un ejercicio de estimación de un escenario, en el que los agricultores de la zona decidieran solicitar el beneficio mencionado.

Con el fin de realizar este cálculo del escenario en el cantón de Oreamuno, se utilizaron las zonas homogéneas con características de zona rural, resultando elegidas 13 zonas de los 5 distritos del cantón. En los siguientes cuadros, se muestran los valores por zona homogénea.

La zona con el mayor valor por metro cuadrado es la de “Calle El Rodeo – La Chinchilla Norte”, en el distrito San Rafael. En esta zona, el valor por metro cuadrado definido por el Ministerio de Hacienda es de 13.000 colones para un terreno con área de 6 000m², seguido por la zona “INA – Corporación Hortícola” del distrito San Rafael, con un valor promedio de 10.000 colones para propiedades con área de 20 000m².

Al contrario, las zonas con los valores más bajos son: “Pozo Amarillo” y “El Castillo – San Juan – Cuesta Quemados”. En la primera zona, ubicada en los distritos Potrero Grande y Santa Rosa, el valor por metro cuadrado es de 900 colones para fincas con área de 20 000 m²; mientras que en la segunda zona, en los distritos Cot, Potrero Grande y Santa Rosa, el valor es de 1.500 colones para terrenos con un área de 10 000 m².

Dado que el pago del impuesto de bienes inmuebles se calcula como un porcentaje del valor del terreno, las zonas con mayores valores por metro cuadrado o mayores áreas deben realizar un pago mayor (en términos absolutos); de tal forma, las zonas “INA – Corporación Hortícola” y “Urbanización Agropecuario – La Católica – Los Colegios” realizan los mayores pagos promedio, correspondiente a 500 000 y 450 000 colones, en ambos casos para terrenos de 20 000 m². Con el beneficio por la certificación de conservación de suelos, los pagos de estas zonas serían de 300 000 y 270 000 colones respectivamente por todo el terreno, con lo que se tendrían rebajos totales de 200 000 y 180 000 respectivamente (por propiedad).

Por otro lado, las zonas de “El Castillo – San Juan – Cuesta Quemados” y “Pozo Amarillo”, realizan los menores pagos por propiedad, correspondientes a 37 500 (propiedades de 10 000 m²) y 45 000 (propiedades de 20 000 m²) colones respectivamente. En estas zonas, los pagos serían de 22 500 y 27 000 colones por propiedad con el beneficio, para un rebajo total promedio de 15 000 y 18 000 colones respectivamente.

En los Cuadros del N° 6 al N° 10, se presenta la información detallada para cada distrito; mientras que el Cuadro N° 11, presenta los cálculos por hectáreas para cada zona homogénea en el cantón. Cabe resaltar que para obtener estos datos se utilizó una metodología para adecuar los valores por metro cuadrado según el área. Acorde con la metodología propuesta por la Municipalidad de Oreamuno, para determinar el valor por metro cuadrado de una hectárea, se debe dividir el área de la propiedad de referencia en cada zona homogénea, entre 10 000 (los metros cuadrados en una hectárea), con lo que se obtiene un factor que puede ser multiplicado por el valor por metro cuadrado de referencia. De esta forma en propiedades más grandes, el valor por metro cuadrado es más bajo y en propiedades más pequeñas, el valor por metro cuadrado aumenta.

Cuadro 6. Pago estimado de impuestos por zona homogénea y distrito según área en metros cuadrados, distrito San Rafael.

Distrito: 1 San Rafael							
Zona Homogénea	Nombre	Valor en Colones/ m ²	Tamaño Finca (en m ²)	Valor promedio en colones	Pago impuesto promedio en colones	Pago con rebajo en colones	Rebajo total en colones
307-01-R08	Calle El Rodeo - La Chinchilla Norte	13000	6000	78.000.000	195.000	117.000	78.000
307-01-R09	Villa Paz	5000	10000	50.000.000	125.000	75.000	50.000
307-01-R10	La Chinchilla - Mirasol - Vuelta Tapón	4000	18000	72.000.000	180.000	108.000	72.000
307-01-R11	Takiscú - Real Irazú	7000	13000	91.000.000	227.500	136.500	91.000
307-01-R13	INA - Corporación Hortícola	10000	20000	200.000.000	500.000	300.000	200.000
307-01-R19	Urbanización Agropecuario - La Católica - Los Colegios	9000	20000	180.000.000	450.000	270.000	180.000
307-01-R32	Jasec - Inquisa	10000	7000	70.000.000	175.000	105.000	70.000

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Hacienda (2009).

Cuadro 7. Pago estimado de impuestos por zona homogénea y distrito según área en metros cuadrados, distrito de Cot.

Distrito: 2 Cot							
Zona Homogénea	Nombre	Valor en Colones/ m ²	Tamaño Finca (en m ²)	Valor promedio en colones	Pago impuesto promedio en colones	Pago con rebajo en colones	Rebajo total en colones
307-02-R05	La Chinchilla - Mirasol- Vuelta Tapón	4000	18000	72.000.000	180.000	108.000	72.000
307-02-R06	El Castillo - San Juan - Cuesta Quemados	1500	10000	15.000.000	37.500	22.500	15.000
307-02-R07	Platanillal	3000	20000	60.000.000	150.000	90.000	60.000
307-02-R09	Takiscú - Real Irazú	7000	13000	91.000.000	227.500	136.500	91.000

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Hacienda (2009).

Cuadro 8. Pago estimado de impuestos por zona homogénea y distrito según área en metros cuadrados, distrito de Potrero Grande.

Distrito: 3 Potrero Grande							
Zona Homogénea	Nombre	Valor en Colones/ m ²	Tamaño Finca (en m ²)	Valor promedio en colones	Pago impuesto promedio en colones	Pago con rebajo en colones	Rebajo total en colones
307-03-R02	La Cañada - Río Yerbabuena	4000	10000	40.000.000	100.000	60.000	40.000
307-03-R07	Pozo Amarillo	900	20000	18.000.000	45.000	27.000	18.000
307-03-R08	El Castillo - San Juan - Cuesta Quemados	1500	10000	15.000.000	37.500	22.500	15.000
307-03-R09	La Chinchilla - Mirasol - Vuelta Tapón	4000	18000	72.000.000	180.000	108.000	72.000
307-03-R13	Takiscú - Real Irazú	7000	13000	91.000.000	227.500	136.500	91.000

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Hacienda (2009).

Cuadro 9. Pago estimado de impuestos por zona homogénea y distrito según área en metros cuadrados, distrito de Cipreses.

Distrito: 4 Cipreses							
Zona Homogénea	Nombre	Valor en Colones/ m ²	Tamaño Finca (en m ²)	Valor promedio en colones	Pago impuesto promedio en colones	Pago con rebajo en colones	Rebajo total en colones
307-04-R02	Platanillal - Calle Fuentes	3000	20000	60.000.000	150.000	90.000	60.000
307-04-R07	Barrio Nuevo - Urbanización Adico	5500	20000	110.000.000	275.000	165.000	110.000
307-04-R09	La Chinchilla - Mirasol - Vuelta Tapón	4000	18000	72.000.000	180.000	108.000	72.000

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Hacienda (2009).

Cuadro 10. Pago estimado de impuestos por zona homogénea y distrito según área en metros cuadrados, distrito de Santa Rosa.

Distrito: 5 Santa Rosa							
Zona Homogénea	Nombre	Valor en Colones/ m ²	Tamaño Finca (en m ²)	Valor promedio en colones	Pago impuesto promedio en colones	Pago con rebajo en colones	Rebajo total en colones
307-05-R03	El Castillo - San Juan - Cuesta Quemados	1500	10000	15.000.000	37.500	22.500	15.000
307-05-R04	La Cañada - Río Yerbabuena	4000	10000	40.000.000	100.000	60.000	40.000
307-05-R05	Pozo Amarillo	900	20000	18.000.000	45.000	27.000	18.000
307-05-R12	Platanillal - Calle Fuentes	3000	20000	60.000.000	150.000	90.000	60.000

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Hacienda (2009)

10. Estrategia de promoción del uso del Certificado como medida para disminuir la erosión en el cantón de Oreamuno.

El Certificado de Uso Conforme y Conservación del Suelo, es una herramienta que puede contribuir a disminuir los problemas de erosión en el cantón de Oreamuno. El equipo de ProDUS-UCR, considera que se deberían generar otros incentivos complementarios para lograr que el certificado sea más atractivo para los productores.

La estrategia para lograr dar mayor publicidad y notoriedad al certificado, incluye las siguientes recomendaciones:

Diseño de un logo atractivo:

Los productos que se cultiven en fincas con el certificado de uso conforme y conservación de suelos, deberían diferenciarse de aquellos que no realizan prácticas para conservar el suelo. Esta distinción debería dar al productor una herramienta para mercadear su producto y diferenciarse de la competencia. El consumidor por su parte, tendrá la oportunidad de adquirir mercaderías cuya producción este asociada con procesos de mayor sostenibilidad, que los producidos en condiciones de no conservación de suelos.

El equipo de ProDUS-UCR generó algunos logos que podrían utilizarse como medio de promoción del certificado, resaltando que los productores son del cantón de Oreamuno. Se trata de diseños sencillos que transmiten un mensaje simple y tienen como objetivo, facilitar el reconocimiento por parte del usuario. Los colores que se utilizaron son el café, verde y celeste, destacando el elemento suelo, vegetación y agua. Dentro de los diseños, las líneas presentan el continuo del surco de siembra, y crean el efecto de curvas de nivel en un terreno.

Complementariamente, se deberá trabajar con las cadenas de supermercados para lograr permitir destacar el sello dentro de los productos que se ofrecen. Las autoridades gubernamentales deberán colaborar con la difusión de la existencia del sello y la publicidad relacionada.

Imagen 2. Logos propuestos para el Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos.





Fuente: ProDUS, 2016.

11. Propuesta de organización de productores y gestión organizada del trabajo de publicidad sobre los beneficios ambientales que se dan al contar con el Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos.

La propuesta del equipo de ProDUS-UCR, incluye la generación de un grupo organizado que se integre con las personas que producen en fincas, y que obtendrán el certificado de uso conforme y conservación de suelos. La organización puede darse por medio de una asociación o cooperativa. Por ejemplo, la **Asociación de Productores Conservacionistas del Suelo del cantón de Oreamuno**.

Dicha asociatividad permitirá generar beneficios para los productores, y tendrá un efecto positivo sobre la capacidad de gestión de obras para fortalecer la gestión de suelos en el cantón.

Beneficios al trabajar como asociación:

- Se pueden obtener mejores precios en el proceso de certificación. Existe la posibilidad de negociar con el profesional en ciencias agropecuarias que realizará el informe, para certificar las fincas, llegando a un acuerdo para que los precios que se cobren a la asociación sean mejores. La negociación se puede basar en los beneficios que tendrá la persona que certifica, debido a la extensión que tendrá que evaluar, y a la ubicación de todas las fincas en una misma zona geográfica.
- Facilidad para concretar procesos de capacitación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) y otros. Los temas prioritarios para capacitarse deberían ser: sostenibilidad, buenas prácticas agropecuarias, certificaciones, conservación de suelos, gestión sostenible del recurso suelo, principios de protección de recursos hídricos, innovación, entre otros.
- Al agremiarse, los productores pueden trabajar con mayores volúmenes de producción, lo que permitiría que en caso de realizarse el convenio con las empresas agroindustriales, se puedan negociar mejores precios de compra del producto; y además, se facilite la negociación y gestión de acuerdos de trabajo.
- La disponibilidad de maquinaria y uso adecuado de la misma, es un factor importante para el productor que desea conservar los suelos. Mediante la conformación de un grupo o asociación se facilitará el proceso de acceder a la maquinaria, y se puede generar un proyecto en conjunto con otros grupos, por ejemplo con COMCURE.

- Como asociación, pueden firmar un convenio con el FONAFIFO para que se les apoye con el pago por servicios ambientales en aquellas fincas en las que se siembren árboles. FONAFIFO, busca privilegiar a los pequeños y medianos productores. A raíz de esto, se contempla en el numeral 1 del Decreto Ejecutivo N° 39083-MINAE: (...) “FONAFIFO podrá establecer cuotas para asignación de áreas y árboles con organizaciones de productores que hayan suscrito convenios con la institución para ese fin. Se incluye entonces en el Decreto Ejecutivo, la posibilidad de que organizaciones de productores puedan constituir convenios con la Institución. Esta es otra posibilidad para aumentar los ingresos de los productores que dedican obtener el certificado de uso conforme y conservación de suelos.
- Desarrollo de un proyecto agroindustrial donde produzcan hojuelas y otros productos, que se comercializarán a un mayor precio por utilizar como materia prima vegetales cultivados en fincas con el certificado de conservación de suelos.

12. Sondeos de opinión en los consumidores de frutas y vegetales que se comercializan en las ferias del agricultor

Síntesis del sondeo realizado.

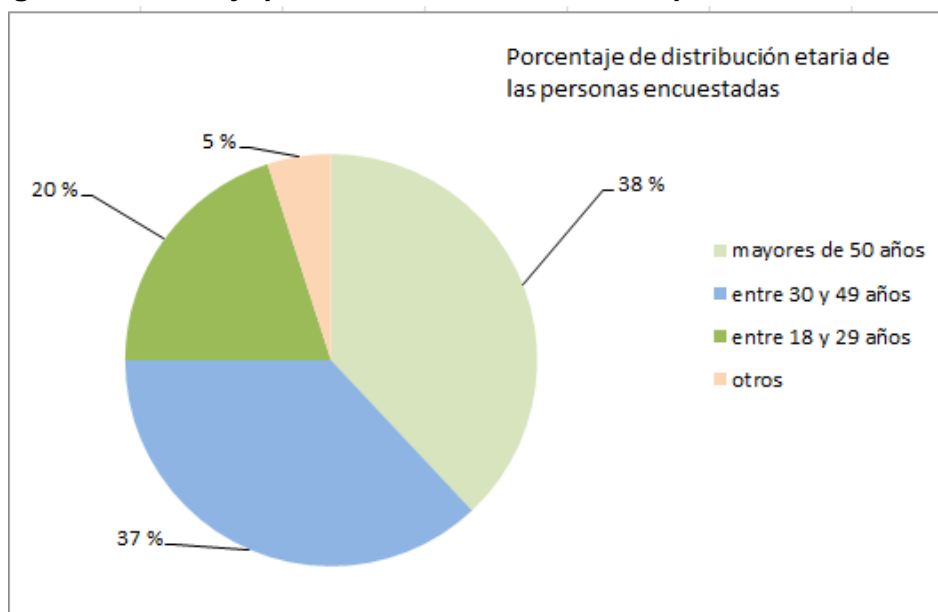
Como parte de las acciones implementadas para la propuesta del Plan de Uso del Suelo para las faldas del volcán Irazú, se efectuó un sondeo a las personas asistentes a diferentes ferias del agricultor. La misma, se realizó con el objetivo de conocer la percepción de los asistentes, sobre la implementación por parte de los productores del certificado de uso conforme y conservación de suelos emitidos por el INTA, y la anuencia a pagar un sobreprecio por dichos productos.

En la investigación, se consultó a 320 personas, en los días 14, 15, 21 y 22 de mayo del año 2016, en las ferias del agricultor de: Alajuela, Santa Ana, Aserrí, Sabanilla, Puriscal, Hatillo, Heredia y Coronado; en las cuales, se utilizó un cuestionario como herramienta de investigación, del cual, se pueden recuperar los siguientes resultados:

- **Información sobre las personas asistentes a las ferias del agricultor.**

Respecto al género, hubo una representación femenina de un 54%, y un 45% de representación masculina. En cuanto a la edad, se entrevistaron en su mayoría personas mayores de 30 años. Específicamente, un 38% corresponde a mayores de cincuenta años, mientras que un 37% representan personas entre los treinta y cincuenta años. Así mismo, se tomó en cuenta la opinión de un 20% de los asistentes entre dieciocho y treinta años, y un 3% de personas menores de edad.

Imagen 3. Porcentaje por distribución etaria de las personas entrevistadas

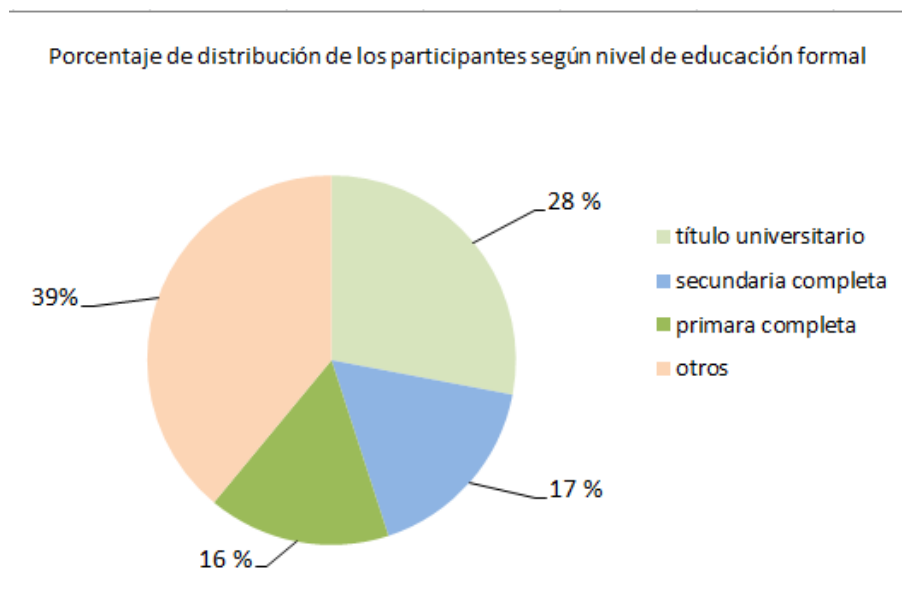


Fuente: ProDUS, 2016.

Nivel de educación formal de las personas entrevistadas:

El nivel educativo de los participantes, presentó una predominancia de personas con un título universitario; la misma, representa un 28% del total de las personas participantes. Esto, fue seguido por un 17% con secundaria completa, y un 16% con primaria completa. El faltante de porcentajes, se encuentra entre las personas con posgrados o con primarias, secundarias o grados incompletos.

Imagen 4. Porcentaje de distribución de las personas participantes según nivel de educación formal



Fuente: ProDUS, 2016.

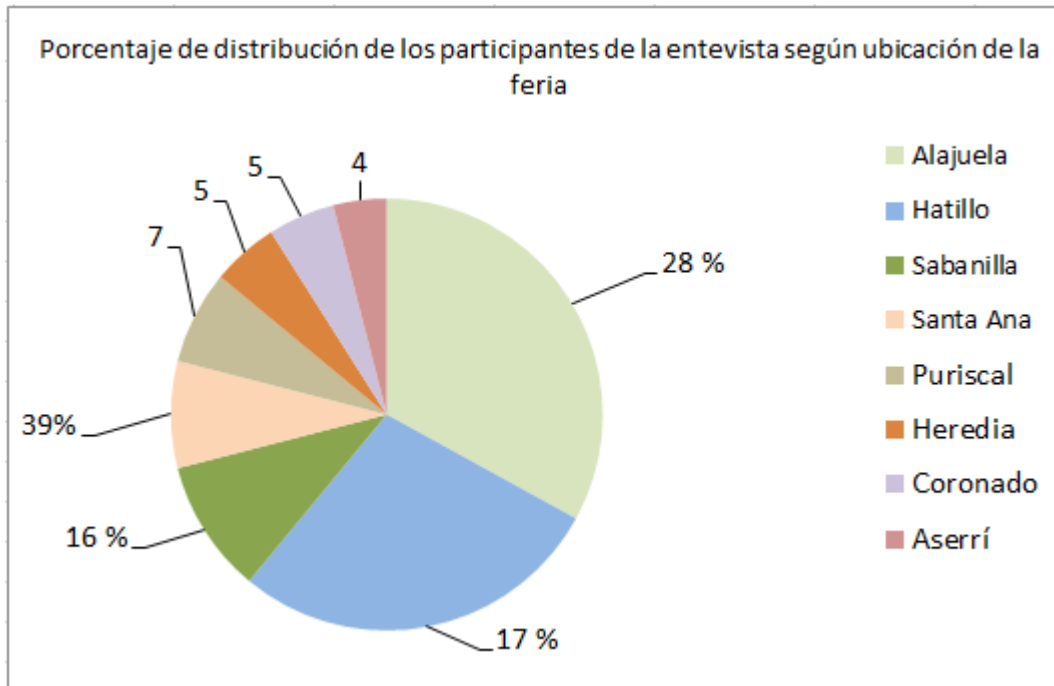
Publico encuestado según ubicación de las ferias:

En cuanto al sector donde se realizó el sondeo, un 32% corresponde a Alajuela, seguido por un 28% perteneciente a Hatillo; mientras que el resto se encuentra distribuidos en las otras zonas donde se realizó el sondeo (Puriscal, Heredia, Aserrí, Sabanilla, Santa Ana y Coronado).

Por el nombre de feria de Alajuela se llama a la que se realiza en el lugar conocido como Plaza Ferias, para ingresar a la misma se contó con el permiso del gerente del lugar, el señor Franlin Quesada Castro.

El resto de las ferias que se visitaron se realizan en sitios públicos, por lo que no se necesitó solicitar permiso para la aplicación de la entrevista.

Imagen 5. Porcentaje de distribución de las personas participantes según nivel de

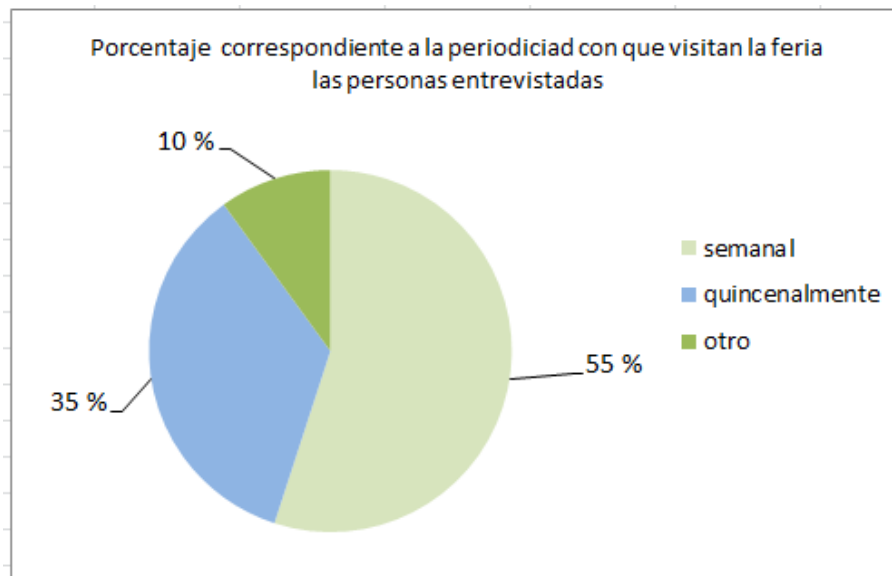


Fuente: ProDUS, 2016.

Contexto de compra de productos.

En cuanto a la regularidad con la que las personas frecuentan la feria del agricultor, el 55% de las personas mencionan que asisten semanalmente; mientras que un 35% lo hacen quincenalmente. Además, hay un porcentaje bajo de personas que asisten cada 22 días, o mensualmente.

Imagen 6. Periodicidad de visita a la feria por parte de las personas entrevistadas

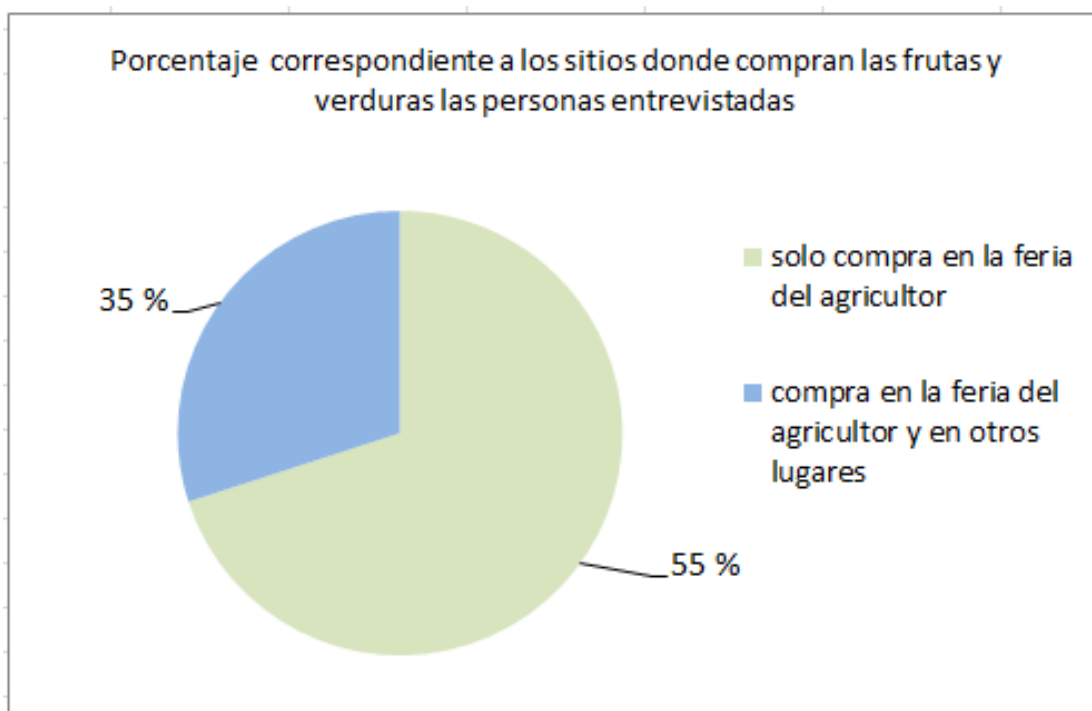


Fuente: ProDUS, 2016.

Exclusividad de compra de verduras y frutas en las ferias del agricultor:

Así mismo, un 77% de los participantes mencionaron comprar todos sus productos, únicamente, en la feria del agricultor. Sin embargo, del porcentaje restante, la mayoría mencionó los supermercados como la segunda opción de compra, así como verdulerías, verduleros ambulantes en sus comunidades, o los mercados de los diferentes lugares.

Imagen 7. Distribución porcentual de los sitios donde compran las frutas y verduras los entrevistados



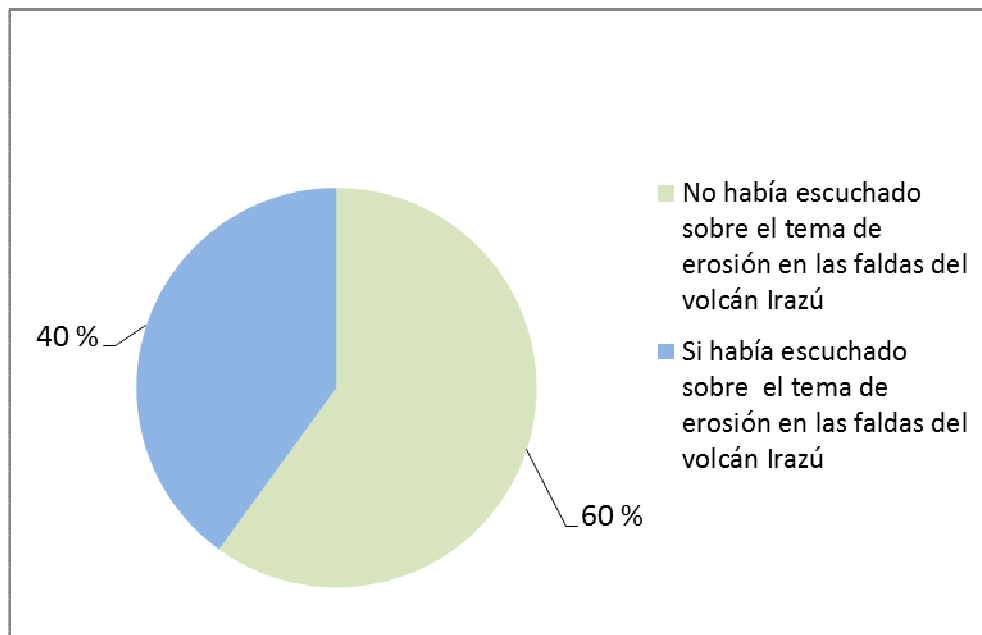
Fuente: ProDUS, 2016.

Conocimiento sobre conservación de suelos.

En cuanto a los conocimientos generales sobre la erosión, un 70% de las personas entrevistadas dice tener conocimientos básicos aportados sobre todo por los medios de comunicación, y su formación educativa; mientras que en algunos, se debe a aspectos familiares o laborales. Los entrevistados mencionaban que en la escuela y colegio les habían explicado la problemática de la pérdida de los suelos.

Sin embargo; en el tema de la erosión ocasionada en las faldas del volcán Irazú, un 60% mencionó no conocer sobre el problema en lo absoluto; mientras que el 40% restante, dice estar enterado, debido a la cobertura que se le ha dado al tema en los medios de comunicación, o por la cercanía con familiares o amigos de la zona.

Imagen 8. Distribución porcentual de las personas entrevistadas que dijeron conocer la problemática ambiental de la erosión en las faldas del volcán Irazú

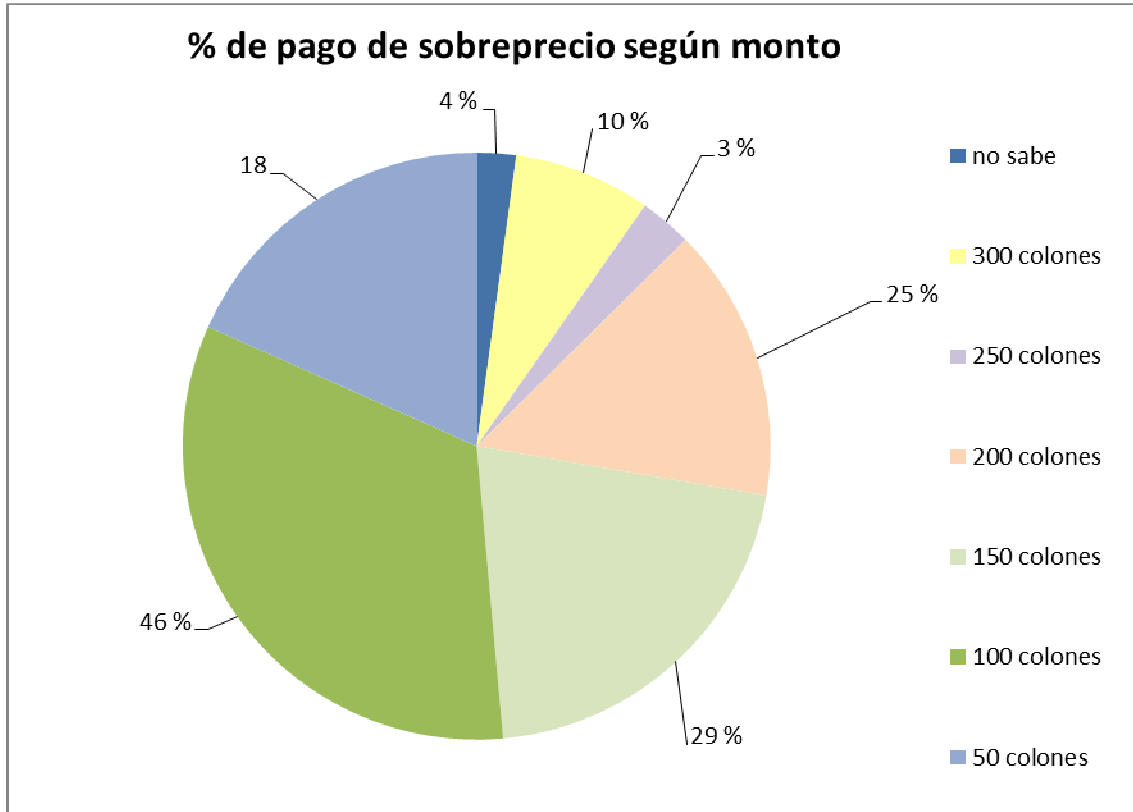


Fuente: ProDUS, 2016.

- **Percepción del sobreprecio en productos certificados de uso conforme y conservación de suelos emitidos por el INTA.**

El 8% de las personas participantes, mencionan estar de acuerdo con pagar un sobreprecio por productos que tengan dicho certificado, mientras exista un proceso transparente, y no se afecte la situación actual de los productores.

Imagen 9. Porcentaje de sobreprecio que pagarían las personas entrevistadas por productos con el Certificado de Uso Conforme del Suelo.



Fuente: ProDUS, 2016.

Por otra parte, algunas de las personas que no están de acuerdo con este sobreprecio, mencionan estar claras en la importancia de la conservación del suelo; sin embargo, aluden a que, dichas acciones deberían ser responsabilidad de los productores sin que haya una afectación económica directa en el consumidor.

En cuanto al monto económico que las personas estarían dispuestas a pagar de más por el kilo de un determinado producto, un 46% refiere que podría pagar 100 colones más, seguido de un 29% que determinó 150 colones como la opción elegida, un 25% pagaría 200 colones de sobreprecio, un 18% dio como respuesta 50 colones, un 3% pagaría 250 colones, y un 10% estaría dispuesto a pagar 300 colones. Asimismo, un 4% de las personas entrevistadas, dijeron que pagaría un sobre precio, pero no indicaron el monto. Por otra parte, es importante destacar que de la totalidad de personas que mencionaron no estar dispuestas a pagar un sobreprecio, un 73% no conoce de la problemática de conservación de suelos en el volcán Irazú, lo que puede vincular el desconocimiento con la apertura a dicha iniciativa.

Otra de las preguntas que se hizo en referencia a las posibles estrategias para dar a conocer este certificado, donde mayoritariamente se identificaron los medios de comunicación (televisión, prensa escrita y radio), como una de las posibilidades.

Asimismo, se colocó el tema de las redes sociales como una estrategia importante a utilizar.

Aunado a esto, para lograr una identificación de los productos en la feria del agricultor, las personas participantes refieren que es necesario colocar publicidad en los diferentes puestos, por medio de los letreros con información clara y breve; así, como la utilización de camisetas en los productores. Además mencionan, que las postales en las frutas y vegetales que alerten sobre aquello que se va a consumir, pueden ser otra opción para dar a conocer la información.

- **Otros comentarios aportados por las personas participantes.**

En principio, varias de las personas participantes externaron su preocupación como consumidoras, por la desinformación a las que están expuestas; ya que, no se encuentran enteradas de la situación que viven actualmente los productores, ni de las prácticas de conservación que se utilizan en las frutas y verduras que consumen.

Por otra parte, varias personas coinciden en que las prácticas de conservación de suelos, así como la prohibición de usos de agroquímicos, debería ser una obligación del productor, de modo que, existan penalizaciones para quienes las incumplan.

Otra de las inquietudes que surgen desde los participantes es, la poca información que se ha brindado sobre la problemática en las faldas del volcán Irazú, tomando en cuenta que es una zona turística, y esto, permitiría un mayor grado de conciencia sobre el apoyo al productor nacional y al cuidado de los suelos.

Además, la preocupación por la situación actual que viven los agricultores, fue un tema reincidente en los comentarios de los participantes, ya que, muchos asumen que un cambio en las prácticas que utilizan para cultivar, puede incidir de forma negativa en la situación financiera de los mismos.

Otra de las personas, mencionaba que sería importante certificar puntos de venta y no al productor, específicamente; puesto que, muchos de los que asisten a las ferias son revendedores, lo que no brinda una solución real del problema.

Finalmente, muchos de los participantes coinciden en la importancia de crear conciencia del tema de conservación de suelos, no sólo en los consumidores de los productos de las ferias, sino en los niños, por medio de programas educativos y diferentes iniciativas de política pública que den a conocer el tema.

