



**UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN**

Proyecto de Investigación

**“Determinación del uso actual del suelo en la Microcuenca del Río Ciruelas,
Alajuela-Heredia, Costa Rica”**



**Elaborado por:
M.Sc. Sylvia Jiménez Cavallini**

Alajuela, 2015.

Resumen ejecutivo

La microcuenca del río Ciruelas se encuentra ubicada en las coordenadas 524.732E, 235.252N y 502.343E, 211.907N. Según los límites político-administrativos se encuentra localizada en las provincias de Alajuela y Heredia, respectivamente, en los cantones de Alajuela, Barva y Santa Bárbara, perteneciendo a la subcuenca del río Virilla y a la cuenca del río Grande de Tárcoles (Rodríguez 1996).

Con el pasar de los años esta zona se ha degradado por las actividades de ganadería y agricultura principalmente. Sin dejar de lado según Marozzi (2004), la tendencia del uso de la microcuenca se ha encaminado hacia la actividad urbana, en donde algunos sembradíos de café ya han sido desplazados, lo cual es preocupante ya que podría aumentar el grado de contaminación generado por el crecimiento urbano, tanto de la industria como del comercio. En la actualidad, el aumento de la producción avícola, las plantaciones ornamentales, los sembradíos de tomate, chile y las construcciones de énfasis turístico han generado también una fuerte competencia por el uso del agua y del suelo en la zona.

No se deja de lado, que la población en los tres cantones ha presentado un crecimiento considerable en los últimos años, aumentando de 110.606 personas en el 2004 a 222.794 para el año 2011, según el último Censo realizado en el país (INEC 2011), provocando cambios en el uso del suelo por las distintas actividades en las que se desarrollan los habitantes.

En la presente investigación se analizaron los aspectos biofísicos y ambientales que han hecho de la microcuenca del Río Ciruelas, una zona cambiante en el uso del suelo y con un aumento poblacional significativo, donde se presenta el bosque con 2008 ha (23.27%), zona urbana 2152 ha (24.94%), pastos 2011 ha (23.3%), café 1060 ha (12.29%), otros cultivos 1139 ha (13.2%), plantaciones 185 ha (2.15%) e invernaderos 74 ha (0.86%).

Una de las repercusiones ambientales más significativa es que cambios en los usos del suelo, no solo afectan al régimen climático, regional y local, sino que contribuyen a cambios en el balance hídrico de la microcuenca, así como en la degradación y pérdidas de suelos fértiles.

Índice

I. Introducción.....	04
II. Objetivos.....	06
III. Justificación.....	07
IV. Marco Teórico.....	10
V. Metodología.....	13
VI. Resultados.....	16
VII. Conclusiones.....	45
VIII.Recomendaciones.....	46
IX. Literatura Citada.....	47
X. Anexos.....	50

I.Introducción

El aumento de población y su inadecuada distribución, aunado al acelerado proceso de expansión urbana y el incremento en las actividades económicas y productivas (agrícolas e industriales), ejercen una fuerte presión sobre los recursos naturales de las cuencas hidrográficas del país, especialmente sobre los recursos hídricos y forestales.

La problemática que enfrentan las cuencas hidrográficas de la GAM abarcan múltiples factores: el rápido proceso de urbanización no planificado en la zona, el manejo inadecuado de los desechos sólidos, las prácticas agrícolas intensivas; así como la carencia de un sistema de alcantarillado sanitario para la disposición y tratamiento de aguas servidas y excretas, provenientes de actividades industriales y agropecuarias (Estado de la Nación 2002).

Analizar los cambios del aumento poblacional y del uso del suelo permite determinar la tendencia en el manejo de los recursos sobre el espacio (biofísico, social, económico y ambiental), además de describir los efectos que tiene este manejo sobre los recursos de la microcuenca.

Según Reynolds (2002), en la zona de la Microcuenca del Río Ciruelas, y de manera general en la GAM, no se cuenta con estudios científicos suficientes que sirvan como un punto de partida para determinar parámetros para las regulaciones de uso del suelo y el buen manejo de los recursos naturales.

El acuífero de Barba es uno de los principales acuíferos que abastecen áreas urbanas y semiurbanas de la Gran Área Metropolitana (GAM), entre ellas parte de los cantones de Barva, Santa Bárbara y Alajuela (pertenecientes a la zona de estudio). Este acuífero está formado por materiales de lava de mediana a baja permeabilidad, lo que lo hace vulnerable a la contaminación, y más aún al existir cambios constantes en el uso del suelo.

Es por ello, que en este estudio se pretende conocer el uso actual del suelo en la microcuenca del Río Ciruelas, para analizar el posible crecimiento poblacional y cambios

que han surgido con el pasar del tiempo. Sin dejar de lado, la importancia de obtener un estudio actualizado de la zona en estudio.

II. Objetivos

General

Determinar el uso actual del suelo en la parte alta, media y baja de la Microcuenca del Río Ciruelas.

Específicos

- Reconocer y georreferenciar los distintos usos del suelo en la totalidad de la microcuenca del Río Ciruelas, para elaborar una base de datos actualizada de la zona
- Elaborar un mapa actual del uso del suelo de la totalidad de la microcuenca del Río Ciruelas
- Determinar las repercusiones ambientales positivas y negativas generadas por el cambio de uso del suelo de la microcuenca en la actualidad

III. Justificación

En Costa Rica la expansión urbana se ha desarrollado en mayor escala en la zona central del país, donde se ubica la Gran Área Metropolitana (GAM). En esta región de 1700 km² se encuentran las ciudades de San José, Heredia, Alajuela, Cartago y muchos poblados que las rodean e interconectan para formar una gran zona urbana (Jiménez et al. 2006).

Datos del censo poblacional del 2011 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo de Costa Rica (INEC 2011) indican que esta área posee más de dos millones de habitantes, lo que representa el 54% de la población total, concentrada en el 3% del territorio nacional. Esta situación ha hecho que la demanda por recursos como el agua se concentre geográficamente y genere una fuerte presión sobre éste, manifestándose en la contaminación de las fuentes (superficiales y subterráneas), sobreexplotación del acuífero Barba y provocando cambios del uso del suelo en la zona, afectando la salubridad y la calidad de vida de las personas (Jiménez et al. 2006).

El acuífero de Barva es uno de los principales acuíferos que abastecen áreas urbanas en Costa Rica, además de las ciudades más importantes de la Gran Área Metropolitana como Heredia y Alajuela y otros centros de población aledaños, a los que pertenece la microcuenca del Río Ciruelas (Todd 1964).

Con la ayuda de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se puede lograr crear un análisis del uso del suelo para esta microcuenca, determinando las actividades y cambios generados con el pasar de los años y su repercusión en el ambiente (ESRI 1998).

La presente investigación incluye una etapa inicial de recopilación de información secundaria mediante revisión bibliográfica de documentos, tesis, estudios, artículos de revista, entre otros, y la elaboración del formulario de campo a utilizar durante el recorrido por la zona. Una segunda etapa para realizar las giras de campo a la microcuenca y la elaboración del mapa actual del uso del suelo. Una tercera etapa para analizar las repercusiones ambientales encontradas, de acuerdo al uso actual del suelo en la microcuenca. Y finalmente, la elaboración del informe final con todos los resultados y recomendaciones del estudio.

Antecedentes

Los asentamientos humanos, ciudades pequeñas y medianas, metrópolis y megalópolis se construyen y se configuran modificando o transformando la naturaleza: la tierra, el aire, el agua, la flora y la fauna, sirven de soporte a estas transformaciones y son, en sí, transformados por ellas. El producto de las mismas es un nuevo entorno construido, un ambiente "natural" nuevo que combina lo social con lo natural bajo patrones de alta centralidad y densidad: un medio ambiente urbano. Tal medio ambiente es la expresión concreta y dinámica de aquellas unidades físico espaciales, eco demográficas, que denominamos "ciudades" (UNCHS 1995).

Desde el punto de vista poblacional y económico, la ciudad domina, de forma creciente, el entorno de la existencia inmediata del hombre. El proceso de urbanización es, al parecer, irreversible. Las economías urbanas de hoy en día generan entre el 60% y el 80% del Producto Interno Bruto Nacional de los países en vías de desarrollo (UNDP 1991).

En América Latina esta tendencia será más fuerte aún, el nivel de urbanización llegaría al 76,6% para el año 2000 y al 84% para el año 2025 (UNCHS 1995). En el caso de Costa Rica, la población ha aumentado 4,8 veces en los últimos cincuenta años: de 800.875 habitantes en 1950 pasó a casi cuatro millones en el 2000 (INEC, 2001). Los resultados del Censo 2000 muestran una tasa de crecimiento de 2,8% y confirman el proceso de urbanización de la región central, así como el crecimiento de ciudades secundarias. Además indican que la población costarricense se desplaza y se concentra en áreas urbanas del país, tanto en la GAM como en ciudades secundarias (Pujol 2001).

De 1989 a 1998, la cobertura boscosa se incrementó en 351 ha (de 2173 ha a 2524 ha). Los asentamientos humanos cambiaron de 1323 ha a 1677 ha, con un cambio neto de 354 ha. Los pastos disminuyeron de 2238 ha a 1335 ha, la mayor parte de los terrenos que cambiaron este uso se incorporaron a los bosques (21,6%). La cobertura de café cambió de 1645 ha a 1840 ha para un aumento de 195 ha, y la cobertura de otros cultivos varió poco (de 1655 ha a 1658 ha). En este periodo la mayor tendencia de uso fue el cambio de pasto a bosque, aunque también ya era ya evidente el aumento en asentamientos humanos. En el periodo 1998-2003, las tendencias de cambio de uso del suelo presentaron variaciones en todos los usos. La cobertura boscosa disminuyó en 381

ha (de 2524 ha a 2143 ha). Los asentamientos humanos se incrementaron en 367 ha (de 1677 a 2044 ha). El 14,1% del bosque cambió a pastos; a la vez, los pastos cambiaron de 1335 ha a 1622 ha y el café de 1840 ha a 1484 ha en favor de los asentamientos humanos, lo cual significa el mayor porcentaje de cambio (14,2%). Lo mismo ocurrió con los otros cultivos que aumentaron de 1658 ha a 1742 ha, teniendo el mayor porcentaje de cambio (1,8%) a asentamientos humanos (Ureña 2004).

La población en los tres cantones pertenecientes a la microcuenca, presentaron un crecimiento considerable en los periodos analizados. Para el 2003, el cantón con la mayor densidad poblacional en la microcuenca era Alajuela con una densidad promedio de 15.415 hab./km², seguido por Santa Bárbara con 9271 hab./ km². El menor cambio en la densidad poblacional se dio en el distrito de San José de la Montaña del cantón de Barva, que pasó de una densidad poblacional de 90 hab./ km² en 1989 a 108 hab./km² en el 2003 (Ureña 2004).

Lo anterior demuestra que la tendencia y, en general, la dinámica de uso del suelo en la microcuenca del río Ciruelas para el periodo 1998-2003 es hacia el aumento del área cubierta por asentamientos humanos. Con estas variaciones, es posible suponer que la tendencia de los bosques en la microcuenca sea, en primera instancia, a convertirse en pastos y luego a asentamientos humanos, lo cual evidencia la importancia de la gestión de los recursos hídricos debido al fuerte incremento de la urbanización (Ureña 2004).

IV. Marco Teórico

Cuencas Hidrográficas

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal del agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o “divisorias de aguas” se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (Ramakrishna 1997).

La cuenca se divide en subcuencas y microcuencas. El área de la subcuenca está delimitada por la divisoria de aguas de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen las aguas. La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o de parte de ella (Ramakrishna 1997).

Acuíferos

Un acuífero es una formación rocosa o material permeable que puede producir y transmitir grandes cantidades de agua. Pueden ser vistos como grandes reservas subterráneas de agua (Alfaro 2004).

En la Subcuenca del Río Virilla, uno de los principales afluentes del Río Grande de Tárcoles, están los acuíferos de roca más importantes del país hasta ahora captados. La secuencia de lavas y tobas han dado origen a tres acuíferos superpuestos de gran importancia para el desarrollo de la Gran Área Metropolitana; estos acuíferos son en orden ascendente: Colima Inferior, Colima Superior y Barba (Gómez 1996).

El acuífero Barba se origina en las lavas del Miembro Bermúdez, se extiende por todo el Valle Central, y es drenado naturalmente por una serie de manantiales a lo largo de su extensión. Los principales manantiales de este acuífero son: Echeverría, Ojo de Agua, San Antonio de Belén, Lankaster, Pasito y Gutiérrez. El acuífero es drenado artificialmente por gran cantidad de pozos que son utilizados, tanto para abastecimiento público, como para industrias. Separa este acuífero de los Colima un manto de tobas e

ignimbritas de un espesor aproximado de 50 m denominado Formación Tiribí (Gómez 1996).

El acuífero Barba es uno de los principales acuíferos que abastecen áreas urbanas y semiurbanas en Costa Rica. Varias de las ciudades más importantes de la Gran Área Metropolitana, dentro de las que se encuentran Heredia y Alajuela y otros centros de población aledaños, son abastecidos con agua del Acuífero Barba.

Según Reynolds (2002), el Barba es el acuífero más superficial del Sistema de Acuíferos del Valle Central de Costa Rica; su nivel freático se encuentra formado por materiales volcánicos de media a alta permeabilidad y en general muy fracturados. Esto lo hace sumamente vulnerable a la contaminación.

Uso del Suelo

Muñoz (2000) señala que la principal causa de la crisis que presenta los recursos naturales en el ámbito de las cuencas hidrográficas es la acción del ser humano, que con las actividades agropecuarias extensivas e intensivas destruye la cubierta vegetal y altera la estabilidad de los ecosistemas naturales, ocasionando alteraciones climáticas y fenómenos de erosión hídrica y el desgaste de los recursos suelo, agua y vegetación.

Es importante tener un instrumento de planificación local (Plan Regulador) que defina en un conjunto de planos, mapas, reglamentos y cualquier otro documento, gráfico o suplemento, la política de desarrollo y los planes para la distribución de la población, usos de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales, y construcción, conservación y rehabilitación de áreas urbanas.