13. Oportunidades de uso del certificado en productos agro industriales como innovación y diferenciación del producto.

La certificación puede utilizarse como elemento diferenciador de los productos, buscando que los consumidores tengan la opción de elegir, según su gusto o nivel de afinidad, con algún tema relacionado con los procesos de producción. En el entorno costarricense, existen varias certificaciones que pueden citarse como ejemplo de opciones a las que pueden acceder los consumidores. En el caso de turismo, existe el Certificado de Sostenibilidad Turística. Este es subvencionado por los costarricenses, y brinda la oportunidad a las empresas del sector turismo para que reciban un reconocimiento por su labor ambiental. Es necesario cuestionarse si este tipo de beneficios que otorga el estado costarricense, podrían también cubrir otros sectores como: el agropecuario, el comercial, o servicios. La sostenibilidad, es un tema país que no solo se circunscribe al tema turismo.

En el ámbito de la producción agropecuaria, existen certificaciones de producción sostenible como la de agricultura orgánica, que se basa en el Reglamento de Agricultura Orgánica N° 29782-MAG; la de buenas prácticas agropecuarias de GLOBAL GAP; agricultura sostenible-silvicultura sostenible-Ganadería Sostenible, de Rain Forest Alliance; entre otras.

Costa Rica, es un país con gran fama a nivel internacional en el tema de gestión ambiental; sin embargo, existen muchos retos que deben enfrentarse para lograr una gestión responsable de los recursos naturales. El tema de conservación de suelos es uno de los tópicos en los que se deben presentar avances para lograr disminuir los efectos negativos que tiene la erosión en muchos lugares, por citar algunos ejemplos: los problemas de erosión en la cuenca del río Frío en Guatuso (ProDUS, 2015), que han ocasionado: la pérdida de la navegabilidad del río Frío, problemas de erosión en las partes altas de las cuencas de colindantes con la Fila Costeña en el cantón de Osa, y que están dañando los arrecifes de coral del Parque Nacional Marino Ballena (ProDUS, 2014), y los problemas de erosión de las faldas del volcán Irazú.

La existencia del certificado de uso conforme y conservación de suelos, es una gran oportunidad de mejorar la gestión de los suelos en Costa Rica; lamentablemente, son pocos los productores que lo poseen, como se mencionó, del total de 93.017 fincas reportadas en el Censo Agropecuario del año 2014, solamente, 50 productores tienen el certificado.

Los productores podrían utilizar el certificado, como herramienta para innovar y darle mayor valor a sus productos, generando diferenciación, y creando un nuevo nicho de mercado. El concepto de diferenciación de producto, aplica para los cultivos y los subproductos generados en la agro industrialización. Para el caso del cantón de Oreamuno, la producción de hojuelas de papas tostadas, podría vincularse dentro de la cadena de valor de los productos certificados y generar acuerdos para que las papas se produzcan solo con producto certificado, colocando en los empaques el logo que identifica la certificación.

El proceso, debe ir acompañado de una campaña de concientización de la importancia de apoyar los productos que se cultivan sin dañar el medio ambiente, y podría encadenarse con la producción orgánica, logrando un producto de mayor capacidad de captación de público. Para determinar si la idea es factible, se debe generar un proceso de consulta con las partes involucradas. La primera fase es, preguntar a los consumidores si estarían dispuestos a pagar un sobrepago por las papas tostadas, equivalente a un valor extra por tener el certificado de uso conforme y conservación de suelos. Posteriormente, se debe conocer la opinión de las empresas que elaboran las papas tostadas, sobre la anuencia de formar parte del proyecto y generar toda una estrategia de trabajo conjunto entre los productores- compradores – consumidores, para lograr asegurar ese mercado a los productores de papa que obtengan el certificado.

El escenario ideal sería que todos los productores de frituras o productos tostados elaborados con vegetales adquirieran, únicamente, productos con el certificado de uso conforme y conservación de suelos.

Se podrían generar convenios con el Ministerio de Agricultura (MAG), el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), Corporación Hortícola Nacional, entre otros, para que se apoye con consultorías y capacitaciones en el tema de obtención del certificado a los productores que vendan sus productos a las fábricas.

14. Oportunidad de vinculación con la agro-industria a futuro.

Una de las propuestas del equipo de ProDUS-UCR es, generar un grupo o asociación de productores vinculados con el certificado de conservación de suelos (ver Sección 11 del documento). En el mediano y largo plazo, se podrá evaluar la factibilidad de crear una agro-industria relacionada con productos agrícolas cultivados en fincas que tiene el certificado de uso conforme del suelo.

Se deberá evaluar, si los consumidores estarían dispuestos a pagar un sobreprecio por esos productos agro industriales, ligados a un certificado de conservación de suelos. Lo anterior, requerirá de una estrategia de mercadeo y publicidad que permita a los consumidores identificarse con el tema, y generar empatía por el producto. Dentro de los beneficios, está la innovación y valor agregado que se le daría al producto.

En el largo plazo, el gobierno local, deberá considerar crear un sello de denominación territorial para los productos que se cultiven o generen en el cantón de Oreamuno. Se podría dar un énfasis medio ambiental, llevando al cantón a ser un ejemplo en Costa Rica por su compromiso con el manejo sostenible de los recursos naturales.

El equipo de ProDUS-UCR, generó unas imágenes de cómo se podría usar el sello de conservación de suelos en los paquetes de hojuelas de papas tostadas. El diseño es ilustrativo, y pretende mostrar las oportunidades que existen en el sector.

Imagen 10. Ejemplo de productos elaborados con papas producidas en fincas con Certificado de Uso Conforme y de Conservación de Suelos, en el cantón de Oreamuno.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR, 2016.

15. Costo de producción versus ahorro por pago del impuesto de bienes e inmuebles, e inversión en conservación de suelos.

La estimación de los costos de producción, rendimientos y ganancias, es un aspecto relevante, que debe contraponerse con los beneficios que se generarían al certificar las fincas con uso conforme y conservación de suelos.

Los datos sobre los costos de producción de las fincas se obtuvieron de la página en Internet del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), de la región Central Oriental. La información fue suministrada por el Ingeniero Agrónomo Rolando Tencio, funcionario del MAG- Región Central Oriental. El ingeniero Tencio, mediante conversación telefónica, sostenida el 01 de junio del 2016, informó al equipo de ProDUS-UCR, que los datos que se encontraban en la página eran los más actualizados. A pesar de realizarse en el año 2015, se mantienen vigentes, debido a que el precio del dólar se ha mantenido estable, y no se han presentado grandes cambios en los precios de insumos.

A continuación, se presentan los costos de producción de los cultivos de mayor cobertura en la región Central Oriental, del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Esta Región, está conformada por los cantones de la provincia de Cartago: Central, Oreamuno, La Unión, Paraíso, El Guarco, Alvarado, Turrialba, y Jiménez; y algunos, de la provincia de San José: Vásquez de Coronado, Moravia, Tibás, Goicoechea, Montes de Oca, Tarrazú, Dota, León Cortés, Aserrí, Desamparados y Alajuelita.

Cuadro 12. Resumen de los rendimientos y costos de producción por hectárea para producción de hortalizas en la Región Central Oriental del MAG.

Rendimiento, Costo por hectarea y costo unitario principales hortalizas de la región central Oriental del MAG						
Cultivos	Rendimiento/ha	Unidad	Costo Total ¢	Costo unitario (en colones /kg o unid)	Precio Venta Finca (mayo 2015)	Precio Venta Finca (agosto2014)
Papa	25000	Kg	5.535.193	221	543	478
Cebolla	28190	Kg	4.273.188	152	350	500
Zanahoria	35000	Kg	3.421.748	98	304	370
Repollo	30000	Kg	1.960.908	65	150	180
Brocoli	12000	Kg	2.467.004	206	500	800
Coliflor	15000	Unidades	2.723.842	182	350	400
Remolacha	110000	Unidades	2.586.868	24	150	130
Tomate	70000	Kg	8.642.636	123	333	944
Chile Dulce	24000	Kg	5.618.500	234	414	160
Vainica	15000	Kg	2.563.007	171	600	1000
Lechuga	89600	Unidades	5.147.643	57	150	150
Culantro	150000	rollos	2.213.656	15	70	45
Apio	39375	Kg	8.645.531	220	500	500
Zapallo	15000	Unidades	1.594.102	106	175	100

Fuente: MAG, 2016 <https://sites.google.com/site/regioncentraloriental/costos-producción>.

Cuadro 13. Cálculo del rendimiento promedio de producción de papa por hectárea, en el cantón de Oreamuno.

	Rendimiento kg/ hectárea	Costo de cada kg producido, en colones
Zona alta de la cuenca:	33000	168
Zona media de la cuenca:	25000	221
Zona baja de la cuenca:	18000	308
Promedio:	25.333	¢ 232

Fuente: MAG, 2016.

El dato del rendimiento promedio, será utilizado para calcular los montos extras que podría generar un productor que posea el certificado de conservación de suelos, y que venga con excedente sus productos. Partiendo de los datos de rendimiento, y del monto extra que pagarían los consumidores en las ferias por cada kilogramo de papas certificadas, se obtuvo un estimado de los ingresos adicionales que percibirían los productores que vendan sus papas certificadas. El Cuadro 14, resume la información de los resultados:

Cuadro 14. Resumen del monto extra que se generaría con el pago extra por poseer el Certificado de Uso Conforme y Conservación de los Suelos.

Monto de sobre precio por kilogramo de papas con certificado de uso conforme y conservación de suelos, según sondeo de opinión realizado por ProDUS- UCR en mayo del 2016.	Monto extra que se generaría por hectárea
50*	1 266 650
100**	2 533 300
150***	3 799 950
200****	5 066 600

*un 18 % de los entrevistados dijo que pagaría ese monto

**un 46 % de los entrevistados dijo que pagaría ese monto

***un 29 % de los entrevistados dijo que pagaría ese monto

**** un 25% de los entrevistados dijo que pagaría ese monto

Fuente: ProDUS, 2016.

El pago de estos montos o sobre precios no será responsabilidad de la Municipalidad de Oreamuno, sería una decisión que tomarán los consumidores para premiar o favorecer los cultivos que se producen bajo esquemas sostenibles como la conservación de suelos. La Municipalidad deberá facilitar y apoyar a los productores para gestionar el proyecto.

16. Programa de divulgación de los beneficios del Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos y educación formal e informal en el tema.

Dentro de la lista de proyectos del Plan de Uso del Suelo, se encuentra uno dedicado a la divulgación de la problemática de la conservación de suelos en el cantón de Oreamuno, y la toma de conciencia sobre la necesidad de resolver el problema.

Actualmente, muchos de los encargados de asociaciones o grupos organizados de productores no opinan que la erosión y pérdidas de suelos sea un problema importante en la zona, así lo reflejan los resultados del diagnóstico realizado por ProDUS-UCR. De igual manera, la mayor parte de los entrevistados en las encuestas en ferias del agricultor, tampoco conocían del problema que se da en el cantón de Oreamuno debido a la erosión.

En la medida que las personas tomen conciencia de la importancia de conservar el suelo, se podrán generar medidas para que las decisiones de consumo colaboren con la solución a la problemática, por ejemplo, con la compra de productos que se cultiven en fincas certificadas con uso conforme y conservación de suelos.

La Municipalidad de Oreamuno, en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), y las Asociaciones y grupos locales, deberían trabajar conjuntamente para desarrollar una estrategia de concientización sobre el tema. Son muchas las oportunidades que se pueden desarrollar, se pueden citar: desarrollar ferias o festivales ambientales en el tema de conservación de suelos, días de campo con los profesionales en educación y los niños y jóvenes de la comunidad de Oreamuno, donde se les lleve a las fincas y se les explique en la necesidad de resolver el problema; crear videos o cortos sobre el tema, entre otros.

En el mediano plazo, el gobierno local puede promover una marca relacionada con la conservación de suelos, como parte de una estrategia cantonal de gestión ambiental.

En la Imagen 11, se presenta una muestra del material que podría utilizarse en las campañas de concientización.

Imagen 11. Ejemplo de afiche #1 para divulgar productos cultivados en fincas con Certificado de Uso Conforme y de Conservación de Suelos en el cantón de Oreamuno.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR, 2016.

Imagen 12. Ejemplo de afiche #2 para divulgar productos cultivados en fincas con Certificado de Uso Conforme y de Conservación de Suelos en el cantón de Oreamuno.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR, 2016.

Imagen 13. Ejemplo de afiche #3 para divulgar productos cultivados en fincas con Certificado de Uso Conforme y de Conservación de Suelos en el cantón de Oreamuno.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR, 2016.

Imagen 14. Ejemplo de afiche #4 para divulgar productos cultivados en fincas con Certificado de Uso Conforme y de Conservación de Suelos en el cantón de Oreamuno.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR, 2016.

17. Resumen del cambio de modelo de producción y comercialización tradicional al modelo que incorpora la conservación de suelos.

Imagen 15. Resumen del cambio de modelo de producción propuesto.



* si no se logra crear la asociación los productores pueden trabajar individualmente

Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR, 2016.

18. Canales de coordinación y ejecución para lograr el cambio de modelo de trabajo y procesos a seguir para lograr concretar las propuestas.

El trabajo de coordinación para lograr ejecutar los proyectos, debe gestionarse desde varios frentes de trabajo, dependiendo de la entidad a la que se refiera. En los siguientes párrafos, se presenta el trabajo de coordinación que cada actor clave debe realizar en el proyecto.

Propietarios de las tierras de producción agropecuaria del cantón de Oreamuno.

Son los principales responsables de la gestión de los suelos en el cantón, ya sea como productores o al alquilar las tierras; en ambos roles, deberían asegurarse de dar una adecuada gestión al suelo. En el alquiler de las tierras, se debería pedir al arrendatario que realice las recomendaciones básicas de la conservación del suelo, solicitando este como uno de los requisitos obligatorios para el alquiler. Como productores, deberían preocuparse por no provocar la pérdida de suelos y escorrentía, que genera problemas de sedimentación en la parte baja de la cuenca; lo anterior, ocasiona que se deba gastar dinero de todos los costarricenses en la generación de obras de limpieza de canales o de solución a situaciones de inundación o sedimentación.

Se recomienda que los productores se organicen y creen una asociación de conservacionistas de suelos, donde puedan agruparse todos los que posean el Certificado de Uso Conforme y Conservación de Suelos. Para lograrlo, pueden recibir capacitaciones de la Municipalidad, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, o el Centro Agrícola Cantonal (CAC).

En el proceso previo a obtener el certificado, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en Conjunto con la Municipalidad, deberían brindar el asesoramiento necesario para facilitar el proceso, apoyando en la logística de las reuniones, asesorías técnicas, y a ir buscando que los productores tengan precios competitivos a la hora de contratar un Ingeniero Agrónomo que realice la evaluación de campo.

Las fincas necesitarán trabajo de maquinaria, esta puede brindarse a la asociación por medio del Centro Agrícola Cantonal, y con apoyo de COMCURE. El contar con facilidades para desarrollar las prácticas de conservación facilitará la adquisición del certificado.

Otra de las áreas de trabajo es, la coordinación de la asociación de productores con FONAFIFO, para que se haga un convenio en el que se establezca el PSA para beneficios de las personas que reforesten con las especies apropiadas en las fincas. Esto permitirá un beneficio extra de generación de ingresos.

Adicionalmente, se debe coordinar con los compradores de vegetales de las cadenas de supermercados, para lograr que los productos certificados sean llevados a los anaqueles con prioridad sobre aquellos que no conservan el suelo.

Consecuentemente, la asociación deberá coordinar con las agroindustrias de la zona para que se acuerde el uso de vegetales certificados, en la elaboración de hojuelas tostadas o productos agroindustriales; lo anterior, se deberá diferenciar mediante un sello. El equipo de ProDUS- UCR, generó unos ejemplos de sellos que podrían utilizarse (ver Sección 10 del documento). Mediante esta estrategia, el consumidor podrá diferenciar el producto y adquirirlo, pensando en la responsabilidad ambiental de sus actos.

Asociaciones de productores agropecuarios del cantón de Oreamuno.

En el cantón de Oreamuno, existen muchas asociaciones de productores agropecuarios, en el diagnóstico del “Plan de Uso del Suelo”, se entrevistó a los dirigentes de la mayoría de estos grupos. La colaboración de los grupos organizados puede darse mediante el incentivo, para que los productores obtengan el certificado de uso conforme del suelo. Se podrían otorgar beneficios o algunos reconocimientos, para incentivar a las personas a mejorar la gestión del suelo; esto, sumando al beneficio en el descuento del valor del impuesto de bienes e inmuebles.

Los incentivos pueden ser relacionados, con destacar dentro del grupo: la labor de esas personas que producen mediante la conservación de suelos, apoyarlos en la logística para obtener cursos, realizar premiaciones anuales o reconocimientos por conservar el suelo, apoyar con rotulación en fincas para identificarlos, entre otros.

En el caso de crear la Asociación Conservacionista de Suelos de Oreamuno, se podrá generar un convenio con FONAFIFO para incorporar con Pago de Servicios Ambientales a las personas que reforesten parte de sus fincas.

Ministerio de Agricultura y Ganadería - Instituto de Transferencia Agropecuaria.

Existe diferencia de opiniones con respecto al papel del Estado, en la disponibilidad y tipo de asesoría técnica en el tema agropecuario que debería brindarse por parte del Estado a los productores del cantón de Oreamuno. Según las opiniones recopiladas en el diagnóstico, y las propuestas del proyecto, expresadas por: los encargados de las asociaciones de productores de Oreamuno, empresarios de agropecuarios, y personal del MAG; no existe, un plan de extensión rural que brinde capacitaciones a los productores agropecuarios de Oreamuno. El rol que tenía el MAG en ese campo, fue tomado por los vendedores de las casas comerciales de agroquímicos.

El personal del MAG entrevistado, expresa que no tienen recurso humano ni financiero para atender las necesidades de los productores, y que es urgente que se dé un cambio en el esquema de trabajo actual en la zona. Sin embargo, también expresaron que si se cuenta con un plan de capacitaciones en el tema de conservación de suelos y gestión ambiental, tomando en cuenta que los productores muestran poco interés en asistir a las capacitaciones. Este comentario, fue realizado también por el personal del INA, quienes citaron que los productores no asisten a las charlas o talleres.

Si se continúa con las condiciones actuales, no se podrá ver un cambio en el sistema de producción. Es necesario que el MAG pueda destinar personal y recursos para que vayan al campo y trabajen con los productores, en la mejora de las condiciones de conservación de suelos.

Como solución al reto de lograr mejorar la atención que brinda el MAG a los productores de la zona, se pueden evaluar las siguientes opciones:

- Reforzar con más plazas y presupuesto a las oficinas del MAG que atienden a los productores de Oreamuno, y generar un proyecto específico de asesoramiento en conservación de suelos. El programa debe ser continuo y lograr sostenibilidad para dar continuidad a la iniciativa.
- Apoyar al Centro Agrícola Cantonal de Oreamuno con mayores recursos para que, en conjunto con el MAG, desarrollen un proyecto específico de promoción de la conservación de suelos en el cantón de Oreamuno. La iniciativa de trabajo conjunto debería reforzar los esfuerzos por incentivar el certificado de uso conforme y conservación de suelos. El trabajo conjunto se basa en lo establecido en el Decreto N° 30629-MTSS-MAG “Reglamento de la Ley de Centros Agrícolas Cantonales (C.A.C)”, Ley N° 7932 de 28 de octubre de 1999, en donde se establece que:

Artículo 3º—El Consejo Nacional de Producción, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Sector Agropecuario y demás Instituciones, Entes, Organizaciones Públicas, y la Municipalidad de cada cantón, podrán canalizar recursos para financiar y apoyar proyectos: agrícolas, agroforestales, pesqueros y afines, de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 10 inciso b), 12 y 14 de la Ley. Los C.A.C, serán receptores de estos recursos para financiar proyectos propios y de otras agrupaciones del cantón.

Artículo 4º—El Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de la Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria y sus demás direcciones, facilitará la realización de acciones y esfuerzos, así como la integración de recursos para la generación, ejecución, seguimiento, evaluación de planes y programas de desarrollo agropecuario, agroforestales, pesqueros y afines.

Municipalidad de Oreamuno.

El gobierno local, tiene la posibilidad de apoyar la conservación de suelos en el cantón de Oreamuno. La ley N° 7932 faculta al Municipio para canalizar fondos y trabajar en proyectos conjuntos con el Centro Agrícola Cantonal. En conjunto con el MAG, la municipalidad debería generar una campaña para concientizar a los productores y población general sobre la importancia de conservar el suelo, fortaleciendo además, el uso del certificado de conservación de uso del suelo.

Otro de los ejes de trabajo por desarrollar es el fomento de la planificación a nivel de cuenca, lo que permitirá complementar los esfuerzos realizados por COMCURE. Dentro de las temáticas que deberían evaluarse, se presenta la reforestación en zonas de protección de cauces y nacientes, así como el apoyo a las ASADAS para determinar las áreas de recarga de las nacientes, y su compra para protección del recurso hídrico.

En el mediano plazo, se debe desarrollar una marca cantón como sello regional, para identificar todos los productos que se cultivan o producen en la zona.

Instituto Nacional de Aprendizaje.

El Instituto Nacional de Aprendizaje, cuenta con una sede en el cantón de Oreamuno. En este lugar, se desarrollan los módulos de investigación en conservación de suelos y agricultura orgánica. Las autoridades del INA, expresaron que cuentan con el recurso para dar charlas a los productores del lugar. Las programaciones se realizan anualmente, por esta razón, es importante que se coordine con la Municipalidad, el MAG y el Centro Agrícola Cantonal una agenda de cursos anuales para los productores. Las capacitaciones son muy importantes para lograr que las personas propietarias de fincas agropecuarias conozcan de las herramientas de conservación de suelos, y cómo aplicar las técnicas en el campo.

Centro Agrícola Cantonal.

Durante la realización del análisis del diagnóstico del Plan de Uso del Suelo, se encontró, que existe una excelente percepción del trabajo que realiza el CAC en el cantón de Oreamuno. La buena reputación con la que cuenta esa institución, podría permitir una mayor apertura al cambio por parte de las personas que se dedican a las actividades agropecuarias.

Decreto N° 30629-MTSS-MAG “Reglamento de la Ley de Centros Agrícolas Cantonales”, permite que las Municipalidades y el MAG aporten fondos para proyectos; por medio de esa oportunidad, se podrá generar un convenio entre esas instituciones y fortalecer con mayor personal y recursos al CAC, para que pueda aportar en tareas relacionadas con capacitación y asesoría, y así, los agricultores mejoren las prácticas de conservación de suelos.

En el mediano plazo, se podría contratar una persona para que sea la que realice las evaluaciones y certificar las fincas ante el INTA. Esto apoyaría aún más a los productores para lograr la mayor cantidad de fincas con el certificado.

Asociaciones de Desarrollo Integral.

Las ADI's pueden colaborar en las campañas de concientización sobre la conservación de suelos en el cantón de Oreamuno. Como representantes de las comunidades, pueden apoyar el proceso para que las personas tengan una mayor proximidad con la problemática de la erosión, y se logre un cambio en las prácticas agropecuarias.

19. Medidas para la conservación del suelo.

Capacidad de uso del suelo en el cantón de Oreamuno.

El proceso de planificación tendiente al desarrollo de sistemas sostenibles, requiere de un adecuado inventario de los recursos suelo y clima, que en forma integral, pueden combinarse para establecer un sistema de capacidad de uso de la tierra. Este sistema, deberá clasificar las tierras en grupos que reflejen el uso más intensivo y sostenible al que se puede someter un área de terreno (MAG- MIRENEM, 1994).

La metodología de clasificación de suelos, se estableció mediante Decreto Ejecutivo en el año 1994, utilizando los siguientes parámetros para la clasificación: categoría erosión (pendiente del terreno y erosión sufrida), categoría suelo (profundidad efectiva, textura, pedregocidad, fertilidad, toxicidad y salinidad), categoría drenaje (drenaje y riesgo de inundación), categoría clima (zonas de vida, periodo seco, neblina, viento).

La categoría establece 8 niveles de clasificación en las que se posicionan los suelos, de acuerdo con sus factores limitantes. La categoría I, es aquella que presenta la menor limitante, y por lo tanto, es apta para soportar cultivos intensivos con mecanización de suelos y que pueden requerir varios ciclos de cultivo durante el año, por lo que se pueden sembrar cultivos anuales. Las siguientes categorías van presentando factores de restricción, que requieren desarrollar medidas de conservación de suelos para evitar impactos ambientales. Para las categorías II y III, se permite la siembra de cultivos anuales también. Estos suelos son los más valiosos para la agricultura, paradójicamente, son los que se han urbanizado en mayor grado en las últimas décadas en Costa Rica. Para los suelos ubicados en las categorías tipo IV, V y VI, se recomienda la siembra de cultivos semi permanentes o perenes. Las categorías superiores a estas, se recomienda para forestales hasta llegar a la categoría VII y VII, que se recomienda para regeneración natural.

A continuación, se presenta una descripción detallada de las diferentes clases, cuyos parámetros para efectos operativos del sistema se encuentran en el mapa 57. La información proviene del Decreto N° 23214-MAG-MIRENEM, llamado: "Metodología Determinación Capacidad Uso Tierras Costa Rica", publicado en La Gaceta N° 107 del 06 de junio del 1994.

Cuadro 15. Resumen de las clases de uso del suelo y sus características, según el Decreto 23214-MAG-MIRENEM

# de clase	Características
I	Dentro de esta clase, se incluyen las tierras con pocas o ninguna limitación para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas, ecológicamente, a la zona. Las tierras de esta clase, se encuentran sobre superficies planas o casi planas, con erosión sufrida nula, con suelos muy profundos, de textura media en el suelo y de moderadamente gruesa a moderadamente fina en el subsuelo, sin piedras, sin problemas por toxicidad y salinidad, drenaje bueno, sin riesgo de inundación, en zonas de vida de condición húmeda, periodo seco moderado y sin efectos adversos por neblina y viento
II	Las tierras de esta clase, presentan 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. Las limitaciones que pueden presentar son: relieve ligeramente ondulado, erosión sufrida leve, suelos profundos, texturas moderadamente finas o moderadamente gruesas en el suelo y finas o, moderadamente, gruesas en el subsuelo, ligeramente pedregosos, fertilidad media, toxicidad y salinidad leves, drenaje moderadamente excesivo o moderadamente lento, riesgo de inundación leve, zonas de vida seca o muy húmedas, con periodo seco fuerte o ausente, y condición de neblina y viento moderada.
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. Para desarrollar los cultivos anuales, se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua. Entre las limitantes presentes en esta clase están: relieve moderadamente ondulado, erosión sufrida leve, suelos moderadamente profundos, texturas en el suelo y subsuelo finas o moderadamente gruesas, moderadamente pedregosos, fertilidad media, toxicidad moderada, salinidad leve, drenaje moderadamente excesivo o moderadamente lento, riesgo de inundación moderado, zonas de vida seca o muy húmedas, con periodo seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento moderada.
IV	Las tierras de esta clase, presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Los cultivos anuales, se pueden desarrollar, únicamente, en forma ocasional, y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas; excepto, de climas pluviales, donde este tipo de cultivo no es recomendable. Las limitaciones que se pueden presentar solas o combinadas son: relieve ondulado, erosión sufrida moderada, suelos moderadamente profundos, texturas en el suelo y en el subsuelo muy finas o moderadamente gruesas, pedregosos, fertilidad media, toxicidad moderada, salinidad leve, drenaje moderadamente lento o moderadamente excesivo, riesgo de inundación moderado, zonas de vida seca, muy húmedas y pluviales, con periodo seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento moderada.
V	Las tierras de esta clase, presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semi permanentes, permanentes o bosque, por lo cual, su uso se restringe para pastoreo o manejo de bosque natural. Las limitaciones que pueden ocurrir, solas o combinadas, cuando la pendiente es inferior al 15% son: relieve moderadamente ondulado, erosión sufrida moderada, suelos poco profundos, las texturas del suelo y subsuelo pueden ser de finas a gruesas, fuertemente pedregosas, muy baja fertilidad, toxicidad fuerte, salinidad moderada, drenaje muy lento o excesivo, riesgo de inundación severo, zonas de vida seca y pluviales, con periodo seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento fuerte. También, podrían presentarse las siguientes limitaciones cuando la pendiente oscila entre 15 y 30%: relieve ondulado, erosión sufrida moderada, suelos poco profundos, texturas en el suelo moderadamente gruesas o finas y en el subsuelo de muy finas a gruesas, fuertemente pedregosas, muy baja fertilidad, toxicidad fuerte, salinidad moderada, drenaje muy lento o excesivo, riesgo de inundación severo, zonas de vida seca y muy húmedas excepto bosque muy húmedo tropical, con periodo seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento fuerte.
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 aguas. Sin embargo, algunas especies forestales como la Teca (<i>Tectona grandis</i>) y Melina (<i>Gmelina arborea</i>) en plantaciones puras, no son adecuadas para las pendientes de esta clase, debido a que aceleran los procesos de erosión de suelos, por lo que se recomienda este tipo de uso sólo en relieves moderadamente ondulados a ondulados. Las limitaciones que se pueden presentar, solas o combinadas, son: relieve fuertemente ondulado, erosión sufrida severa, suelos moderadamente profundos, texturas en el suelo de muy finas a gruesas, en el subsuelo de muy finas a moderadamente gruesas, fuertemente pedregosas, muy baja fertilidad, toxicidad fuerte, salinidad moderada, drenaje moderadamente excesivo o moderadamente lento, riesgo de inundación moderado, zonas de vida seca y pluviales excepto páramo, periodo seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento moderada.
VII	Las tierras de esta clase, tienen severas limitaciones, por lo cual, 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 forestal, por medio de la regeneración forestal por medio de la regeneración natural. Las limitaciones que se pueden presentar solas o combinadas, son: relieve escarpado, erosión sufrida severa, suelos poco profundos, texturas en el suelo y subsuelo de muy finas a gruesas, fuertemente pedregosas, muy baja fertilidad, toxicidad y salinidad fuertes, drenaje excesivo o nulo, riesgo de inundación muy severo, zonas de vida seca y pluviales excepto páramo, periodo seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento fuerte.
VIII	Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase 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.

Fuente: Decreto 23214-MAG-MIRENEM

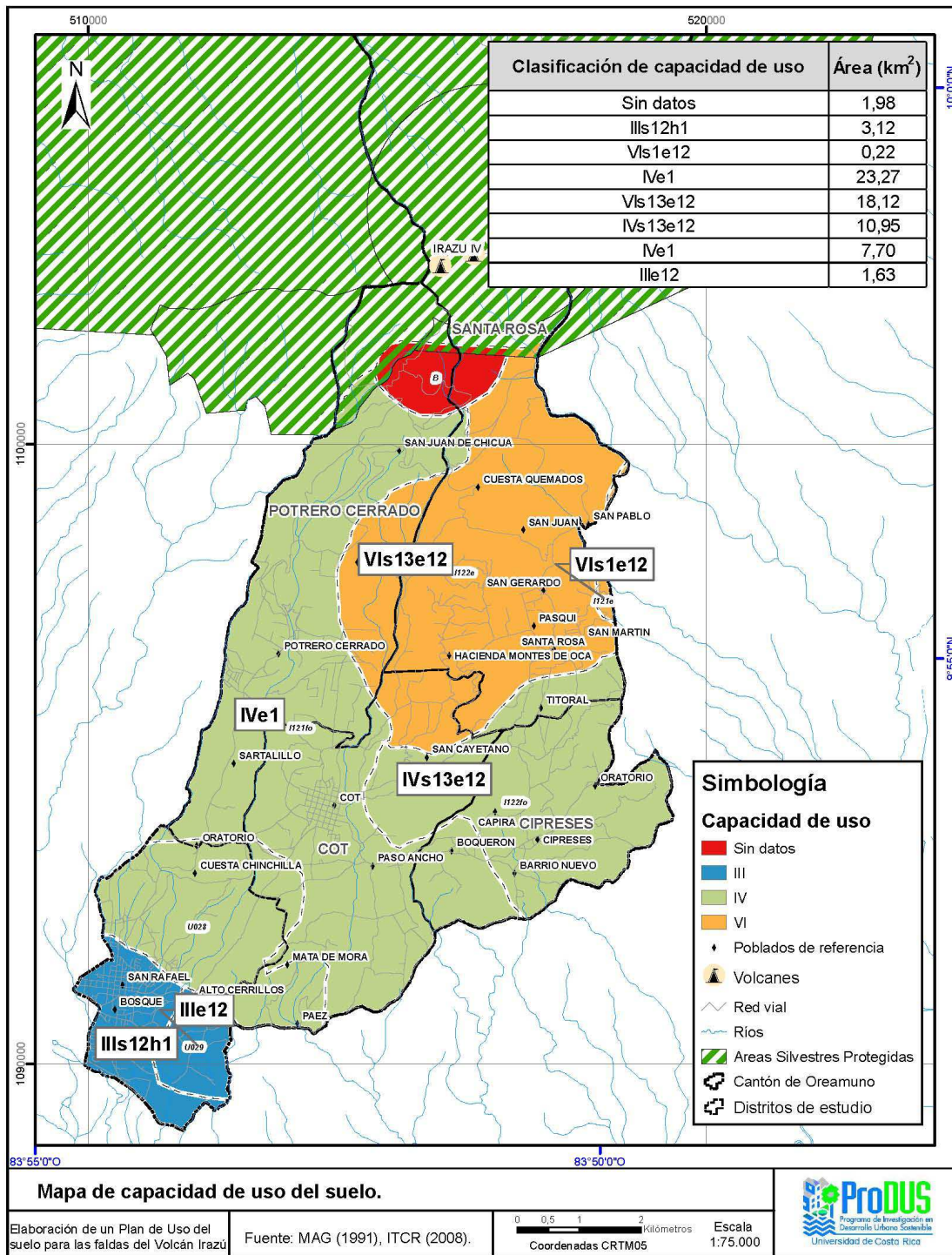
En la Imagen N° 16, se observa el Mapa de Capacidad de Uso del Suelo del cantón de Oreamuno. Se observa que existen tres categorías presentes en la el cantón: III, IV y VI.

Según la información del Decreto N° 23214-MAG-MIRENEM, solo en las zonas con capacidad de uso III, deberían permitir los cultivos anuales. En todo el resto del cantón, que en el mapa se representa con el color verde y amarillo, debe predominar la actividad agropecuaria con cultivos semipermanentes o perennes. Los cultivos anuales se pueden desarrollar, únicamente, en forma ocasional, y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos. Esto contrasta con la situación actual donde se producen cultivos anuales en toda la zona, dándose hasta 3 ciclos de producción por año, y con muy bajo uso de prácticas de conservación.

En el Cuadro N° 15, se resumen las prácticas de conservación que se citan en el Decreto N° 23214-MAG-MIRENEM, dependiendo de la clasificación de clases del suelo, notándose que la mayor parte de recomendaciones no se realizan en la las fincas agropecuarias del cantón de Oreamuno.

Seguidamente, se presentan las principales prácticas de conservación de suelos recomendadas para el cantón de Oreamuno. La descripción de las mismas, se basa en la investigación de varios autores que se citan en el texto; y los diseños, son representaciones de los expuestos por el señor Jorge Núñez Solís, publicados en el año 2001 en su libro: "Manejo y Conservación de Suelos".

Imagen 16. Mapa de capacidad de uso del suelo del cantón de Oreamuno



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR, 2016.

**Cuadro 16. Prácticas de Conservación de suelos y agua, según clase del suelo.
Decreto N° 23214-MAG-MIRENEM.**

Descripción de las prácticas	CLASES						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Levantamiento	x	x	x	x	x	x	x
Topográfico							
Estudios de suelo	x	x	x	x	x	x	X
Planificación Agroconservacionista de fincas	x	x	x	x	x	x	X
Canal de Guardia		x	x	x	x	x	
Acequías de ladera			x	x		x	
Terrazas de huerto			x	x		X	
Terrazas de desviación		x	x	x			
Muros de Piedra		x	x	x		x	
Vía de agua empastada		x	x	x		x	
Camino de acceso y drenaje		x	x	x	x	x	
Cortinas rompevientos		x	x	x	x	x	
Surcos en contorno en pastizales					x		
Establecimiento de cercas		x	x	x	x	x	X
Canal de desviación			x	x		x	
Estanque de Agua		x	x	x	x	x	X
Represa de Agua		x	x	x	x	x	X
Diques en contorno (melgas)		x		x			
Canal de infiltración		x	x	x	x	x	
Terraza de banco			x	x		x	
Terraza Individual				x		x	
No labranza	x	x	x	x	x	x	
Labranza mínima	x	x	x	x	x	x	
Labranza profunda		x	x	x			
Roturación profunda		x	x	x			
Labranzas superficiales (reducidas)	x	x	x	x			
Labranza de contorno		x	x	x			
Siembra en contorno		x	x	x		x	
Barreras vivas		x	x	x		x	
Barreras muertas		x	x	x		x	
Rotación de cultivos	x	x	x	x			
Cultivos Intercalados	x	x	x	x		x	
Cultivos en Fajas	x	x	x	x			
Apartos para pastoreo en rotación					x		
Cobertura muerta (Mulching)		x	x	x		x	
Cultivo de cobertura		x	x	x		x	
Barbecho mejorado		x	x	x			
Sistemas Agroforestales		x	x	x		x	
Enmiendas orgánicas animales	x	x	x	x	x	x	
Compost	x	x	x	x		x	
Abono Verde	x	x	x	x	x	x	
Fertilización y enmiendas minerales	x	x	x	x	x	x	
Control de cárcavas						x	X
Control de deslizamiento						x	X
Control de inundación	x		x	x	x		
Desaguadero lateral		x	x	x	x	x	
Aprovechamiento de manantial		x	x	x	x	x	X
Sistema de riego		x	x	x	x	x	
Ubicación de bebederos					x		

Fuente: Decreto N° 23214-MAG-MIRENEM

Uso del codal en áreas de ladera.

Núñez (2001), establece que el codal consiste en un marco hecho con reglas de madera, dos reglas en posición vertical como puntos de apoyo y una regla horizontal. Es un instrumento, que se usa para construir curvas a nivel o a desnivel, con un porcentaje de pendiente longitudinal de la obra (canal guardia, terrazas de base angosta, entre otros.), establecidas previamente.

- Sirve como ayuda para establecer en los terrenos situados en laderas, prácticas culturales como barreras vivas y cortinas rompe-vientos.
- En fincas que tienen áreas situadas en laderas con ámbitos de pendientes generales de hasta un 7%, el uso del codal, sirve para realizar siembras de cultivos en surcos o en eras, siguiendo curvas a nivel, con pendientes de 0%.
- También, sirve de ayuda para realizar otras prácticas de conservación, como el trazado inicial para establecer barreras muertas o vivas, que requieren un diseño de curvas a nivel, con desniveles de 0,5 y 0,6 por ciento si es necesario evacuar el agua de escorrentía.

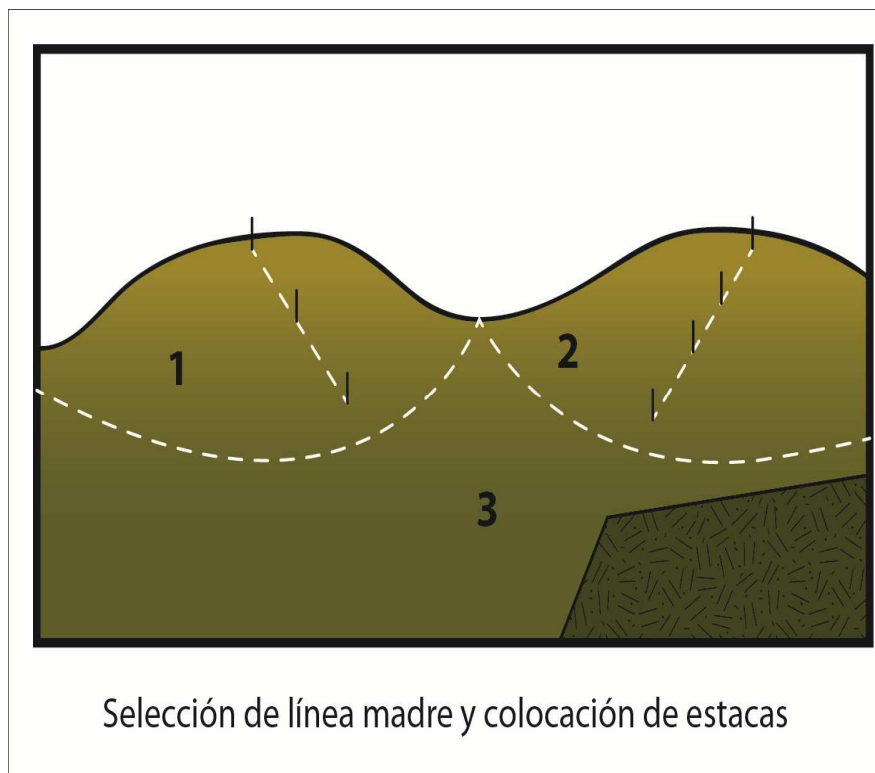
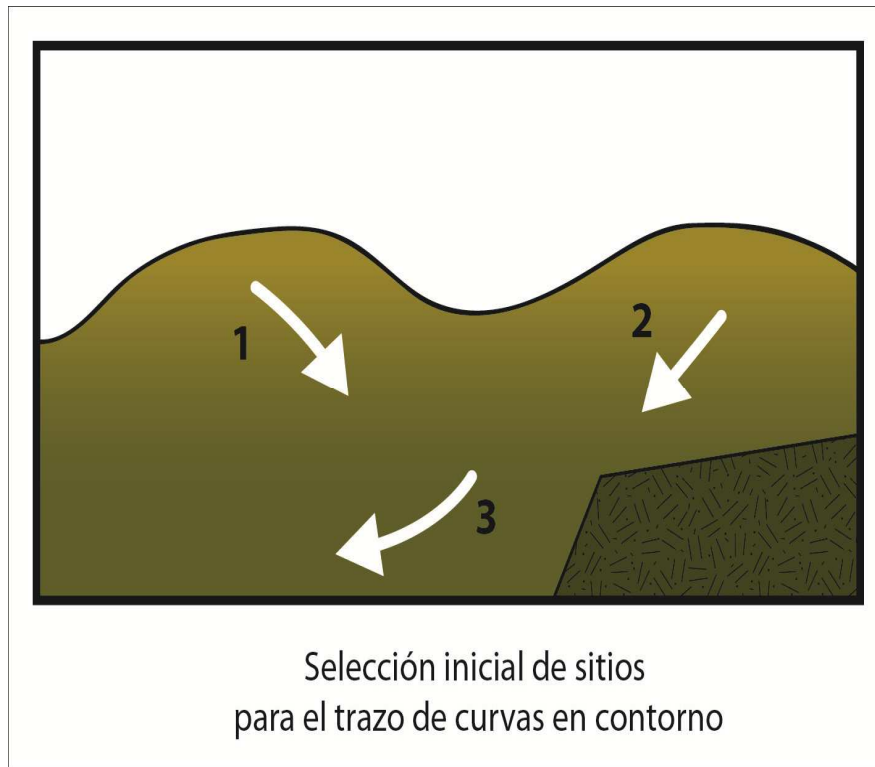
De las prácticas agro-conservacionistas, que tienen buena posibilidad de ser incorporadas por los agricultores utilizando el codal, dos de las más utilizadas son:

- La siembra en contorno, siguiendo curvas de nivel.
- El establecimiento de barreras vivas o de barreras muertas para proteger las parcelas de cultivo.

Trazo de curvas en contorno utilizando el codal.

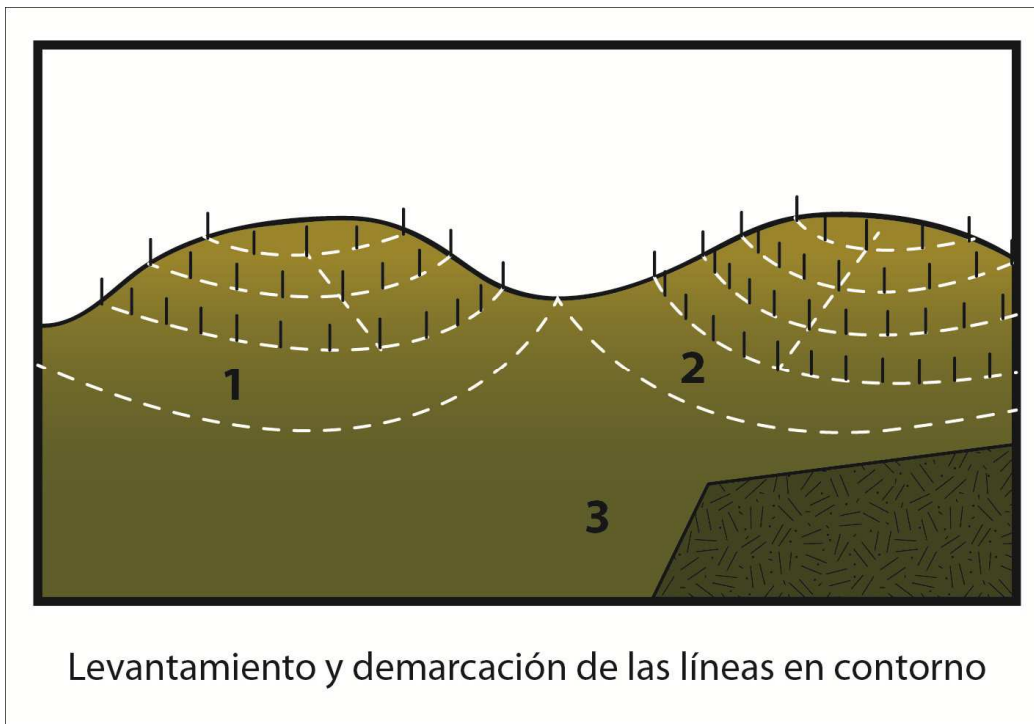
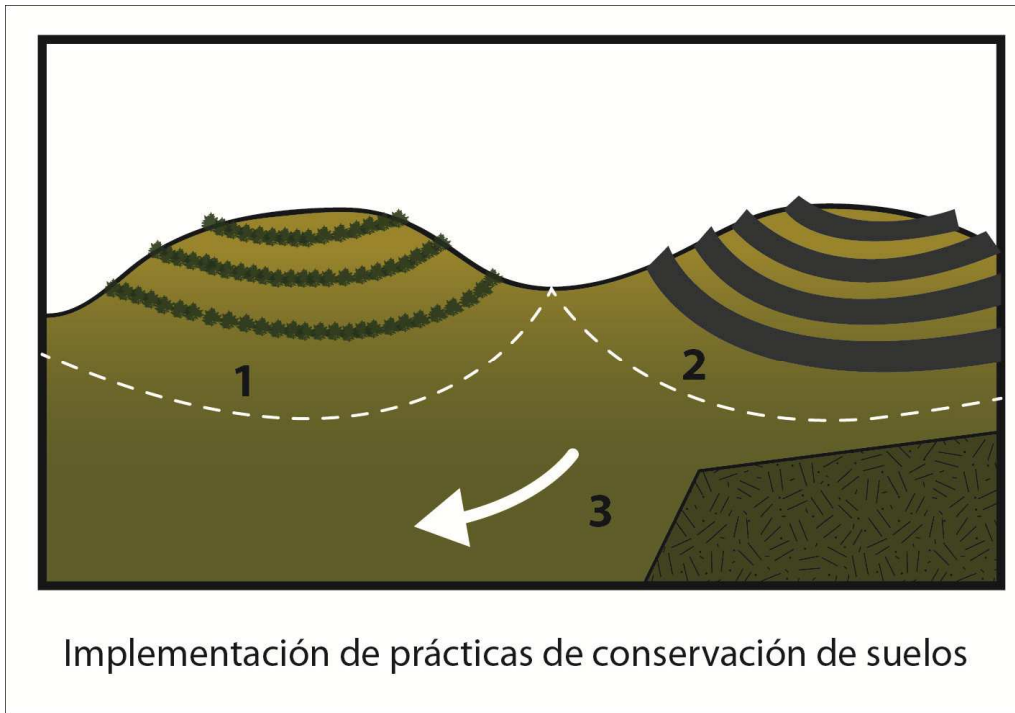
Con las líneas de contorno se pretende dar a las pendientes una nivelación, mediante el trazo de "Líneas Maestras", donde se establecerán más adelante los surcos que escurrirán el exceso de agua, con lo que se evitará la erosión. Esta "Líneas Maestras", representan los puntos guías a partir de donde se marcarán posteriormente los surcos de siembra en forma paralela a ellos. Para el trazo de estas líneas, pueden emplearse varios instrumentos de medición que difieren en su grado de precisión, sencillez y costo. Así, se tiene niveladores de lectura directa como lo son: el caballete o codal y la manguera o tubo de caucho; niveladores de lectura indirecta como el nivel de mano, nivel Abney y el nivel de precisión, CODAL o CABALLETE. El codal, consiste en la formación de un marco con 2 reglas de 0,90 m como verticales y otra de 2,00 m como horizontal. En los extremos de la regla larga y a escuadra se pegan las reglas de 0,90 m para formar las pastas del codal, la madera debe estar bien seca (Chaves, 1986).

Imagen 17. Representación del uso de curvas de nivel.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR basado en Núñez, 2001.

Imagen 18. Representación del uso de curvas de nivel.

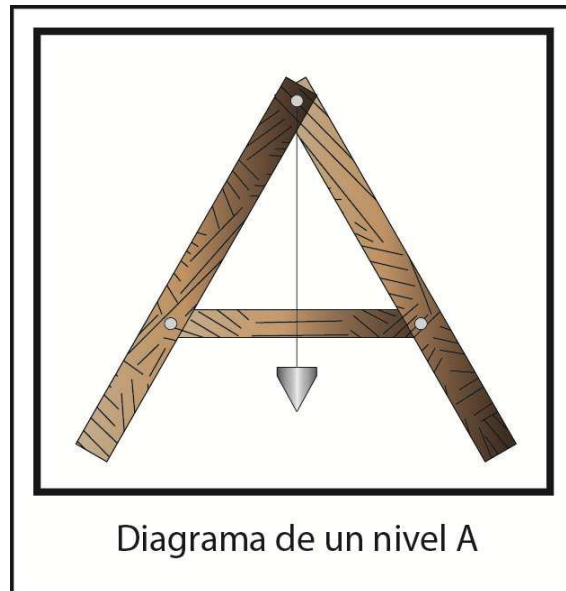


Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR basado en Núñez, 2001.

Uso del nivel A.

El nivel "A" o agro-nivel, es un instrumento que es utilizado para el trazo de curvas a nivel o desnivel, y es muy útil para el buen manejo y prevenir la erosión en terrenos con pendientes. Está formado por tres reglas amarradas en forma de "A" y una plomada. (FHIA, 2011).

Imagen 19. Nivel A.

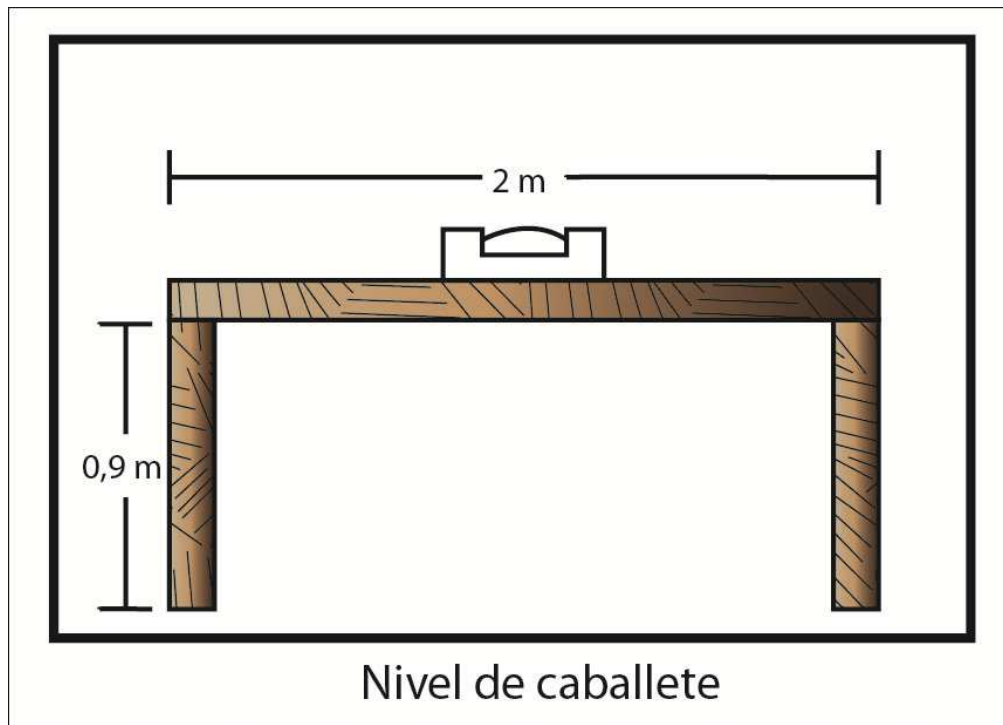


Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR basado en Núñez, 2001.

Uso del codal o nivel de Caballete.

Según el boletín técnico "El Codal", desarrollado por el MAG y el ICE para el Plan de Manejo de la Cuenca del río Reventazón, el codal, es una herramienta simple, fácil de construir, con materiales de bajo costo. Con él se puede trazar y construir: los canales de guardia, acequias de ladera, siembras en contorno, terrazas individuales, entre otras prácticas. Antes de iniciar con su uso, se recomienda: establecer donde está la zona de mayor concentración de aguas, verificar hacia donde escurre el agua, identificar donde están las mayores pendientes, determinar el porcentaje del desnivel a usar.

Imagen 20. Nivel de caballete.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR basado en Núñez, 2001

Curvas en contorno.

Núñez (2001), cita en general que, como uno de los paraleles está fijo mientras el otro es móvil gracias a los tornillos tipo mariposa, se pueden ejecutar los siguientes trabajos de diseño de curvas en contorno:

Curvas a nivel: ambos paraleles se fijan a la misma altura. En los terrenos de ladera se ubica el codal de tal manera que, cuando se tiene una lectura de la burbuja a nivel, se está trazando una curva en contorno a nivel.

Curvas con desnivel: para las curvas a desnivel debe fijar el porcentaje de desnivel (0,30; 0,50; 0,60; 0,75; entre otros) con el paral² móvil del caballete, mediante las siguientes relaciones:

² Paral: Madero que sale de un hueco y sostiene el extremo de un tablón de andamio.

- La regla horizontal del codal mide 2 metro, igual a 200 centímetros.
- Un centímetro de desnivel entre ambas patas del codal, en relación a la altura, significa una diferencia de un centímetro en 200 centímetros de distancia horizontal, lo cual corresponde a un porcentaje de 0,5% de desnivel.
- De esta manera, se pueden calcular otros valores porcentuales de desnivel utilizando la fórmula del cálculo de pendientes en porcentaje.

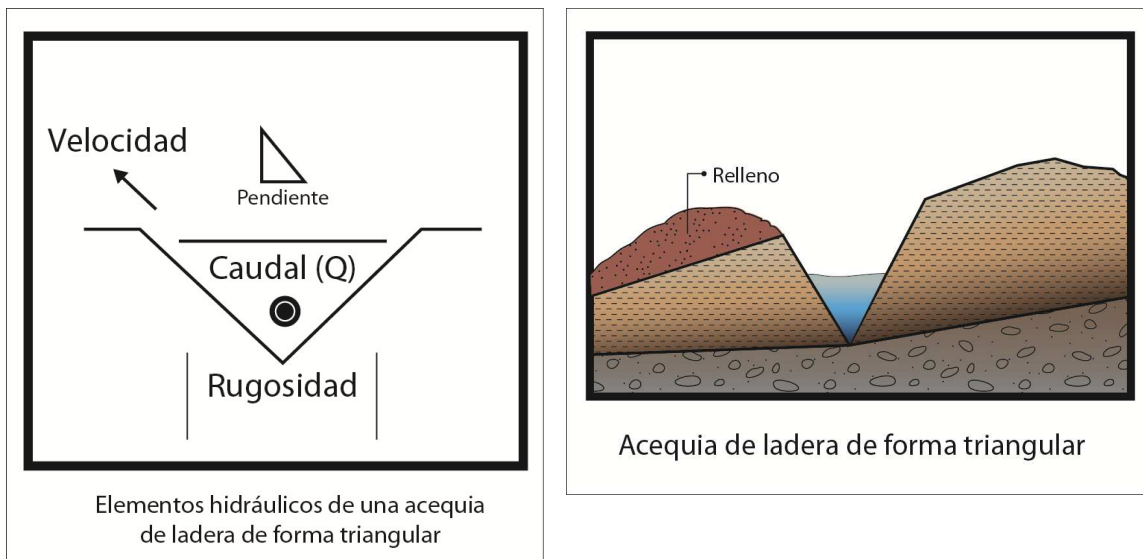
Cuando se trabaja con curvas a desnivel, se puede señalar, con una flecha en la parte superior del codal, la posición del paral de mayor longitud. Esto indica hacia qué dirección se evacua el agua de escorrentía.

Acequias de ladera y zanjillas de drenaje.

Son sistemas de drenajes asociados a terrazas angostas, con un ancho de banco de 2,00 metros. Normalmente, son de forma triangular. Se construyen en terrenos con 12 a 50 % de pendiente, y su diseño es transversal a la pendiente de las laderas.

Al igual que los canales guardia, su función es interceptar el agua de escorrentía, y de igual manera, es conveniente establecer barreras vivas en la parte superior de las acequias de ladera para prevenir la sedimentación de partículas finas (limos y arcillas).

Imagen 21. Acequia de ladera de forma triangular.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR basado en Núñez, 2001.

Canales de Guardia.

Núñez (2001), establece que su función es interceptar el agua de escorrentía, y así evitar la formación de cárcavas, surcos y procesos de erosión laminar.

Estos canales se ubican, transversalmente, a la pendiente de las laderas; además, la forma de corte transversal en estos tipos de canales es trapezoidal.

Para prevenir la formación de sedimentos en el fondo de los canales, se siembran barreras vivas sencillas en la parte superior de estos, a una distancia de 30 a 50 centímetros del borde del talud.

Vías de agua empastada.

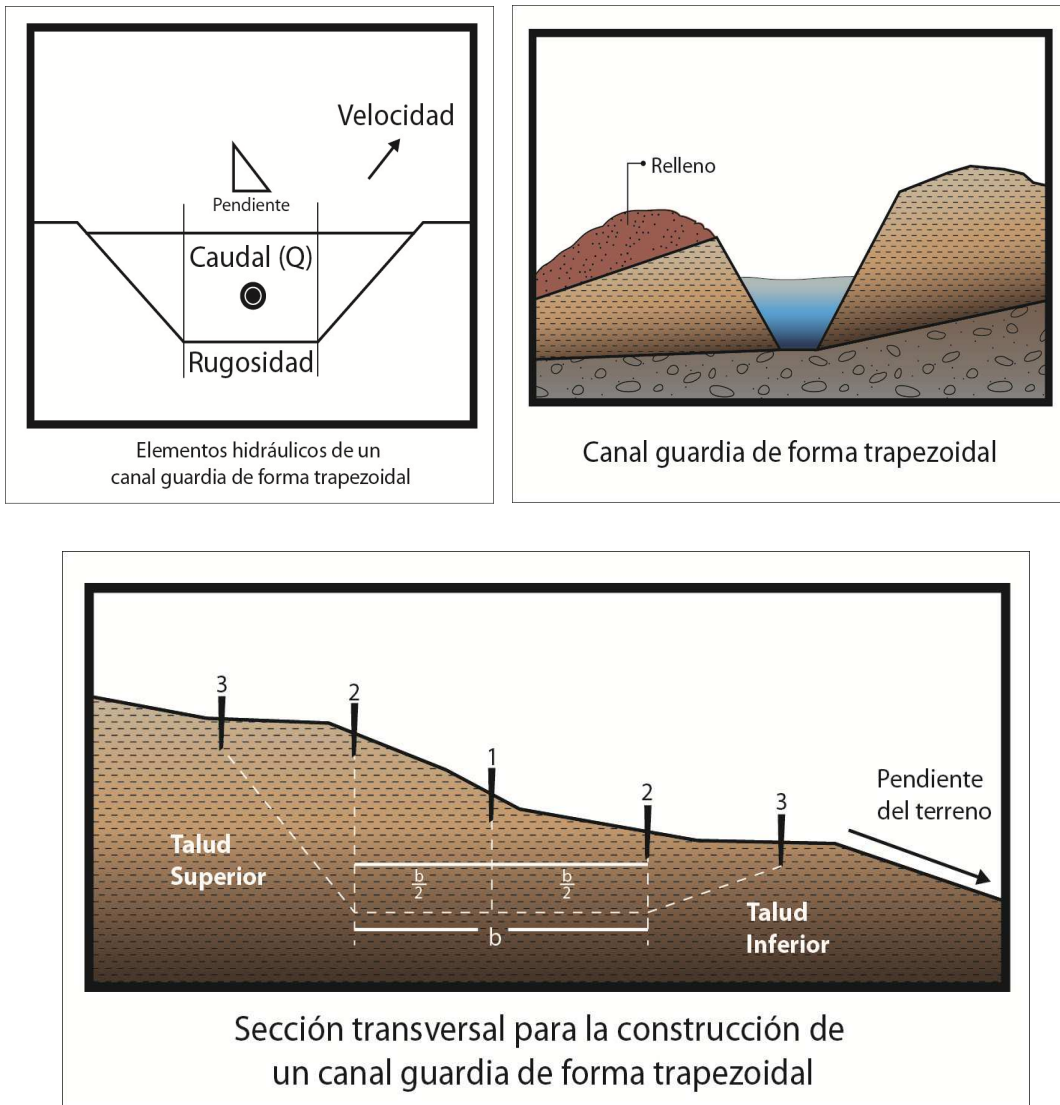
Son utilizadas para recolectar el agua de las estructuras, como los canales guardia y las acequias de ladera y zanjillas de drenaje.

Estas vías de agua fluyen en sentido de la pendiente de la ladera.

De existir vías de agua naturales en la región, se procede a rectificarlas y profundizarlas, con base en la cantidad de agua que debe evacuarse en eventos críticos de lluvia o tormentas. En caso contrario, se construyen tomando en cuenta las siguientes precauciones:

- Diseñar su forma transversal (normalmente es parabólica).
- Recubrir con pastos el fondo del canal.
- Diseñarlo en forma de “dren romano” (es un sistema de canal rectangular, con gravas de 5 a 7 cm de diámetro, ubicados en el fondo del drenaje, cubierto por una capa de 10 centímetros de suelo y pasto de cobertura densa sembrado en su superficie

Imagen 22. Canales de Guardia.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR basado en Núñez, 2001

Terrazas.

Núñez (2001), establece que son terrenos que han sido preparados de forma mecánica en áreas de laderas, con pendiente inversa al sentido general de la pendiente de la ladera, y con zanjillas laterales ubicadas al fondo de la terraza para evacuar los excesos del agua de lluvia.

Las formas más usuales de terrazas son:

Terrazas de base ancha: Se establecen en terrenos con pendientes entre 7 a 10%, y son de amplitud variable. En función de la pendiente, la amplitud puede alcanzar de 40 a 60

metros, y su longitud hasta 400 metros máximo, con ámbitos que predominan entre 200 y 300 metros. Con respecto a la profundidad, en terrenos muy profundos la amplitud puede ser máxima (de 60 a 70 metros). Para lograr este tipo de pendiente, se lleva varios años de trabajo con maquinaria agrícola, especialmente, arados durante los cuales se suele ir volcando las tierras aradas en sentido inverso a la pendiente general para formar las terrazas.

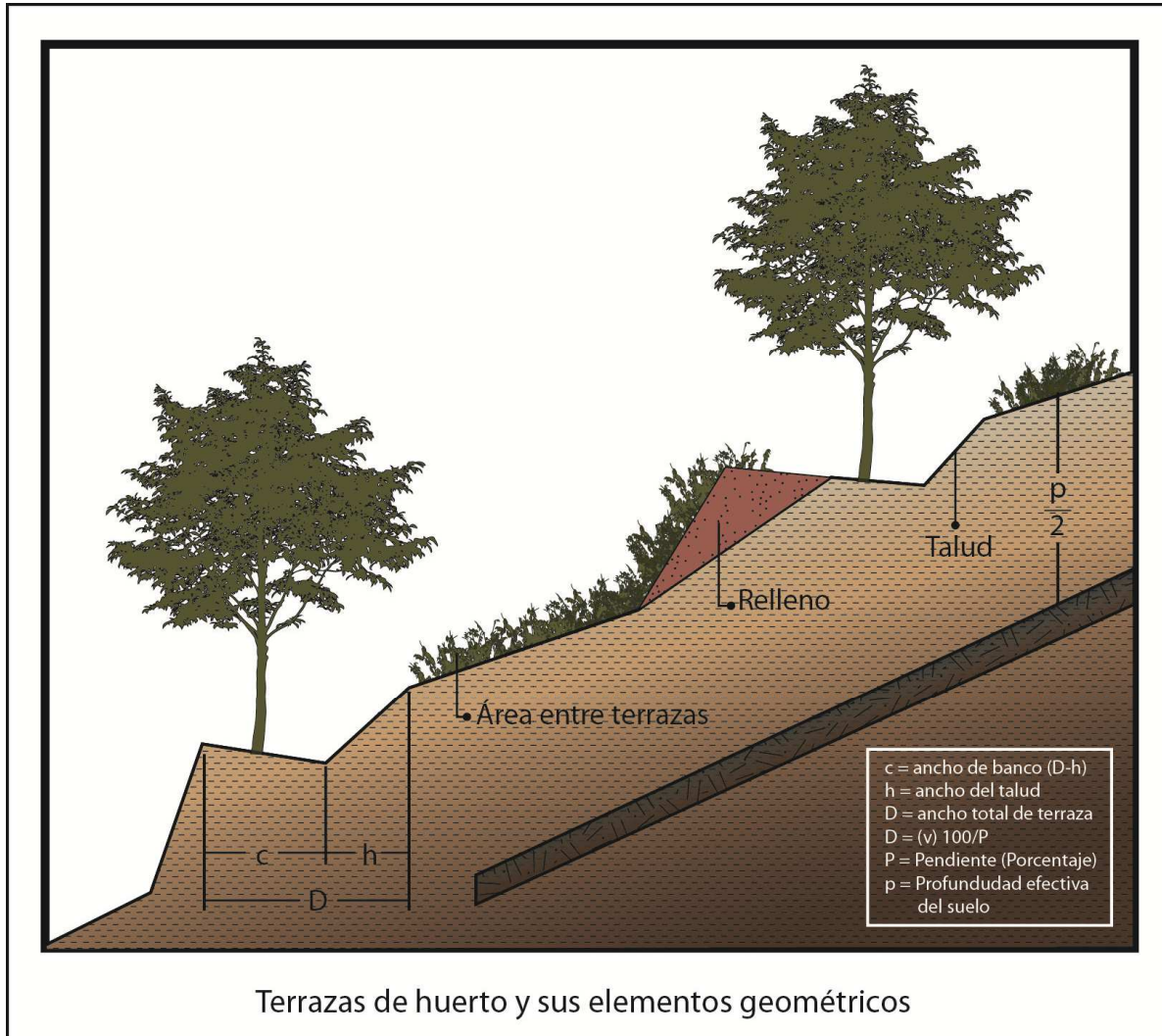
Imagen 23. Ejemplo de cultivo con terrazas de base ancha.



Fuente: <http://eias.usalca.cl/terrazas.html>

Terrazas de huerto: Se establecen para el cultivo de árboles frutales, en terrenos con pendientes generales de 50 a 60 %. Debido a las fuertes pendientes, la distancia entre terrazas es menor que la distancia entre acequias de ladera. Usualmente, el ancho del banco oscila entre 1,40 y 1,50 metros, cuando su función principal es servir de acceso a las plantaciones de frutas situados entre las terrazas, que son construidas con una pendiente inversa del 10%. Para los casos en que se acostumbra a sembrar dentro de las terrazas, la amplitud de la terraza debe tener como mínimo 2,00 metros, manteniéndose espaciadas entre sí de 5 a 6 metros. Para la preservación de las terrazas de huerto, se requiere que los espacios entre terrazas se mantengan bajo cobertura vegetal densa, especialmente, con pastos agresivos, pero que no compitan con los árboles frutales cuando son sembrados en el espacio entre terrazas. Además se deben cuidar los taludes, manteniéndolos con cobertura de grama para evitar procesos erosivos que destruyan los taludes y deterioren las terrazas.

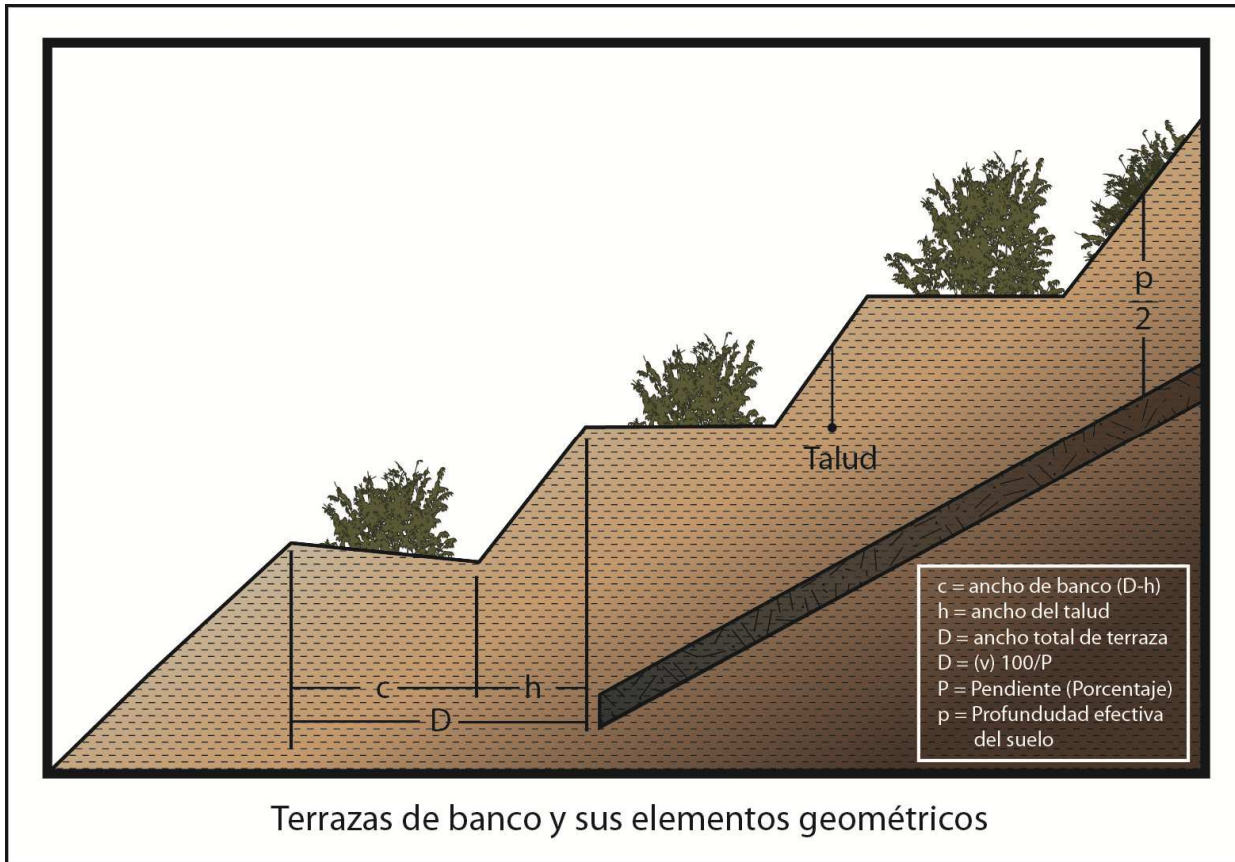
Imagen 24. Diagrama de las terrazas de huerto y sus elementos geométricos.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR basado en Núñez, 2001

Terrazas de banco: Las terrazas de banco son una práctica mecánica de conservación de suelo y agua, que consiste en construir terraplenes o escalones formados por cortes y rellenos en sentido perpendicular a la pendiente del terreno. Su objetivo es: Reducir la velocidad del escurrimiento y minimizar la erosión del suelo, Conservar la humedad del suelo, Facilitar las labores de cultivo o de plantación de árboles, logrando mecanizar áreas con topografía muy accidentada, Promover el uso intensivo de la tierra y aumentar los rendimientos de los cultivos. (Sánchez y Martínez, 2007).