Según Marozzi (2004) la tendencia del uso de la Microcuenca del Río Ciruelas se encamina hacia la actividad urbana, en donde algunos sembradíos de café ya han sido desplazados, lo cual es preocupante ya que podría aumentar el grado de contaminación generado por el crecimiento urbano. En la actualidad el crecimiento urbano se ha generado en forma de residenciales de lujo, precarios, además de un aumento de la producción avícola, plantaciones ornamentales, sembradíos de tomate, chile y construcciones de énfasis turístico que compiten por el uso del agua.

Además, la zona ha degradado sus suelos principalmente por actividades agrícolas y ganaderas. En la parte alta de la microcuenca se han establecido plantaciones de helechos y otras plantas ornamentales contribuyendo con este desgaste.

Uso del suelo en el cantón de Barva

Los suelos en esta región son derivados de cenizas volcánicas, siendo estos tipos de suelo de gran fertilidad (ProDUS 2004). El área del cantón que está dentro de la microcuenca presenta áreas de protección en las cercanías del Parque Nacional Braulio Carrillo, donde existen fincas sometidas a pago por servicios ambientales. También predomina el uso de ganadería y algunos viveros. El área urbana es poca, sin embargo, existe expansión por existir la tendencia al turismo, como lo evidencia el establecimiento de algunos restaurantes, hoteles de montaña y cabañas.

Uso del suelo en el cantón de Santa Bárbara

Según los datos del diagnóstico realizado por FUDEU (2001) para el plan regulador del cantón de Santa Bárbara, el uso actual del suelo se caracteriza por un predominio del uso agrícola, predominantemente con el cultivo del café. El uso urbano es el que ocupa la menor área con 403.3 ha (7.5 % del total de los terrenos del cantón), 4917.7 ha (92.5% del total) no presentan desarrollo urbano; de éstas, 505.5 ha tienen aptitud para la urbanización.

Uso del suelo en el cantón de Alajuela

El uso del suelo en el Cantón Central de Alajuela ha experimentado en las últimas décadas un cambio significativo, de modo que gran parte del área de uso agropecuario cambió a uso urbano, sin la debida planificación FUDEU (2001).

V. Metodología

Área de estudio

El Proyecto se llevará a cabo en la Microcuenca del Río Ciruelas, ubicada dentro de la subcuenca del Río Virilla, Cuenca del Río Grande de Tárcoles, Vertiente Pacífica de Costa Rica. Para este estudio la microcuenca presenta un total de 8629.226 ha y se encuentra entre las provincias de Alajuela y Heredia. Estas incluyen los cantones de: Alajuela, Barva y Santa Bárbara. Para efectos de la microcuenca, el cantón de Barva comprende el distrito de San José de la Montaña. El de Santa Bárbara incluye seis distritos: Santa Bárbara, San Pedro, San Juan, Jesús, Santo Domingo y Purabá. Y el cantón de Alajuela abarca ocho distritos: Alajuela, San José, Carrizal, San Antonio, Guácima, Río Segundo, Desamparados y Turrúcares (Ureña, 2004). La parte alta de la microcuenca comprende el distrito de San José de la Montaña, con un total de 5.377 habitantes, la parte media el cantón de Santa Bárbara con 36.243 habitantes y la parte baja los ocho distritos del cantón de Alajuela, para un total de 181.174 habitantes (INEC 2011).

Según Rodríguez *et al.* (1996), el Río Ciruelas nace en las inmediaciones del cono del Volcán Barva, a una elevación de 2800 msnm, al norte de la ciudad de Heredia. Sigue una orientación noreste suroeste y vierte sus aguas en el cauce del Río Virilla a una elevación de 460 msnm, recorriendo aproximadamente 40,5 kilómetros. Esta microcuenca presenta una forma geométrica de tipo ovoide, con un eje mayor orientado en la misma dirección de escurrimiento del río.

Dentro del área de la Microcuenca del Río Ciruelas están incluidas dos categorías de manejo: el Parque Nacional Braulio Carrillo (PNBC) y la Reserva Forestal de la Cordillera Volcánica Central (RFCVC), ambas forman parte del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (ACCV) (Rodríguez 1996).

2.7.2. Etapas del Proyecto

2.7.2.1. Primera Etapa

Durante los primero dos meses del año, se efectuará una revisión de fuentes secundarias en documentos, tesis, proyectos, revistas, proyectos, entre otros, que se relacionen con la microcuenca del Río Ciruelas y el uso del suelo, mediante visitas a distintas Entidades y bibliotecas del país: Universidad de Costa Rica (UCR), Universidad Nacional (UNA) y la Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar (BIODOC).

2.7.2.2. Segunda Etapa

Para los siguientes siete meses se efectuarán las giras de campo por la parte alta, media y baja de la microcuenca, para determinar los diferentes usos del suelo. Esto se efectuará con un GPS y una cámara de fotos, que permitirá ubicar y georreferenciar la categoría de suelo encontrada, logrando así obtener una base de datos actualizada y un mapa del uso actual del suelo de la zona.

El mapa se elaborará con el programa Arc Gis 10, con las respectivas extensiones y herramientas necesarias. Las siete categorías del suelo a determinar en campo son las siguientes:

- a) Bosque
- b) Café
- c) Invernaderos
- d) Otros cultivos
- e) Pasto
- f) Plantaciones
- g) Zona urbana

Se utilizará el siguiente formulario de campo para la recolección de datos:

FORMULARIO DE CAMPO						
Microcuenca del Río Ciruelas				Parte alta () Parte media () Parte baja ()		
Punto	Distrito	Cantón	Provincia	Categoría *	Coordenadas	
					Lat N	Long O

*Categorías:

P: pasto	B: bosque	PF: plantaciones forestales
C: café	OC: otros cultivos	ZU: zona urbana
I: invernaderos		

2.7.2.3. Tercera Etapa

Los restantes tres meses se dedicarán a analizar las repercusiones ambientales y levantamiento una encuesta general a parte de la población involucrada (100 personas de diferentes distritos), para determinar algunos aspectos ambientales del sitio, según su criterio. Finalmente, se elaborará el informe final con todos los resultados adquiridos y las recomendaciones ambientales para la microcuenca en estudio.

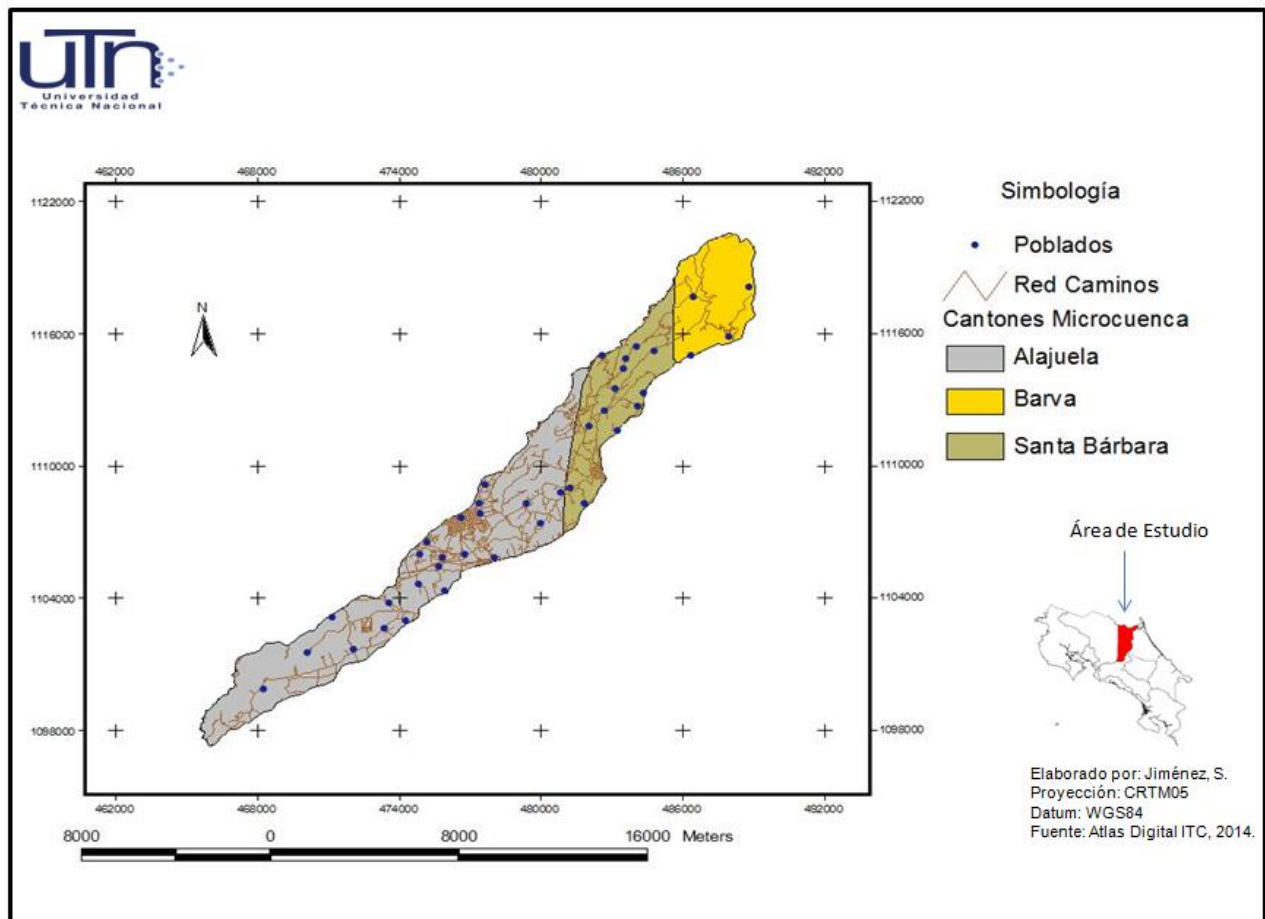
VI. Resultados

VI.1. Generalidades de la microcuenca del Río Ciruelas

La microcuenca tiene un área aproximada de 90.034 ha y un perímetro de 72.5 kilómetros. Pertenece a la provincia de Alajuela y Heredia. Estas incluyen los cantones de: Alajuela, Barva y Santa Bárbara. La parte alta de la microcuenca comprende el distrito de San José de la Montaña, con un total de 5.377 habitantes, la parte media el cantón de Santa Bárbara con 36.243 habitantes y la parte baja los ocho distritos del cantón de Alajuela, para un total de 181.174 habitantes (figura 1) (INEC 2011).

Según Rodríguez et al. (1996), el Río Ciruelas nace en las inmediaciones del cono del Volcán Barva, a una elevación de 2800 msnm, al norte de la ciudad de Heredia. A continuación se presenta la figura 1 mencionando lo anterior.

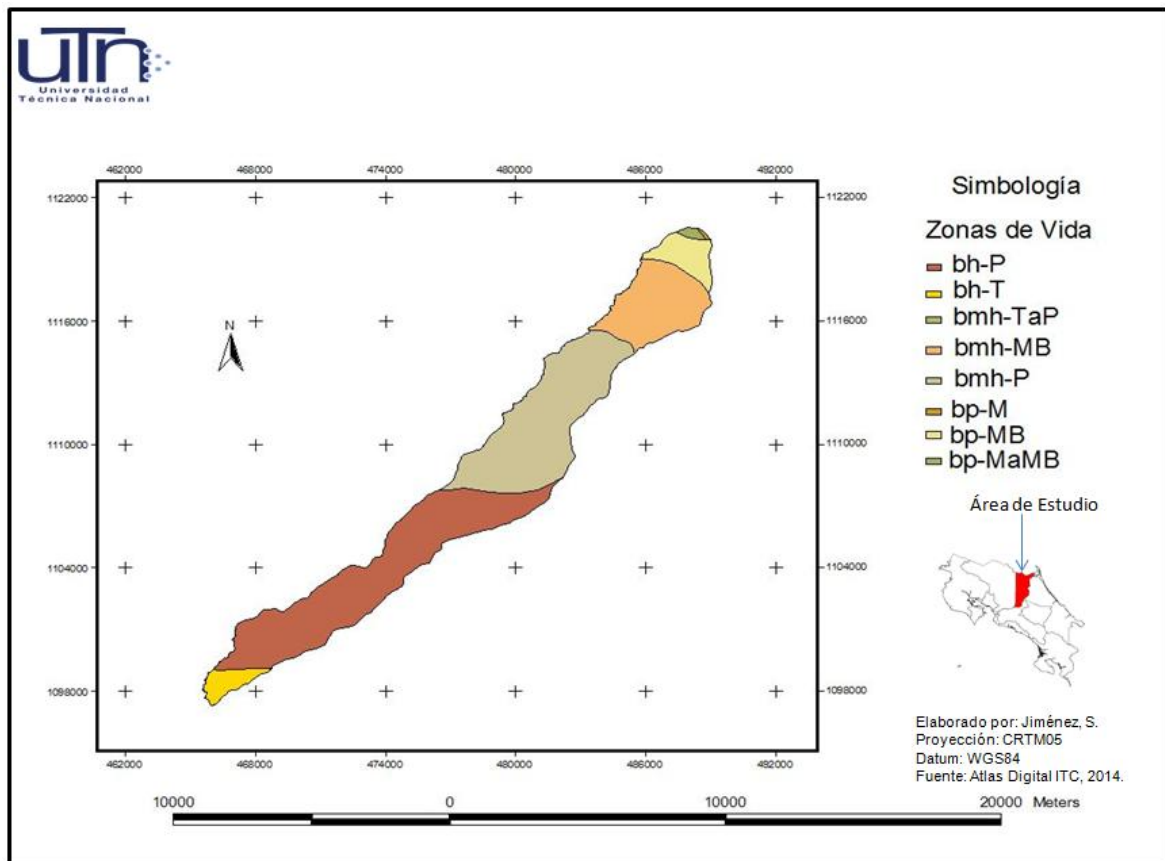
Figura 1. Caminos y cantones de la microcuenca del Río Ciruelas, 2015.



VI.II. Características biofísicas de la microcuenca

Dentro de los parámetros biofísicos se determinan las zonas de vida según Holdridge presentes en el área de estudio. A continuación se presenta la figura 2.

Figura 2. Zonas de vida presente en la microcuenca del Río Ciruelas.



En la parte alta predomina el bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), donde los terrenos son en su mayoría de topografía accidentada, con ladera expuesta a vientos (que traen mucha humedad). El bosque presenta una estructura compuesta por individuos emergentes de *Quercus* que sobrepasan los 40 m de altura, un dosel medio denso de hasta 25 m y un sotobosque denso dominado por varias especies de canuelas y carrizos. Los troncos de los árboles están cubiertos por abundantes epifitas.