Imagen 25. Terrazas de banco.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR basado en Núñez, 2001.

Terrazas individuales.

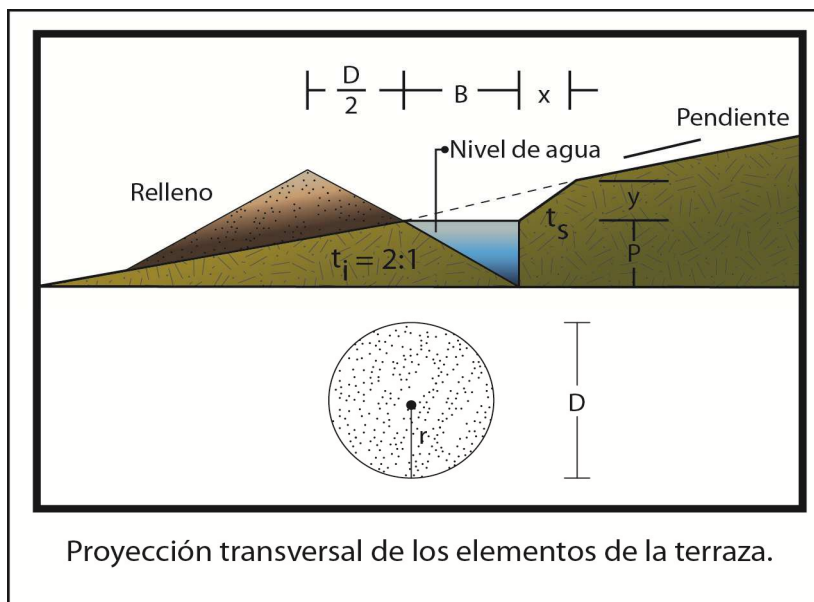
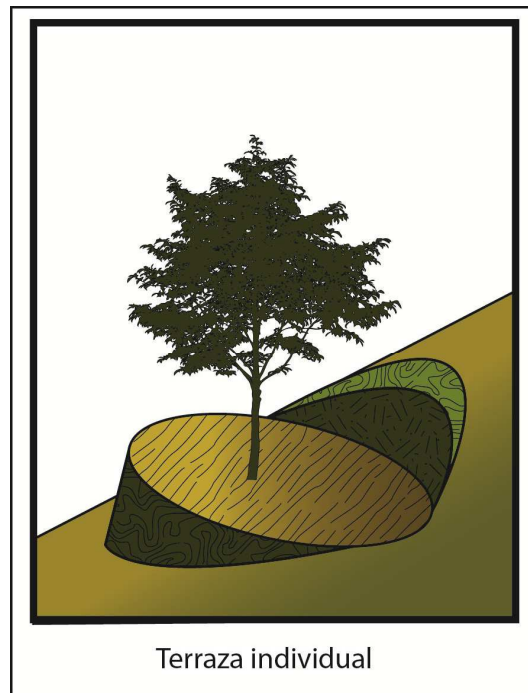
La terraza individual, es una estructura en forma circular, con diámetro de 1 a 2 m, que se usa para el manejo de árboles frutales, en terrenos con pendientes de 12 a 60%. El banco o terraplén de la terraza, debe tener una pequeña inclinación hacia adentro, o pendiente inversa, de 5-10%. Debe llevar a un lado un pequeño canal de desagüe que evita que el agua almacenada vaya a desbordarse por el talud inferior o de relleno. Se recomienda hacer la construcción de las terrazas individuales antes de establecer la plantación de los árboles frutales, ya que así se evita destruir hasta más del 70% del sistema radicular y también causar otros problemas a los árboles (FHIA, 2011).

Entre las ventajas que tiene este sistema se encuentran se encuentra las citadas por Núñez (2001):

- Ser útil para cultivos permanentes y semipermanentes.
- Retener fertilizantes.
- Retener mayor humedad con la aplicación de mantillo dentro de ella.

- Ejercer parcialmente control de malas hierbas.

Imagen 26. Terrazas individuales y sus elementos de diseño.



Fuente: Elaborado en ProDUS-UCR basado en Núñez, 2001.

20. Indicador Hidrológico.

El objetivo de esta sección del Plan de Uso del Suelo, es desarrollar un análisis hidrológico de la condición actual de las microcuencas de las faldas del volcán Irazú, estableciendo varios escenarios de mejora y detrimento de las condiciones actuales de manejo de cultivos y área urbana presente. Este cambio porcentual, es un índice que indica cual sería la respuesta de las microcuencas de la zona de estudio ante diferentes escenarios de planes de uso del suelo. Este análisis, incluye los caudales de escorrentía en la condición actual en la mayoría de las microcuencas de la zona y cambios en caudal, ante modificaciones de la situación actual de uso de suelo de las faldas del volcán Irazú, en los distritos de: Potrero Cerrado, Cot, Santa Rosa y Cipreses del cantón de Oreamuno.

La información que se generó, servirá para la toma de decisiones con respecto a la planificación estratégica con enfoque de cuenca para el cantón de Oreamuno, y ayudará al desarrollo de políticas públicas que se enfoquen en la mejora de las condiciones socio ambientales del cantón de Oreamuno, y las otras zonas que conforman parte de las cuencas en las que se enfoca el estudio.

La metodología y las simulaciones hidrológicas desarrolladas en el diagnóstico hidrológico, definen los caudales de las principales microcuencas de la zona y de los puntos de interés. Estas simulaciones, son recalculadas utilizando el método del TR55 para calcular los tiempos de concentración, ya que en el Diagnóstico, según se indicó, los tiempos de concentración daban muy cortos y no representaban la realidad resultando en caudales muy altos, lo cual, fue verificado posteriormente con observaciones de campo. El método del TR55 para calcular el tiempo de concentración, divide en tramos la longitud del recorrido del agua en diferentes procesos de escorrentía (escorrentía superficial, flujo concentrado y canales abiertos), siendo un método más robusto que el de Kirpich³ que depende de parámetros ajustados y no de parámetros físicos. Por lo tanto, se recalculan los tiempos de concentración y los caudales para las microcuencas presentadas en el diagnóstico.

Metodología de generación del indicador hidrológico:

El análisis hidrológico tiene como objeto, determinar los caudales máximos generados por eventos con diferentes periodos de retorno para puntos de interés de una microcuenca, donde se generan problemas puntuales de inundaciones, evaluando las características hidrológicas y climáticas. Además, se evalúa el Índice Hidrológico para evaluar efectos de cambios de uso en los caudales pico actuales de las microcuencas.

³ Kirpich: Apellido de un investigador Estadounidense que inventó un método muy utilizado en investigaciones hidrológicas para establecer los tiempos de concentración de las cuencas.

El proceso para elaborar este informe, se realiza siguiendo la metodología que se menciona a continuación, con un proceso de búsqueda, sistematización, análisis y modelación de los datos.

1. Del análisis de frecuencia desarrollado en el Diagnóstico del Plan de uso del suelo de las faldas del volcán Irazú, se retoman las láminas de lluvia máximas para diferentes periodos de retorno (1.1, 2, 5, 10, 25 y 50 años) de la estación de Sanatorio Durán, con 16 años de datos.
2. Del estudio del tipo de suelo y uso de suelo del Diagnóstico del Plan de uso del suelo de las faldas del volcán Irazú, se retoma la cobertura de los números de curva, estableciendo el escenario de la condición actual de las microcuencas.
3. Visita de campo a los sitios de interés para realizar el levantamiento topográfico, y valorar las características hidráulicas de los canales. Estas visitas se realizaron en el mes de mayo del 2016. Los sitios visitados fueron: Urb. Sanabria, Urb. Las Delicias, puente del Río Páez, sobre una carretera vecinal cercano a la carretera No. 402 en Paso Ancho; Río Páez, en la vuelta de Tapón; Quebrada Cipreses, y alcantarilla en Chayotillo.
4. Cálculo de los tiempos de concentración de las microcuencas, utilizando el método del TR55 para el tiempo de concentración.
5. Configuración del modelo hidrológico HEC-HMS 4.0, para la condición actual de las microcuencas, el cual, incluye los modelos meteorológicos para cada recurrencia, el modelo de cuenca y el control de especificaciones para cada corrida. Las corridas incluyen generación de caudales de 1.1, 2, 5, 10, 25 y años.
6. Generación de escenarios de cambios de uso de suelo.
7. Cálculo del índice de escorrentía como indicador del efecto hidrológico, debido a cambios de uso de suelo en las faldas del volcán Irazú.

El área de estudio:

El área de estudio a analizar, se localiza en la falda sur del Volcán Irazú, en el cantón de Oreamuno, específicamente, en los distritos de: San Rosa, Cot, Cipreses y Potrero Cerrado; todos, pertenecientes a la hoja cartográfica 1:50000 del IGN de Istarú. Estos distritos, presentan problemas de escorrentía e inundaciones en algunos sitios específicos del cantón, debido a las altas pendientes predominantes, y altas intensidades de lluvia en algunas épocas del año.

Para realizar el Plan de Uso del Suelo para las faldas del Volcán Irazú, se analizó la respuesta ante diferentes planes de uso. En el documento Diagnóstico del Plan de uso del suelo de las faldas del volcán Irazú, se realizó dos diferentes niveles de análisis: primero, una caracterización geofísica de las cuencas principales que drenan los distritos mencionados, anteriormente; y un análisis hidrológico, de lugares específicos con

problemáticas de escorrentía e inundaciones recurrentes definidos previamente. Este análisis realiza una cuantificación de los caudales de escorrentía mediante modelación, usando el modelo HEC-HMS.

Para realizar el Plan de Uso de Suelo, se decide expandir los cálculos de caudales a todas las microcuencas del sitio, y evaluar diferentes escenarios en la aplicación de técnicas de conservación o cambios de uso de suelo, y su respuesta en la escorrentía como indicador hidrológico de la respuesta a mejoras en el sistema.

Además, los tiempos de concentración se recalculan con el método del TR55, y por lo tanto, los caudales presentados en este documento difieren de los presentados en el Diagnóstico del Plan de uso del suelo de las faldas del volcán Irazú.

De tal forma que en las siguientes secciones, se presentará un resumen de las características hidrológicas necesarias para el modelo hidrológico de HECHMS, con el fin de calcular la línea base o estado actual de las microcuencas, y poder luego calcular los cambios porcentuales de caudal dado una alternativa de manejo.

La delimitación de las microcuencas, se hizo con base en la cartografía 1:1000 y 1:5000 del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica del 2008, y se procedió a generar un modelo de elevación digital con una resolución de 2 m x 2 m. Posteriormente, se calcula: la dirección del flujo, los patrones de escorrentía, las líneas de drenaje, y las áreas de drenaje de cada una de las cuencas de los cuerpos de agua presentes en los distritos, y descritos en la sección anterior. La divisoria de aguas de cada cuenca hidrográfica es generada mediante el programa de herramientas de Arc Hydro-Tools, utilizado en el ArcGis 10.3.

En la Imagen 27, se detalla la división del área de estudio en las cuencas principales evaluadas en el Diagnóstico, y cómo se dividieron en microcuencas para realizar la simulación hidrológica en este documento.

La cuenca del río Páez con un área total de 17.51 km², se dividió en seis microcuencas:

- Quebrada Paso Real.
- Quebrada Cañada.
- Puente 1.
- Páez.
- Paso Ancho.
- Río Páez Abajo.

La cuenca de Quebrada Cipreses, se dividió en:

- Chayotillo.

- Cipreses Este.
- Lago Cipreses.
- Chayotillo Sur.
- Lago Cipreses 2.

La cuenca de quebrada Presidio, se dividió en:

- Quebrada Presidio.
- Platanilla.
- Presidio Oeste 2.

La cuenca del Río Taticú, se dividió en:

- Taticú 1.
- Urb. Las Delicias.
- Taticú 2.
- Taticú 3.

La cuenca de la quebrada Boquerón, se dividió en:

- El Paso.
- San Antonio.
- Quebrada. Boquerón.

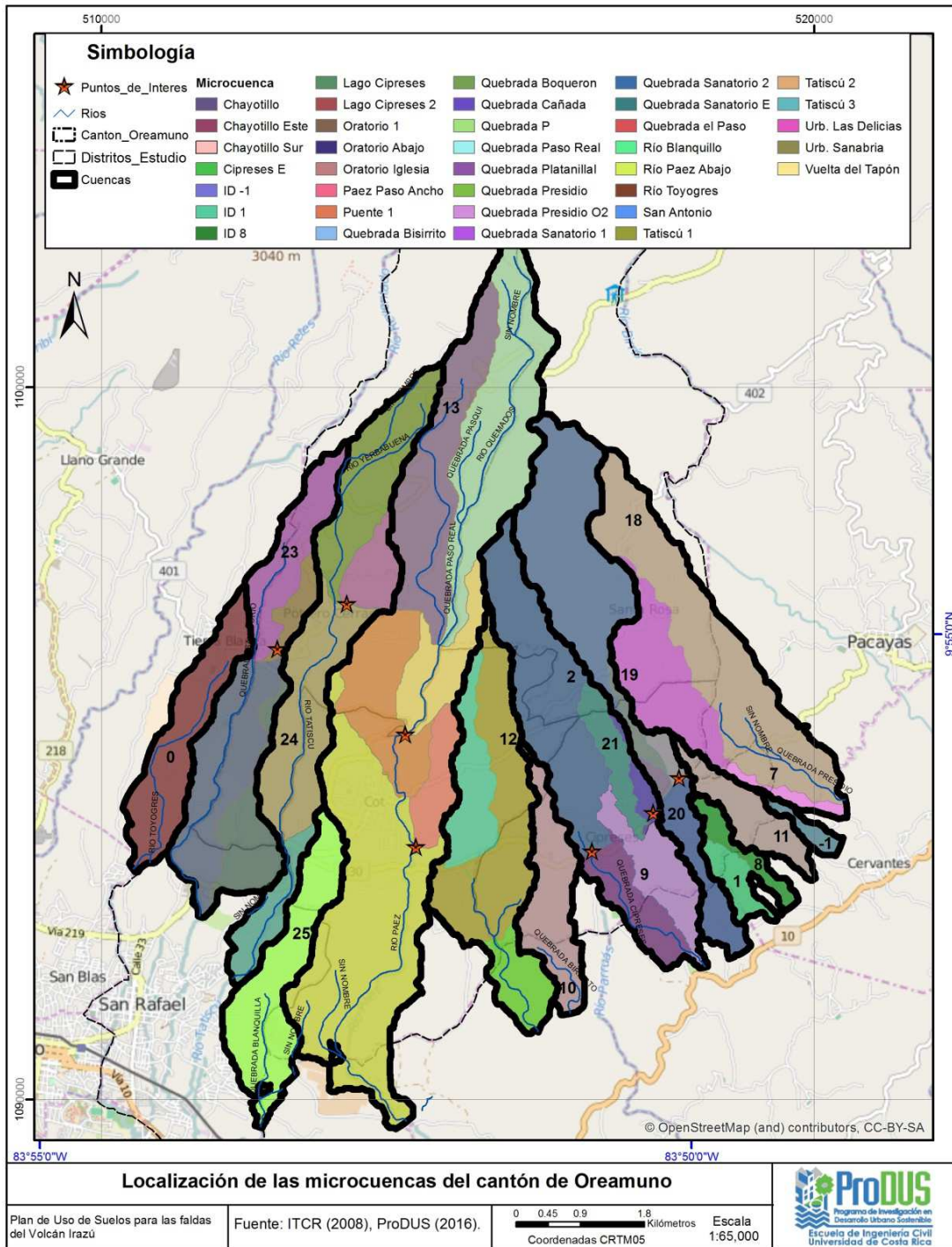
La cuenca de Sanatorio, se dividió en las microcuencas:

- Quebrada Sanatorio 2.
- Sanatorio.
- Urb. Sanabria.

La cuenca de Oratorio, se dividió en las microcuencas de:

- Oratorio Abajo.
- Oratorio 1.
- Oratorio Iglesia.
- Chayotillo Este.

Imagen 27. Distribución de las microcuencas en las cuencas principales del cantón de Oreamuno.



Fuente: ProDUS, 2016.

Análisis hidrológico.

Las principales fuerzas motrices para el proceso de precipitación-escorrentía, son la intensidad y duración de las tormentas; seguido, por las características de las cuencas hidrográficas, que convierten las precipitaciones de entrada en un hidrograma de salida al punto de desfogue de cada cuenca. El tamaño, la pendiente, la forma, los suelos, y la capacidad de almacenamiento del suelo, son parámetros importantes de la geomorfología de la cuenca que influyen en el proceso de precipitación-escorrentía.

Los avances en los métodos computacionales, combinados con los esfuerzos de obtención de datos de campo regulares y extensos, han permitido el desarrollo y aplicación de modelos de simulación en hidrología. Estos modelos incorporan varias ecuaciones para describir el proceso de transporte hidrológico, y contabilizar los balances hídricos a través del tiempo en los diferentes estados del ciclo hidrológico.

El modelo utilizado para simular los caudales en las microcuencas, es el modelo HEC-HMS versión 4.0, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE, 2010). Este modelo, puede realizar simulación de eventos o simulación continua al nivel de detalle de cuencas, según sean definidas. Este programa, calcula la escorrentía superficial resultante de cualquier tormenta sintética o natural, luego de restarle las pérdidas dentro del sistema y obtener la precipitación de exceso.

La lluvia de exceso se transforma en escorrentía a través de métodos hidrograma unitario sintéticos o medidos en campo. La descarga, es calculada a la salida de cada cuenca para, posteriormente, ser transitada en tramos largos de cauce del río hasta el punto de destino final. La escorrentía directa se transforma en caudal por el método del hidrograma unitario sintético del Servicio de Conservación de Suelos (SCS⁴).

En el Cuadro 17, se presentan las principales características de las microcuencas de la zona de estudio, tales como: áreas, elevaciones mínimas y máximas, elevación promedio de cada cuenca y su desviación estándar. Adicional, se tienen las pendientes promedio, mínima, máxima y desviación estándar de las microcuencas. La mayor parte de las pendientes de las microcuencas son superiores al 20 por ciento, y presentan desviaciones estándar superiores al 10%, lo cual, indica altas pendientes, con alta variabilidad, lo cual se pudo corroborar en el sitio mediante visitas de campo.

⁴ Soil Conservation Service actualmente NRSC National Resources Conservacion Service de Estados Unidos de América.

Cuadro 17. Características de las micro cuencas del cantón de Oreamuno.

Cuenca	Microcuenca	AREA	Elevaciones				Pendientes			
			ELEV. MIN	ELEV. MAX	PROM	STD	MIN	MAX	PROM	STD
Río Páez	Quebrada Paso Real	3.86	2185.7	3292.3	2730.4	264.8	0.044	176.7	35.8	21.8
	Quebrada Cañada	2.98	2185.9	3195.0	2590.5	240.9	0.013	234.1	31.5	21.8
	Vuelta del Tapón	1.27	1930.2	2395.7	2154.4	102.5	0.054	348.3	24.9	22.0
	Puente 1	2.00	1807.5	2295.2	2043.5	126.4	0.009	181.1	22.4	13.6
	Páez Paso Ancho	0.83	1722.0	2110.1	1866.8	96.1	0.013	95.4	22.7	13.8
	Río Páez Abajo	6.58	1352.9	2147.8	1653.3	155.4	0.000	511.7	20.8	21.1
Quebrada Cipreses	Chayotillo	3.93	1691.9	2814.3	2336.8	243.5	0.005	111.0	28.6	15.2
	Cipreses E	0.73	1688.0	2066.5	1879.3	88.1	0.008	85.5	22.6	14.3
	Lago Cipreses	3.50	1679.2	2582.4	2049.9	212.7	0.002	125.1	23.4	14.2
	Chayotillo Sur	1.22	1509.1	1817.0	1655.4	61.0	0.001	123.3	19.8	14.6
	Lago Cipreses 2	1.06	1529.4	1730.1	1631.8	46.7	0.006	144.3	19.8	16.3
Quebrada Presidio	Quebrada Presidio	4.46	1543.7	2695.5	2004.2	284.0	0.004	203.0	29.6	17.8
	Quebrada Platanillal	2.04	1735.7	2461.0	1980.3	129.0	0.009	187.9	27.4	17.5
	Quebrada Presidio O2	0.31	1539.0	1758.2	1638.3	60.6	0.031	80.9	20.2	13.0
Río Taticú	Taticú 1	2.13	2216.8	2851.6	2536.3	145.7	0.089	201.7	30.7	17.8
	Urb. Las Delicias	0.74	2233.2	2528.7	2338.2	61.0	0.111	113.8	21.2	10.8
	Taticú 2	2.64	1764.0	2295.1	2009.4	139.8	0.006	165.6	19.2	13.0
	Taticú 3	0.92	1496.7	1844.5	1652.7	85.3	0.030	187.4	25.9	22.9
Quebrada Boquerón	Quebrada el Paso	3.02	1585.9	2319.6	1818.3	187.8	0.003	137.3	22.0	15.1
	San Antonio	1.27	1642.2	2226.6	1872.5	138.4	0.005	118.5	21.4	14.1
	Quebrada Boquerón	0.89	1484.9	1640.4	1575.5	28.9	0.017	112.7	22.4	16.2
Quebrada Sanatorio	Quebrada Sanatorio 2	2.41	1570.0	2124.0	1865.1	134.2	0.014	218.6	21.8	19.1
	Quebrada Sanatorio 1	1.50	2067.9	2562.8	2291.4	99.4	0.040	185.2	23.6	18.9
	Quebrada Sanatorio E	1.21	1567.6	2093.9	1787.9	101.9	0.000	179.9	18.9	16.0
	Urb. Sanabria	0.43	2068.0	2352.1	2214.0	60.5	0.068	125.2	18.9	11.1
Río Blanquillo	Río Blanquillo	2.74	1383.3	1874.4	1563.9	133.4	0.000	99.1	15.1	11.2
Río Toyogres	Río Toyogres	2.28	1600.4	2263.0	1892.2	156.9	0.000	180.8	25.9	17.8
Quebrada Birrisito	Quebrada Birrisito	1.84	1503.4	1958.4	1675.2	85.1	0.000	161.6	21.1	16.8
Quebrada Oratorio	Oratorio Abajo	1.01	1498.8	1764.2	1635.4	79.2	0.003	163.8	19.6	15.2
	Oratorio 1	0.28	1778.8	2089.8	1918.9	74.4	0.012	96.0	24.0	15.5
	Oratorio Iglesia	0.21	1757.8	1896.4	1817.3	38.7	0.028	99.4	24.5	16.9
	Chayotillo Este	0.13	1744.9	1894.1	1802.3	30.5	0.084	81.5	22.6	13.4
	Quebrada P	1.15	1522.6	1852.8	1662.7	74.7	0.002	96.9	20.3	14.8
	ID -1	0.30	1502.5	1701.2	1580.7	47.3	0.051	66.7	19.1	10.9
	ID 1	0.53	1504.1	1700.3	1592.4	43.0	0.004	131.2	19.9	16.7
	ID 8	0.51	1494.6	1748.1	1632.3	73.0	0.015	84.3	18.5	13.4

Fuente: ProDUS, 2016.

Datos de Precipitación y Lluvia de diseño.

Para la estimación de caudales en pequeñas cuencas sin mediciones fluviográficas, es común recurrir a modelos de precipitación-escorrentía, que permiten calcular hidrogramas de crecientes o caudales pico a partir de las características de las lluvias en la región de análisis. Estos modelos requieren definir “tormentas de diseño” o “intensidades de diseño”, lo cual, usualmente, se realiza por medio de curvas intensidad-duración-período de retorno (curvas IDF), representativas del área de estudio y derivadas a partir de registros pluviográficos. Los datos de precipitación máxima para el modelo hidrológico de eventos fueron calculados para periodos de retorno de 1.1, 2, 5, 10, 15, 20, 25 y 50 años en el Documento Diagnóstico.

Según se indicó en el Estudio Diagnóstico, la estación que se escogió y justificó para realizar las modelaciones hidrológicas, fue la de Sanatorio Durán. A continuación, en el Cuadro 18 y en la Imagen 28, se resume las láminas máximas de precipitación para diferentes periodos de retorno o probabilidad de excedencia.

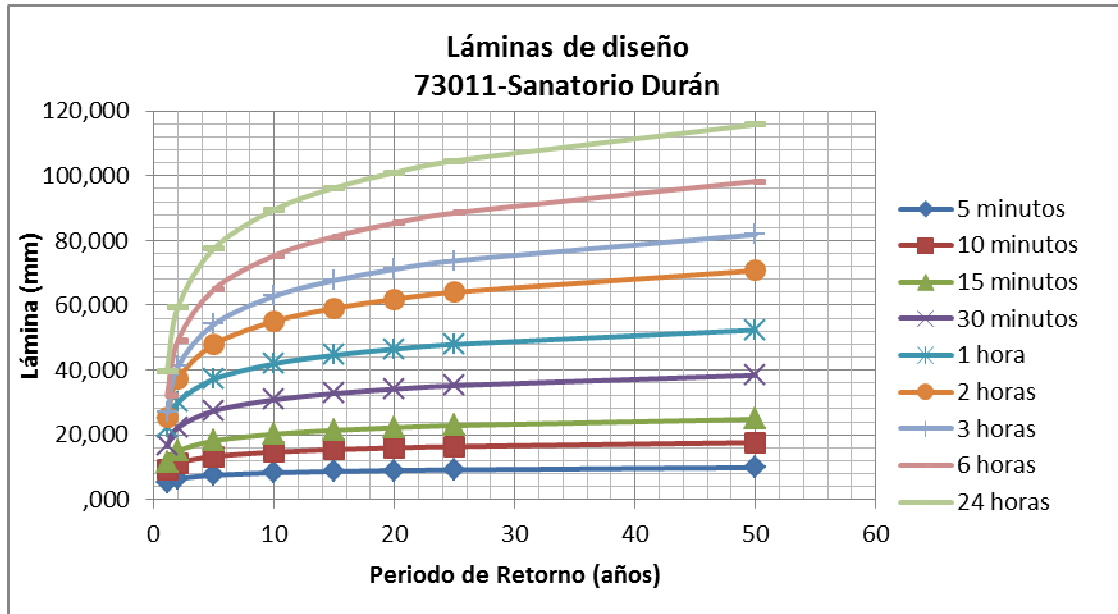
La distribución temporal de la lluvia para eventos, es establecida con la frecuencia de la series para diferentes duraciones y periodos de retorno, realizando el método del Bloque Alterno, ya que no se dispone de un estudio donde se tenga una distribución característica de la zona que tome en consideración la distribución de lluvia que frecuentemente cause inundaciones.

Cuadro 18. Análisis de frecuencia de las estaciones de Sanatorio Durán.

Periodo de Retorno	Kt	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas	24 horas
73011-Sanatorio Durán										
1.1	-1.13	5.14	9.07	11.53	16.56	22.15	25.43	26.79	31.96	39.77
2	-0.16	6.37	11.29	14.98	22.23	30.00	37.20	41.10	49.20	59.54
5	0.72	7.50	13.32	18.12	27.40	37.17	47.94	54.17	64.95	77.59
10	1.30	8.24	14.66	20.21	30.83	41.92	55.06	62.82	75.37	89.54
15	1.63	8.66	15.42	21.38	32.76	44.60	59.07	67.71	81.26	96.29
20	1.87	8.96	15.95	22.21	34.12	46.48	61.88	71.12	85.37	101.01
25	2.04	9.19	16.36	22.84	35.16	47.92	64.05	73.76	88.55	104.64
50	2.59	9.89	17.62	24.79	38.37	52.37	70.71	81.87	98.32	115.85

Fuente: PRODUS, 2016.

Imagen 28. Láminas de diseño para diferentes periodos de retorno y duraciones de lluvia, estación 73011-Sanatorio Durán.



Fuente: PRODUS, 2016.

Modelo de simulación de pérdidas por escorrentía.

El modelo para simulación de pérdidas por escorrentía que se utiliza en el programa HEC-HMS, es el método de las abstracciones del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos de Norte América. El método SCS de la estimación de la escorrentía, implica el cálculo de un Número de Curva (CN) ponderado de la cuenca. Este número corresponde a las relaciones hidrológicas del suelo-cubierta y usos de la tierra. Los principales factores para determinar CN, son el grupo hidrológico del suelo, tipo de cobertura, y la condición de humedad antecedente.

Las abstracciones iniciales (I_a), contabilizan las pérdidas que se dan antes de que haya dado escurrimiento directo, como la almacenada en depresiones y el dosel. Las siguientes ecuaciones calculan el almacenamiento potencial de abstracciones (S) e (I_a).

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$I_a = 0.2S$$

Según la clasificación de órdenes y subórdenes de suelos de Costa Rica y datos de campo recopilados por el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica, se logró determinar que los suelos de la zona se comportan como los suelos del grupo hidrológico B. En el Estudio Diagnóstico se tiene la distribución de los suelos y coberturas de suelo utilizados para generar los datos del grupo hidrológico presentados en esta sección.

En el Cuadro 19, se muestran los valores típicos según literatura (Chow et al., 2000), que fueron asignados a cada combinación de cobertura y suelos. En el Cuadro 20, están resumidos los valores ponderados de Número de Curva (CN), para cada una de las microcuencas que serán modeladas en el HECHMS. Al igual que las desviaciones estándar, las cuales, indican cuan variable es la condición de uso de suelo en la zona. Las microcuencas que presentan valores inferiores de CN de 65, son las de: Lago Cipreses, Quebrada Paso Real, y Oratorio, indicando las mejores condiciones del sitio con menor producción de escorrentía y producción de sedimentos, condiciones favorables para la infiltración, y la recarga de los acuíferos.

A su vez, las microcuencas más desfavorables en cuanto al Número de Curva, son la microcuenca de la Urb. Las Delicias, Urb. Sanabria y Páez Paso Ancho, con valores de CN entre 76 y 78.5. Esto, es congruente con áreas urbanizadas, suelos descubiertos y horticultura generando mayor cantidad de escurrimiento superficial y menor infiltración de la zona, por lo que estos sitios son más propensos a sufrir problemas de inundaciones

Cuadro 19. Número de curva de diversos usos de suelo para la línea base.

Descripción	Áreas (HA)	% Área	CN (B)
Bosque de frondosas(Ca)	471.32	7.51	55
Pastos con árboles dispersos (V)	553.57	8.82	59
Charral(D)	95.98	1.53	56
Caña de azúcar (R)	43.91	0.70	48
Café (C)	5.48	0.09	56
Frutal (Fr)	0.36	0.01	60
Plantas ornamentales (Po)	44.11	0.70	66
Pasto	1532.53	24.43	61
Parque y zona verde	2.26	0.04	69
Deporte y recreación	6.45	0.10	69
Hortalizas y granos (H)	57.68	0.92	78
Otros Cultivos (S)	2927.98	46.67	78
Terrenos no cultivables(E)	38.74	0.62	85
Explotación Agropecuaria Confinada (O)	55.20	0.88	81
Botadero Relleno Tajo	2.74	0.04	86
Área Urbana en Transición	5.42	0.09	85
Cementerio	2.75	0.04	79
Calles, Caminos	120.82	1.93	89
Zona Residencial Dispersa	253.68	4.04	72
Entidad Gubernamental y Publica	7.19	0.11	88
Otros Servicios Urbanos	1.51	0.02	88
Salud y Bienestar (Hospital)	0.31	0.00	88
Transporte y Almacenaje	0.58	0.01	92
Uso Comercial y Servicios Diversos	7.17	0.11	92
Uso Industrial	12.55	0.20	88
Uso Industrial Naves	2.03	0.03	88
Educación y Cultura	7.25	0.12	85
Zona Residencial Densa	14.49	0.23	86

Fuente: PRODUS, 2016.

Cuadro 20. Grupo hidrológico y tiempos de concentración de las microcuencas.

<i>Micro Cuenca</i>	<i>CN</i>	<i>ELEV MAX</i>	<i>ELEV MIN</i>	<i>Long</i>	<i>tc</i>	<i>tlag (min)</i>
CHAYOTILLO	68.1	2810.52	1692.2	7407.4	48.401	29.041
CIPRESES E	67.0	2055.86	1689	3135.7	51.685	31.011
Chayotillo Sur	66.2	1724.3	1509.1	3267.8	32.727	19.636
ID -1	72.9	1677	1503	1525.4	31.93	19.158
ID 1	66.4	1673.58	1504.2	1777.4	33.324	19.994
ID 8	63.8	1721.52	1494.8	2289.9	43.076	25.846
LAGO CIPRESES	62.9	2582.4	1683.3	6380.8	80.667	48.4
LAGO CIPRESES 2	67.4	1700.53	1529.3	3186.1	16.724	10.034
ORATORIO ABAJO	68.3	1759.07	1498.8	3408.3	83.675	50.205
ORATORIO IGLESIA	69.1	1890.3	1757.8	882.69	29.892	17.935
PUENTE 1	75.3	2295.22	1807.8	3126.7	24.811	14.886
QUEBRADA BISIRRITO	65.6	1958.39	1509.6	4971	46.574	27.944
QUEBRADA BOQUERON	61.0	1638.33	1489.2	2548.5	23.58	14.148
QUEBRADA CAÑADA	71.5	3134.54	2186.6	6524	50.232	30.139
QUEBRADA EL PASO	67.8	2319.97	1586	6362.5	55.821	33.492
QUEBRADA P	67.6	1822.44	1523.3	3237.2	35.245	21.147
QUEBRADA PASO REAL	66.0	3290.68	2189.9	6684.8	105.57	63.345
QUEBRADA PRESIDIO	69.7	2636.59	1544	6913.6	50.548	30.329
QUEBRADA PLATANILLAL	66.3	2460.55	1735.9	4563.4	52.249	31.35
QUEBRADA PRESIDIO O2	65.3	1758.32	1539.2	2189.4	39.966	23.98
SANATORIO	74.0	2562.75	2067.9	4019.2	36.972	22.183
QUEBRADA SANATORIO 2	72.0	2121.79	1572.4	5108.8	21.67	13.002
QUEBRADA SANATORIO E	69.4	2080.02	1568	4022.3	36.331	21.799
RIO BLANQUILLO	73.4	1842.05	1384.1	5112.5	29.848	17.909
RIO PAEZ ABAJO	73.1	2147.52	1359.8	9213.3	71.122	42.673
RIO TOYOGRES	66.4	2263	1604	4952.7	28.588	17.153
SAN ANTONIO	71.9	2226.56	1708.2	3584.1	33.41	20.046
TATISCU	73.4	2850.68	2222.2	4192	23.618	14.171
TATISCU 2	75.2	2295.19	1764.7	4823	22.078	13.247
TATISCU 3	66.9	1844.32	1496.7	3285.2	11.386	6.8318
URB DELICIAS	77.9	2528.7	2241	2227.3	22.998	13.799
URB SANABRIA	78.2	2344.5	2067.8	2215.2	22.911	13.746
VUELTA DEL TAPON	69.6	2384.35	1930.6	3404.1	42.302	25.381
ORATORIO	64.8	2084.67	1778.8	2181.2	54.473	32.684
CHAYOTILLO ESTE	69.8	1894.37	1762.7	915.22	19.695	11.817
PAEZ PASOANCHO	76.1	2109.86	1725.9	2414.5	17.348	10.409

Fuente: PRODUS, 2016

Tiempo de Concentración.

El tiempo de concentración se puede calcular aplicando el método del TR55 del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos, el cual utiliza la siguiente ecuación.

$$t_c = t_s + t_{sc} + t_{c1}$$

Esta ecuación, subdivide el cálculo de tiempo de concentración en tres tramos, que se describen a continuación.