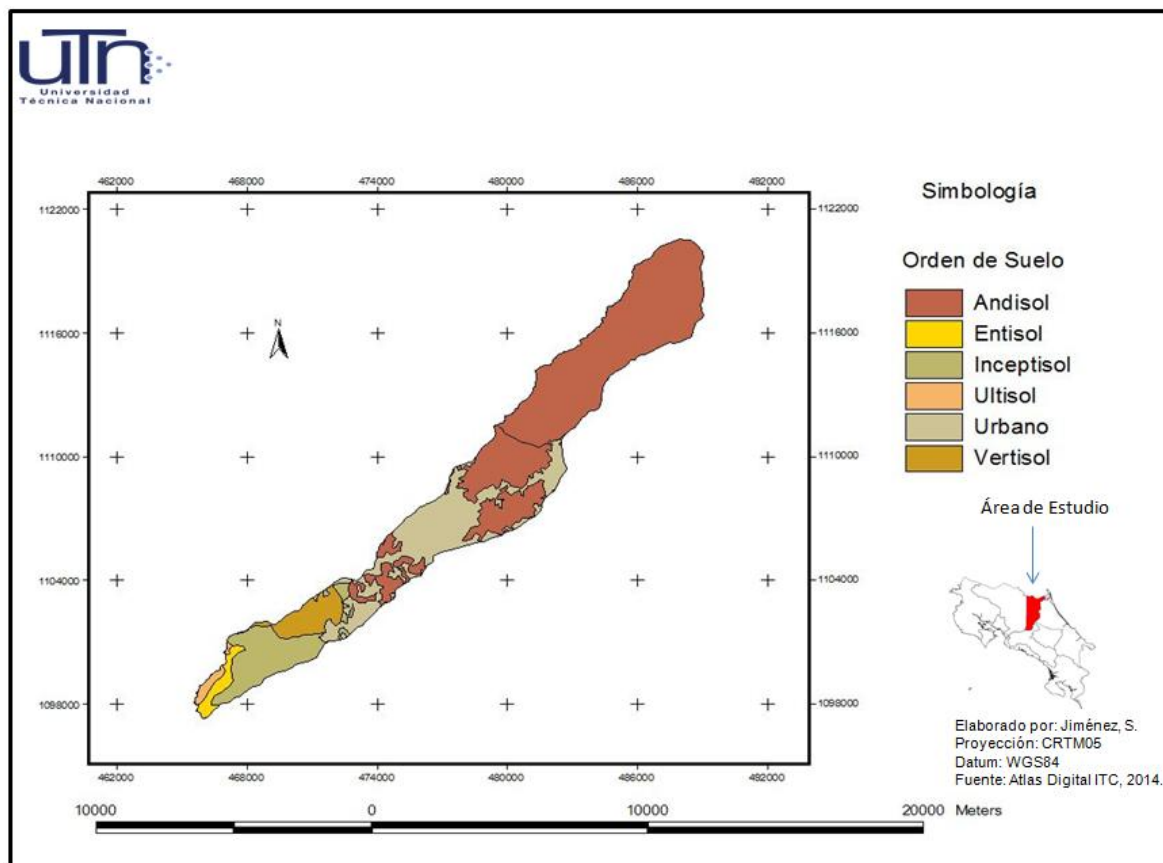
En la parte media el bosque muy húmedo premontano (bmh-P), esta es una condición favorable, pero no óptima del uso del suelo, debido a la abundante -aunque no excesiva-

cantidad de precipitación. Los cultivos de tipo permanente y los pastos son adaptan a este bioclima. La vegetación natural se caracteriza por ser de mediana altura, aproximadamente entre 30 y 40 metros de altura; densidad media; de dos o tres estratos y es siempreverde, con algunas especies decíduas durante la estación seca. Hay moderada o abundante cantidad de epífitas.

Y en la parte baja el bosque húmedo premontano (bh-P), este bioclima es una condición favorable, pero no óptima del uso del suelo, debido a la abundante -aunque no excesiva- cantidad de precipitación. Los cultivos de tipo permanente y los pastos son adaptan a este bioclima. La vegetación natural es de mediana altura, aproximadamente entre 30 y 40 metros y es siempreverde, con algunas especies decíduas durante la estación seca. Hay moderada o abundante cantidad de epífitas (Bolaños *et al.* 2005).

Respecto a los órdenes del suelo, predominan los andisoles en la parte alta y media y los inceptisoles en la parte baja. En la figura 3 se muestra lo anterior.

Figura 3. Órdenes de suelo presentes en la microcuenca del Río Ciruelas.

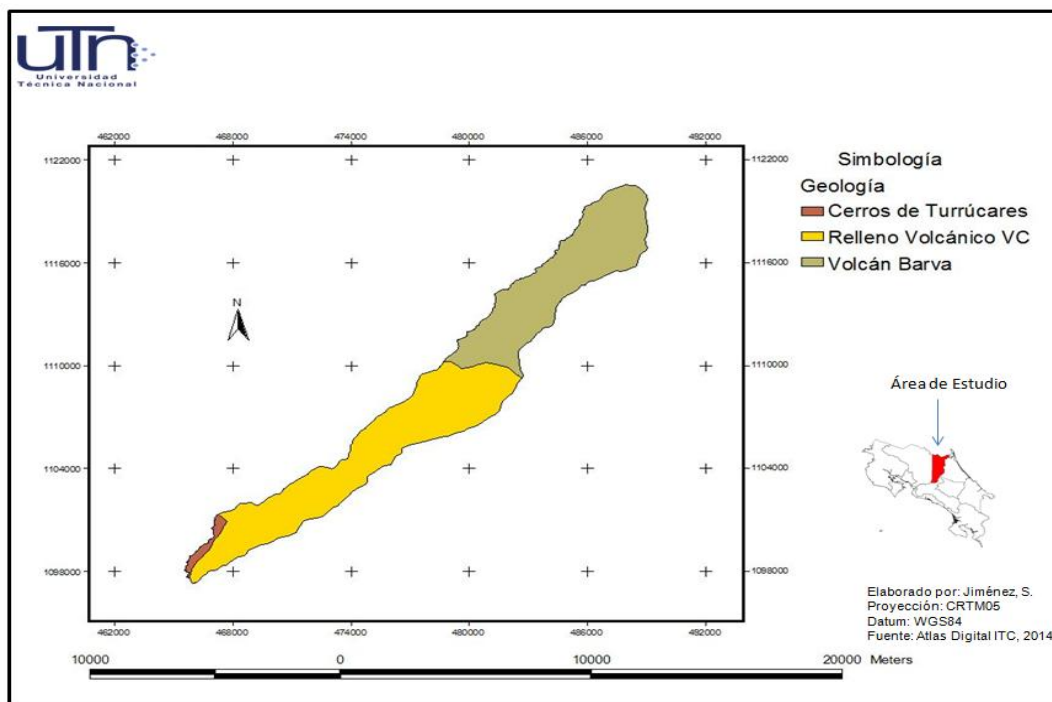


Los suelos andisoles se originan a partir de cenizas volcánicas, éstos sufren un rejuvenecimiento frecuente, y se ven enriquecidos nutricionalmente en forma constante. Constituyen el eje central de la producción cafetalera, una de las más importantes actividades agrícolas del país, y además sostienen una gran parte de la producción de caña de azúcar, hortalizas, diversos productos no tradicionales de exportación (flores, helechos, fresa) y la ganadería de leche de altura. Debido a la presencia de altos contenidos de compuestos organominerales estables, especialmente en el horizonte superficial, los andisoles resultan ser suelos muy bien estructurados que propician el buen drenaje, pero a su vez, presentan una buena retención de humedad.

Los suelos inceptisoles, son los de mayor potencial agrícola en Costa Rica; son suelos poco problemáticos (excepto aquellos que presentan mal drenaje) que permiten una amplia gama de actividades de producción agropecuaria, bosques de producción, ganadería, entre otros (Alvarado *et al.* sf).

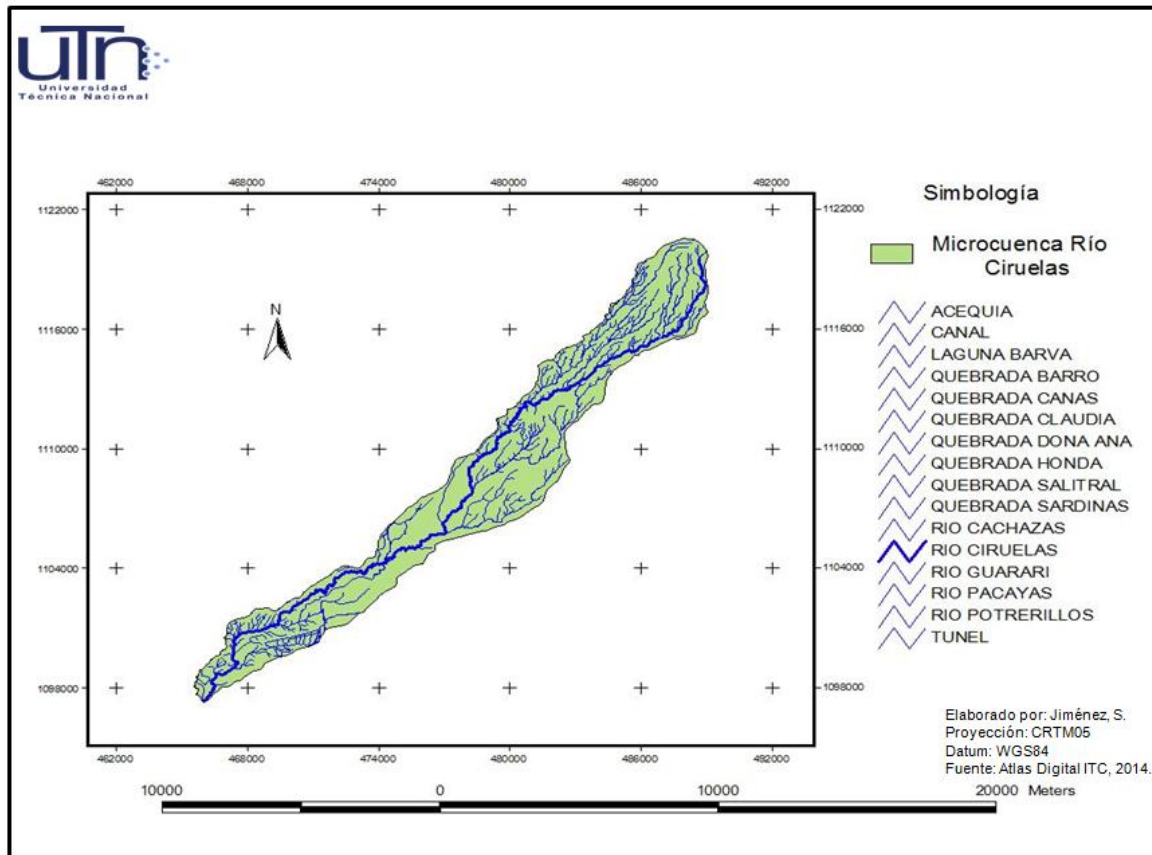
En cuanto a la composición de la geología, se presenta coladas de lava, lahares, aglomerados y cenizas volcánicas. La edad geológica se presenta en el período cuaternario donde se localizan rocas de origen sedimentario de la época Holoceno, tales como depósitos fluviales y coluviales (Sáenz 1984).

Figura 4. Geología de la microcuenca del Río Ciruelas.



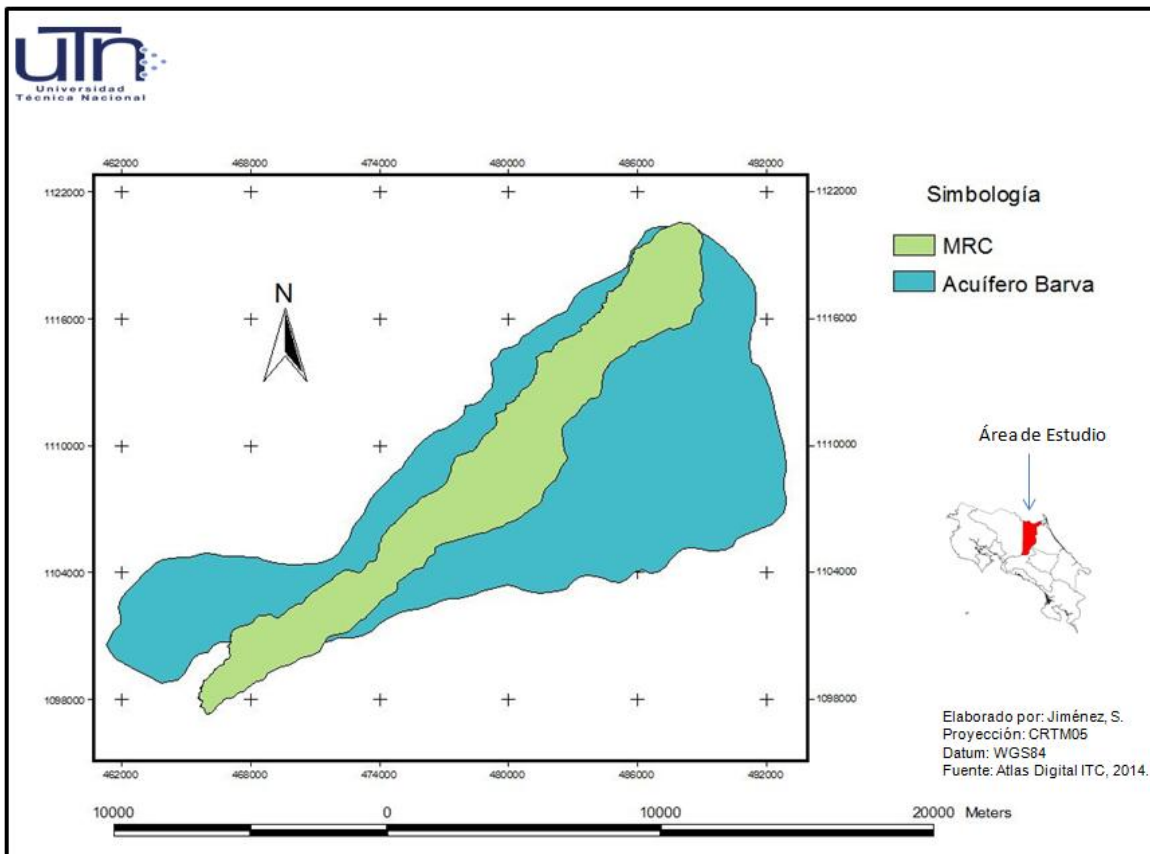
La red fluvial que conforma la microcuenca se detalla en la figura 5, siendo el Ciruelas el principal y con afluentes de quebradas y ríos secundarios.

Figura 5. Red Fluvial de la microcuenca del Río Ciruelas.



El acuífero principal que alimenta a la microcuenca es el de Barva y se detalla en la figura 6. Este acuífero es uno de los principales acuíferos que abastecen áreas urbanas en Costa Rica, además de las ciudades más importantes de la Gran Área Metropolitana como Heredia y Alajuela y otros centros de población aledaños, a los que pertenece la microcuenca del Río Ciruelas (Todd 1964).

Figura 6. Acuífero de Barva con la microcuenca del Río Ciruelas.



VI. III. Situación actual del uso del suelo de la microcuenca

El proceso de interpretación del paisaje dentro de la microcuenca del Río Ciruelas se seccionó en tres etapas distintas: un primer momento de interpretación previa del paisaje, un segundo momento de visita de corroboración a partir de giras de campo y finalmente la incorporación de la información colectada para obtener el producto final. En lo anterior completado, se procedió a generar los mapas de salida.

Primera etapa: Interpretación del paisaje

El área total de la microcuenca es de aproximadamente 8629.2 ha en los cuales se establecieron siete usos – coberturas del suelo distintos que fueron: Bosque, Fincas de café, Invernaderos, Otros cultivos, Pastos, Plantaciones forestales y Zona Urbana. Con las categorías establecidas se procedió a buscar procesar la información base para realizar el proceso de interpretación.

Para el proceso de interpretación se utilizaron un mosaico de imágenes generadas por *Digital Globe* (2015), esto por el hecho que las mismas son de alta resolución, lo cual permite en gran medida realizar discriminación entre coberturas a priori. Adicionalmente, se utilizó como material de referencia los archivos digitales creados por el programa PruGAM 2014.

El resultado de la interpretación del paisaje fue la creación de un archivo en formato polígono vectorial con extensión shape (ESRI) la cual fue desarrollado a una escala máxima de 1: 10000 sobre el mosaico. El proceso fue hecho manualmente debido a que el material base no presentaba más de tres bandas (RGB) lo que generó que para procesos de clasificación semi - automática o automática creara un sesgo muy alto.

El desarrollo de la interpretación se creó a partir del software especializado ArcGIS v. 10.1 (ESRI 2011) bajo su módulo de ArcMap, junto con el programa Quantum GIS Wien v 2.8.2 (QGIS Project 2015). Toda la información generada fue creada bajo el sistema de proyección Costa Rica Transversal de Mercator (CRTM 05) con el elipsoide de referencia WGS 84.

Segunda Etapa: Verificación de campo

Durante la fase de interpretación de los distintos usos – coberturas del suelo se identificaron zona que por sus características generaban dudas sobre su clasificación, por lo cual quedaron señaladas como sitios para ser verificados en la etapa de campo. A cada uno de estos elementos se le asignó un nombre provisional susceptible a modificación según el resultado de la visita al sitio.

Debido que la interpretación se generó a partir de polígonos, se procedió a seleccionar las áreas en las cuales se poseía una duda razonable sobre su clasificación y se generó un archivo vectorial de puntos a partir de los centroides de cada sitio. Posteriormente a cada uno de éstos se les asignó un número para hacer más fácil su verificación, en total se debieron verificar 30 sitios.

El archivo de puntos numerados fue retroproyectado a decimales de grado junto con el elipsoide WGS84, este proceso es común si el propósito es cargar la información dentro de un receptor de sistema de posicionamiento global. Realizado el cambio de proyección la información fue grabada dentro del receptor Garmin 64 s.

Adicionalmente para la etapa de campo, se procedió a generar varios mapas, los cuales mostraban los puntos a corroborar, junto con la hoja cartográfica para una mejor ubicación (anexo 1). En la verificación de campo, se corroboraba si la clasificación propuesta en la fase de oficina era correcta, así mismo, se verificaba los alrededores del área con el fin de poseer una confirmación adicional sobre las labores de oficina.

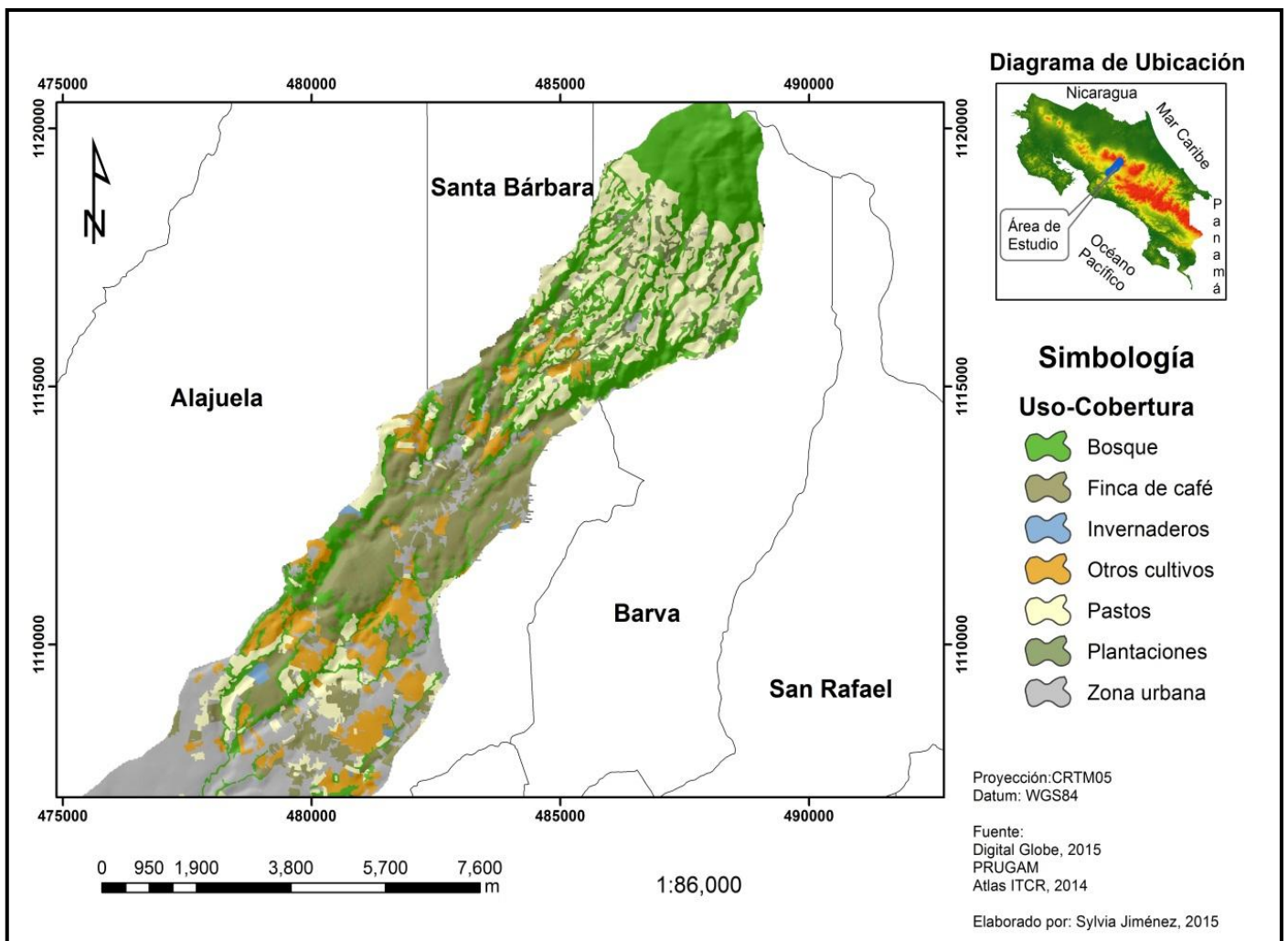
Tercera Etapa: Revisión y corrección

Completada la etapa de verificación de campo, se procedió a confrontar la información recabada contra la clasificación previa. En el caso que el etiquetado fuera correcto, se mantenía el mismo, de lo contrario, se modificaba escribiendo el uso – cobertura actual.

Finalizado este proceso, se procedió a generar los mapas de salida con la información actualizada. Adicionalmente, se calculó cada una de las áreas de cada uno de los usos y coberturas dentro de la microcuenca.

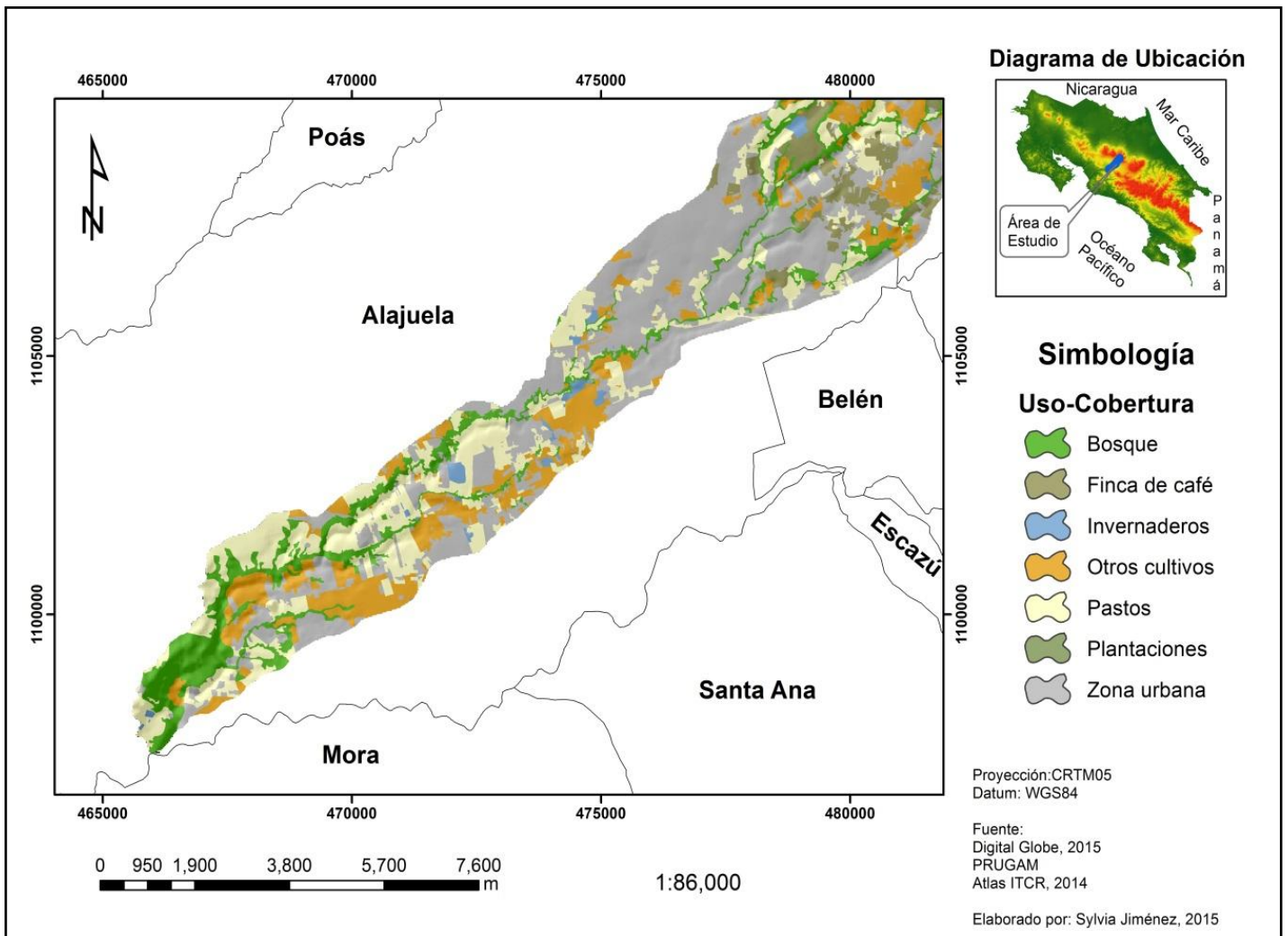
En la figura 7 se puede observar el uso del suelo en la parte alta de la microcuenca, donde predomina bosque, café y otros cultivos como cebolla y tomate principalmente. Pequeños parches de plantaciones de ciprés, las cuales la gran mayoría son de la familia Steinvorth, también se aprecian en la parte alta. La gran mayoría de las fincas de café son propiedad de la familia Volio. Algunos parches de invernaderos son frecuentes ver por la parte media, básicamente de helechos y otros ornamentales. Un poco más abajo acercándose a la parte media, la zona urbana empieza a expandirse hacia la parte baja.

Figura 7. Uso del suelo en la parte alta de la microcuenca del Río Ciruelas, 2015.



En la figura 8 siendo la parte media y baja de la microcuenca, la zona urbana es la que predomina con algunos parches de cultivos y pastos. No se deja de lado las pequeñas áreas de bosque, las cuales colindan al río Ciruelas. Y algunos cultivos de café establecidos en la parte media de la microcuenca.

Figura 8. Uso del suelo en la parte media y baja de la microcuenca del Río Ciruelas, 2015.



De acuerdo a las figuras 9 y 10, se puede observar el uso del suelo total en la totalidad de la microcuenca para el año 2015, donde para bosque existen 2008 ha (23.27%), zona urbana 2152 ha (24.94%), pastos 2011 ha (23.3%), café 1060 ha (12.29%), otros cultivos 1139 ha (13.2%), plantaciones 185 ha (2.15%) e invernaderos 74 ha (0.86%).