1.1.1.1 *Tiempo de escurrimiento superficial.*

Este se calcula a lo largo de los primeros 90 metros, donde todavía no se forma ningún cauce, y el agua se mueve en pequeñas láminas. Este se calcula por medio de la siguiente ecuación.

$$t_s = \frac{0,007(n_s L_s)^{0,8}}{(P_s)^{0,5} S_s^{0,4}}$$

Este cálculo incluye la rugosidad del terreno (n_s), la longitud del trayecto (L_s), lámina de agua de una lluvia de 24 horas con 2 años de período de retorno (P_s) y la pendiente del terreno (S_s). Para la cuenca se hacen las mediciones respectivas mediante mapas digitales, obteniendo los datos de cada variable.

1.1.1.2 *Tiempo de escurrimiento superficial concentrado.*

El segundo cálculo de tiempo de concentración se da cuando se comienzan a formar pequeños cursos de agua, sin todavía llegar al cauce, el tiempo de escurrimiento superficial concentrado se calcula por medio de la siguiente ecuación.

$$t_{sc} = \frac{L_{sc}}{3600V}$$

Donde L_{sc} es la longitud del trayecto y V la velocidad media del flujo.

1.1.1.3 *Tiempo de escurrimiento por el cauce.*

Finalmente se calcula el tiempo de concentración en el tramo del cauce o río, por medio de la ecuación.

$$t_{c1} = \frac{L_{c1}}{3600V}$$

En este caso, la velocidad incluye los términos, tales como: el radio hidráulico, la pendiente de la rasante, y la rugosidad del canal. Finalmente, sumando los tiempos de concentración de cada tramo, se calcula el tiempo de concentración de los puntos de interés de las cuencas a estudiar más detalladamente en el cantón de Oreamuno. Este análisis, puede ser aplicado a las zonas donde se requiere un cómputo más detallado y con mayor precisión, ya que divide el escurrimiento en diferentes etapas. Al estar en este documento analizando la condición actual de las cuencas de los ríos principales, se hace uso de fórmulas más generales que se aplican a grandes áreas de drenaje.

Otra forma de calcular el tiempo de concentración es, utilizando la fórmula de Kirpich. Esta ecuación, fue desarrollada por SCS en siete cuencas rurales, con canales bien definidos y pendientes pronunciadas (3% a 10%).

El tiempo de retardo, es la distancia en tiempo desde el centroide del hidrograma de la lluvia, al tiempo del caudal pico. El tiempo de retardo se calcula, multiplicando el tiempo de concentración por un factor de 0.6. En el Cuadro 21, se muestran los resultados de los tiempos de concentración, y los tiempos de retardo de los ríos principales de las microcuencas; así, como la longitud de recorrido del agua y la elevación máxima y mínima del recorrido del agua. Adicional, en el APÉNDICE 1, se muestran los parámetros y los detalles de los cálculos realizados para cada microcuenca.

Cuadro 21. Inventario de elementos y conexiones del modelo hidrológico para cada cuenca.

Cuenca	Nombre del Elemento	Tipo de Elemento
Río Páez	Sub-Quebrada Paso Real	Microcuenca
	Sub-Quebrada Cañada	Microcuenca
	Unión Páez 1	Unión
	Trans Páez 1	Tránsito de Avenidas
	Sub-Vuelta del Tapón	Microcuenca
	Unión Páez 2	Unión
	Trans Páez 2	Tránsito de Avenidas
	Sub-Puente 1	Microcuenca
	Unión Páez Arriba	Unión
	Sub-Páez Paso Ancho	Microcuenca
	Unión Rio Páez	Unión
	Trans- Páez 3	Tránsito de Avenidas
	Sub-Rio Páez Abajo	Microcuenca
	Unión Páez 3	Unión
Chayotillo	Sub-Chayotillo	Microcuenca
	Sub-Cipreses E	Microcuenca
	Unión Cipreses-Chayotillo	Unión
	Trans-Chayotillo	Tránsito de Avenidas
Quebrada Cipreses	Sub-Lago Cipreses	Microcuenca
	Trans Cipreses	Tránsito de Avenidas
	Sub-Chayotillo Sur	Microcuenca
	Sub-Lago Cipreses 2	Microcuenca
	Unión Cipreses F	Unión
Quebrada Presidio	Sub-Queb Platanillal	Microcuenca
	Trans Presidio	Tránsito de Avenidas
	Sub-Queb Presidio	Microcuenca
	Sub-Presidio O2	Microcuenca
	Unión Presidio	Unión
Quebrada Tatiscú	Sub-Tatiscú 1	Microcuenca
	Sub-Urb Las Delicias	Microcuenca
	Unión Tatiscú- Delicias	Unión
	Trans Tatiscú 1	Tránsito de Avenidas
	Sub-Tatiscú 2	Microcuenca
	Unión Tatiscú 2	Unión
	Trans Tatiscú 2	Tránsito de Avenidas
	Sub-Tatiscú 3	Microcuenca
Unión Tatiscú 3	Unión	
Quebrada Boquerón	Sub-San Antonio	Microcuenca
	Trans- Boquerón 1	Tránsito de Avenidas
	Sub-Queb el Paso	Microcuenca
	Unión Boquerón 1	Unión
	Trans-Boquerón 2	Tránsito de Avenidas
	Sub-Queb Boquerón	Microcuenca
	Unión Boquerón 2	Unión
Quebrada Sanatorio	Sub-Sanatorio	Microcuenca
	Sub-Urb Sanabria	Microcuenca
	Unión Sanabria Sanatorio	Unión
	Trans Sanatorio	Tránsito de Avenidas
	Sub-Queb Sanatorio 2	Microcuenca
	Unión Sanatorio	Unión
	Sub-Rio Blanquillo	Microcuenca
	Sub-Rio Toyogres	Microcuenca
	Sub-Queb Birrisito	Microcuenca
Oratorio	Sub-Oratorio 1	Microcuenca
	Sub-Oratorio Iglesia	Microcuenca
	Oratorio	Unión
	Sub-Chayotillo Este	Microcuenca
	Trans-Oratorio	Tránsito de Avenidas
	Sub-Oratorio Abajo	Microcuenca
	Unión Oratorio	Unión

Fuente: PRODUS, 2016

Simulación hidrológica.

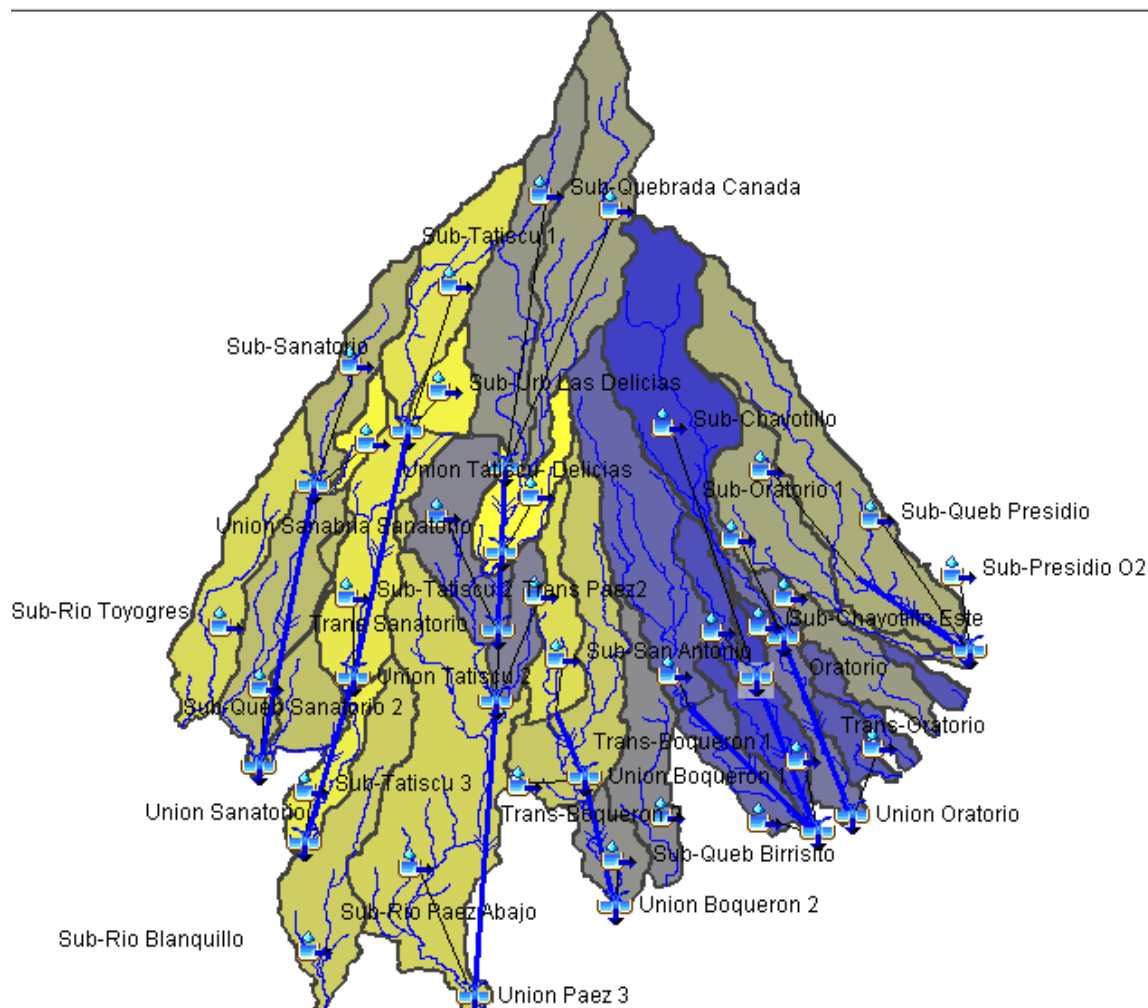
El modelo de simulación hidrológica será aplicado, no solamente en los lugares de interés como se ha mencionado, anteriormente, en el Estudio Diagnóstico, sino en este documento es ampliado a todas las microcuencas de zona con el objeto de poder, posteriormente, evaluar el índice hidrológico de cambios de escorrentía, debido a cambios en prácticas de manejo o cambios de uso de suelo.

En la Imagen 29, se observa la configuración final del modelo hidrológico en el programa hidrológico HEC-HMS, para calcular los caudales en las microcuencas, y en puntos a lo largo de los ríos y quebradas. Entre estos puntos, se incluyen los puntos de interés a estudiar en el estudio hidráulico. La subdivisión de microcuencas que se realizó en el informe Diagnóstico, fue modificada, especialmente, para la microcuenca Río Páez Arriba, la cual, es subdividida en microcuencas adicionales como quebrada Cañada, Paso Real y Vuelta del Tapón.

Entre los elementos ingresados para realizar la modelación se encuentran: la cuenca, las uniones y el tránsito de avenidas.

En los elementos de cuenca se da la transformación de precipitación a escorrentía; posteriormente, se utiliza el elemento de unión para obtener el resultado de la unión de dos hidrogramas, que se unen en un punto de drenaje, generalmente, la confluencia de los ríos o quebradas o algún sitio de interés. Posteriormente, se encuentra el elemento de tránsito de avenidas, el cual desplaza o mueve el caudal de un sitio a otro generando una atenuación en tiempo, caudal pico y volumen. Aunque en Oreamuno las distancias de recorrido de los canales son considerables, las pendientes son altas y el cauce bien establecido, por lo tanto no se genera una atenuación importante del caudal. Se incluyó en el modelo igualmente el tránsito de avenidas, para transitar el agua de escorrentía de una microcuenca a través del canal hasta un punto de unión aguas abajo.

Imagen 29. Configuración del modelo hidrológico para los puntos de interés.



Fuente: PRODUS, 2016

En el Cuadro 21, se muestra el inventario de elementos utilizados en la modelación hidrológica, con las microcuencas, las uniones y los tránsitos de avenidas y los nombres asignados. El orden en el que se muestran, es el orden hidrológico del modelo de cada microcuenca, iniciando desde aguas arriba hasta el punto de salida de la cuenca.

El método para convertir la lluvia en escorrentía directa, es el de abstracciones iniciales del Servicio de Conservación de Suelos (NRCS). El Cuadro 22, se resume los valores de Número de Curva, al igual, que se presentan los valores de tiempo de concentración y tiempos de retraso, para convertir la lámina de escurrimiento directo en hidrograma, utilizando el método de hidrograma unitario del Servicio de Conservación de Suelos para cada una de las microcuencas.

El método utilizado para realizar los tránsitos fue el de onda cinemática, el cual, asume el frente de movimiento como una onda a lo largo del canal. En el Cuadro 23, se presenta un resumen de los tránsitos realizados, y los parámetros obtenidos para el modelo hidrológico.

Cuadro 22. Datos del tránsito de avenidas de los canales.

Tránsito avenidas	Micro cuenca	J1 ⁵ (m)	J2 ⁶ (m)	DJ ⁷	L ⁸ (m)	S ⁹ (m/m)	Descripción del canal	N ¹⁰	T ¹¹ (m)
SANATORIO	Quebrada Sanatorio 2	2068.04	1572.44	495.6	4518.76	0.11	Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos	0.05	10.00
TATISCÚ 1	Tatiscú 2	2211.95	1764.66	447.29	4052.2	0.11		0.05	5.00
TATISCÚ 2	Tatiscú 3	1764.01	1496.68	267.33	2744.93	0.10		0.05	5.00
PAEZ	Vuelta del Tapón	2185.89	1930.56	255.33	1660.64	0.15	Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	0.10	15.00
PAEZ 2	Puente 1	1851.56	1807.82	43.74	508.68	0.09		0.10	15.00
PAEZ 3	Río Páez Abajo	1687.67	1359.78	327.89	5176.09	0.06		0.10	16.00
BOQUERÓN 1	Quebrada el Paso	1690.56	1586.03	104.53	1577.09	0.07		0.10	8.00
BOQUERÓN 2	Quebrada Boquerón	1582.00	1489.15	92.85	1969.66	0.05		0.10	10.00
CIPRESES	Lago Cipreses 2	1680.00	1529.29	150.71	2827.05	0.05	Fondo limpio y curvilíneo	0.04	2.00
CHAYOTILLO	Chayotillo Sur	1691.95	1509.13	182.82	2879.22	0.06	Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos	0.05	1.50
PRESIDIO	Quebrada Presidio O2	1735.64	1539.20	196.44	2028.82	0.10		0.05	2.00
ORATORIO	Oratorio Abajo	1654.86	1498.84	156.02	805.03	0.19	Cultivos	0.04	2.00

Fuente: PRODUS, 2016

⁵ J1: Elevación máxima

⁶ J2: Elevación mínima máxima

⁷ DJ: Diferencia de elevación

⁸ L: Largo del tramo

⁹ S: Pendiente

¹⁰ N: n de Manning

¹¹ T: ancho del canal

Resultados del análisis hidrológico: Condición Actual.

El modelo hidrológico desarrollado, simula la esorrentía en las microcuencas; así, como en los puntos de interés donde se encontraron zonas propensas a inundaciones recurrentes, tales como: La Urbanización las Delicias, Sanabria, Oratorio, Cipreses, Chayotillo, y el río Páez.

Para el caso de la Urbanización Sanabria, el caudal estimado es de 5.15 m³/s y 5.99 m³/s, para 25 y 50 años de periodo de retorno. En el caso de la Urbanización Las Delicias, se estima un caudal de 8.73 y 10.17 m³/s, para 25 y 50 años de periodo de retorno. La cuantificación del caudal que llega a la laguna que drena en la Quebrada Cipreses, se estima de 9.75 m³/s y 12.53 m³/s, para recurrencias de 25 y 50 años de periodo de retorno, y de 53.98 m³/s, para un periodo de retorno de 50 años a la salida de Cipreses.

El caso de la Microcuenca Chayotillo, se genera un caudal de 20.2 y 24.93 m³/s, para 25 y 50 años de periodo de retorno, en el punto de entrada del canal revestido sobre la carretera. Posteriormente, se incrementa el caudal a 36.22 m³/s, para 50 años, con el aporte de la microcuenca Cipreses Este.

El caudal generado en el puente del río Páez, a nivel del puente en Paso Ancho, se tiene un caudal de 43.69. 5 m³/s y 53.47 m³/s, para periodos de retorno de 25 y 50 años. Este punto, recibe los aportes de las microcuencas de aguas arriba y de la microcuenca de Páez- Paso Ancho, la cual, aporta entre 10 y 11.73 m³/s, para periodos de retorno de 25 y 50 años. En Oratorio, el caudal que desciende por la carretera detrás de la Iglesia de Oratorio, se estima en 1.78 m³/s, para un periodo de retorno de 50 años. Sobre la carretera, se juntan los caudales de otra microcuenca más denominada "Oratorio", que aporta 1.4 m³/s. De esta forma, se tendría un caudal de 2.84 m³/s en la carretera nacional. Cabe destacar que las duraciones de lluvia utilizadas para calcular estos caudales son eventos de 24 horas, el cual, es más conservador que calcular un caudal con un evento de menor duración.

En el Cuadro 23, se presentan los resultados de la modelación hidrológica para cada una de las cuencas simuladas, y los elementos hidrológicos utilizados como microcuencas, uniones, y tránsitos de avenida, según sus conexiones hidrológicas de aguas arriba hacia aguas abajo. En negrita, se resaltan los puntos de interés donde se desea modelar hidráulicamente.

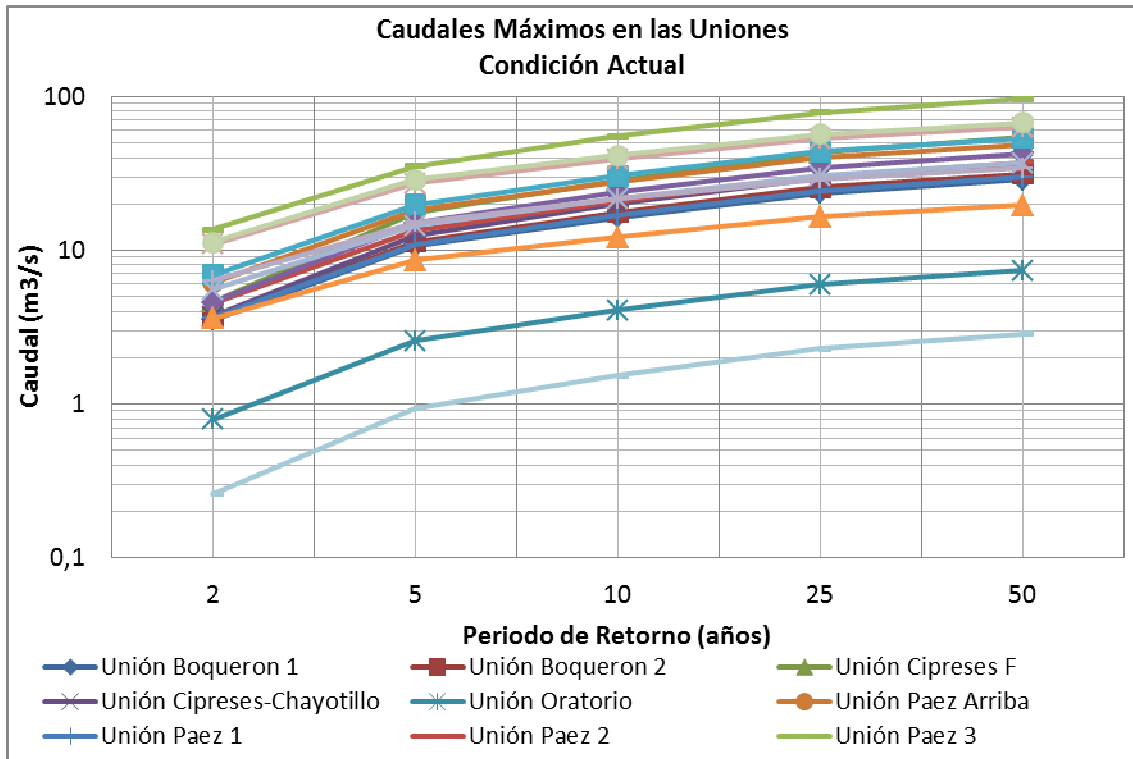
En la Imagen 30 se grafican los caudales máximos del Cuadro 23, con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años para las uniones de las cuencas analizadas. En la Imagen 31, adicionalmente, se detallan los caudales máximos para los mismos periodos de retorno y probabilidades de excedencia de los caudales picos, en los puntos de interés para modelación hidráulica.

Cuadro 23. Resultados de modelación hidrológica para las microcuencas del cantón de Oreamuno.

Cuenca	Periodo de Retorno (años)	1.1	2	5	10	25	50
	Probabilidad de Excedencia (%)	90.9	50	20	10	4	2
	Elementos hidrológicos	Caudales Pico (m3/s)					
Río Páez	Sub-Queb Paso Real	0.09	1.25	4.6	7.51	11.3	14.19
	Unión Páez 1	0.54	3.64	10.86	16.77	24.25	29.89
	Trans Páez 1	0.54	3.63	10.85	16.76	24.23	29.86
	Sub-Quebrada Cañada	0.54	3.16	8.7	12.96	18.16	21.95
	Sub-Vuelta del Tapón	0.14	1.15	3.52	5.41	7.74	9.46
	Unión Páez 2	0.63	4.51	13.54	20.9	30.21	37.19
	Trans Páez 2	0.63	4.5	13.52	20.89	30.2	37.18
	Sub-Puente 1	1.19	4.67	10.91	15.33	20.47	24.14
	Unión Páez Arriba	1.19	6.12	18.08	27.72	39.73	48.76
	Sub-Páez Paso Ancho	0.65	2.42	5.44	7.56	10	11.73
	Unión Río Páez	1.78	6.89	19.87	30.49	43.69	53.55
	Trans-Páez 3	1.75	6.84	19.84	30.47	43.62	53.47
	Sub-Río Páez Abajo	1.42	6.85	17.56	25.68	35.5	42.68
	Unión Páez 3	2.64	13.57	35.18	54.98	78.48	95.82
Quebrada Cipreses	Sub-Chayotillo	0.22	2.63	8.75	13.83	20.2	24.93
	Sub-Cipreses E	0.07	1.07	3.81	6.15	9.11	11.33
	Unión Cipreses-Chayotillo	0.27	3.69	12.55	19.95	29.26	36.22
	Trans-Chayotillo	0.27	3.68	12.5	19.93	29.22	36.17
	Sub-Lago Cipreses	0.02	0.74	3.54	6.19	9.75	12.53
	Trans Cipreses	0.02	0.74	3.54	6.18	9.74	12.52
	Sub-Chayotillo Sur	0.03	0.71	2.76	4.55	6.82	8.52
	Sub-Lago Cipreses 2	0.06	0.95	3.52	5.63	8.26	10.19
Quebrada Presidio	Unión Cipreses F	0.32	4.61	17.44	28.6	42.99	53.98
	Sub-Queb Presidio	0.45	3.69	11.15	17.12	24.49	29.94
	Sub-Queb Platanillal	0.06	0.99	3.7	6.05	9.06	11.34
	Trans Presidio	0.06	0.99	3.69	6.05	9.04	11.33
Río Taticú	Sub-Presidio O2	0.01	0.14	0.58	0.98	1.49	1.88
	Unión Presidio	0.45	4.58	15.04	23.67	34.46	42.54
	Sub-Taticú 1	0.85	4.06	10.32	14.84	20.25	24.14
	Sub-Urb. Las Delicias	0.73	2.32	4.91	6.69	8.73	10.17
	Unión Taticú- Delicias	1.54	6.35	15.19	21.51	28.97	34.3
	Trans Taticú 1	1.53	6.31	15.08	21.41	28.77	34.21
	Sub-Taticú 2	1.58	6.35	14.87	20.91	27.92	32.92
	Unión Taticú 2	2.37	10.91	27.09	39.09	52.97	63.31
	Trans Taticú 2	2.35	10.83	26.99	38.85	52.93	62.85
Quebrada Boquerón	Sub-Taticú 3	0.04	0.82	3.25	5.25	7.76	9.6
	Unión Taticú 3	2.39	11.25	28.63	41.4	56.73	67.8
	Sub-Queb. el Paso	0.14	1.81	6.08	9.65	14.15	17.53
	Sub-San Antonio	0.32	1.74	4.74	7	9.73	11.7
	Trans- Boquerón 1	0.32	1.73	4.72	6.96	9.69	11.67
	Unión Boquerón 1	0.45	3.51	10.64	16.35	23.41	28.64
	Trans- Boquerón 2	0.45	3.5	10.62	16.29	23.38	28.57
	Sub-Queb Boquerón	0	0.17	1.22	2.36	3.92	5.14
Quebrada Sanatorio	Unión Boquerón 2	0.45	3.64	11.35	17.59	25.51	31.34
	Sub-Queb Sanatorio 2	0.71	4.02	10.94	16.11	22.24	26.65
	Sub-Sanatorio	0.58	2.52	6.22	8.92	12.14	14.45
	Sub-Urb Sanabria	0.45	1.39	2.91	3.95	5.15	5.99
	Unión Sanabria Sanatorio	0.92	3.61	8.59	12.18	16.45	19.51
	Trans Sanatorio	0.91	3.6	8.56	12.17	16.4	19.41
Río Blanquillo	Unión Sanatorio	1.15	5.54	14.49	21.52	30.37	36.78
Río Toyogres	Sub-Río Blanquillo	1.01	4.72	11.99	17.33	23.61	28.19
Quebrada Birrisito	Sub-Río Toyogres	0.06	1.36	5.28	8.67	12.95	16.11
Quebrada Oratorio	Sub-Queb Birrisito	0.04	0.83	3.3	5.49	8.3	10.45
	Sub-Oratorio Abajo	0.05	0.53	1.7	2.68	3.91	4.83
	Sub-Oratorio 1	0	0.1	0.43	0.72	1.11	1.4
	Sub-Oratorio Iglesia	0.02	0.2	0.66	1.02	1.46	1.78
	Oratorio	0.02	0.26	0.94	1.53	2.28	2.85
	Sub-Chayotillo Este	0.02	0.16	0.51	0.78	1.11	1.34
	Trans-Oratorio	0.04	0.39	1.33	2.12	3.12	3.87
	Unión Oratorio	0.07	0.79	2.58	4.07	5.97	7.39

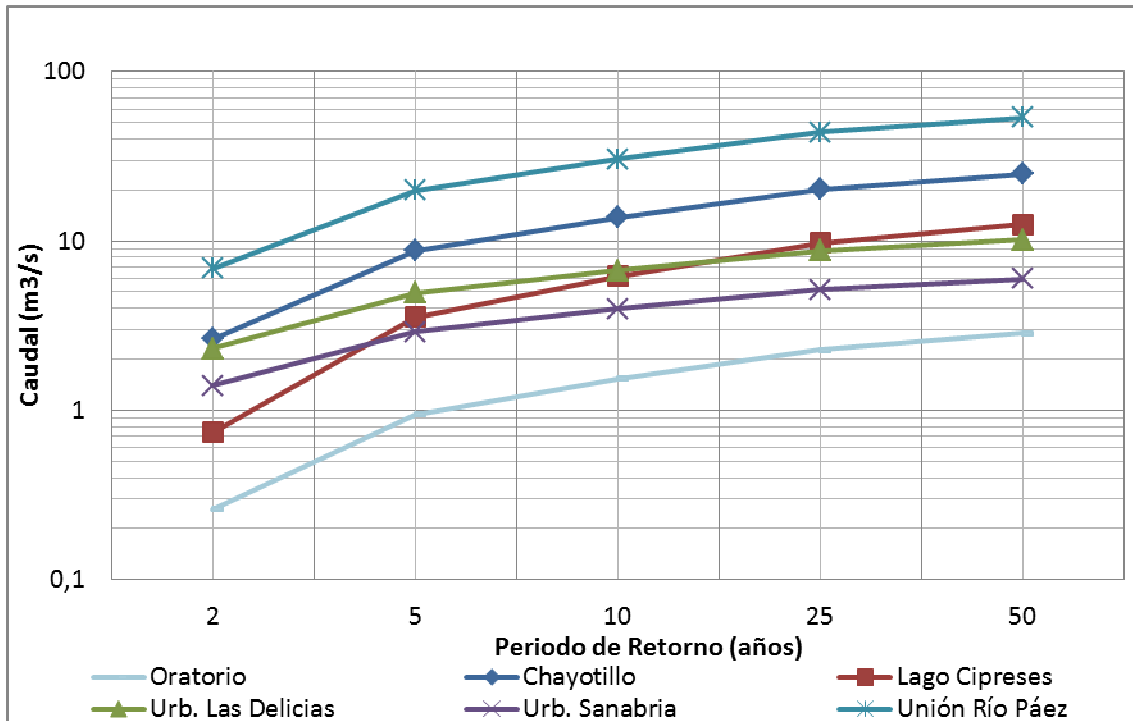
Fuente: ProDUS, 2016.

Imagen 30. Caudales simulados condición actual para periodos de retorno (2, 5, 10, 25 y 50 años) en las uniones.



Fuente: ProDUS, 2016

Imagen 31. Caudales simulados condición actual en los puntos de interés para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años.



Fuente: ProDUS, 2016

Simulación de Escenarios.

Una vez calculada la situación actual de las microcuencas, se procede a establecer diferentes escenarios posibles con cambios poblacionales para el 2050: implementación de las zonas de protección, evaluación de técnicas de manejo de cultivos, entre otras; con el objetivo de evaluar los impactos de cada una de estas propuestas.

Para evaluar el impacto de cada técnica implementada, se desarrolla un índice hidrológico, en el cual, se evalúa el porcentaje de cambio en el caudal pico, principal responsable de las inundaciones. El caudal pico, es el caudal instantáneo máximo que se pueda generar en un evento de precipitación. Este caudal instantáneo tiene que fluir por una sección determinada con cierta capacidad de acarreo hidráulico instantánea. Al sobrepasar, en un momento específico la escorrentía, esta capacidad de acarreo, el río o quebrada se desborda, causando problemas de inundaciones repentinas, según sucede en el cantón de Oreamuno.

$$\text{Índice hidrológico} = IH = \frac{Q_{P,E} - Q_{P,A}}{Q_{P,A}}$$

Dónde:

IH = Índice hidrológico = porcentaje de cambio de caudal pico

Q_{P,E} = Caudal pico del escenario simulado

Q_{P,A} = Caudal pico del escenario actual simulado

Valores de IH positivos, es indicador de detrimentos en el riesgo a inundaciones, producto de incremento en caudales pico. Valores negativos del IH, es indicador de mejoras en el riesgo a inundaciones, producto de la reducción de los caudales pico.

A continuación, se desarrollan los diferentes escenarios, y se evalúan con el índice hidrológico de porcentaje de cambio del caudal pico del escenario propuesto con el escenario actual.

Escenario 1: Áreas de protección de nacientes, pozos y ríos.

El escenario 1, considera el cambio de uso, solicitándoles a los productores que mantengan y rehabiliten las zonas de protección a las márgenes de los ríos y quebradas, según lo indica la Ley Forestal. En el caso de las nacientes, hay que respetar una distancia de 200 metros sin desarrollar ninguna actividad, y manteniendo la zona de recarga con árboles y pastizales. En el caso de los pozos, se tiene una distancia de 30 metros; y en el caso de las áreas de protección a las márgenes de los ríos, es de 15 a 50 metros en zonas rurales, según la pendiente.

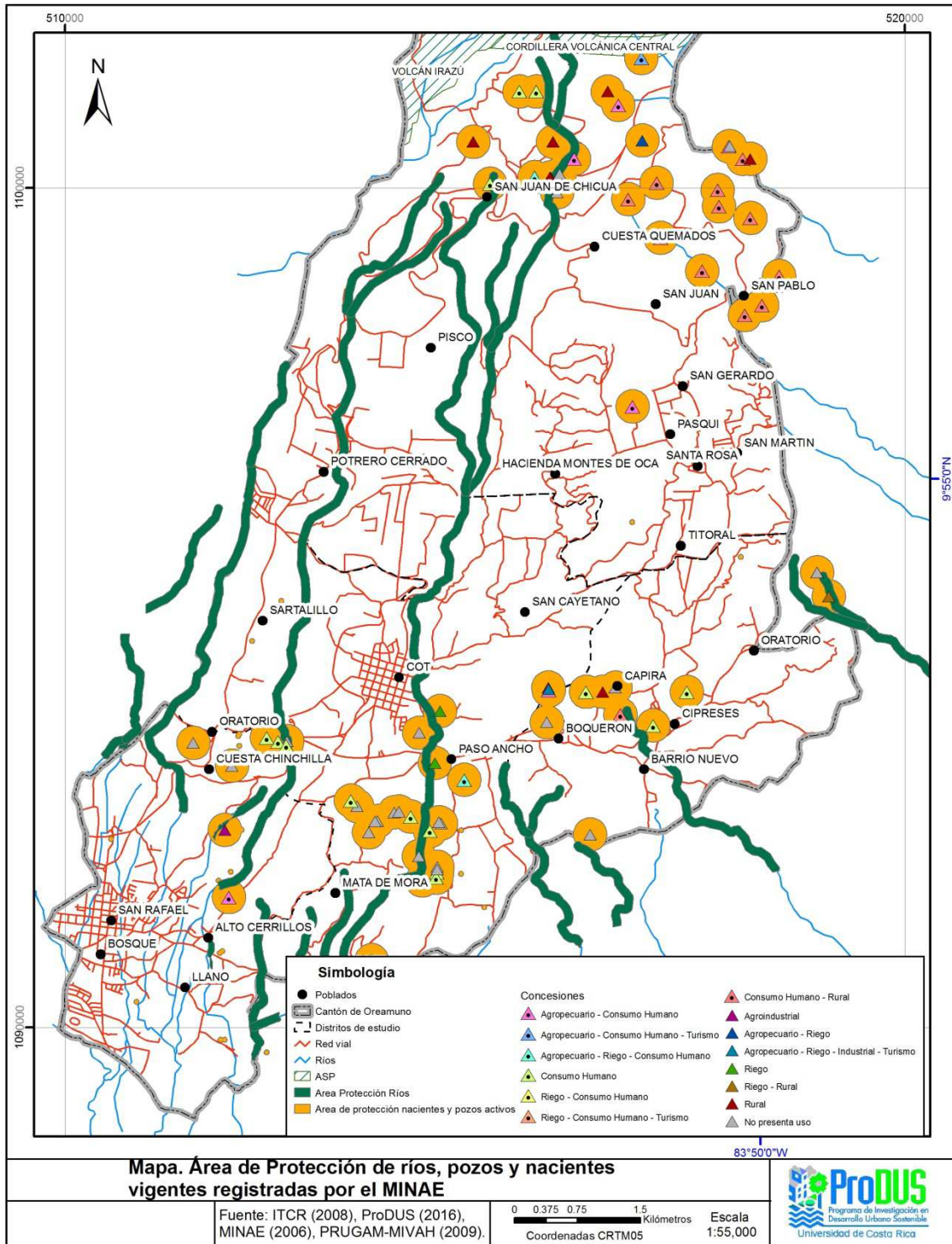
Para el cantón de Oreamuno, como se ha detallado anteriormente, las pendientes del terreno y de los ríos son bastante altas, mayores de 20% y 10%, respectivamente. Estas pendientes generan velocidades importantes de escurrimiento, incrementando la capacidad de transporte de sedimentos y contaminantes a las fuentes de agua, de tal forma que, la distancia de protección de márgenes de ríos y quebradas en esta zona debería ser establecida en 50 metros, para contar con una zona de amortiguamiento que permita aminorar el transporte de contaminantes al agua.

En la construcción del escenario, se tomó la capa de nacientes y pozos del Atlas de geodatos del Tecnológico de Costa Rica, y se seleccionaron solamente los que se encuentran activos, y se creó una área de influencia de 30 metros alrededor de los pozos activos, y de 200 metros alrededor de las nacientes. En el caso de los ríos y quebradas, se tomó la capa de Ríos oficiales de Costa Rica, y se realizó una zona de amortiguamiento de de 50 metros a cada lado de la línea principal del río. En la imagen 32 se puede observar el resultado del análisis realizado.