Figura 9. Uso del suelo (ha) en la totalidad de la microcuenca del Río Ciruelas, 2015

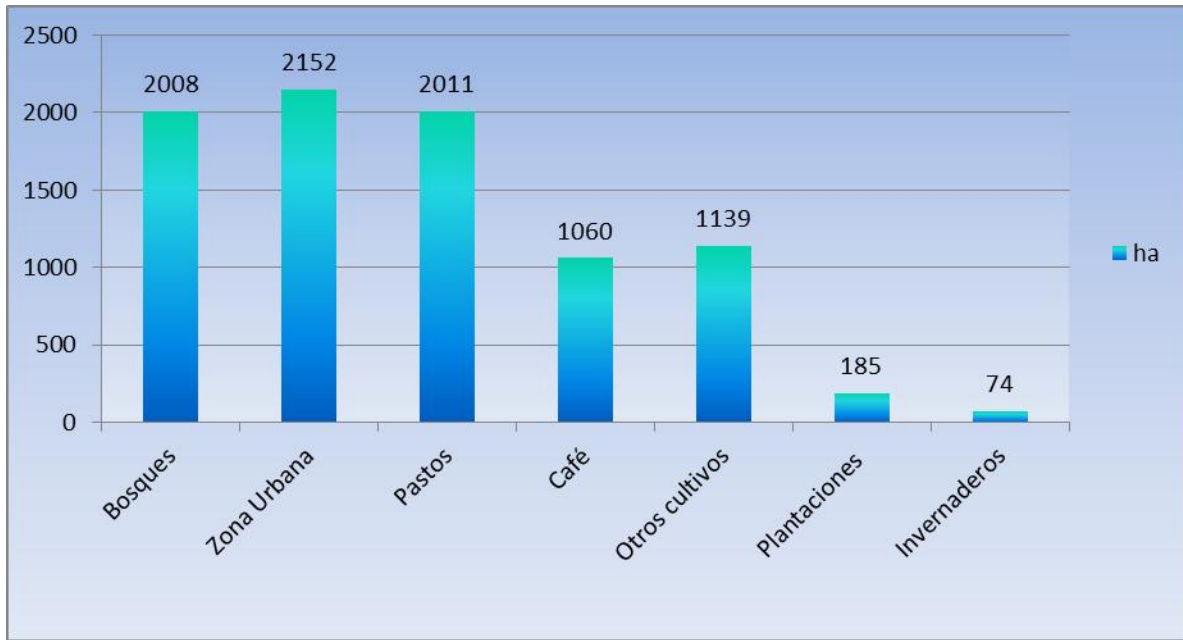
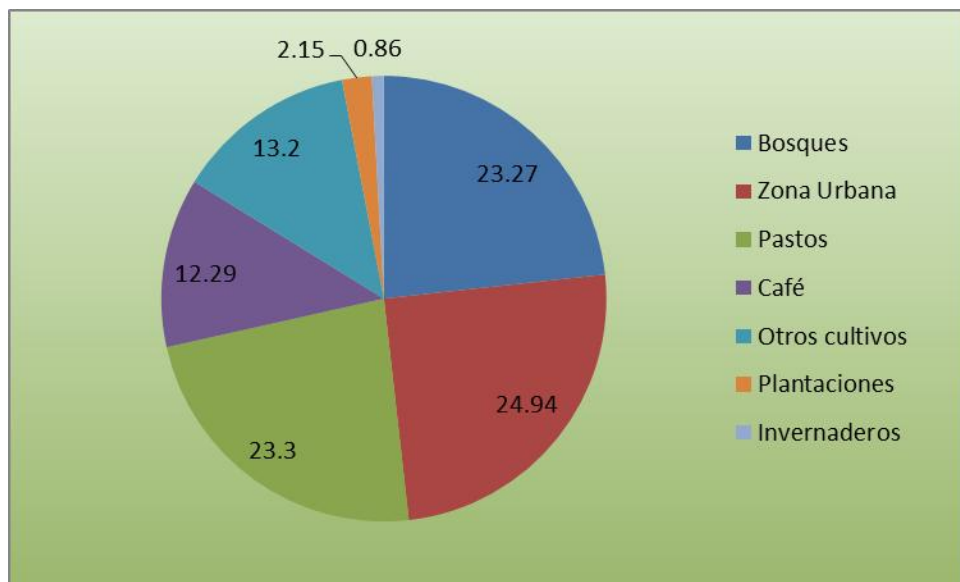


Figura 10. Uso del suelo (%) en la totalidad de la microcuenca del Río Ciruelas, 2015.



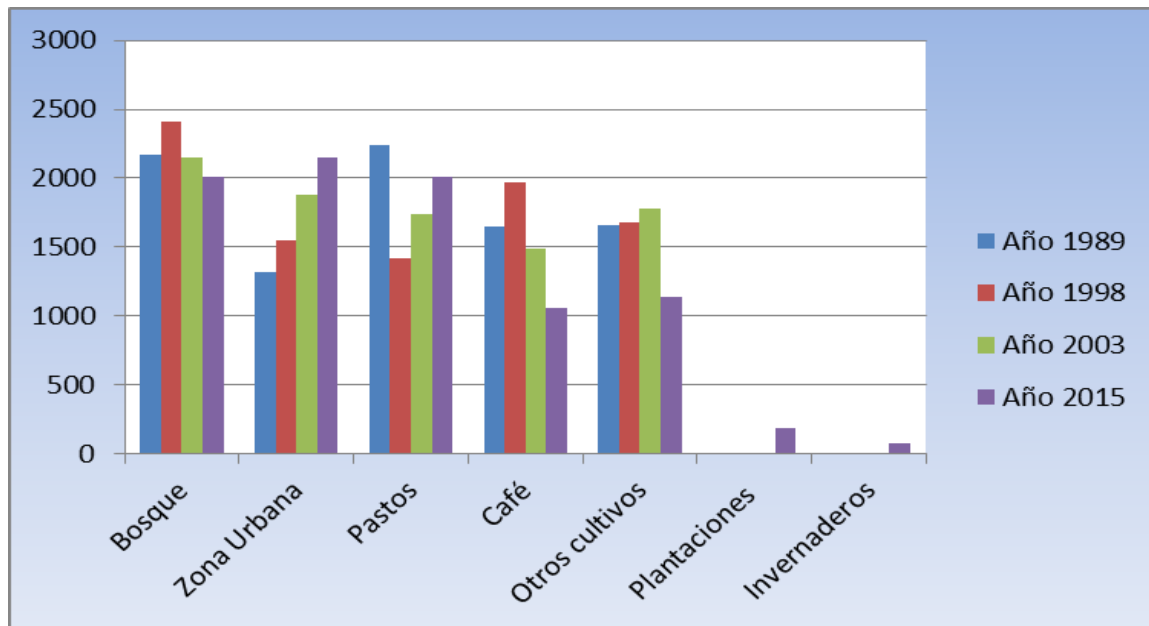
La figura 11, la cual representa el mapa total de la microcuenca del río Ciruelas, deja a simple vista que los bosques predominan en la parte alta, colindando con el volcán Barva; las fincas de café se establecen en la parte media/alta, mientras que los pastos se encuentran alrededor de toda la microcuenca, siendo más significativos en la parte alta. La zona urbana claramente se ubica en la parte baja. Y otros cultivos en la parte media/baja.

Figura 11. Uso del suelo en la totalidad de la microcuenca del Río Ciruelas, 2015.



Se efectuó una comparación del uso del suelo con el paso de los años, para conocer los cambios en cada uso. A continuación se presenta la figura 12 con lo mencionado anteriormente.

Figura 12. Uso del suelo en la totalidad de la microcuenca al paso de los años.



El uso del suelo de bosque en la parte alta ha presentado una tendencia regular en estos años, aumentando significativamente en el año 1998, pero disminuyendo al 2015. Las zonas colindantes al volcán Barva permanecen protegidas y los parches de bosque alrededor de los ríos también. Lo más probable es que ha cambiado este uso por pastos para ganadería en la parte alta.

En cuanto a la zona urbana la tendencia ha sido un incremento al paso de los años, siendo al 2015 el 24.94% de suelos de toda la microcuenca. Los pastos como se aprecia en los ochentas eran mayoría, después decrecieron y volvieron a aumentar al presente año, la mayoría son pastos sin árboles utilizados para la ganadería de leche. Los cultivos de café tuvieron su auge a finales de los noventa donde la zona era en gran parte sembrada por este, pero actualmente existen muchas otras zonas del país que se dedican a este cultivo por lo que ha disminuido considerablemente en esta microcuenca. Son pocos los cultivos que se siembran en esta zona para el 2015, alrededor del 13.15% de pequeñas fincas privadas dedicadas a sembrar tomate y cebolla. Las plantaciones e

invernaderos son los que menos predominan en la microcuenca, no se obtuvieron los datos de los años anteriores, por lo que no se pudo comparar. Las tendencias de cada uso del suelo se puede observar en el anexo 2.

A continuación se presentan algunas fotografías que reflejan las diferentes categorías del suelo de la microcuenca en estudio. Las otras se presentan en el anexo 3.

Bosque



Pastos



Zona Urbana



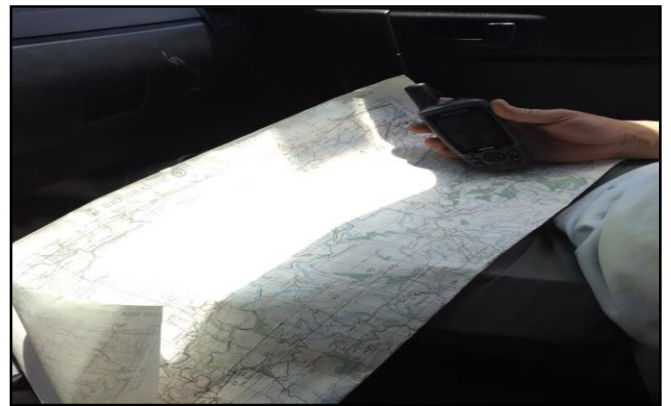
Café



Plantaciones



Invernaderos y la investigadora



Uno de los resultados del proyecto es la base de datos con las georreferencias y fotografías de los puntos muestreados, lo cual una representación se presenta a continuación. El resto está en el anexo 4 junto a los formularios de campo utilizados en las respectivas giras.

ID GPS	Observaciones	Número de Fotos
148	Cauce del río Ciruelas (parte alta, por Carrizal)	1 a 3
149	Parte alta del río Ciruelas (hasta el final de la calle). Inicia zona de protección con bosque ripario. Se muestra un camino que puede llegar a una naciente posiblemente.	4 a 6
150	Empieza camino de piedra grande. Uso domiciliar.	7
151	Perfil del suelo. Se observan la profundidad de las raíces de los árboles, principalmente Ciprés (parte alta)	8 a 12
152	Exposición de raíces gruesas de Ciprés. Se estima rondan los 5 m de profundidad (parte alta)	13 a 16
153	Bosque (Límite PNBarva)	17-18
154	Uso agropecuario. Pasto con árboles dispersos. Presencia de lecherías. Cercas vivas de Ciprés.	19 y 20
155	Plantación de Ciprés.	21
156	Uso agropecuario. Se visualizan estructuras para ornamentales.	22
157	Al este del camino, parece una plantación muy densa de Ciprés.	23
158	Al sureste del camino, pastos para ganado de leche. Pastos con árboles. Al noroeste vegetación en regeneración, presencia de Ciprés y otros maderables.	24-25
159	Pastos a ambos lados de la calle. Lecherías.	26-27
160	Plantación de Ciprés en corta.	28
161	Predominan pastos parte alta/media	29
162	Final de la calle. Pastos con árboles	30
163	Calle camino al V. Barva. Casas con amplias zonas	31

	verdes. Árboles de Jaúl.	
164	Pastos (parte media)	32-33
165	Cafetales con cerca viva.	34-35
166	Cafetales de los Volio (Birrí).	36-37
167	Café.	38
168	Río Ciruelas por calle. Caudal débil casi seco.	39-40
169	Río Ciruelas. Sobre el puente	41-42
170	Residencias con amplias zonas verdes.	43-44

Otro de los resultados es la base de datos de la bibliografía consultada referente a esta microcuenca, la cual se detalla a continuación.

- Alfaro, C. 2004. Estudio Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Boletín Ciencia y Tecnología. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Documento consultado el día 26 de febrero 2014. Disponible en: H:\Univ\Boletín Ciencia y Tecnología.mht

- Arredondo, L. 2006. Edad de las lavas del Miembro los bambinos y sumario cronoestratigráfico de la Formación Barva, Costa Rica. Revista Geológica de América Central. Vol.: 34-35. San José, Costa Rica. Editorial UCR. 59-71 páginas.

-Astorga, Y. Estado de la Nación. Decimocuarto informe estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible.

-Ballesteros, M. 2008. Agua Potable y Saneamiento con Enfoque de GIRH en Costa Rica: situación y sistematización de algunas experiencias. Global Water Partnership.

- Blanco, P.2013. Recursos Hídricos en la zona norte de Heredia, la experiencia de la UNA. Primera Ed. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 238 P.

- Brenes, J. 2003. Geología y peligros volcánicos del flanco oeste y suroeste del volcán Barva, Costa Rica. Escuela de Geología-UCR. Tesis de Licenciatura. San José, Costa Rica. 83 páginas.

- Camacho, D. 2001. Recopilación y actualización de niveles de agua Colima Superior y Colima Inferior Sector Alajuela-Heredia. San José, Costa Rica. Escuela de Geología-UCR. 19 paginas

- Campos, A et al. 2004. Geología, geomorfología, amenazas naturales del Cantón de Poás, Alajuela. Escuela de Geología-UCR. San José, Costa Rica. 60 páginas.

- Centro Centroamericano de Población (C.C.P). 2011. Datos de población para los cantones de Heredia, Alajuela, Belén, Barva, San Rafael y Flores, proyecciones para los años 2010, 2025 y 2030.

- Chacón, I. 1993. Introducción a la problemática ambiental costarricense. EUNED. Segunda Ed. 236 p.

- Dobles, R. 2007. Política Hídrica Nacional: Gestión del Agua como Recurso y como Servicio. Ministerio del Ambiente y Energía. 76 p.

- Estado de La Nación en Desarrollo Humano Sostenible: sétimo informe 2000. Proyecto Estado de La Nación. San José, Costa Rica, 2002.

- Environmental Systems Research Institute (ESRI). 1998. Generalidades de los SIG: unwhite paper de ESRI (en línea). Santiago, INCOM. Consultado 8 de mayo del 2000. Disponible en <http://www.incom.cl>.

- Fundación para el Desarrollo Urbano (FUDEU). 2001. Propuesta del Plan Regulador Urbano de la Municipalidad de Santa Bárbara de Heredia. Heredia, Costa Rica. 307 p.

- Gómez, A. 1996. Condiciones hidrogeológicas en Costa Rica. En "Utilización y manejo integrado de recursos hídricos". Heredia, Costa Rica. 256 p.

- Instituto Geográfico Nacional (IGN). 1979. Hojas cartográficas Abra, Barva y Río Grande, escala 1: 50 000. San José, Costa Rica.

-Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2011. IX Censo Nacional de Población y V de vivienda del 2000. Resultados Generales. San José, Costa Rica.

-Jiménez, F. (2006). Conceptos, enfoques y estrategias para el manejo de cuencas hidrográficas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. s.n.t

-Marozzi, M. 2004. Evaluación multicriterio para la gestión integrada de las Microcuencas de los Ríos Ciruelas Segundo (Subcuenca del Río Virilla en Costa Rica). Primer diagnóstico integral de las Microcuencas del Río Segundo y Río Ciruelas. Heredia, Costa Rica. 59 p.

- Municipalidad de Alajuela. 2012. Plan de desarrollo cantonal de Alajuela 2013-2023.

-PRODUS (Programa de Investigación de Desarrollo Urbano Sostenible). 2004. Diagnóstico biofísico y socioeconómico para el proyecto “Adaptación del sector hídrico al cambio climático en Costa Rica”. Informe presentado al Instituto Meteorológico Nacional. San José, CR, IMN. 121 p.

- Protti, R. 1986. Geología del Flanco Sur del Volcán Barva. Boletín de Vulcanología. Artículo de revista, Vol.: 17. 23-31 páginas.

-Pujol, R 2001. Diagnóstico Plan Regulador de Montes de Oca (8 tomos: Agua y ciudad, Transporte, Uso del suelo, Riesgos y amenazas, Calidad de Vida, Actividades productivas, Proceso participativo, Legislación). Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica 265 p.

-Ramakrishna, B.1997. Estrategia de extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y experiencias. Proyecto IICA/GTZ sobre agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible. San José, Costa Rica. 319 p.

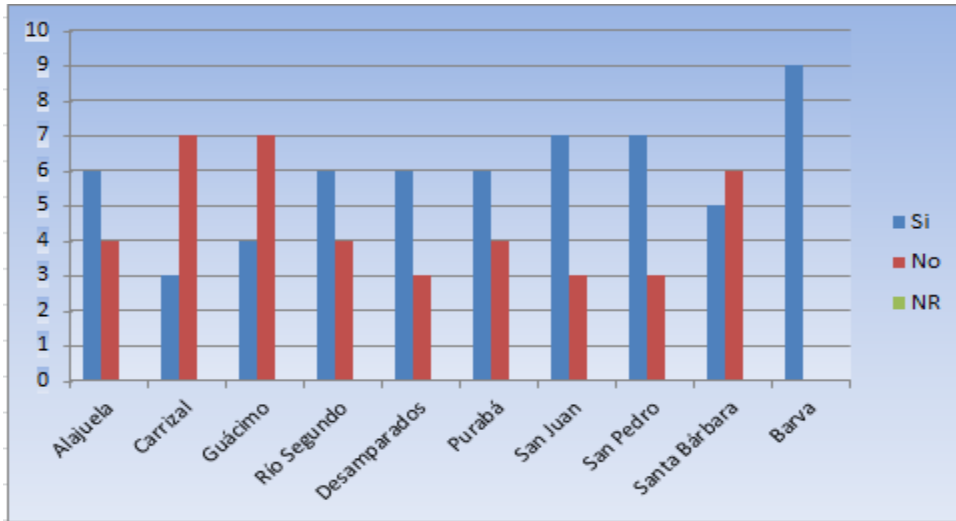
-Reynolds, J. 2002. Manejo integrado de aguas subterráneas: un reto para el futuro. San José, CR, EUNED. 325 p.

- Rodríguez, S. Villalobos, F. 1996. Análisis Geográfico de la contaminación de las aguas del Río Ciruelas, Heredia-Aljuela, Costa Rica. Tesis Lic. Heredia, CR, UNA. 143p.
- Rojas, J. 2003. Estudio Geológico integrado del Sector Sur del Roble, Heredia, Costa Rica. Escuela de Geología-UCR. San José, Costa Rica. 63 páginas.
- Ureña, N. 2004. Efectos del aumento poblacional y del cambio de uso del suelo sobre los recursos hídricos en la Microcuenca del Río Ciruelas, Costa Rica. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 165 p.
- Vahrson, W et al. 1992. Avalanchas en la sierra Volcánica central, el caso del río Ciruelas. Revista Geográfica de América Central. Vol.: 25-26. San José, Costa Rica. Editorial UCR. 59-72 páginas.
- Vargas, A. 2002. Manantiales de una parte del Valle Central de Costa Rica. Revista Geológica de América Central. Vol.: 27. 39-52 páginas.

VI. IV. Encuesta socio-ambiental aplicada a la población de la microcuenca

Se aplicó una encuesta de 18 preguntas variadas de la microcuenca del Río Ciruelas (anexo 5). Fue un total de 100 habitantes los encuestados, 10 personas por cada cantón perteneciente a la microcuenca, entre niños, adultos jóvenes y adultos mayores. A continuación se presentan algunas figuras relevantes de la misma.

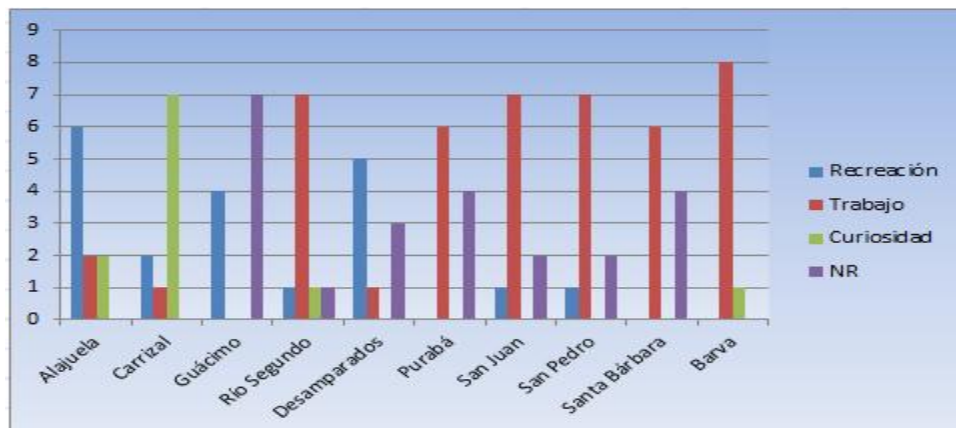
Figura 7. Conocimiento de la parte alta de la Microcuenca del Río Ciruelas



La mayoría de los encuestados dicen haber visitado y conocer la parte alta, principalmente los pobladores del cantón de Barva.

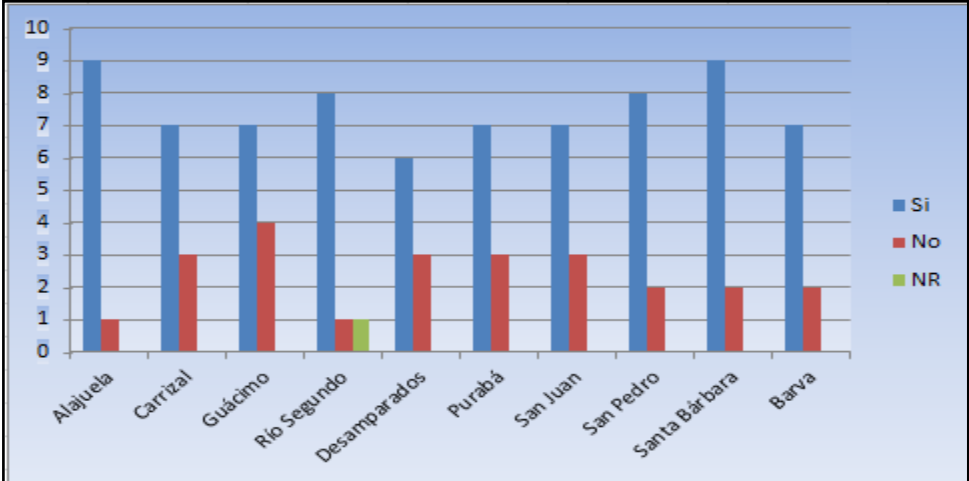
Como se ve en la figura 8, la mayoría visita esa zona por algún tipo de trabajo o investigación. Otra gran parte lo hace por recreación, según indican para efectuar caminatas, ciclismo de montaña, visita a cataratas y ríos. Una pequeña parte han visitado el área por pura curiosidad, al ser contado por algún vecino.

Figura 8. Motivo de la visita a la parte alta de la microcuenca



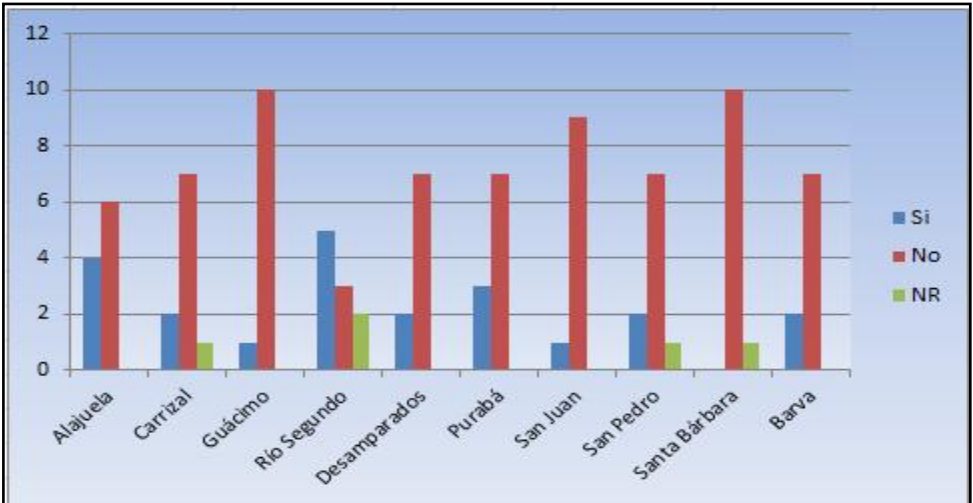
La mayoría de los pobladores de todos los cantones según la figura 9, mencionan que sí conocen que se debe proteger según la legislación las zonas colindantes a ríos y nacientes. Son pocos los que dicen no saber acerca de la legislación existente, pero que igual saben que hay bosquesitos alrededor de ríos.

Figura 9. Conocimiento acerca de proteger las áreas colindantes a ríos y nacientes



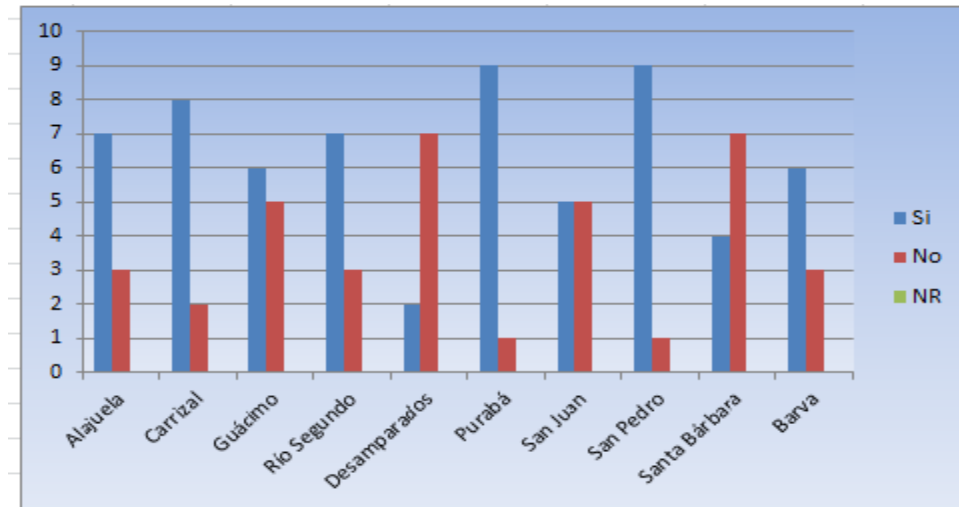
La gran mayoría de encuestados por cada cantón dicen no pertenecer a ningún tipo de asamblea o junta ambiental en su comunidad, inclusive dicen desconocer de alguna, se menciona solo a las ASADAS y a las Municipalidades.

Figura 10. Participación en alguna junta, asamblea, reunión, asociación relacionada al medio ambiente en la comunidad



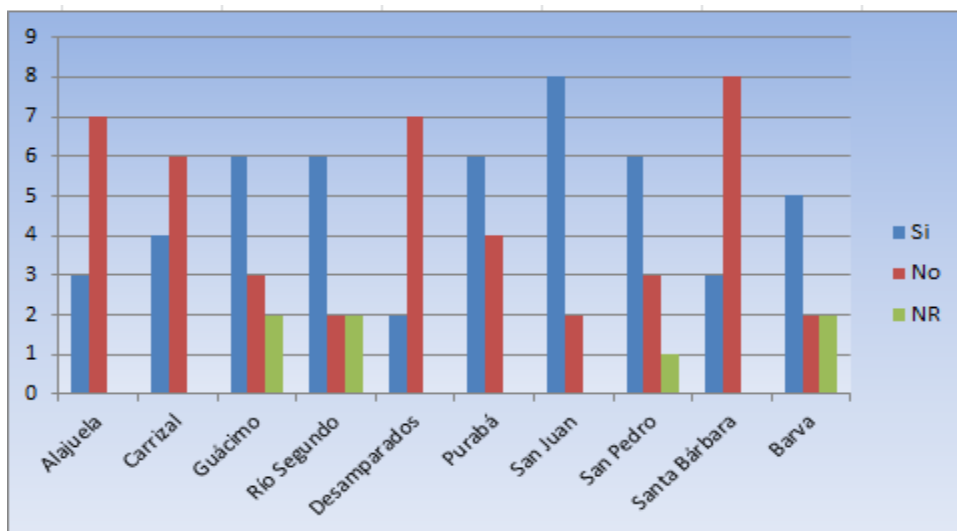
Sobresalen los cantones en donde sus pobladores dicen que si reciclan de alguna manera, tanto en escuelas, como en centros de acopio y Municipalidades. No se deja de lado que en sus propias casas separan los residuos también. Básicamente papel, plástico y cartón es lo que se recicla, y le sigue el vidrio. En los cantones de Desamparados y Santa Bárbara, los encuestados son los que menos reciclan.