Estas áreas de influencia generadas en su condición actual, se encontraban en su mayoría ocupadas por cultivos y desarrollos urbanos. Posteriormente, se le realiza un cambio de uso de suelo, solamente, a las zonas ocupadas por algún tipo de cultivo a bosques o charrales, dejando el área protegida libre de cultivos. El número de curva utilizado en esta categoría de bosques y charrales es de 55.

Con este escenario, se pueden observar en el Cuadro 24, mejoras en el índice hidrológico, con valores negativos de reducción de los caudales pico, reduciendo el riesgo a inundaciones repentinas. Por ejemplo, en la microcuenca Tatiscú 3, se tiene un índice de -27.2, y Río Páez Debajo de -16.8, y Cipreses Este de -12.9. Estos valores representan reducciones porcentuales del caudal pico para un periodo de retorno de 50 años.

Imagen 32. Mapa de área de protección de ríos, pozos y nacientes vigentes registradas por el MINAE.



Fuente: ProDUS, 2016

Cuadro 24. Modelación de Escenario 1.

Microcuenca	CN AP ¹²	Periodo de Retorno			
		Caudales (m3/s)		Índice Hidrológico	
		25	50	25	50
Chayotillo	67.48	19.47	24.12	-3.6	-3.2
Chayotillo Este	69.79	1.1	1.34	-0.9	0.0
Chayotillo Sur	65.49	6.51	8.19	-4.5	-3.9
Cipreses E	64.57	7.78	9.87	-14.6	-12.9
Lago Cipreses	62.08	9.2	11.89	-5.6	-5.1
Lago Cipreses 2	66.57	7.84	9.75	-5.1	-4.3
Oratorio Abajo	68.27	3.9	4.82	-0.3	-0.2
Oratorio Iglesia	69.05	1.46	1.78	0.0	0.0
Oratorio 1	64.81	1.11	1.4	0.0	0.0
Páez Paso Ancho	73.55	8.9	10.57	-11.0	-9.9
Quebrada Presidio O2	65.30	1.49	1.88		
Puente 1	74.52	19.76	23.39	-3.5	-3.1
Quebrada Cañada	69.86	16.64	20.31	-8.4	-7.5
Quebrada Birrisito	63.80	7.36	9.37	-11.3	-10.3
Quebrada Boquerón	60.91	3.89	5.1	-0.8	-0.8
Quebrada el Paso	66.10	12.76	15.97	-9.8	-8.9
Quebrada Paso Real	64.12	10.03	12.77	-11.2	-10.0
Quebrada Platanillal	66.34	9.08	11.36	0.2	0.2
Quebrada Presidio	68.77	23.23	28.58	-5.1	-4.5
Quebrada Sanatorio 2	69.71	19.73	23.97	-11.3	-10.1
Río Blanquillo	73.11	23.29	27.84	-1.4	-1.2
Río Páez Abajo	69.17	28.88	35.49	-18.6	-16.8
Río Toyogres	65.50	12.22	15.32	-5.6	-4.9
Quebrada Sanatorio 1	72.40	11.23	13.48	-7.5	-6.7
San Antonio	71.77	9.66	11.63	-0.7	-0.6
Tatiscú 1	72.27	19.14	22.96	-5.5	-4.9
Tatiscú 2	73.42	25.72	30.6	-7.9	-7.0
Tatiscú 3	61.78	5.42	6.99	-30.2	-27.2
Urb. Las Delicias	77.89	8.72	10.17	-0.1	0.0
Urb. Sanabria	78.22	5.15	5.99	0.0	0.0
Vuelta del Tapón	69.22	7.57	9.28	-2.2	-1.9
Uniones					
Unión Boquerón 1		21.9	26.98	-6.5	-5.8
Unión Boquerón 2		23.95	29.62	-6.1	-5.5
Unión Cipreses F		40.19	50.85	-6.5	-5.8
Unión Cipreses-Chayotillo		27.17	33.93	-7.1	-6.3
Unión Oratorio		5.96	7.39	-0.2	0.0
Unión Páez Arriba		36.91	45.61	-7.1	-6.5
Unión Páez 1		21.87	27.24	-9.8	-8.9
Unión Páez 2		27.66	34.36	-8.4	-7.6
Unión Páez 3		68.79	85.2	-12.3	-11.1
Unión Presidio		33.25	41.23	-3.5	-3.1
Unión Río Páez		40.41	49.96	-7.5	-6.7
Unión Sanabria Sanatorio		15.51	18.51	-5.7	-5.1
Unión Sanatorio		27.88	34.07	-8.2	-7.4
Unión Tatiscú 2		49.96	59.99	-5.7	-5.2
Unión Tatiscú 3		52.78	63.54	-7.0	-6.3
Unión Tatiscú- Delicias		27.86	33.13	-3.8	-3.4
Oratorio		2.28	2.85	0.0	0.0

Fuente: ProDUS, 2016

¹² CN AP: Número de Curva Ponderado con áreas de protección

Escenario 2: Reducción del área de los pastos para dedicarlas a otros cultivos.

En el escenario 2, se plantea un cambio de uso de suelo de pastos a cultivos, esto en el caso de que los agricultores del lugar decidieran cambiar su actividad agrícola de ganadería a cultivos como la papa y las hortalizas, populares en la zona. En este caso, se estaría aumentando el Número de Curva de a 61 a 78.

Esta alternativa plantea dos escenarios diferentes, un cambio de área sembrada de un 10 por ciento de los campos dedicados al pastoreo, en cada una de las microcuencas, a cultivos como papas u hortalizas. En esta nueva actividad se genera un mayor escurrimiento, por lo tanto, el Índice hidrológico presentará cambios positivos en detrimento del riesgo de inundaciones.

El otro escenario, es el cambio porcentual en área del 30% de las tierras dedicadas al cultivo de pastos a cultivos de papa y hortalizas, entre otros.

En el Cuadro 25, se presentan los nuevos números de curvas ponderados en cada microcuenca, al incrementar los números de curva ponderados se aumenta, directamente, los caudales pico, aumentando el riesgo a inundaciones.

Al aumentar el área de cultivos como la papa y hortalizas en un 10 y 30 por ciento los incrementos son variables en cada una de las microcuencas y elementos de uniones de las cuencas, situándose en rangos de aumento entre 0.4 a 7.9 y de 0.4 a 24.3, respectivamente, para un periodo de retorno de 50 años. Los mayores aumentos en el caudal pico se presentan en las microcuencas de Oratorio, Quebrada Boquerón y Platanillal según se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 25. Modelación Escenario 2.

			Periodo de Retorno		Periodo de Retorno		Periodo de Retorno		Periodo de Retorno	
			25	50	25	50	25	50	25	50
Microcuenca	CN 10	CN 30	Caudales 10 % de Pastos a Cultivos		Caudales 30 % de Pastos a Cultivos		IH 10 % de Pastos a Cultivos		IH 30 % de Pastos a Cultivos	
Chayotillo	69.0	70.6	21.21	26.05	23.22	28.23	5.0	4.5	15.0	13.2
Chayotillo Este	70.7	72.4	1.16	1.4	1.26	1.51	4.5	4.5	13.5	12.7
Chayotillo Sur	66.5	67.3	6.97	8.69	7.33	9.08	2.2	2.0	7.5	6.6
Cipreses E	68.1	70.2	9.71	11.99	10.95	13.34	6.6	5.8	20.2	17.7
Lago Cipreses	63.7	65.3	10.31	13.17	11.43	14.42	5.7	5.1	17.2	15.1
Lago Cipreses 2	67.6	68.1	8.38	10.33	8.63	10.59	1.5	1.4	4.5	3.9
Oratorio Abajo	68.5	68.8	3.94	4.86	4.02	4.95	0.8	0.6	2.8	2.5
Oratorio Iglesia	69.9	71.7	1.53	1.86	1.68	2.02	4.8	4.5	15.1	13.5
Oratorio 1	66.1	68.7	1.21	1.51	1.42	1.74	9.0	7.9	27.9	24.3
Páez Paso Ancho	76.2	76.3	10.04	11.77	10.09	11.83	0.4	0.3	0.9	0.9
Puente 1	75.5	76.0	20.69	24.38	21.07	24.8	1.1	1.0	2.9	2.7
Quebrada Cañada	71.6	71.9	18.25	22.04	18.52	22.34	0.5	0.4	2.0	1.8
Quebrada Birrisito	66.4	68.1	8.77	10.96	9.7	11.98	5.7	4.9	16.9	14.6
Quebrada Boquerón	61.9	63.9	4.22	5.48	4.88	6.22	7.7	6.6	24.5	21.0
Quebrada el Paso	68.7	70.3	14.9	18.35	16.28	19.84	5.3	4.7	15.1	13.2
Quebrada Paso Real	66.5	67.3	11.62	14.55	12.23	15.23	2.8	2.5	8.2	7.3
Quebrada Platanillal	67.6	69.9	9.79	12.14	11.21	13.67	8.1	7.1	23.7	20.5
Quebrada Presidio	70.4	71.5	25.5	31.04	26.99	32.64	4.1	3.7	10.2	9.0
Quebrada Sanatorio 2	72.4	72.9	22.65	27.08	23.27	27.75	1.8	1.6	4.6	4.1
Río Blanquillo	73.6	73.8	23.86	28.46	24.12	28.74	1.1	1.0	2.2	2.0
Río Páez Abajo	73.4	73.7	35.97	43.18	36.48	43.73	1.3	1.2	2.8	2.5
Río Toyogres	66.8	67.5	13.23	16.42	13.81	17.07	2.2	1.9	6.6	6.0
Quebrada Sanatorio 1	74.3	74.7	12.3	14.62	12.53	14.86	1.3	1.2	3.2	2.8
San Antonio	72.3	73.1	9.91	11.9	10.31	12.32	1.8	1.7	6.0	5.3
Tatiscú 1	73.5	73.7	20.33	24.23	20.5	24.41	0.4	0.4	1.2	1.1
Tatiscú 2	75.3	75.5	28.08	33.09	28.31	33.32	0.6	0.5	1.4	1.2
Tatiscú 3	67.3	68.1	7.95	9.8	8.34	10.22	2.4	2.1	7.5	6.5
Urb. Las Delicias	77.9	77.9	8.76	10.21	8.76	10.21	0.3	0.4	0.3	0.4
Urb. Sanabria	78.2	78.2	5.21	6.05	5.21	6.05	1.2	1.0	1.2	1.0
Vuelta del Tapón	69.8	70.2	7.82	9.55	8.01	9.75	1.0	1.0	3.5	3.1
Uniones										
Unión Boquerón 1			24.35	29.68	26.12	31.57	4.0	3.6	11.6	10.2
Unión Boquerón 2			26.53	32.52	28.54	34.66	4.0	3.8	11.9	10.6
Unión Cipreses F			45.21	56.43	49.75	61.46	5.2	4.5	15.7	13.9
Unión Cipreses-Chayotillo			30.89	37.99	34.12	41.5	5.6	4.9	16.6	14.6
Unión Oratorio			6.13	7.57	6.48	7.96	2.7	2.4	8.5	7.7
Unión Páez Arriba			40.18	49.31	41.19	50.43	1.1	1.1	3.7	3.4
Unión Páez 1			24.6	30.28	25.36	31.14	1.4	1.3	4.6	4.2
Unión Páez 2			30.6	37.63	31.46	38.63	1.3	1.2	4.1	3.9
Unión Páez 3			79.42	96.83	80.98	98.55	1.2	1.1	3.2	2.8
Unión Presidio			34.85	42.71	37.79	45.9	1.1	0.4	9.7	7.9
Unión Río Páez			44.16	54.08	45.19	55.24	1.1	1.0	3.4	3.2
Unión Sanabria Sanatorio			16.62	19.69	16.86	19.94	1.0	0.9	2.5	2.2
Unión Sanatorio			30.58	37.21	31.2	37.74	0.7	1.2	2.7	2.6
Unión Tatiscú 2			53.18	63.67	53.56	64.11	0.4	0.6	1.1	1.3
Unión Tatiscú 3			56.94	68.21	57.45	68.82	0.4	0.6	1.3	1.5
Unión Tatiscú-Delicias			29.07	34.41	29.24	34.59	0.3	0.3	0.9	0.8

Fuente: ProDUS, 2016.

Escenario 3: Crecimiento poblacional al 2050.

En este escenario, se calculó cual sería el crecimiento poblacional al año 2050 en el cantón de Oreamuno. Se utilizó una investigación previa de Pujol y Pérez (2012) en la cual se compara la mancha urbana de tres años diferentes separados por espacio superior a una década, y con esta información se observó el comportamiento creciente acelerado o desacelerado de la mancha y se calculó la proyección de la mancha urbana para el año 2050 utilizando el programa de ArcGIS.

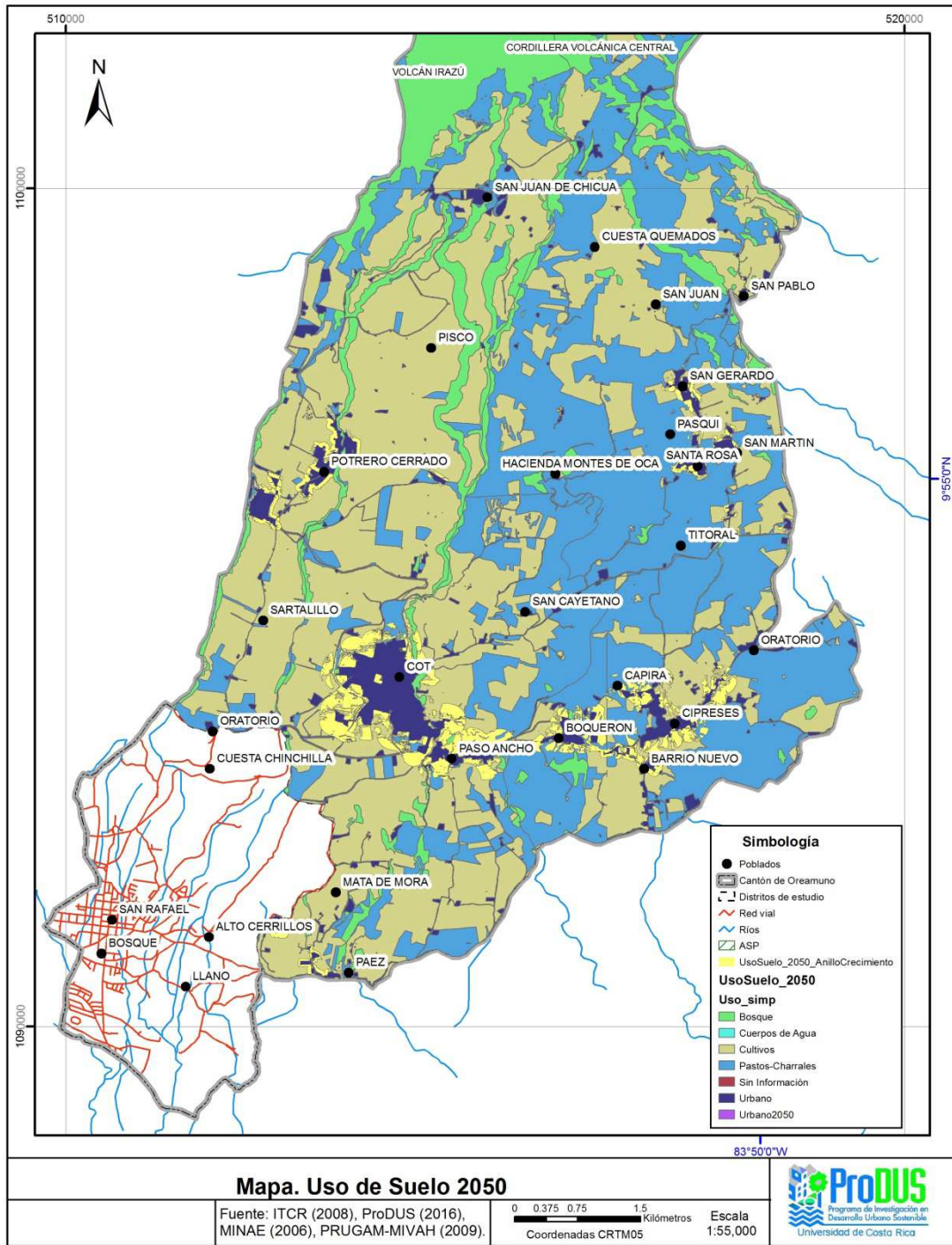
Se consideraron todas las manchas urbanas superiores a una hectárea y que intersecaran con los UGM urbanos. Teniendo las manchas urbanas seleccionadas se distribuyó la nueva área por mancha urbana en proporción al área de la misma creciendo con un buffer hasta ciertas limitantes o las áreas limitantes, las cuales fueron: uso urbano actual, ríos, bosques, pendiente mayor al 18% (valor obtenido de medir la pendiente promedio para todo los distritos de estudio), y zonas de protección de ríos y nacientes.

Para asignar los valores de los números de curva, solamente se cambió el número de Curva a los polígonos con Uso Urbano 2050 o anillo de crecimiento, asignándoles un valor de 88. Los otros números de curva permanecieron igual a los asignados para la condición actual para todos los usos de suelo. Al recalcular los CN ponderados de cada microcuenca estos tienen a aumentar, aumentando el riesgo a inundaciones.

En el Cuadro 25, se puede observar la magnitud del aumento del índice hidrológico para cada microcuenca y unión modelada para un periodo de retorno de 25 y 50 años. Los mayores aumentos de caudal se dan en la microcuenca de Quebrada Birrisito con un incremento del 7.6 %, seguido de Río Páez Abajo con un 5.7 % y Chayotillo Sur con 5.6 % para un periodo de retorno de 50 años.

La imagen 33 muestra el mapa de uso de suelo con el estimado de crecimiento urbano.

Imagen 33. Mapa de Uso de Suelo para el año 2050, con incremento del área urbana.



Fuente: ProDUS, 2016

Cuadro 26. Resultados del índice hidrológico para el escenario 3.

		Periodo de Retorno			
		25	50	25	50
Microcuenca	CN_2050	Caudales (m3/s)		Índice Hidrológico	
Chayotillo	68.4	20.56	25.33	1.8	1.6
Chayotillo Este	70.0	1.12	1.36	0.9	1.5
Chayotillo Sur	67.2	7.26	9	6.5	5.6
Cipreses E	67.3	9.28	11.52	1.9	1.7
Lago Cipreses	63.3	10.03	12.84	2.9	2.5
Lago Cipreses 2	68.4	8.77	10.74	6.2	5.4
Oratorio Abajo	68.6	3.97	4.9	1.5	1.4
Oratorio Iglesia	69.1	1.46	1.78	0.0	0.0
Oratorio 1	64.8	1.11	1.4	0.0	0.0
Páez Paso Ancho	77.1	10.44	12.19	4.4	3.9
Quebrada Presidio O2	65.3	1.49	1.88	0.0	0.0
Puente 1	75.7	20.84	24.54	1.8	1.7
Quebrada Cañada	71.5	18.16	21.95	0.0	0.0
Quebrada Birrisito	66.9	9.02	11.24	8.7	7.6
Quebrada Boquerón	61.0	3.92	5.14	0.0	0.0
Quebrada el Paso	68.6	14.83	18.27	4.8	4.2
Quebrada Paso Real	66.0	11.3	14.19	0.0	0.0
Quebrada Platanillal	66.8	9.35	11.66	3.2	2.8
Quebrada Presidio	70.0	24.9	30.39	1.7	1.5
Quebrada Sanatorio 2	72.2	22.46	26.88	1.0	0.9
Río Blanquillo	74.1	24.42	29.06	3.4	3.1
Río Páez Abajo	74.4	37.79	45.13	6.5	5.7
Río Toyogres	66.4	12.95	16.11	0.0	0.0
Quebrada Sanatorio 1	74.2	12.25	14.57	0.9	0.8
San Antonio	72.8	10.17	12.17	4.5	4.0
Tatiscú 1	73.4	20.25	24.14	0.0	0.0
Tatiscú 2	75.7	28.54	33.57	2.2	2.0
Tatiscú 3	66.9	7.76	9.6	0.0	0.0
Urb. Las Delicias	78.0	8.76	10.21	0.3	0.4
Urb. Sanabria	78.7	5.25	6.1	1.9	1.8
Vuelta del Tapón	69.6	7.74	9.46	0.0	0.0
Uniones					
Unión Boquerón 1		24.51	29.84	4.7	4.2
Unión Boquerón 2		26.59	32.55	4.2	3.9
Unión Cipreses F		44.09	55.23	2.6	2.3
Unión Cipreses-Chayotillo		29.79	36.8	1.8	1.6
Unión Oratorio		6.04	7.47	1.2	1.1
Unión Páez Arriba		39.88	48.93	0.4	0.3
Unión Páez 1		24.25	29.89	0.0	0.0
Unión Páez 2		30.21	37.19	0.0	0.0
Unión Páez 3		81.02	98.6	3.2	2.9
Unión Presidio		35.19	43.29	2.1	1.8
Unión Rio Páez		43.99	53.9	0.7	0.7
Unión Sanabria Sanatorio		16.65	19.72	1.2	1.1
Unión Sanatorio		30.55	37.01	0.6	0.6
Unión Tatiscú 2		53.5	64.07	1.0	1.2
Unión Tatiscú 3		57.18	68.52	0.8	1.1
Unión Tatiscú- Delicias		29.01	34.34	0.1	0.1
Oratorio		2.28	2.85	0.0	0.0

Fuente: ProDUS, 2016.

Escenario 4: Técnicas de conservación de suelos en áreas que presentan vulnerabilidad a erosión hídrica.

Para el escenario 4, se localizaron los sitios con vulnerabilidad a erosión hídrica en diferentes niveles: moderada, severa y muy severa, según se había evaluado y mostrado en el Mapa 60: Vulnerabilidad de Erosión del Atlas y se aplicaron diferentes técnicas de manejo o cambio de uso según se plantea, generándose 5 sub escenarios con diferentes técnicas de manejo las cuales consisten en:

1. Técnica CN1:

- a. Para sitios con vulnerabilidad a erosión hídrica "**Severa**" y "**Muy Severa**" del Mapa 60, aplicar buenas prácticas de manejo (Terrazas, Contornos y residuos mayores al 5% sobre la cobertura del terreno) a los usos de suelo Otros Cultivos y Hortalizas del Mapa de Uso de Suelo. Modificando el CN de 78 a 70.

2. Técnica CN1_2:

- a. Para sitios con vulnerabilidad a erosión hídrica **Severa y Muy Severa** del Mapa 60, aplicar técnica de Barbecho, la cual es contraproducente y muy utilizada en la zona, antes de cultivar. Modificando el CN de 78 a 83.

3. Técnica CN_2:

- a. Para sitios con vulnerabilidad a erosión hídrica "**Severa**" del Mapa 60, aplicar buenas prácticas de manejo (Terrazas, Contornos y residuos mayores al 5% sobre la cobertura del terreno) a los usos de suelo Otros Cultivos y Hortalizas del Mapa de Uso de Suelo. Modificando el CN de 78 a 70.
- b. Para sitios con vulnerabilidad a erosión hídrica "**Muy Severa**" del Mapa 60, aplicar cambio de uso de suelo a sistema agroforestal con 50% árboles y 50% pastos. Modificando el CN de 78 a 58.

4. Técnica CN_3:

- a. Para sitios con vulnerabilidad a erosión hídrica "**Moderada**" aplicar buenas prácticas de manejo (Terrazas, Contornos y residuos mayores al 5% sobre la cobertura del terreno) a los usos de suelo Otros Cultivos y Hortalizas del Mapa de Uso de Suelo. Modificando el CN de 78 a 70.
- b. Para sitios con vulnerabilidad a erosión hídrica "**Severa**" del Mapa 60, aplicar cambio de uso de suelo a pastos. Modificando el CN de 78 a 61.
- c. Para sitios con vulnerabilidad a erosión hídrica "**Muy Severa**" del Mapa 60, aplicar cambio de uso de suelo a Bosque. Modificando el CN de 78 a 55.

En el Cuadro 27, se muestran los resultados de los CN ponderados de cada una de las microcuencas aplicando las técnicas antes mencionadas. En el caso de las técnicas CN_1, CN_2 y CN_3 representan mejorías en el sistema. En el caso de la técnica CN1_2 es una desmejora en el CN ponderado, mayores CN representan mayor potencial de escurrimiento superficial y por ende mayor potencial de riesgo de inundaciones transporte de sedimentos y contaminantes en el agua. Se modela este escenario para demostrar el incremento de caudales en los periodos cuando se aplica esta técnica de Barbecho en los terrenos agrícolas de la zona.

La aplicación de las técnicas descritas anteriormente representa una mejoría en los caudales de escorrentía superficial en los sitios donde se presenta mayor vulnerabilidad a erosión hídrica. Presentándose reducciones del caudal pico de hasta un 14.85 por ciento con la técnica CN_1, de un 22.12 por ciento con la técnica CN_2 y de un 45.33 por ciento con la técnica CN_3. En cambio si el evento de tormenta se presentara en el momento que se está realizando el Barbecho se obtendría un incremento de la escorrentía del 9.54 por ciento en la Urb. Las Delicias para un periodo de retorno de 50 años.

En la Imagen 34, se grafican los resultados de los caudales picos simulados con las técnicas y escenarios anteriormente detallados para las microcuencas del cantón de Oreamuno.

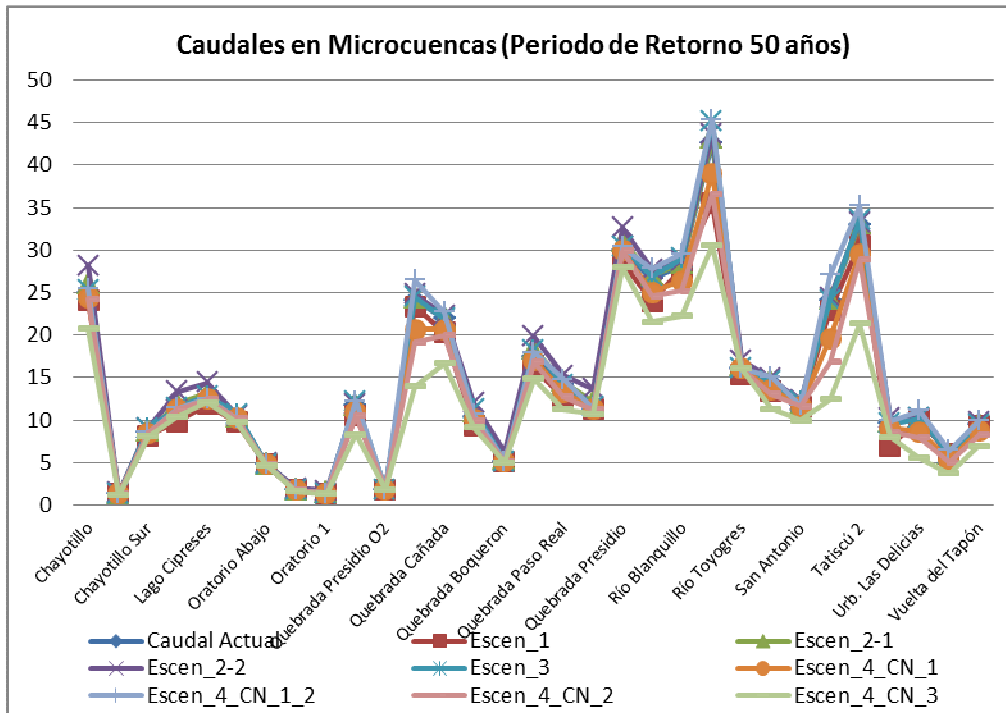
La Imagen 35, muestra los cambios porcentuales en el caudal pico o el índice hidrológico para evaluar las técnicas y escenarios presentados para un periodo de retorno de 50 años en el cantón de Oreamuno.

Cuadro 27. Resultados de modelación de escenario 4 para un periodo de recurrencia de 50 años.

Subcuenca	Número de Curva			Caudales (m3/s)				Índice hidrológico				
	CN_1	CN1_2	CN_2	CN_3	CN_1	CN1_2	CN_2	CN_3	CN_1	CN1_2	CN_2	CN_3
Chayotillo	67.66	68.44	67.59	64.80	24.35	25.38	24.26	20.76	-2.33	1.81	-2.69	-16.73
Chayotillo Este	69.74	69.85	69.74	66.74	1.34	1.35	1.34	1.15	0.00	0.75	0.00	-14.18
Chayotillo Sur	66.08	66.19	66.09	65.28	8.47	8.52	8.47	8.09	-0.59	0.00	-0.59	-5.05
Cipreses E	66.86	67.08	66.84	65.46	11.25	11.38	11.24	10.4	-0.71	0.44	-0.79	-8.21
Lago Cipreses	62.89	62.97	62.86	62.36	12.52	12.58	12.5	12.11	-0.08	0.40	-0.24	-3.35
Lago Cipreses 2	67.38	67.40	67.40	66.60	10.18	10.19	10.19	9.76	-0.10	0.00	0.00	-4.22
Oratorio Abajo	68.28	68.28	68.27	67.85	4.82	4.82	4.82	4.72	-0.21	-0.21	-0.21	-2.28
Oratorio Iglesia	69.01	69.11	68.99	67.32	1.78	1.79	1.77	1.63	0.00	0.56	-0.56	-8.43
Oratorio 1	64.75	64.84	64.75	63.67	1.4	1.41	1.4	1.31	0.00	0.71	0.00	-6.43
Páez Paso Ancho	74.43	77.20	73.38	68.47	10.97	12.23	10.5	8.34	-6.48	4.26	-10.49	-28.90
Quebrada Presidio O2	65.26	65.26	65.26	65.26	1.87	1.87	1.87	1.87	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53
Puente 1	71.61	77.65	69.99	64.18	20.65	26.49	19.15	13.96	-14.46	9.73	-20.67	-42.17
Quebrada Cañada	70.23	72.21	69.57	66.09	20.68	22.67	20.03	16.66	-5.79	3.28	-8.75	-24.10
Quebrada Birrisito	65.02	65.98	64.88	63.42	10.1	10.68	10.01	9.15	-3.35	2.20	-4.21	-12.44
Quebrada Boquerón	60.90	61.00	60.85	60.63	5.1	5.14	5.08	5	-0.78	0.00	-1.17	-2.72
Quebrada el Paso	67.33	68.25	67.05	64.86	17.09	17.95	16.84	14.88	-2.51	2.40	-3.94	-15.12
Quebrada Paso Real	64.87	66.74	64.10	62.02	13.33	14.77	12.76	11.25	-6.06	4.09	-10.08	-20.72
Quebrada Platanillal	66.25	66.47	66.17	65.37	11.31	11.45	11.26	10.75	-0.26	0.97	-0.71	-5.20
Quebrada Presidio	69.72	70.00	69.69	68.36	29.97	30.39	29.93	27.98	0.10	1.50	-0.03	-6.55
Quebrada Sanatorio 2	70.61	73.01	70.27	67.59	25.02	27.84	24.62	21.55	-6.12	4.47	-7.62	-19.14
Río Blanquillo	71.92	74.50	70.90	68.34	26.39	29.55	25.19	22.25	-6.39	4.82	-10.64	-21.07
Río Páez Abajo	71.16	74.53	69.82	66.31	39.07	45.38	36.64	30.53	-8.46	6.33	-14.15	-28.47
Río Toyogres	66.40	66.40	66.39	66.39	16.11	16.11	16.1	16.1	0.00	0.00	-0.06	-0.06
Quebrada Sanatorio 1	72.60	75.02	71.72	68.77	13.6	15.07	13.08	11.34	-5.88	4.29	-9.48	-21.52
San Antonio	71.73	71.99	71.76	68.59	11.61	11.75	11.63	9.99	-0.77	0.43	-0.60	-14.62
Tatiscú 1	68.96	76.19	66.08	61.25	19.6	27.07	16.86	12.45	-18.81	12.14	-30.16	-48.43
Tatiscú 2	72.63	76.88	72.08	66.02	29.58	35.17	28.87	21.32	-10.15	6.83	-12.30	-35.24
Tatiscú 3	65.86	67.55	64.97	63.86	9.06	9.94	8.6	8.03	-5.62	3.54	-10.42	-16.35
Urb. Las Delicias	73.83	80.49	71.78	64.92	8.66	11.14	7.92	5.56	-14.85	9.54	-22.12	-45.33
Urb. Sanabria	75.10	80.18	73.77	67.46	5.32	6.42	5.03	3.73	-11.19	7.18	-16.03	-37.73
Vuelta del Tapón	67.98	70.57	66.97	63.97	8.71	9.91	8.25	6.94	-7.93	4.76	-12.79	-26.64
Uniones												
Unión Boquerón 1					28.11	29.12	27.86	24.35	-1.85	1.68	-2.72	-14.98
Unión Boquerón 2					30.74	31.83	30.53	26.96	-1.91	1.56	-2.58	-13.98
Unión Cipreses F					53.29	54.51	53.17	48.34	-1.28	0.98	-1.50	-10.45
Unión Cipreses-Chayotillo					35.57	36.71	35.47	31.12	-1.79	1.35	-2.07	-14.08
Unión Oratorio					7.38	7.39	7.38	7.09	-0.14	0.00	-0.14	-4.06
Unión Páez Arriba					44.74	51.32	42.63	34.99	-8.24	5.25	-12.57	-28.24
Unión Páez 1					28.04	31.02	26.98	22.82	-6.19	3.78	-9.74	-23.65
Unión Páez 2					34.78	38.68	33.39	28.12	-6.48	4.01	-10.22	-24.39
Unión Páez 3					87.39	101.56	82.64	67.38	-8.80	5.99	-13.75	-29.68
Unión Presidio					42.52	43.08	42.42	39.99	-0.05	1.27	-0.28	-5.99
Unión Río Páez					48.98	56.47	46.64	38.13	-8.53	5.45	-12.90	-28.80
Unión Sanabria Sanatorio					18.09	20.5	17.31	14.52	-7.28	5.07	-11.28	-25.58
Unión Sanatorio					33.74	38.74	32.96	27.5	-8.27	5.33	-10.39	-25.23
Unión Tatiscú 2					53.78	69.58	49.28	35.5	-15.05	9.90	-22.16	-43.93
Unión Tatiscú 3					58.03	74.36	53.16	38.85	-14.41	9.68	-21.59	-42.70
Unión Tatiscú-Delicias					28.27	38.21	24.7	18.01	-17.58	11.40	-27.99	-47.49
Oratorio					2.84	2.85	2.84	2.62	-0.35	0.00	-0.35	-8.07

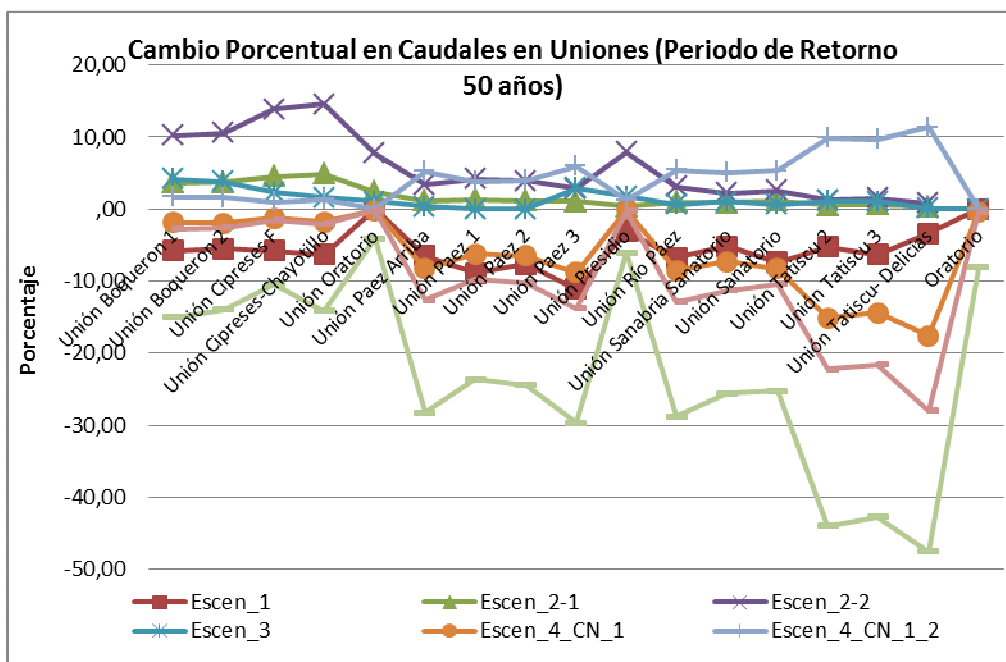
Fuente: ProDUS, 2016.