Figura 11. Habitantes que hayan reciclado alguna vez en sus vidas



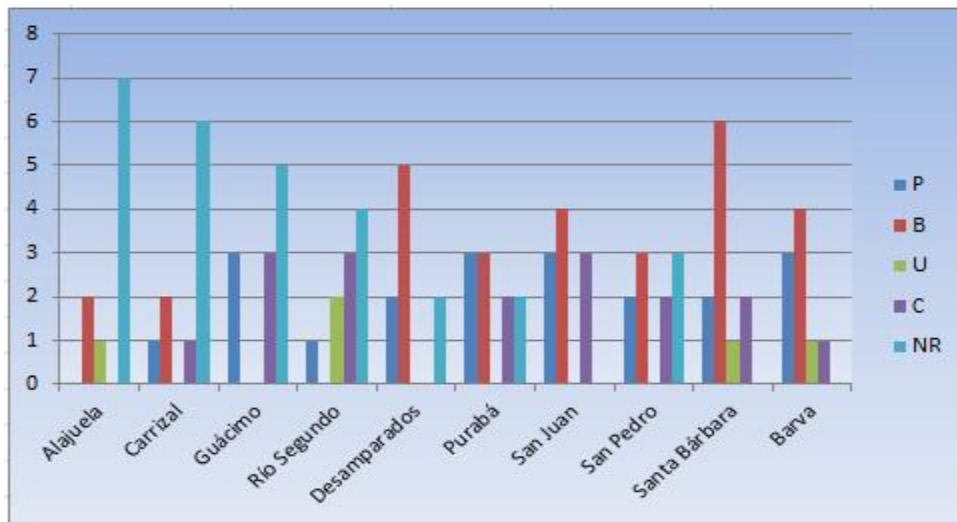
Sobresalen los encuestados que dicen haber visto cambios notorios en el uso del suelo al pasar de los años, principalmente más zona urbana y cultivos en la parte baja de la microcuenca.

Figura 12. Han presenciado cambios significativos en el uso del suelo al paso de los años



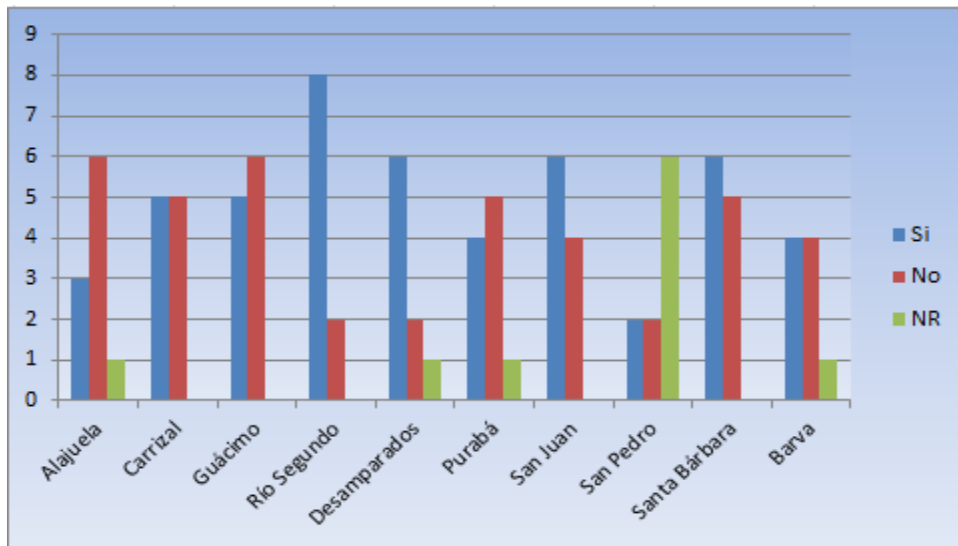
Una parte de los encuestados dice observar, según donde viven, más parches de bosque, plantaciones forestales como ciprés y cultivos de tomates, cebolla, helechos, ornamentales en la parte alta y media de la microcuenca. Al preguntarles a algunos habitantes de la parte baja, la zona urbana lo que se ve en su gran mayoría, especialmente residenciales, condominios y construcciones comerciales a lo largo del cantón.

Figura 13. Uso del suelo más visto en la zona por los habitantes encuestados



La mayoría de las personas a quienes se les aplicó la encuesta dicen que no existe una cultura ambiental en la población costarricense. Hace falta mayor educación e información referente a cómo proteger nuestros recursos naturales y cómo sacarles un provecho racional. Se menciona la falta de control de los funcionarios de entidades rectoras en el tema y capacitaciones a la población en general.

Figura 14. Existe una cultura ambiental en la población



VI. V. Repercusiones ambientales de la microcuenca

Dentro de las repercusiones ambientales que se encontraron según las observaciones de campo en la microcuenca en estudio y las fuentes secundarias, se listan a continuación las más sobresalientes.

1- Al expandirse la población y el sector agrícola en la parte media, la deforestación de especies arbóreas aumentó, provocando pérdidas en la diversidad y productividad de ecosistemas, especies, genética, composición vegetal, además de cambios en los ciclos de nutrientes del suelo.

2- Gran cantidad de construcciones de casas, residenciales, comercios, entre otros en la parte media de la microcuenca, lo cual ha generado la disminución de la recarga por impermeabilización del suelo (se impide la recarga natural de acuíferos).

3- El crecimiento del mercado comercial, urbanizacional e industrial en la parte baja de la microcuenca, ha hecho que se creen cambios agro-técnicos, políticos e institucionales del uso del suelo.

4- Los cambios de uso del suelo, no solo afectan al régimen climático, regional y local, sino que contribuyen a cambios en el balance hídrico de la microcuenca, así como en la degradación y pérdidas de suelos fértiles.

5- La degradación del suelo, ya sea por 1. dinámica propia de la naturaleza (inundaciones) o 2. la acción del hombre (tala de bosques, abonos químicos, pastoreo excesivo, construcción de casas y carreteras), ha provocado el aumento de erosión, deslizamientos de tierras, aumento de sólidos en suspensión en ríos y quebradas, por la remoción de materiales para construcción de casas y carreteras.

6- Contaminación del río Ciruelas en la parte media y baja de la microcuenca por residuos generados por el hombre, como botellas plásticas, ropa, materiales de cocina, de construcción, entre otros, añadiéndole las fuertes lluvias normales de la zona, hace que se obstaculice el flujo normal del cauce, provocando desbordamientos, inundaciones y afectando la fauna acuática.

7- Construcción de pozos de agua en lotes privados, sin el permiso otorgado por SENARA, provoca una demanda de agua de los acuíferos Colima y Barva, superando la oferta hídrica subterránea (recarga del acuífero). Por lo tanto deben tomarse medidas para la regulación de nuevas perforaciones de pozos.

8- Migración de la fauna a otros espacios, por la falta de tierras para su desarrollo y expansión.

9- Poco control de la población por parte de los Gobiernos locales, para el uso racional de los recursos forestales y naturales.

10- Falta de una cultura ambiental en la población, algunos se preocupan por el mal manejo de los recursos naturales, residuos sólidos, etc, pero otros no tanto, dejando claro que mientras tengan agua y comida, no importa lo demás (encuesta aplicada a un sector de la población).

Algunos de los lineamientos sobre el manejo del recurso hídrico en las diferentes categorías de uso del suelo de la microcuenca del Río Ciruelas se especifican a continuación

Bosque

Seguimiento y control de estas áreas por parte de la Municipalidad y entes relacionados al ambiente, para evitar la expansión agrícola y urbana, que puedan provocar alteraciones en este uso.

Al existir estas zonas en la parte alta de la microcuenca, colindando y formando parte del Volcán Barva, se supone que deben estar protegidas y amparadas por la Legislación existente en el país, evitando así los permisos de extracción de maderas, explotación irracional de los recursos hídricos, caza de fauna, entre otros. Por lo que se debe dar un control adecuado a este tema.

Definir fincas con parches de bosque que puedan ser resguardadas y beneficiadas por el Pago de Servicios Ambientales (PSA) que establece FONAFIFO.

Definir un Plan de Manejo óptimo para las zonas de protección de la microcuenca y efectuar balances hídricos anuales para conocer el aporte de cantidad, calidad del agua y suelos, en la microcuenca empezando por la parte alta con cobertura boscosa.

Cultivos

Establecer un uso racional de químicos y fertilizantes para los cultivos encontrados como cebollas, tomates, hasta las mismas plantas ornamentales, tratando de evitar así la infiltración de estos en los mantos acuíferos.

Plantaciones

Darle seguimiento a la corta de árboles de ciprés en la parte alta, evitando así el daño a la fauna y posibles accidentes con las personas.

Las plantaciones forestales presentes deben ser controladas y manejadas por expertos, que puedan percibir el impacto que puedan causar en la zona, respecto a la altura de sus árboles, consumo de agua, etc.

Pastos

Se puede establecer un programa de capacitación de buenas prácticas de conservación del suelo, por parte del MAG o Universidades que enseñen las ventajas de éstas en los pastos.

Tratar de eliminar los pastos sin árboles, y más bien promover a la siembra de estos como linderos o como fincas agroforestales.

En fincas con pendientes altas, se pueden desarrollar lagunas o diques que puedan favorecer la infiltración y evitar algún tipo de inundación.

Zona Urbana

Aplicar la Legislación para eliminar cualquier tipo de construcción sin los permisos específicos o en zonas de protección. Planificar correctamente la infraestructura vial de la microcuenca para evitar escorrentías o inundaciones que puedan afectar a la población y áreas aledañas.

VII. Conclusiones

1. Existe un aumento en los cantones de la microcuenca de 110.606 personas en el 2004 a 222.794 para el año 2011, según el último Censo realizado en el país en el año 2011.
2. La microcuenca del Río Ciruelas presenta un 23.27% de bosque, de zona urbana el 24.94%, pastos un 23.3%, café el 12.29%, otros cultivos un 13.2%, plantaciones 2.15% y de invernaderos el 0.86%.
3. Los bosques predominan en la parte alta de la microcuenca, las fincas de café se establecen en la parte media/alta, mientras que los pastos se encuentran alrededor de toda la microcuenca, siendo más significativos en la parte alta. La zona urbana claramente se ubica en la parte baja. Y otros cultivos en la parte media/baja.
4. Una de las repercusiones ambientales más significativa es que cambios en los usos del suelo, no solo afectan al régimen climático, regional y local, sino que contribuyen a cambios en el balance hídrico de la microcuenca, así como en la degradación y pérdidas de suelos fértiles.
5. Los suelos presentes en la zona de estudio son inceptisoles, que son los de mayor potencial agrícola en Costa Rica y andisoles los cuales se originan a partir de cenizas volcánicas, éstos sufren un rejuvenecimiento frecuente.
6. Los encuestados dicen haber visto cambios notorios en el uso del suelo al pasar de los años, principalmente más zona urbana y cultivos en la parte baja de la microcuenca; y que no existe una cultura ambiental en la población a pesar de los grandes esfuerzos.

VIII.Recomendaciones

1- Que la Municipalidad del Cantón de Alajuela controle la construcción en áreas cercanas a nacientes, con el objetivo de que se protejan las cuencas hidrográficas de manera integral.

2- Fomentar programas de educación ambiental en escuelas, colegios y vecinos de la microcuenca, para evitar la contaminación de los ríos por residuos sólidos y otros, así como establecer brigadas para la limpieza y mantenimiento de los cauces de agua y evitar posibles inundaciones. De igual manera desarrollar programas de protección de los recursos naturales a partir del concepto de cuenca hidrográfica.

3- Establecer tecnologías limpias, buenas prácticas ambientales, compras verdes con las comunidades organizadas de la microcuenca, para reducir así el consumo energético, hídrico y de residuos sólidos.

4- Activar mecanismos de coordinación ambiental entre las instituciones afines de nivel local y regional, para generar acciones correctivas que permitan controlar los focos de contaminación ambiental en la microcuenca y capacitar a vecinos involucrados.

5- Ampliar la reforestación con especies nativas en la zona, darle un seguimiento y control a estas siembras, se podrían usar árboles como cortinas rompe vientos y cercas vivas.

IX. Literatura Citada

- Alfaro, C. 2004. Estudios de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Boletín Ciencia y Tecnología. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Documento consultado el día 26 de febrero 2014. Disponible en: H:\Univ\Boletín Ciencia y Tecnología.mht

- Estado de La Nación en Desarrollo Humano Sostenible: séptimo informe 2000. Proyecto Estado de La Nación. San José, Costa Rica, 2002.

- Environmental Systems Research Institute (ESRI). 1998. Generalidades de los SIG: unwhite paper de ESRI (en línea). Santiago, INCOM. Consultado 8 de mayo del 2000. Disponible en <http://www.incom.cl>.

- Fundación para el Desarrollo Urbano (FUDEU). 2001. Propuesta del Plan Regulador Urbano de la Municipalidad de Santa Bárbara de Heredia. Heredia, Costa Rica. 307 p.

- Gómez, A. 1996. Condiciones hidrogeológicas en Costa Rica. En "Utilización y manejo integrado de recursos hídricos". Reynolds-Vargas, J. 1996. Heredia, Costa Rica. 256 p.

- Instituto Geográfico Nacional (IGN). 1979. Hojas cartográficas Abra, Barva y Río Grande, escala 1: 50 000. San José, Costa Rica.

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2011. IX Censo Nacional de Población y V de vivienda del 2000. Resultados Generales. San José, Costa Rica.

- Jiménez, F. (2006). Conceptos, enfoques y estrategias para el manejo de cuencas hidrográficas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. s.n.t

- Marozzi, M. 2004. Evaluación multicriterio para la gestión integrada de las Microcuencas de los Ríos Ciruelas Segundo (Subcuenca del Río Virilla en Costa Rica). Primer diagnóstico integral de las Microcuencas del Río Segundo y Río Ciruelas. Heredia, Costa Rica. 59 p.