Imagen 34. Comparación de los caudales pico para los escenarios en las microcuencas.



Fuente: ProDUS, 2016

Imagen 35. Índice hidrológico: Cambios porcentuales de los escenarios con respecto a la condición actual.



Fuente: ProDUS, 2016

Conclusiones sobre el indicador hidrológico.

Al desarrollar el presente estudio, se cuantifican los caudales pico para diferentes periodos de retorno en las microcuencas que drenan al cantón de Oreamuno; además, de simulaciones de escenarios ante medidas de manejo, calculándose un índice hidrológico para cuantificar los efectos de esos cambios. Entre las conclusiones que se pueden destacar lo siguiente:

- Se evalúan los parámetros de tránsito de ríos usando el método de la onda cinemática. Los resultados muestran distancias de tránsito importantes como el caso del tránsito realizado en Sanatorio el cual presenta una distancia de 4519 metros y el del Río Páez 3 con 5176 metros.
- Las pendientes de los canales en los tránsitos de avenida son altas y rondan desde los 0.05 m/m para Cipreses hasta los 0.19 m/m y 0.15 m/m en el Tránsito de Oratorio y Páez, respectivamente.
- Los canales en los tránsitos son bien establecidos, con pendientes de los bancos casi horizontales y profundos.
- La combinación de efectos de pendiente, largo y forma de los canales de los tramos del tránsito hacen que no se aprecie un efecto de amortiguamiento en los caudales picos o tiempos.
- Los caudales pico actuales de las microcuencas fueron calculados para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años, obteniendo un caudal de 5.15 m³/s y 5.99 m³/s para 25 y 50 años de periodo de retorno en la Urbanización Sanabria.
- En el caso de la Urbanización Las Delicias se calculó un caudal de 8.73 y 10.17 m³/s para 25 y 50 años de periodo de retorno.
- La cuantificación del caudal que llega a la laguna que drena en la Quebrada Cipreses se estima de 9.75 m³/s y 12.53 m³/s para recurrencias de 25 y 50 años de periodo de retorno.
- La Microcuenca Chayotillo se genera un caudal de 20.2 y 24.93 m³/s para 25 y 50 años de periodo de retorno en el punto de entrada del canal revestido sobre la carretera. Posteriormente se incrementa el caudal a 36.22 m³/s para 50 años con el aporte de la microcuenca Cipreses Este.
- El puente del río Páez a nivel del puente de Paso Ancho presenta un caudal de 43.69. 5 m³/s y 53.47 m³/s para periodos de retorno de 25 y 50 años.
- En Oratorio el caudal que desciende por la carretera detrás de la Iglesia de Oratorio se estima en 1.78 m³/s para un periodo de retorno de 50 años y sobre la carretera nacional se tendría un caudal de 2.84 m³/s.
- En las salidas finales de las cuencas se presentan caudales pico para periodo de retorno de 50 años de 95.8 m³/s para la Unión Páez 3, 53.98 m³/s para la Unión Cipreses F de Quebrada Cipreses; 42.54 m³/s para la Unión Presidio, salida de Quebrada Presidio; 67.8 para la Unión Tatiscú 3, salida del Río Tatiscú; 31.34 m³/s para la unión Boquerón 2, salida de Quebrada Boquerón.
- El índice hidrológico calculado mide el efecto de los cambios en el uso de suelo, o aplicación de técnicas de manejo en los campos agrícolas.
- Al establecer en las áreas de protección un cambio de uso de suelo, de agrícola a forestal, se observa una mejora en los caudales pico generados de alrededor de un -5.5 por ciento como índice hidrológico en promedio en las microcuencas y uniones.

- Al cambiar incrementar las áreas en un 10% de uso agrícola de otros cultivos como papa y hortalizas, reduciendo los pastos se genera un incremento de los caudales pico de alrededor de un 2.4 % para un periodo de retorno de 50 años.
- Al incrementar las áreas de cultivos como papa y hortalizas, reduciendo en un 30 % los pastos, se produce en promedio un incremento del 7.1 % en los caudales pico comparados con la condición actual.
- Se desarrolla un escenario de incremento de la mancha urbana al 2050 produciendo un incremento en los caudales pico para un periodo de retorno de 50 años de 1.7 % en promedio.
- Incorporar las áreas vulnerables a la erosión hídrica para determinar las zonas donde es más importante desarrollar medidas de conservación o buenas prácticas agrícolas es muy importante para maximizar los recursos en las áreas de prioridad.
- Las buenas prácticas agrícolas como terrazas, contornos y residuos vegetales como cubierta mayores al 5% presentan disminuciones importantes en los caudales pico aplicadas a zonas de cultivos que presentan vulnerabilidad a la erosión “Severa” y “Muy Severa” . Estas disminuciones rondan alrededor del 5.18% en promedio y en algunas microcuencas pueden disminuir los caudales hasta un 18.81 %.
- La práctica de realizar barbecho en los cultivos de la zona, es una práctica común entre los agricultores (visitas de campo lo comprueban) y esta genera un incremento promedio de 3.53% en los caudales pico y en algunas microcuencas de hasta 12.14 %.
- Al aplicar buenas prácticas agrícolas en las zonas con vulnerabilidad Severa y cambio de uso de suelo en la zonas con vulnerabilidad “Muy Severas” de cultivos a sistema agroforestal con 50% árboles y 50 % pastos, se obtiene una reducción de los caudales pico en un 7.8 % en promedio en las microcuencas y uniones del área. En algunas microcuencas se pueden encontrar reducciones de hasta 30.16%.
- Cuando se aplican buenas prácticas de manejo de cultivos en las zonas de moderada vulnerabilidad, cambios de cultivos populares de la zona a pastos en las zonas de Severa vulnerabilidad y cambios de uso de suelo en la zona de Muy severa vulnerabilidad a bosques; se obtiene una reducción de los caudales pico de un 19.44% en promedio y en algunas microcuencas de hasta un 48.43%.
- El uso de buenas prácticas agrícolas, reforestación en la zonas de protección de nacientes y lugares con muy severa vulnerabilidad a erosión hídrica pueden reducir considerablemente la escorrentía directa.
- Se debe de propiciar el uso de buenas prácticas agrícolas en la zona para reducir los efectos de las velocidades de escorrentía dadas las altas pendientes, reduciendo no solo los caudales, sino también el arrastre de sedimentos y contaminantes a los cuerpos de agua.

21. Regulación referente al tema de Uso de Suelos y autoridades competentes para garantizar su protección.

Primeramente, se hará mención a las regulaciones que existen en Costa Rica, con el objetivo de proteger los suelos. En el caso en concreto se va a tratar la Ley N° 7779, la cual, se denomina Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos.

Posteriormente, se va a hacer mención del Reglamento a la Ley de Uso, Conservación y Manejo de suelos, y la forma que se puede hacer cumplir por parte de las instituciones, que han sido obligadas a realizar cierta actividad por una disposición legal.

Asimismo, se hará referencia al Decreto Ejecutivo N° 23 214, y de esta forma, determinar si el mismo se encuentra vigente en el ordenamiento jurídico.

A. Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos, Ley 7779.

El Estado, se ha preocupado por el tema de la regulación del uso de suelos. Lo anterior, se encuentra contenido en la Ley N° 7779, la cual, fue publicada en la Gaceta N° 97 del 21 de mayo de 1998.

El objetivo principal, se encuentra contenido en el numeral primero de dicha norma, en el que se afirma:

Artículo 1. La presente ley tiene como fin fundamental proteger, conservar y mejorar los suelos en gestión integrada y sostenible con los demás recursos naturales, mediante el fomento y la planificación ambiental adecuada. Asimismo, se establece en el numeral cinco que, para la protección del suelo, la autoridad competente es el MAG, el cual debe coordinar con el MINAE las acciones tendientes a su protección.

Artículo 5.- El Ministerio de Agricultura y Ganadería, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y Energía, será el encargado del cumplimiento de las disposiciones de esta ley en materia de manejo, conservación y recuperación de suelos. Esta ley es una de las tantas que deben cumplir las instituciones del Estado, pues todas las administraciones públicas se encuentran sometidas al principio de legalidad, lo anterior, producto de que los servidores públicos son simples depositarios de autoridad y por ende deben de actuar en estricto apego a la ley. Así se establece en el artículo 11 de la Constitución Política:

Artículo 11.- Los funcionarios públicos son simples depositarios de la autoridad. Están obligados a cumplir los deberes que la ley les impone y no pueden arrogarse facultades no concedidas en ella.

Entonces, se puede afirmar que la Administración Pública está sometida al ordenamiento jurídico, puesto que, sólo pueden realizar las acciones que se encuentren permitidas en el ordenamiento jurídico.

Lo anterior, tiene como objetivo que la Administración Pública en su accionar no caiga en arbitrariedades que puedan generar repercusiones en los administrados.

Como puede verse, dado que los funcionarios públicos tienen la función de actuar en apego a la ley y satisfacer el bien común, al respecto, en la opinión jurídica Número OJ-035-2007, de la Procuraduría del 23 de abril del 2007, se afirma:

... al funcionario público no se le permite desempeñar otra función o trabajo que puede inducir al menoscabo del estricto cumplimiento de los deberes del cargo, o de alguna forma comprometer su imparcialidad o independencia, con fundamento en los principios constitucionales de responsabilidad de los funcionarios, del principio – deber de legalidad y de la exigencia de eficiencia e idoneidad que se impone a la administración pública. (Opinión Jurídica OJ-035-2007 de fecha 23 de abril del 2007. En igual sentido ver dictámenes C-128-2007 de fecha 27 de abril del 2007 y C-278-2006 de fecha 7 de julio del 2006.

En el caso concreto, se trata de una Ley en la que el legislador expresamente le confirió al Ministerio de Agricultura y Ganadería, que estableciera una especie de coordinación con el Ministerio de Ambiente para el tema de la regulación de los suelos.

Por ello, dado que las competencias le están siendo atribuidas por ley, y dado que la Administración debe actuar acorde al principio de legalidad, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, tiene que cumplir con las funciones que le han sido otorgadas.

Entre las obligaciones que señala la Ley para el Ministerio de Agricultura y Ganadería, es la elaboración de un Plan Nacional de Uso de Suelos.

Plan Nacional de Uso de Suelos.

En la Ley N° 7779 (Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos), se establece en el numeral 7 que, para la protección de los suelos, debe existir una cooperación entre el MAG con otras instituciones, se afirma:

Artículo 7.- El Ministerio de Agricultura y Ganadería deberá coordinar las acciones de manejo y conservación de suelos, con el Ministerio de Ambiente y Energía y las demás instituciones competentes en materia de administración y conservación de los recursos ambientales, así como con las instituciones públicas en general. Para lograr lo anterior, deberá:

b) Definir, en el Plan nacional de manejo y conservación de suelos, las responsabilidades operativas de las otras instituciones competentes, y los mecanismos de coordinación para su aplicación entre ellas y entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería y las demás instituciones del Estado.

En el MAG, existe la Dirección de Extensión Agropecuaria, la cual, tiene como objetivo, básicamente, que la producción se realice de forma sostenible, y que se logre obtener un mayor valor agregado.

Misión.

Promover, dirigir y ejecutar políticas, estrategias siguiendo metodologías que ofrezcan servicios institucionales integrados para una producción económica, social y ambientalmente sostenible.

Visión.

Ser una División ejecutora de servicios integrados a productores(as) y sus empresas, respondiendo con precisión a sus demandas en producción sostenible, y asesoría organizacional; todo esto articulado dentro de las cadenas productivas dirigidas a los diversos mercados.¹³

Si bien es cierto que posee un marco normativo en el que se incluyen temas como la Agricultura Orgánica, el fomento de la Producción Agropecuaria Sostenible, Reglamento para las quemas; no se encuentra información con respecto a ese Plan Nacional de Manejo y Conservación de Uso de Suelos al que la Ley hace referencia.

Como se ha indicado a lo largo del informe, el tema del uso de suelos va de la mano con la protección al ambiente. Por ello, se ha creado también el Reglamento a la Ley, Uso y Conservación.

B .Reglamento a la ley, uso y conservación de suelos, Decreto N° 29375.

Se afirma en el artículo primero el objetivo principal de la ley, indica:

Artículo 1-Con el fin de proteger, conservar y mejorar los suelos, evitar la erosión y degradación por diversas causas naturales o artificiales, se declara de interés y utilidad pública, la acción estatal o privada, para el manejo integrado y sostenible de los suelos en armonía con los demás recursos y riquezas naturales en todo el territorio nacional, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo 3º de la Ley N° 7779, del 30 de abril de 1998. Como puede verse, uno de los objetivos de dicho reglamento es, precisamente, rectificar el deber del Estado en cuanto a la conservación del uso de suelos.

¹³ Dirección de Extensión Agropecuaria, consultado de http://www.mag.go.cr/acerca_del_mag/estructura/oficinas/dsorea.html el 10 de mayo de 2016

3. Decreto Ejecutivo N° 23214.

El Decreto Ejecutivo 23214 se denomina Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica, este entró en vigencia el 6 de junio de 1994. Dicho Reglamento todavía se encuentra presente en el ordenamiento jurídico.

Básicamente, lo que expone son las clases de capacidad de uso de los terrenos. También, se exponen las unidades de manejo para los terrenos. La interrogante se plantea, con respecto a la obligatoriedad de las prácticas deben realizar los productores, de conformidad con lo que establece el Decreto, así como los mecanismos de exigibilidad de las normas antes mencionadas.

Puntos de interés:

- La Ley de Uso de Suelos N° 7779, es la principal regulación que existe en materia de suelos.
- Aunque en la Ley N° 7779 se señala la existencia de un Plan Nacional para el Uso de Suelos, no se demuestra que en la práctica exista.
- El Decreto Ejecutivo N° 23 214 se encuentra vigente, y por lo tanto, debe aplicarse.
- Las municipalidades deberían acercarse y dialogar con las autoridades del MAG para establecer planes de trabajo locales para el cumplimiento de la normativa en sus cantones.

22. Conclusiones.

Problemas principales detectados y sus causas:

- La erosión del suelo en el cantón de Oreamuno tiene como causas el cambio de uso del suelo en las partes altas de las cuencas. En los últimos años, se ha visto un aumento de cambio de uso de pastos a cultivos anuales como la cebolla y la papa; es común, encontrar cultivos en zonas con pendientes mayores al 30 %. Continuando con el tema de causas de la erosión, se debe mencionar que no se aplican técnicas de conservación de suelos en las fincas agropecuarias lo que aumenta el problema.
- Las inundaciones son otro problema medio ambiental, que se ubica entre los principales causantes de daños materiales en el cantón. Las causas son el inadecuado diseño de alcantarillado actual, que se satura debido: al aumento de aportes de caudal, falta de planificación estratégica para el manejo de la cuenca, sedimentación que satura las alcantarillas, construcción en zonas no apropiadas.
- El equipo de investigadores del proyecto detectó la deforestación en zonas de protección de cauces y nacientes, en muchos casos invadidas por pastizales o cultivos.
- La mayor parte de los entrevistados comentan que los problemas de erosión no son tan graves, mostrando que no se tiene concientización sobre la relevancia de la conservación de suelos.
- La extensión agropecuaria por parte del MAG se reporta como deficiente, esto según las opiniones de las personas entrevistadas. Se reporta que el papel que tenía esa institución fue tomado por las casas comerciales que venden agroquímicos, y que los vendedores, son los que dan la atención técnica a los productores de la zona. El personal de esta institución, comenta que tienen falta de presupuesto y recurso humano y por ello no pueden dar un mayor aporte en ese tema.
- Existe un proyecto de monitoreo de residuos de agroquímicos en las aguas de los ríos; sin embargo, no se incluyen las nacientes, acuíferos y pozos; tampoco, se han socializado los resultados obtenidos hasta la fecha.
- Se debe fortalecer la gestión de las ASADAS en el tema de cloración del agua, y su relación con la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori* en agua y suelos.
- No hay estudios para determinar las zonas de recarga de nacientes que deberían de protegerse para asegurar la disponibilidad de agua en el futuro.

Lista de proyectos recomendados:

Corto plazo: proyectos que pueden iniciarse inmediatamente (menores a 1 año).

- Preparación de un productor del cantón de Oreamuno para que obtenga el certificado de uso conforme del suelo y conservación de suelos del MAG y reciba el incentivo fiscal de disminución de un 40 % del valor del impuesto de bienes inmuebles establecido por ley. Este productor será visto como ejemplo y finca modelo en el cantón.
- Generación una campaña de concientización del problema de erosión en la que se involucre a más del 90 % de las familias productoras agropecuarias del cantón de Oreamuno, incorporando todos los actores y desarrollando material de fácil comprensión como videos.
- Desarrollo de un programa de educación ambiental para los niños y jóvenes del cantón de Oreamuno centrado en valorizar el recurso suelo y el uso sostenible del mismo.
- Generación una comisión inter sectorial e inter institucional que involucre a las instituciones públicas y sectores productivos con presencia en el cantón de Oreamuno y que tenga como fin la generación de políticas públicas relacionadas con el control de la erosión
- Realización de un proyecto para que los cuatro bancos estatales tengan préstamos y recursos específicos para estudios básicos de impacto ambiental y prácticas de manejo, conservación y recuperación de suelos, como parte de las actividades productivas por financiar

Mediano Plazo: metas que deben iniciarse en periodo de 2 a 5 años.

- Generación de un proyecto de trabajo con los productores para aumentar el porcentaje de cobertura forestal de uso del suelo que presenta en la actualidad el cantón de Oreamuno.
- Promoción de los sistemas agro silvopastoriles en las fincas de producción pecuarias ubicadas en el cantón de Oreamuno para que en el mediano plazo crezca el 10 % de cobertura de uso del suelo dedicado a pastos y árboles dispersos.
- Ejecución de proyectos que logren aumentar la cantidad de fincas que actualmente presenta un uso adecuado de uso del suelo (según el diagnóstico corresponde a un 50 % del total del uso del suelo del cantón)
- Aplicación de estrategias para disminuir el 40 % de sobre uso del suelo que se presenta actualmente en el cantón de Oreamuno. Esto según la información del diagnóstico realizado por ProDUS-UCR.
- Creación de una comisión de manejo de cuenca que desarrolle programas de asesoría, préstamo de maquinaria y atención técnica en el tema de conservación de suelos

- Adquisición de un tractor por parte del centro Agrícola Cantonal cuenta para el alquiler a los productores que desarrollan prácticas de conservación de suelos.

Largo Plazo: metas a iniciar en un periodo mayor a los 5 años.

- Generación de un programa de acatamiento obligatorio de incorporación de medidas de conservación de suelos en aquellas fincas ubicadas en zonas de alta vulnerabilidad de erosión y a las que se les ha dado capacitación sobre el tema de conservación de suelos.
- Creación un esquema de inspección cantonal de fincas en las que anualmente se dé un incremento

Índice Hidrológico:

- El índice hidrológico calculado mide el efecto de los cambios en el uso de suelo, o aplicación de técnicas de manejo en los campos agrícolas.
- Al establecer en las áreas de protección un cambio de uso de suelo, de agrícola a forestal, se observa una mejora en los caudales pico generados de alrededor de un -5.5 por ciento como índice hidrológico en promedio en las microcuencas y uniones.
- Al cambiar incrementar las áreas en un 10% de uso agrícola de otros cultivos como papa y hortalizas, reduciendo los pastos se genera un incremento de los caudales pico de alrededor de un 2.4 % para un periodo de retorno de 50 años.
- Al incrementar las áreas de cultivos como papa y hortalizas, reduciendo en un 30 % los pastos, se produce en promedio un incremento del 7.1 % en los caudales pico comparados con la condición actual.
- Se desarrolla un escenario de incremento de la mancha urbana al 2050 produciendo un incremento en los caudales pico para un periodo de retorno de 50 años de 1.7 % en promedio.
- Incorporar las áreas vulnerables a la erosión hídrica para determinar las zonas donde es más importante desarrollar medidas de conservación o buenas prácticas agrícolas es muy importante para maximizar los recursos en las áreas de prioridad.
- Las buenas prácticas agrícolas como terrazas, contornos y residuos vegetales como cubierta mayores al 5% presentan disminuciones importantes en los caudales pico aplicadas a zonas de cultivos que presentan vulnerabilidad a la erosión “Severa” y “Muy Severa” . Estas disminuciones rondan alrededor del 5.18% en promedio y en algunas microcuencas pueden disminuir los caudales hasta un 18.81 %.
- La práctica de realizar barbecho en los cultivos de la zona, es una práctica común entre los agricultores (visitas de campo lo comprueban) y esta genera un incremento promedio de 3.53% en los caudales pico y en algunas microcuencas de hasta 12.14 %.

- Al aplicar buenas prácticas agrícolas en las zonas con vulnerabilidad Severa y cambio de uso de suelo en la zonas con vulnerabilidad “Muy Severas” de cultivos a sistema agroforestal con 50% árboles y 50 % pastos, se obtiene una reducción de los caudales pico en un 7.8 % en promedio en las microcuencas y uniones del área. En algunas microcuencas se pueden encontrar reducciones de hasta 30.16%.
- Cuando se aplican buenas prácticas de manejo de cultivos en las zonas de moderada vulnerabilidad, cambios de cultivos populares de la zona a pastos en las zonas de Severa vulnerabilidad y cambios de uso de suelo en la zona de Muy severa vulnerabilidad a bosques; se obtiene una reducción de los caudales pico de un 19.44% en promedio y en algunas microcuencas de hasta un 48.43%.
- El uso de buenas prácticas agrícolas, reforestación en la zonas de protección de nacientes y lugares con muy severa vulnerabilidad a erosión hídrica pueden reducir considerablemente la escorrentía directa.
- Se debe de propiciar el uso de buenas prácticas agrícolas en la zona para reducir los efectos de las velocidades de escorrentía dadas las altas pendientes, reduciendo no solo los caudales, sino también el arrastre de sedimentos y contaminantes a los cuerpos de agua.

Uso del certificado de uso conforme y conservación de suelos como herramienta para la conservación de suelos en el cantón de Oreamuno:

- El certificado de uso conforme y conservación de suelos que entrega el INTA-MAG es una herramienta de gran valor para incentivar la adecuada gestión del recurso suelo en Costa Rica, lamentablemente son muy pocas las fincas que poseen el certificado. Por medio del trabajo conjunto entre la Municipalidad de Oreamuno- el Centro Agrícola Cantonal y El Ministerio de Agricultura y Ganadería se recomienda que se genere un proyecto para facilitar la adquisición del certificado.
- Los propietarios de las fincas que adquieran el certificado pueden obtener un 40 % de rebajo en el monto de pago a las Municipalidad por el impuesto de bienes e inmuebles, el equipo de ProDUS-UCR utilizó la tabla de valores del Ministerio de Hacienda para calcular el monto que podrían obtener las personas por utilizar el certificado.
- Los resultados de las entrevistas realizadas muestran que el Centro Agrícola Cantonal tiene una excelente reputación; la legislación permite que La Municipalidad y el MAG puedan aportar financiamiento para proyectos conjuntos con el CAC, por lo tanto se recomienda que se fortalezca con personal y equipo esta institución para que lidere el proceso de capacitación en conservación de suelos y apoye a los productores para que obtengan el certificado de uso conforme y conservación de suelos.

Imagen y publicidad del certificado:

- El equipo de ProDUS-UCR determinó que es necesario contar con una representación gráfica del certificado de conservación de suelos, un icono que sea representativo al tema y de fácil identificación por parte de los productores, razón por la que se generó una propuesta de sello que podría colocarse en los empaques de productos elaborados con vegetales producidos en fincas con el sello o en las bolsas de productos frescos que se comercializaran en ferias o supermercados.

Factibilidad de cobrar más por los productos con certificado de conservación de suelos:

- Por medio de un sondeo de opinión se consultó a 320 usuarios de ferias del agricultor si pagarían un sobre precio por frutas y verduras cultivadas en fincas con el certificado de conservación de suelos, utilizando como ejemplo las papas cultivadas en Oreamuno. El 87% de las personas participantes menciona estar de acuerdo con pagar un sobreprecio por productos que tengan dicho certificado, mientras que, exista un proceso transparente y no se afecte la situación actual de los productores.

- En cuanto al monto económico que las personas estarían dispuestas a pagar de más por el kilo de un determinado producto, un 46% refiere que podría pagar 100 colones más, seguido de un 29% que determinó 150 colones como la opción elegida, un 25 % pagaría 200 colones de sobre precio, un 18 % dio como respuesta 50 colones, un 3 % pagaría 250 colones y un 10 % 300 colones. Así mismo, un 4 % de las personas que dijo pagaría un sobre precio no dio un monto.
- Se determinó que existe la oportunidad de vincular a futuro la agroindustrias de la zona con el uso del certificado de uso conforme y conservación de suelos. El equipo de investigación de ProDUS-UCR recomienda que se evalué la posibilidad de conformar la asociación de productores con certificado de conservación de suelos y que se monte una agro industria para la venta de producto con sello de conservación de suelo, diferenciándose de aquellas fincas en las que no se realiza gestión ambiental en esa temática.

23. Literatura consultada.

Arcement, G.J., Schneider, V.R. (1989). Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains: USGS Water-Supply Paper 2339. United States Government Printing Office. Recuperado de: <http://pubs.usgs.gov/wsp/2339/report.pdf>

Bedient, P., Huber, W. (1992). Hydrology and Floodplain Analysis. Addison-Wesley Publishing Company.

Bouwman, A. y Langdon, R. Manual para Prácticas de Conservación de Suelos. (1984). Secretaría de Desarrollo Rural Integral, Consejo Nacional de Desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Quito, Ecuador. 85 p.

Chaves, M. (1986). Construcción y uso del cordal en la conservación del suelo de las plantaciones de caña de azúcar. Dirección de Investigación y Extensión de la caña de azúcar (DIECA). Boletín #28. 3 p.

Chow, V. T. (1994). Hidrología Aplicada. McGraw-Hill, Santafé de Bogotá, Colombia.

Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L. (2000). Hidrología Aplicada. McGraw Hill, Bogotá, Colombia.

Cisneros, J. M.; Cholahy, C.G.; Cantero, A.; González, J.; Reynero, M. A.; Diez, A. y Bergesio, L. (2012). Erosión Hídrica Principios y Técnicas de Manejo. Editorial UniRío. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 287 p.

Díaz, C. (2010). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y re vegetalización. *Ingeniería e Investigación*. 31(3), diciembre de 2011, pp. 80-90.

Fallas, A. (2010). Intervenciones basadas en la planificación y gestión territorial de los riesgos del agua y del medio ambiente con enfoque de multiculturalidad y género en el municipio de Oreamuno, Cartago, Costa Rica. Maestría en artes en planificación y gestión territorial de los riesgos, del agua del medio ambiente con enfoque de multiculturalidad y género. (Tesis de Maestría). Universidad San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3062.pdf

FHIA Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (2011). Guía sobre prácticas de conservación de suelos. Honduras. 22 p.

- Gupta, R.S. (1989). *Hydrologic and Hydraulic System*. Prentice Hall Inc., Estados Unidos.
- Hann, M. J. y Morgan, R.P. C. (2006). Evaluating erosion control measures for bio restoration between the time of soil reinstatement and vegetation establishment. *Earth Surface Process and Land forms, Wiley InterScience*. 31, pp. 589-597.
- HEC. (2010). *Hydrologic Modeling System- Version 4.0*, Davis, CA, Estados Unidos.
- Instituto Costarricense de Electricidad. Archivos hidrometeorológicos. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. Archivos meteorológicos. San José, Costa Rica.
- Jack, K.; Leimona, B.; Ferraro, P. (200p). A Revealed Preference Approach to Estimating Supply Curves for Ecosystem Services: Use of Auctions to Set Payments for Soil Erosion Control in Indonesia. *Conservation Biology*. 23(2), pp. 359-367.
- Kume, T., Mofroid, O.J., Kuraji, K., Tanaka, N. Horiuchi, T., Suzuki, M., Kumagai. T. (2008). Estimation of canopy water storage capacity from sap flow measurements in a Bornean tropical rainforest. *Journal of Hydrology*, 352, pp. 288-295.
- Lloyd, C.R, Gash, JHC., Shuttleworth, W.J. (1988). The measurement and modeling of rainfall interception by Amazonian rain forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 43, pp. 277–294.
- McCuen, R.H. (1998). *Hydrologic Analysis and Design*. Prentice Hall Inc. Puerto Rico.
- Mendieta, M. y Rocha, L. R. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 115 p.
- Mehuys, G. R.; Tiessen, K.; Villatoro, M. y Lobb, D.A. (2009). Erosión por Labranza con Arado de Disco en Suelos Volcánicos de Ladera en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 33(2), pp. 205-215.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG División Agropecuaria y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (1996). *Aspectos de Producción y Conservación de Suelos y Agua en Áreas Ganaderas*. San José, Costa Rica. 62 p.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L. (2007). Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*, 50 (3), 885–900.

Morris, H. (2006). Modelación hidráulica e hidrológica del Río Guápiles para determinar la vulnerabilidad a inundaciones en un tramo comprendido entre los poblados Guápiles y la Rita. (Tesis Licenciatura). Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería Agrícola, San José, CR. 160p.

Muñoz-Carpena, R., Ritter, A. (2005). Hidrología Agroforestal. Ediciones Mundi-Prensa, Canarias, España.

Núñez, J. (2001). Manejo y Conservación de suelos. EUNED. San José, Costa Rica. 288 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (SF). Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible, Integración cultivo-ganadería. Extraído el 2 de junio de 2016 de: http://www.fao.org/ag/ca/Training_Materials/CD27-Spanish/li/livestock.pdf

Pimentel, D.; Harvey, C.; Resosudarmo, P; Sinclair, K.; Kurz, D.; McNair, M.; Crist, S.; Shpritz, L.; Saffouri, R. y Blair, R. (1995). Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*. 267, pp. 117-1122.

Pujol, R.; Pérez, E. (2012). Crecimiento urbano en la región metropolitana de San José, Costa Rica. Una exploración espacial y temporal de los determinantes del cambio de uso del suelo, 1986-2010. Para Lincoln Institute of Land Policy. En línea. Recuperado de: http://lincolninst.edu/pubs/2242_Crecimiento-urbano-en-la-regi%C3%B3n-metropolitana-de-San-Jos%C3%A9--Costa-Rica

Quintero, J.R.; Morcote, C. A. (2012). Metodologías sostenibles para el control de la erosión en laderas naturales y taludes artificiales. *L'esprit Ingénieur*. Tunja, Colombia. 3, pp. 27-35.

Sánchez, B.; Martínez, M. (2007). Terrazas de banco. Secretaria de Agricultura y Ganadería Desarrollo Rural, pesca y alimentación. SAGARPA, México. 10 p.

Sandoval D., Mata R. (2014). Base de perfiles de suelos de Costa Rica. En línea: Versión 1. 2 San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). Recuperado de <http://www.suelos.ucr.ac.cr/>

Schellekens, J., Bruijnzeel, L.A., Scatena, F.N., Bink, N.J., Holwerda, F. (2000). Evapotranspiration from a tropical rain forest, Luquillo Experimental Forest, eastern Puerto Rico. *Water Resources Research*, 36 pp. 2183–2196.

Solano, J., Villalobos, R. (2001). Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico climático de Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*. Instituto Meteorológico Nacional. 8(1):26-39. San José, Costa Rica.

Tokugawa, K.; Vargas, R.; Francke, S. y Makita, M. (1998). Manual de Control de Erosión. Proyecto Cuencas CONAF – JICA. Santiago, Chile.

Unidad Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático UNEA Subsecretaría de Agricultura del Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (2011). Prácticas de Conservación de Suelos y Agua para la Adaptación Productiva a la Variabilidad Climática. Santiago, Chile. 33 p.

Vahrson, W. (1990). El Potencial Erosivo de la Lluvia en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 14(1), pp. 15-24.

24. Anexos.

APÉNDICE 1: CÁLCULO DE TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN.

SUBCUENCA	CHAYOTILLO	ID	1
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
1.	Tipo de superficie (Tabla X-x)	Zacate Bermuda	
2.	Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.41	
3.	Largo del flujo, L (total L ≤ 91.44m) m	91	
4.	Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P ₂ mm	59.54	
5.	Pendiente del tramo, s m/m	0.20	
6.	$T_t = \frac{9.126 \cdot 10^{-2} (mL)^{0.8}}{P_2^{0.48}}$, cálculo del T _t min	24.24	
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
7.	Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos	
8.	Largo del tramo, L	2043.12	m
9.	Pendiente del tramo, s m/m	0.17	
10.	Coeficiente de velocidad, a	4.92	m/s
11.	$T_t = \frac{L}{3600 \cdot a}$, cálculo del T _t	16.67	min
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
12.	Descripción de la superficie del canal abierto	Canal natural curvilíneo y limpio	
13.	Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.04	
14.	Largo del tramo, L	5273.28	m
15.	Pendiente del tramo, s m/m	0.14	
16.	Espejo de agua de la sección, T	4.00	m
17.	Ancho de la base de la sección, b	3.00	m
18.	Altura del agua en la sección, y	3.00	m
19.	Radio hidráulico de la sección, R	1.39	m
20.	$v = \frac{R^{2/3} \cdot s}{n}$, cálculo de v	11.73	m/s
21.	$T_t = \frac{L}{3600 \cdot v}$, cálculo del T _t	7.49	min
22.	Tiempo de concentración total (suma de T _t de pasos 6, 11 y 21)	48.40	min

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	CIPRESES E	ID	2
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
23. Tipo de superficie (Tabla X-x)	.....	Bosque maleza no densa	
24. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	.....	0.40	
25. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44m$)	..... m	91.00	
26. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	..... mm	59.54	
27. Pendiente del tramo, s	.....	0.23	
	m/m		
28. $T_t = \frac{9.126 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.47} S^{0.76}}$, cálculo del T_t	..... min	22.59	
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
29. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	.....	Otros cultivos	
30. Largo del tramo, L	..... m	2627.24	
31. Pendiente del tramo, s	.....	0.11	
	m/m		
32. Coeficiente de velocidad, a	..... m/s	4.92	
33. $T_t = \frac{L}{3600a \cdot \sqrt{s}}$, cálculo del T_t	..... min	26.50	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
34. Descripción de la superficie del canal abierto	.....	Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos	
35. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	.....	0.05	
36. Largo del tramo, L	..... m	417.42	
37. Pendiente del tramo, s	.....	0.12	
	m/m		
38. Espejo de agua de la sección, T	..... m	1.00	
39. Ancho de la base de la sección, b	..... m	0.90	
40. Altura del agua en la sección, y	..... m	0.50	
41. Radio hidráulico de la sección, R	..... m	0.24	
42. $v = \frac{R^{2/3} a \sqrt{s}}{n}$, cálculo de v	..... m/s	2.68	
43. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	..... min	2.60	
44. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	..... min	51.69	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Chayotillo Sur	ID	2b
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
45. Tipo de superficie (Tabla X-x)			Cultivos con cobertura en la superficie menor al 20%
46. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)			0.06
47. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m) m			91.00
48. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2 mm			59.54
49. Pendiente del tramo, s m/m			0.09
50. $T_t = \frac{9.126 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.47} S^{0.76}}$, cálculo del T_t min			7.38
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
51. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)			Otros cultivos
52. Largo del tramo, L	m		297.57
53. Pendiente del tramo, s m/m			0.08
54. Coeficiente de velocidad, a	m/s		4.92
55. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot a}$, cálculo del T_t	min		3.51
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
56. Descripción de la superficie del canal abierto			Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos
57. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n			0.05
58. Largo del tramo, L	m		2879.22
59. Pendiente del tramo, s m/m			0.06
60. Espejo de agua de la sección, T	m		2.00
61. Ancho de la base de la sección, b	m		0.90
62. Altura del agua en la sección, y	m		0.50
63. Radio hidráulico de la sección, R	m		0.29
64. $v = \frac{R^{2/3} \cdot s}{n}$, cálculo de v	m/s		2.20
65. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot v}$, cálculo del T_t	min		21.84
66. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min		32.73

Tiempo de concentración (T_C)

SUBCUENCA	ID-1	ID	3
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
67. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Pastos con árboles dispersos	
68. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.30	
69. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44m$) m		91.00	
70. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2 mm		59.54	
71. Pendiente del tramo, s m/m		0.19	
72. $T_t = \frac{9.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.74}}{P_2^{0.477}}$, cálculo del T_t min		19.23	
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
73. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
74. Largo del tramo, L	m	1051.17	
75. Pendiente del tramo, s m/m		0.13	
76. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
77. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	9.97	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
78. Descripción de la superficie del canal abierto		Cultivos	
79. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.04	
80. Largo del tramo, L	m	383.19	
81. Pendiente del tramo, s m/m		0.06	
82. Espejo de agua de la sección, T	m	1.00	
83. Ancho de la base de la sección, b	m	0.90	
84. Altura del agua en la sección, y	m	0.50	
85. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.24	
86. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	2.34	
87. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	2.72	
88. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	31.93	

Tiempo de concentración (T_C)

SUBCUENCA	ID1	ID	4
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
89. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Pastos con árboles dispersos	
90. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.30	
91. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44m$) m		91.00	
92. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2 mm		59.54	
93. Pendiente del tramo, s m/m		0.18	
94. $T_t = \frac{9.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.47} S^{0.04}}$, cálculo del T_t min		20.01	
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
95. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
96. Largo del tramo, L	m	716.71	
97. Pendiente del tramo, s m/m		0.12	
98. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
99. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	6.96	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
100. Descripción de la superficie del canal abierto		Cultivos	
101. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.04	
102. Largo del tramo, L	m	969.71	
103. Pendiente del tramo, s m/m		0.07	
104. Espejo de agua de la sección, T	m	1.00	
105. Ancho de la base de la sección, b	m	0.90	
106. Altura del agua en la sección, y	m	0.50	
107. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.24	
108. $v = \frac{R^{2/3} S}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	2.54	
109. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	6.36	
110. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	33.32	

Tiempo de concentración (T_C)

SUBCUENCA	ID8	ID	5
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
111. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Pastos con árboles dispersos	
112. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.30	
113. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44\text{m}$)	m	91.00	
114. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	mm	59.54	
115. Pendiente del tramo, s	m/m	0.08	
116. $T_t = \frac{9.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.74}}{P_2^{0.48}}$, cálculo del T_t	min	27.52	
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
117. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
118. Largo del tramo, L	m	704.81	
119. Pendiente del tramo, s	m/m	0.11	
120. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
121. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	7.35	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
122. Descripción de la superficie del canal abierto		Cultivos	
123. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.04	
124. Largo del tramo, L	m	1494.09	
125. Pendiente del tramo, s	m/m	0.10	
126. Espejo de agua de la sección, T	m	1.00	
127. Ancho de la base de la sección, b	m	0.90	
128. Altura del agua en la sección, y	m	0.50	
129. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.24	
130. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	3.04	
131. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	8.20	
132. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	43.08	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	LAGO CIPRESES	ID	6
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
133. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Suelo cultivado menor al 20% residuos	
134. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
135. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44m$) m		91.00	
136. Profundidad de lluvia de 24h para un periodo de retorno de 2 años, P_2 mm		59.54	
137. Pendiente del tramo, s m/m		0.34	
138. $T_t = \frac{0.126 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.58}}{P_2^{0.48} S^{0.34}}$, cálculo del T_t min		4.24	
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
139. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
140. Largo del tramo, L	m	3589.68	
141. Pendiente del tramo, s m/m		0.16	
142. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
143. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	30.25	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
144. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con hierbas	
145. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.05	
146. Largo del tramo, L	m	2700.08	
147. Pendiente del tramo, s m/m		0.02	
148. Espejo de agua de la sección, T	m	1.00	
149. Ancho de la base de la sección, b	m	0.90	
150. Altura del agua en la sección, y	m	0.30	
151. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.18	
152. $v = \frac{R^{2/3} S}{n}$, cálculo de v	m/s	0.97	
153. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	46.18	
154. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	80.67	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	LAGO CIPRESES 2	ID	7
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
155. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Superficie lisa grava		
156. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.011		
157. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)	91.00		
158. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	59.54		
159. Pendiente del tramo, s	0.04		
m/m			
160. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.75}}{P_2^{0.48} S^{0.04}}$, cálculo del T_t	2.51		
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
161. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Calle		
162. Largo del tramo, L	261.92		
163. Pendiente del tramo, s	0.06		
m/m			
164. Coeficiente de velocidad, a	6.20		
165. $T_t = \frac{L}{3600a\sqrt{s}}$, cálculo del T_t	2.79		
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
166. Descripción de la superficie del canal abierto	Fondo limpio y curvilíneo		
167. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.04		
168. Largo del tramo, L	2827.05		
169. Pendiente del tramo, s	0.05		
m/m			
170. Espejo de agua de la sección, T	2.00		
m			
171. Ancho de la base de la sección, b	1.90		
m			
172. Altura del agua en la sección, y	1.50		
m			
173. Radio hidráulico de la sección, R	0.60		
m			
174. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{s}$, cálculo de v	4.13		
m/s			
175. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	11.42		
min			
176. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	16.72		
min			

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	ORATORIO ABAJO	ID	8
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
177. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Pastos con árboles dispersos		
178. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.30		
179. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)	91.00		
180. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	59.54		
181. Pendiente del tramo, s	0.04		
m/m			
182. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} P^{0.4}}$, cálculo del T_t	37.59		
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
183. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos		
184. Largo del tramo, L	2512.29		
185. Pendiente del tramo, s	0.04		
m/m			
186. Coeficiente de velocidad, a	4.92		
187. $T_t = \frac{L}{3600a\sqrt{s}}$, cálculo del T_t	42.47		
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
188. Descripción de la superficie del canal abierto	Cultivos		
189. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.04		
190. Largo del tramo, L	805.03		
191. Pendiente del tramo, s	0.19		
m/m			
192. Espejo de agua de la sección, T	2.00		
m			
193. Ancho de la base de la sección, b	0.80		
m			
194. Altura del agua en la sección, y	0.30		
m			
195. Radio hidráulico de la sección, R	0.20		
m			
196. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{s}$, cálculo de v	3.71		
m/s			
197. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	3.61		
min			
198. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	83.67		
min			

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	ORATORIO IGLESIA	ID	9
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
199. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Pastos		
200. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.41		
201. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)	91.00		
202. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	59.54		
203. Pendiente del tramo, s	0.35		
m/m			
204. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.75}}{P_2^{0.48} S^{0.48}}$, cálculo del T_t	19.64		
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
205. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos		
206. Largo del tramo, L	791.69		
207. Pendiente del tramo, s	0.35		
m/m			
208. Coeficiente de velocidad, a	4.92		
209. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	9.28		
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
210. Descripción de la superficie del canal abierto	Canal natural curvilíneo y limpio		
211. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.05		
212. Largo del tramo, L	183.94		
213. Pendiente del tramo, s	0.19		
m/m			
214. Espejo de agua de la sección, T	1.00		
m			
215. Ancho de la base de la sección, b	0.90		
m			
216. Altura del agua en la sección, y	0.40		
m			
217. Radio hidráulico de la sección, R	0.22		
m			
218. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	3.14		
m/s			
219. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	0.98		
min			
220. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	29.89		
min			

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Puente 1	ID	10
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
221. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Superficie lisa suelo descubierto		
222. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.011		
223. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)	91.00		
224. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	59.54		
225. Pendiente del tramo, s	0.06		
m/m			
226. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.77}}{P_2^{0.487} S^{0.77}}$, cálculo del T_t	2.26		
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
227. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos		
228. Largo del tramo, L	2527.05		
229. Pendiente del tramo, s	0.17		
m/m			
230. Coeficiente de velocidad, a	4.92		
231. $T_t = \frac{L}{3600a\sqrt{a}}$, cálculo del T_t	20.55		
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
232. Descripción de la superficie del canal abierto	Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles		
233. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.10		
234. Largo del tramo, L	508.68		
235. Pendiente del tramo, s	0.19		
m/m			
236. Espejo de agua de la sección, T	15.00		
m			
237. Ancho de la base de la sección, b	10.00		
m			
238. Altura del agua en la sección, y	2.5		
m			
239. Radio hidráulico de la sección, R	1.73		
m			
240. $v = \frac{R^{2/3} a}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	4.23		
m/s			
241. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	2.01		
min			
242. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	24.81		
min			

Tiempo de concentración (T_C)

SUBCUENCA	Quebrada Bisirrito	ID	11
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
243. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Superficie lisa grava		
244. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.011		
245. Largo del flujo, L (total L ≤ 91.44m)	91.00		
246. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P ₂	59.54		
247. Pendiente del tramo, s	0.20		
m/m			
248. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.77}}{P_2^{0.487} S^{0.74}}$, cálculo del T _t	1.35		
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
249. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos		
250. Largo del tramo, L	3538.67		
251. Pendiente del tramo, s	0.17		
m/m			
252. Coeficiente de velocidad, a	4.92		
253. $T_t = \frac{L}{3600a\sqrt{a}}$, cálculo del T _t	37.88		
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
254. Descripción de la superficie del canal abierto	Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles		
255. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.10		
256. Largo del tramo, L	1341.37		
257. Pendiente del tramo, s	0.06		
m/m			
258. Espejo de agua de la sección, T	15.00		
m			
259. Ancho de la base de la sección, b	10.00		
m			
260. Altura del agua en la sección, y	2.00		
m			
261. Radio hidráulico de la sección, R	1.44		
m			
262. $v = \frac{R^{2/3} a}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	3.04		
m/s			
263. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T _t	7.34		
min			
264. Tiempo de concentración total (suma de T _t de pasos 6, 11 y 21)	46.57		
min			

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Quebrada Boquerón	ID	12
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
265. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Suelo cultivado menor al 20% residuos	
266. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
267. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m) m		91.00	
268. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2 mm		59.54	
269. Pendiente del tramo, s m/m		0.12	
270. $T_t = \frac{9.126 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.484}}$, cálculo del T_t min		6.44	
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
271. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
272. Largo del tramo, L	m	487.79	
273. Pendiente del tramo, s m/m		0.09	
274. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
275. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	5.42	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
276. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
277. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.10	
278. Largo del tramo, L	m	1969.66	
279. Pendiente del tramo, s m/m		0.11	
280. Espejo de agua de la sección, T	m	10.00	
281. Ancho de la base de la sección, b	m	8.00	
282. Altura del agua en la sección, y	m	2.00	
283. Radio hidráulico de la sección, R	m	1.46	
284. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	2.80	
285. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	11.72	
286. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	23.58	

Tiempo de concentración (T_C)

SUBCUENCA	Quebrada Cañada	ID	13
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
287. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Bosque maleza no densa	
288. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.40	
289. Largo del flujo, L (total L ≤ 91.44m)		91.00	
290. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P ₂		59.54	
291. Pendiente del tramo, s		0.41	
m/m			
292. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.77}}{P_2^{0.48} S^{0.74}}$, cálculo del T _t		17.98	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
293. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
294. Largo del tramo, L	m	1253.03	
295. Pendiente del tramo, s		0.23	
m/m			
296. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
297. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T _t	min	8.84	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
298. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
299. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.10	
300. Largo del tramo, L	m	5179.93	
301. Pendiente del tramo, s		0.12	
m/m			
302. Espejo de agua de la sección, T	m	8.00	
303. Ancho de la base de la sección, b	m	6.00	
304. Altura del agua en la sección, y	m	1.50	
305. Radio hidráulico de la sección, R	m	1.10	
306. $v = \frac{R^{2/3} a}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	3.69	
307. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T _t	min	23.41	
308. Tiempo de concentración total (suma de T _t de pasos 6, 11 y 21)	min	50.23	

Tiempo de concentración (T_C)

SUBCUENCA	Quebrada El Paso	ID	14
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
309. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Superficie lisa	
310. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.011	
311. Largo del flujo, L (total L ≤ 91.44m)		91.00	
312. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P ₂		59.54	
313. Pendiente del tramo, s		0.12	
314. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.77}}{P_2^{0.487}}$, cálculo del T _t		1.67	
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
315. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
316. Largo del tramo, L		4694.38	
317. Pendiente del tramo, s		0.13	
318. Coeficiente de velocidad, a		4.92	
319. $T_t = \frac{L}{3600a\sqrt{a}}$, cálculo del T _t		43.80	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
320. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
321. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.10	
322. Largo del tramo, L		1577.09	
323. Pendiente del tramo, s		0.07	
324. Espejo de agua de la sección, T		8.00	
325. Ancho de la base de la sección, b		4.00	
326. Altura del agua en la sección, y		1.50	
327. Radio hidráulico de la sección, R		0.98	
328. $v = \frac{R^{2/3} s}{n} \sqrt{s}$, cálculo de v		2.54	
329. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T _t		10.34	
330. Tiempo de concentración total (suma de T _t de pasos 6, 11 y 21)		55.82	

Tiempo de concentración (T_C)

SUBCUENCA	Quebrada P	ID	15
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
331. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Con residuos superficiales menores al 20%	
332. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
333. Largo del flujo, L (total L ≤ 91.44m) m		91.00	
334. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P ₂ mm		59.54	
335. Pendiente del tramo, s m/m		0.23	
336. $T_t = \frac{9.126 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.47}}$, cálculo del T _t min		4.99	
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
337. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
338. Largo del tramo, L	m	2026.23	
339. Pendiente del tramo, s m/m		0.10	
340. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
341. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T _t	min	21.90	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
342. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
343. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.10	
344. Largo del tramo, L	m	360.91	
345. Pendiente del tramo, s m/m		0.06	
346. Espejo de agua de la sección, T	m	2.00	
347. Ancho de la base de la sección, b	m	1.50	
348. Altura del agua en la sección, y	m	1.00	
349. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.49	
350. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	1.47	
351. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T _t	min	8.35	
352. Tiempo de concentración total (suma de T _t de pasos 6, 11 y 21)	min	35.25	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Quebrada Paso Real	ID	16
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
353. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Bosque con maleza no densa	
354. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.40	
355. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)		91.00	
356. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2		59.54	
357. Pendiente del tramo, s		0.01	
m/m			
358. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.77}}{P_2^{0.48} S^{0.34}}$, cálculo del T_t		81.61	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
359. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
360. Largo del tramo, L	m	350.35	
361. Pendiente del tramo, s		0.24	
m/m			
362. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
363. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	2.41	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
364. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
365. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.10	
366. Largo del tramo, L	m	6243.49	
367. Pendiente del tramo, s		0.16	
m/m			
368. Espejo de agua de la sección, T	m	8.00	
369. Ancho de la base de la sección, b	m	5.00	
370. Altura del agua en la sección, y	m	2.00	
371. Radio hidráulico de la sección, R	m	1.31	
372. $v = \frac{R^{2/3} a}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	4.83	
373. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	21.56	
374. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	105.57	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Quebrada Presidio	ID	17
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
375. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Bermudagrass		
376. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.41		
377. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)	91.00		
378. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	59.54		
379. Pendiente del tramo, s	0.27		
m/m			
380. $T_t = \frac{8.128 \cdot 10^{-2} \cdot (nL)^{0.77}}{P_2^{0.5} \cdot P^{0.4}}$, cálculo del T_t	21.80		
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
381. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos / Pastos		
382. Largo del tramo, L	882.93		
383. Pendiente del tramo, s	0.27		
m/m			
384. Coeficiente de velocidad, a	4.92		
385. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	5.73		
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
386. Descripción de la superficie del canal abierto	Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles		
387. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.10		
388. Largo del tramo, L	5939.65		
389. Pendiente del tramo, s	0.14		
m/m			
390. Espejo de agua de la sección, T	8.00		
m			
391. Ancho de la base de la sección, b	4.00		
m			
392. Altura del agua en la sección, y	2.00		
m			
393. Radio hidráulico de la sección, R	1.24		
m			
394. $v = \frac{R^{2/3} \cdot s}{n}$, cálculo de v	4.30		
m/s			
395. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	23.02		
min			
396. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	50.55		
min			

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Quebrada Platanilla	ID	18
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
397. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Bosques de maleza no densa	
398. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.40	
399. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)		91.00	
400. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2		59.54	
401. Pendiente del tramo, s		0.52	
m/m			
402. $T_t = \frac{8.128 \cdot 10^{-2} \cdot (nL)^{0.77}}{P_2^{0.48} \cdot S^{0.4}}$, cálculo del T_t		16.38	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
403. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos / Pastos	
404. Largo del tramo, L	m	2441.42	
405. Pendiente del tramo, s		0.17	
m/m			
406. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
407. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot a}$, cálculo del T_t	min	19.77	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
408. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
409. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.10	
410. Largo del tramo, L	m	2030.99	
411. Pendiente del tramo, s		0.12	
m/m			
412. Espejo de agua de la sección, T	m	2.00	
413. Ancho de la base de la sección, b	m	1.00	
414. Altura del agua en la sección, y	m	1.00	
415. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.46	
416. $v = \frac{R^{2/3} \cdot a}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	2.10	
417. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot v}$, cálculo del T_t	min	16.10	
418. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	52.25	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Quebrada Presidio O2	ID	19
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
419. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Bermudagrass		
420. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.41		
421. Largo del flujo, L (total L ≤ 91.44m)	91.00		
422. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P ₂	59.54		
423. Pendiente del tramo, s	0.16		
m/m			
424. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} \cdot (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} \cdot S^{0.4}}$, cálculo del T _t	27.03		
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
425. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos / Pastos		
426. Largo del tramo, L	69.57		
427. Pendiente del tramo, s	0.12		
m/m			
428. Coeficiente de velocidad, a	4.92		
429. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot a}$, cálculo del T _t	0.67		
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
430. Descripción de la superficie del canal abierto	Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos		
431. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.05		
432. Largo del tramo, L	2028.82		
433. Pendiente del tramo, s	0.10		
m/m			
434. Espejo de agua de la sección, T	2.00		
m			
435. Ancho de la base de la sección, b	1.00		
m			
436. Altura del agua en la sección, y	0.50		
m			
437. Radio hidráulico de la sección, R	0.30		
m			
438. $v = \frac{R^{2/3} \cdot a}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	2.76		
m/s			
439. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot v}$, cálculo del T _t	12.26		
min			
440. Tiempo de concentración total (suma de T _t de pasos 6, 11 y 21)	39.97		
min			

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Sanatorio	ID	20
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
441. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Bermudagrass		
442. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.41		
443. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m) m	91.00		
444. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2 mm	59.54		
445. Pendiente del tramo, s m/m	0.19		
446. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} S^{0.34}}$, cálculo del T_t min	24.87		
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
447. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos		
448. Largo del tramo, L	840.45	m	
449. Pendiente del tramo, s m/m	0.22		
450. Coeficiente de velocidad, a	4.92	m/s	
451. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	6.06	min	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
452. Descripción de la superficie del canal abierto	Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos		
453. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.05		
454. Largo del tramo, L	3087.70	m	
455. Pendiente del tramo, s m/m	0.09		
456. Espejo de agua de la sección, T	10.00	m	
457. Ancho de la base de la sección, b	3.00	m	
458. Altura del agua en la sección, y	3.00	m	
459. Radio hidráulico de la sección, R	1.63	m	
460. $v = \frac{R^{2/3} s}{n} \sqrt{s}$, cálculo de v	8.52	m/s	
461. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	6.04	min	
462. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	36.97	min	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Quebrada Sanatorio 2	ID	21
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
463. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Cultivos con menos de 20% de residuos	
464. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
465. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)		91.00	
466. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2		59.54	
467. Pendiente del tramo, s		0.07	
m/m			
468. $T_t = \frac{8.128 \cdot 10^{-2} \cdot (nL)^{0.76}}{P_2^{0.47} \cdot S^{0.34}}$, cálculo del T_t		7.97	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
469. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos / Pastos	
470. Largo del tramo, L	m	499.00	
471. Pendiente del tramo, s		0.09	
m/m			
472. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
473. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot a}$, cálculo del T_t	min	5.49	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
474. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos	
475. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.05	
476. Largo del tramo, L	m	4518.76	
477. Pendiente del tramo, s		0.11	
m/m			
478. Espejo de agua de la sección, T	m	10.00	
479. Ancho de la base de la sección, b	m	3.00	
480. Altura del agua en la sección, y	m	3.00	
481. Radio hidráulico de la sección, R	m	1.63	
482. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	9.18	
483. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot v}$, cálculo del T_t	min	8.21	
484. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	21.67	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Quebrada Sanatorio E	ID	22
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
485. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Cultivos con menos de 20% de residuos	
486. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
487. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)		91.00	
488. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2		59.54	
489. Pendiente del tramo, s		0.08	
m/m			
490. $T_t = \frac{8.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} P^{0.4}}$, cálculo del T_t		7.56	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
491. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos / Pastos	
492. Largo del tramo, L	m	2039.58	
493. Pendiente del tramo, s		0.13	
m/m			
494. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
495. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	19.17	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
496. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
497. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.10	
498. Largo del tramo, L	m	1891.75	
499. Pendiente del tramo, s		0.13	
m/m			
500. Espejo de agua de la sección, T	m	4.00	
501. Ancho de la base de la sección, b	m	3.00	
502. Altura del agua en la sección, y	m	1.50	
503. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.89	
504. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	3.28	
505. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	9.61	
506. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	36.33	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Río Blanquillo	ID	23
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
507. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Cultivos con menos de 20% de residuos	
508. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
509. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)		91.00	
510. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2		59.54	
511. Pendiente del tramo, s		0.23	
m/m			
512. $T_t = \frac{8.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.47} S^{0.34}}$, cálculo del T_t		5.01	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
513. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos / Pastos	
514. Largo del tramo, L	m	1264.65	
515. Pendiente del tramo, s		0.11	
m/m			
516. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
517. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	12.69	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
518. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos	
519. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.05	
520. Largo del tramo, L	m	3756.80	
521. Pendiente del tramo, s		0.08	
m/m			
522. Espejo de agua de la sección, T	m	4.00	
523. Ancho de la base de la sección, b	m	3.00	
524. Altura del agua en la sección, y	m	1.50	
525. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.89	
526. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	5.15	
527. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	12.15	
528. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	29.85	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Río Paez Abajo	ID	24
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
529. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Cultivos con menos de 20% de residuos	
530. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
531. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)		91.00	
532. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2		59.54	
533. Pendiente del tramo, s		0.10	
m/m			
534. $T_t = \frac{8.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.77}}{P_2^{0.48} P^{0.4}}$, cálculo del T_t		6.80	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
535. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos / Pastos	
536. Largo del tramo, L	m	3946.23	
537. Pendiente del tramo, s		0.11	
m/m			
538. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
539. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	39.57	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
540. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
541. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.10	
542. Largo del tramo, L	m	5176.09	
543. Pendiente del tramo, s		0.06	
m/m			
544. Espejo de agua de la sección, T	m	16.00	
545. Ancho de la base de la sección, b	m	4.00	
546. Altura del agua en la sección, y	m	3.00	
547. Radio hidráulico de la sección, R	m	1.63	
548. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	3.49	
549. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	24.75	
550. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	71.12	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Río Toyogres	ID	25
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
551. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Cultivos con menos de 20% de residuos	
552. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
553. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)		91.00	
554. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2		59.54	
555. Pendiente del tramo, s		0.10	
m/m			
556. $T_t = \frac{8.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.47} S^{0.34}}$, cálculo del T_t		6.88	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
557. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos / Pastos	
558. Largo del tramo, L	m	1134.66	
559. Pendiente del tramo, s		0.18	
m/m			
560. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
561. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	9.12	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
562. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
563. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.10	
564. Largo del tramo, L	m	3727.03	
565. Pendiente del tramo, s		0.12	
m/m			
566. Espejo de agua de la sección, T	m	10.00	
567. Ancho de la base de la sección, b	m	4.00	
568. Altura del agua en la sección, y	m	3.00	
569. Radio hidráulico de la sección, R	m	1.70	
570. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	4.94	
571. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	12.59	
572. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	28.59	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	San Antonio	ID	26
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
573. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Cultivos con menos de 20% de residuos	
574. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
575. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)		91.00	
576. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2		59.54	
577. Pendiente del tramo, s		0.08	
m/m			
578. $T_t = \frac{8.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.47} S^{0.4}}$, cálculo del T_t		7.76	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
579. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos / Pastos	
580. Largo del tramo, L	m	2281.61	
581. Pendiente del tramo, s		0.17	
m/m			
582. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
583. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	18.56	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
584. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos	
585. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.05	
586. Largo del tramo, L	m	1211.53	
587. Pendiente del tramo, s		0.10	
m/m			
588. Espejo de agua de la sección, T	m	4.00	
589. Ancho de la base de la sección, b	m	1.00	
590. Altura del agua en la sección, y	m	0.50	
591. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.31	
592. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	2.85	
593. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	7.09	
594. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	33.41	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Tatiscú	ID	27
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
595. Tipo de superficie (Tabla X-x)	.....	Cultivos con menos de 20% de residuos	
596. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	.....	0.06	
597. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)	..... m	91.00	
598. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	..... mm	59.54	
599. Pendiente del tramo, s	.....	0.23	
	m/m		
600. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} S^{0.34}}$, cálculo del T_t	..... min	4.94	
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
601. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	.....	Otros cultivos	
602. Largo del tramo, L	..... m	601.37	
603. Pendiente del tramo, s	.....	0.17	
	m/m		
604. Coeficiente de velocidad, a	..... m/s	4.92	
605. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	..... min	4.94	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
606. Descripción de la superficie del canal abierto	.....	Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
607. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	.....	0.10	
608. Largo del tramo, L	..... m	3499.63	
609. Pendiente del tramo, s	.....	0.14	
	m/m		
610. Espejo de agua de la sección, T	..... m	5.00	
611. Ancho de la base de la sección, b	..... m	4.00	
612. Altura del agua en la sección, y	..... m	2.00	
613. Radio hidráulico de la sección, R	..... m	1.18	
614. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	..... m/s	4.24	
615. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	..... min	13.76	
616. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	..... min	23.62	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Taticú 2	ID	28
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
617. Tipo de superficie (Tabla X-x)			Cultivos con menos de 20% de residuos
618. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)			0.06
619. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)			91.00
620. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2			59.54
621. Pendiente del tramo, s			0.16
m/m			
622. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} P^{0.4}}$, cálculo del T_t			5.73
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
623. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)			Otros cultivos
624. Largo del tramo, L			679.75
625. Pendiente del tramo, s			0.10
m/m			
626. Coeficiente de velocidad, a			4.92
m/s			
627. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot a}$, cálculo del T_t			7.25
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
628. Descripción de la superficie del canal abierto			Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos
629. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n			0.05
630. Largo del tramo, L			4052.20
631. Pendiente del tramo, s			0.11
m/m			
632. Espejo de agua de la sección, T			5.00
m			
633. Ancho de la base de la sección, b			4.00
m			
634. Altura del agua en la sección, y			2.00
m			
635. Radio hidráulico de la sección, R			1.18
m			
636. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v			7.42
m/s			
637. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot v}$, cálculo del T_t			9.10
min			
638. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)			22.08
min			

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Taticú 3	ID	29
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
639. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Superficie lisa		
640. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.011		
641. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)	91.00		
642. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	59.54		
643. Pendiente del tramo, s	0.10		
m/m			
644. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} S^{0.34}}$, cálculo del T_t	1.79		
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
645. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos		
646. Largo del tramo, L	449.24		
647. Pendiente del tramo, s	0.16		
m/m			
648. Coeficiente de velocidad, a	4.92		
m/s			
649. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	3.03		
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
650. Descripción de la superficie del canal abierto	Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos		
651. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.05		
652. Largo del tramo, L	2744.93		
653. Pendiente del tramo, s	0.10		
m/m			
654. Espejo de agua de la sección, T	5.00		
m			
655. Ancho de la base de la sección, b	4.00		
m			
656. Altura del agua en la sección, y	2.00		
m			
657. Radio hidráulico de la sección, R	1.18		
m			
658. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	6.97		
m/s			
659. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	6.56		
min			
660. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	11.39		
min			

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Urbanización Delicias	ID	30
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
661. Tipo de superficie (Tabla X-x)			Cultivos con menos de 20% de residuos
662. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)			0.06
663. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)			91.00
664. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2			59.54
665. Pendiente del tramo, s			0.30
m/m			
666. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.47} S^{0.04}}$, cálculo del T_t			4.48
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
667. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)			Otros cultivos
668. Largo del tramo, L		m	449.24
669. Pendiente del tramo, s			0.15
m/m			
670. Coeficiente de velocidad, a		m/s	4.92
671. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot a}$, cálculo del T_t		min	14.15
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
672. Descripción de la superficie del canal abierto			Canal natural curvilíneo y limpio
673. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n			0.04
674. Largo del tramo, L		m	542.59
675. Pendiente del tramo, s			0.05
m/m			
676. Espejo de agua de la sección, T		m	1.00
677. Ancho de la base de la sección, b		m	0.90
678. Altura del agua en la sección, y		m	0.40
679. Radio hidráulico de la sección, R		m	0.22
680. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v		m/s	2.07
681. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot v}$, cálculo del T_t		min	4.37
682. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)		min	23.00

Tiempo de concentración (T_C)

SUBCUENCA	Urbanización Sanabria	ID	31
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
683. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Cultivos con menos de 20% de residuos	
684. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
685. Largo del flujo, L (total L ≤ 91.44m)		91.00	
686. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P ₂		59.54	
687. Pendiente del tramo, s		0.15	
m/m			
688. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} S^{0.34}}$, cálculo del T _t		5.95	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
689. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
690. Largo del tramo, L	m	1350.18	
691. Pendiente del tramo, s		0.14	
m/m			
692. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
693. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot a}$, cálculo del T _t	min	12.39	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
694. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural con hierbas y charcos	
695. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.05	
696. Largo del tramo, L	m	774.00	
697. Pendiente del tramo, s		0.10	
m/m			
698. Espejo de agua de la sección, T	m	1.00	
699. Ancho de la base de la sección, b	m	0.50	
700. Altura del agua en la sección, y	m	1.00	
701. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.29	
702. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	2.82	
703. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot v}$, cálculo del T _t	min	4.57	
704. Tiempo de concentración total (suma de T _t de pasos 6, 11 y 21)	min	22.91	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Vuelta del Tapón	ID	32
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
705. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Pastos densos	
706. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.24	
707. Largo del flujo, L (total L ≤ 91.44m)		91.00	
708. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P ₂		59.54	
709. Pendiente del tramo, s		0.10	
m/m			
710. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} S^{0.04}}$, cálculo del T _t		20.86	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
711. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
712. Largo del tramo, L	m	1652.	
713. Pendiente del tramo, s		0.11	
m/m			
714. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
715. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot a}$, cálculo del T _t	min	16.54	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
716. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con matorrales y árboles	
717. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.10	
718. Largo del tramo, L	m	1660.64	
719. Pendiente del tramo, s		0.15	
m/m			
720. Espejo de agua de la sección, T	m	15.00	
721. Ancho de la base de la sección, b	m	10.00	
722. Altura del agua en la sección, y	m	2.50	
723. Radio hidráulico de la sección, R	m	1.73	
724. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	5.65	
725. $T_t = \frac{L}{3600 \cdot v}$, cálculo del T _t	min	4.90	
726. Tiempo de concentración total (suma de T _t de pasos 6, 11 y 21)	min	42.30	

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Oratorio	ID	33
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
727. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Bermudagrass		
728. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.41		
729. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)	91.00		
730. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	59.54		
731. Pendiente del tramo, s	0.07		
m/m			
732. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.47} S^{0.4}}$, cálculo del T_t	37.55		
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
733. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos		
734. Largo del tramo, L	1632.65		
735. Pendiente del tramo, s	0.14		
m/m			
736. Coeficiente de velocidad, a	4.92		
737. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	14.68		
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
738. Descripción de la superficie del canal abierto	Cultivos		
739. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.04		
740. Largo del tramo, L	457.59		
741. Pendiente del tramo, s	0.15		
m/m			
742. Espejo de agua de la sección, T	1.00		
m			
743. Ancho de la base de la sección, b	0.80		
m			
744. Altura del agua en la sección, y	0.40		
m			
745. Radio hidráulico de la sección, R	0.21		
m			
746. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	3.40		
m/s			
747. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	2.25		
min			
748. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	54.47		
min			

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Chayotillo Este	ID	34
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
749. Tipo de superficie (Tabla X-x)	Pastos densos		
750. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)	0.24		
751. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)	91.00		
752. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2	59.54		
753. Pendiente del tramo, s	0.30		
m/m			
754. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} S^{0.34}}$, cálculo del T_t	13.48		
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
755. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)	Otros cultivos / Pastos		
756. Largo del tramo, L	359.26		
757. Pendiente del tramo, s	0.12		
m/m			
758. Coeficiente de velocidad, a	4.92		
759. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	3.49		
min			
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
760. Descripción de la superficie del canal abierto	Cultivos		
761. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n	0.04		
762. Largo del tramo, L	464.96		
763. Pendiente del tramo, s	0.13		
m/m			
764. Espejo de agua de la sección, T	1.00		
m			
765. Ancho de la base de la sección, b	0.80		
m			
766. Altura del agua en la sección, y	0.30		
m			
767. Radio hidráulico de la sección, R	0.18		
m			
768. $v = \frac{R^{2/3} a}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	2.85		
m/s			
769. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	2.72		
min			
770. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	19.69		
min			

Tiempo de concentración (T_c)

SUBCUENCA	Urbanización Delicias	ID	35
A) FLUJO SUPERFICIAL EN LÁMINA (HORTONIANA)			
771. Tipo de superficie (Tabla X-x)		Cultivos con menos de 20% de residuos	
772. Coeficiente de rugosidad de Manning para flujo laminar, n (Tabla X-x)		0.06	
773. Largo del flujo, L (total $L \leq 91.44$ m)		91.00	
774. Profundidad de lluvia de 24h para un período de retorno de 2 años, P_2		59.54	
775. Pendiente del tramo, s		0.20	
m/m			
776. $T_t = \frac{0.128 \cdot 10^{-2} (nL)^{0.76}}{P_2^{0.48} P^{0.4}}$, cálculo del T_t		5.30	
min			
B) FLUJO SUPERFICIAL CENTRADO POCO PROFUNDO			
777. Descripción de la superficie (pavimentado o sin pavimentar)		Otros cultivos	
778. Largo del tramo, L	m	897.01	
779. Pendiente del tramo, s		0.23	
m/m			
780. Coeficiente de velocidad, a	m/s	4.92	
781. $T_t = \frac{L}{3600a}$, cálculo del T_t	min	6.27	
C) FLUJO SUPERFICIAL CONCENTRADO EN CANALES ABIERTOS			
782. Descripción de la superficie del canal abierto		Canal natural curvilíneo con hierbas y charcos	
783. Coeficiente de rugosidad de Manning para canal abierto, n		0.05	
784. Largo del tramo, L	m	1426.48	
785. Pendiente del tramo, s		0.11	
m/m			
786. Espejo de agua de la sección, T	m	2.00	
787. Ancho de la base de la sección, b	m	1.50	
788. Altura del agua en la sección, y	m	1.00	
789. Radio hidráulico de la sección, R	m	0.49	
790. $v = \frac{R^{2/3}}{n} \sqrt{S}$, cálculo de v	m/s	4.12	
791. $T_t = \frac{L}{3600v}$, cálculo del T_t	min	5.78	
792. Tiempo de concentración total (suma de T_t de pasos 6, 11 y 21)	min	17.35	