- Muñoz, F. 2000. Notas de clase sobre cuencas hidrográficas. Quito año de Ingeniería

Forestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 25 p.

-PRODUS (Programa de Investigación de Desarrollo Urbano Sostenible). 2004. Diagnóstico biofísico y socioeconómico para el proyecto “Adaptación del sector hídrico al cambio climático en Costa Rica”. Informe presentado al Instituto Meteorológico Nacional. San José, CR, IMN. 121 p.

-Pujol, R 2001. Diagnóstico Plan Regulador de Montes de Oca (8 tomos: Agua y ciudad, Transporte, Uso del suelo, Riesgos y amenazas, Calidad de Vida, Actividades productivas, Proceso participativo, Legislación). Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica 265 p.

-Ramakrishna, B.1997. Estrategia de extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y experiencias. Proyecto IICA/GTZ sobre agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible. San José, Costa Rica. 319 p.

-Reynolds, J. 2002. Manejo integrado de aguas subterráneas: un reto para el futuro. San José, CR, EUNED. 325 p.

-Rodríguez, S. Villalobos, F. 1996. Análisis Geográfico de la contaminación de las aguas del Río Ciruelas, Heredia-Aljuela, Costa Rica. Tesis Lic. Heredia, CR, UNA. 143p.

- Sáenz, R. 1984. Notas explicativas del mapa de Geología de Costa Rica. Escala 1:200 000. CONICIT. San José, Costa Rica. 19 pp.

-Todd, K. 1964. Ground Water Hydrology. Jhon Wiley & Sons. Inc. Estados Unidos de América. 336 p.

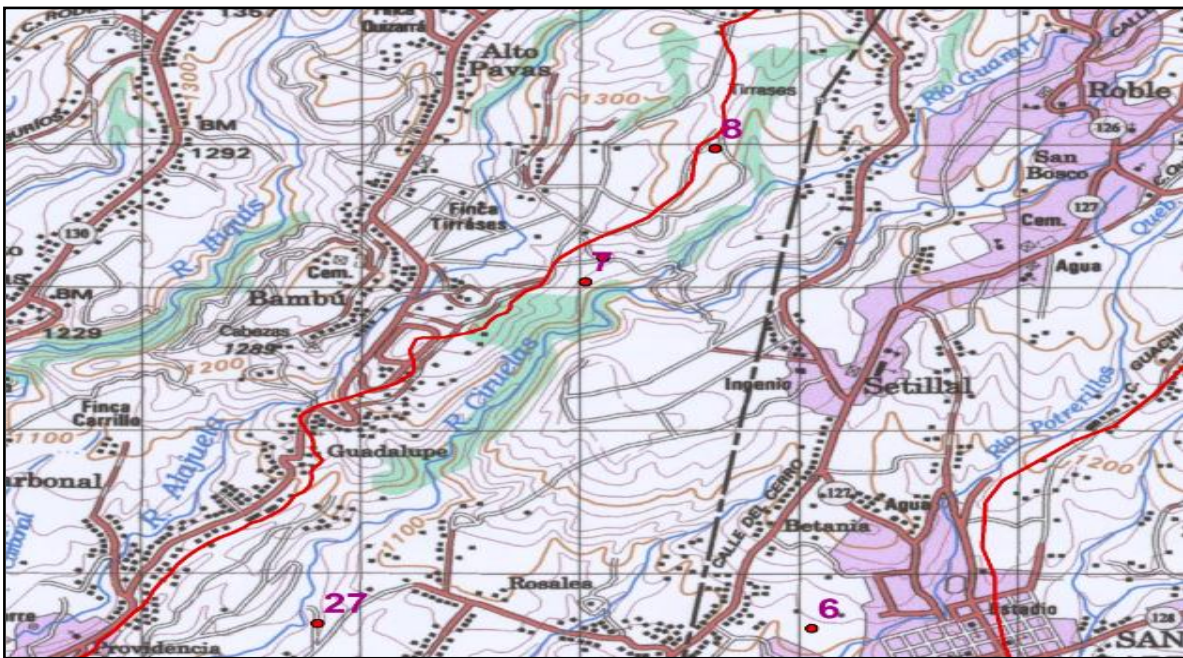
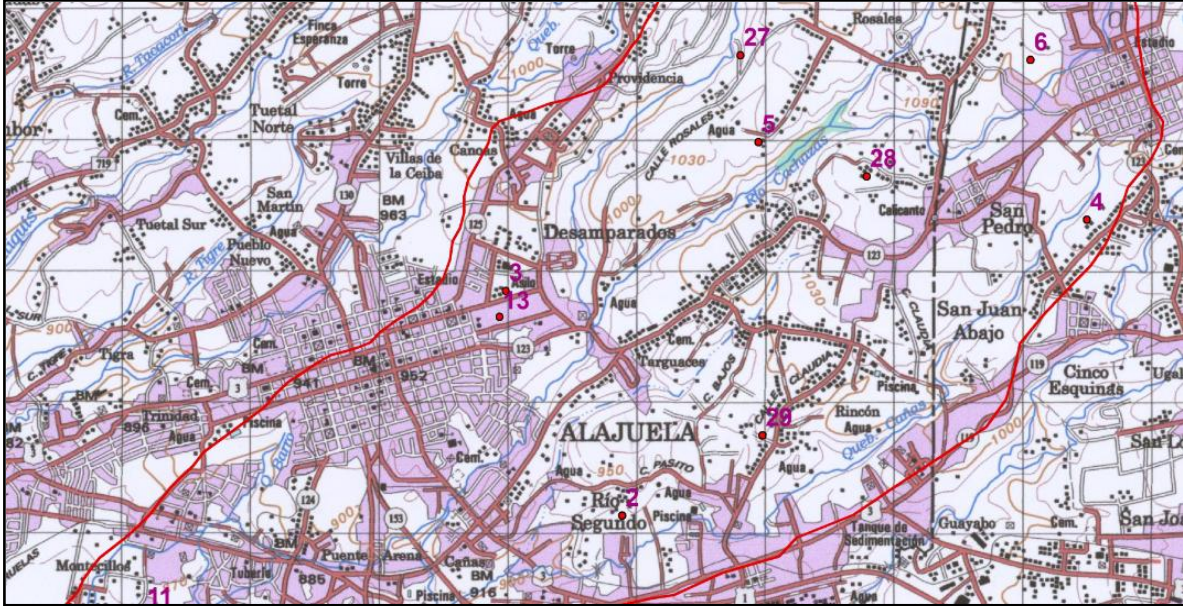
-United Nations Development Program (UNDP). 1991. Cities, People and Poverty: Urban Development Cooperation for the 1990's. UNDP. Nueva York.USA.164 p.

-United Nations Comission for Human Settlements (UNHCS). 1995. Nueva York.USA.

-Ureña, N. 2004. Efectos del aumento poblacional y del cambio de uso del suelo sobre los recursos hídricos en la Microcuenca del Río Ciruelas, Costa Rica. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 165 p.

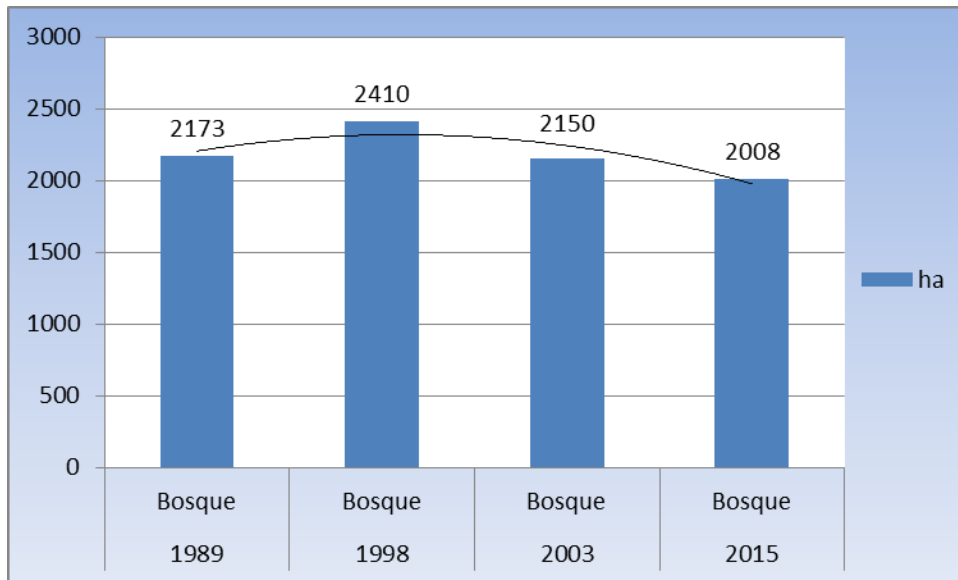
X. Anexos

Anexo 1. Ejemplo de los puntos de muestreo señalados para la posterior verificación en campo

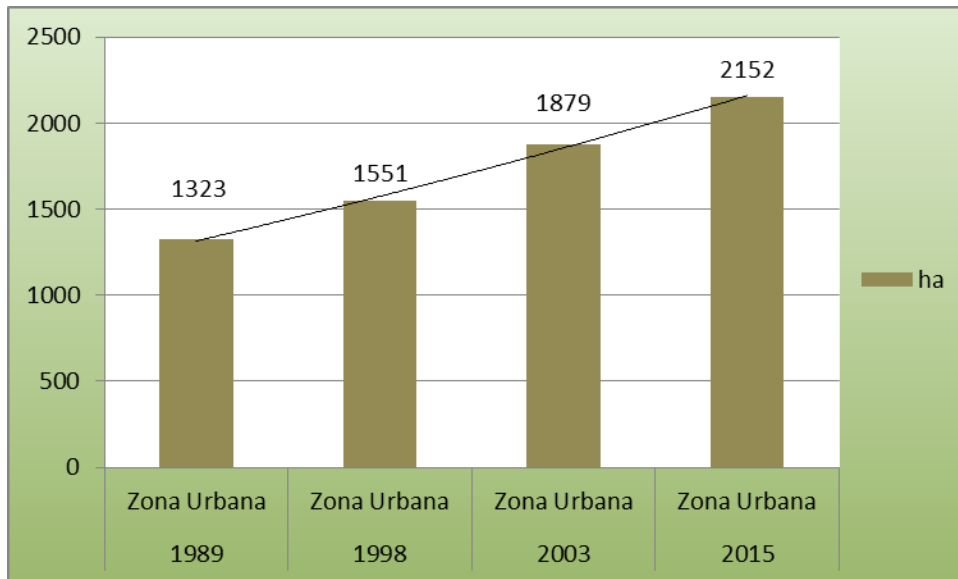


Anexo 2. Figuras del uso del suelo para cada categoría establecida en la microcuenca

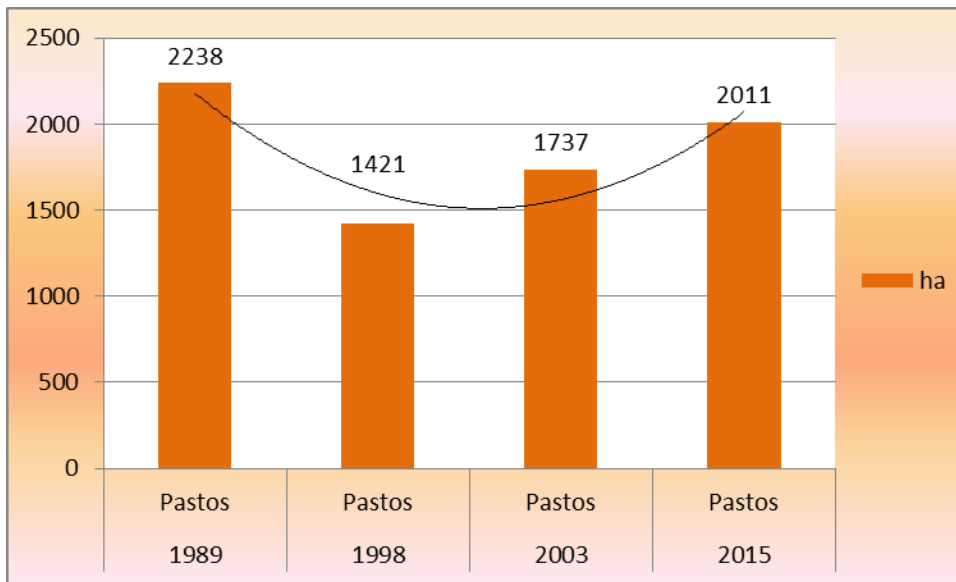
-Bosque



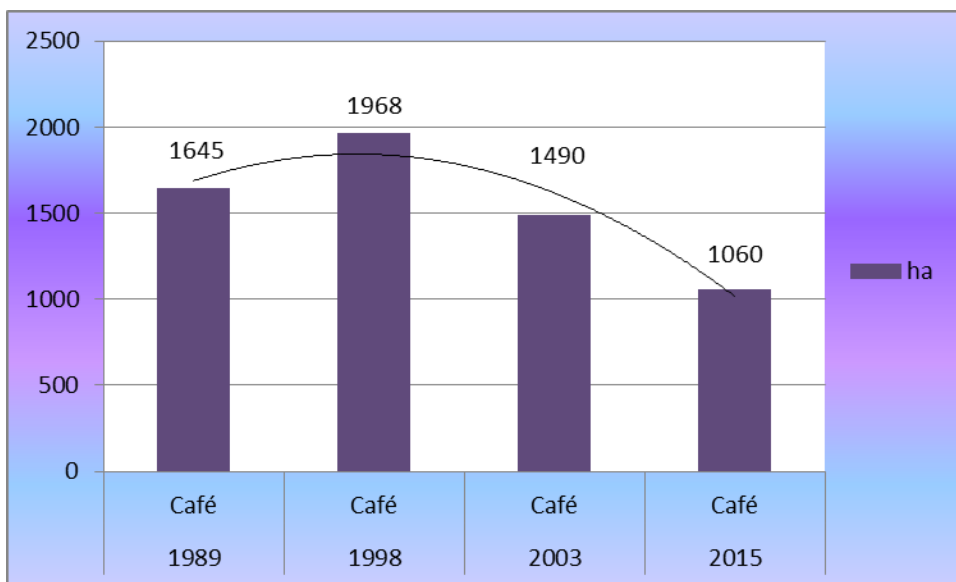
-Zona Urbana



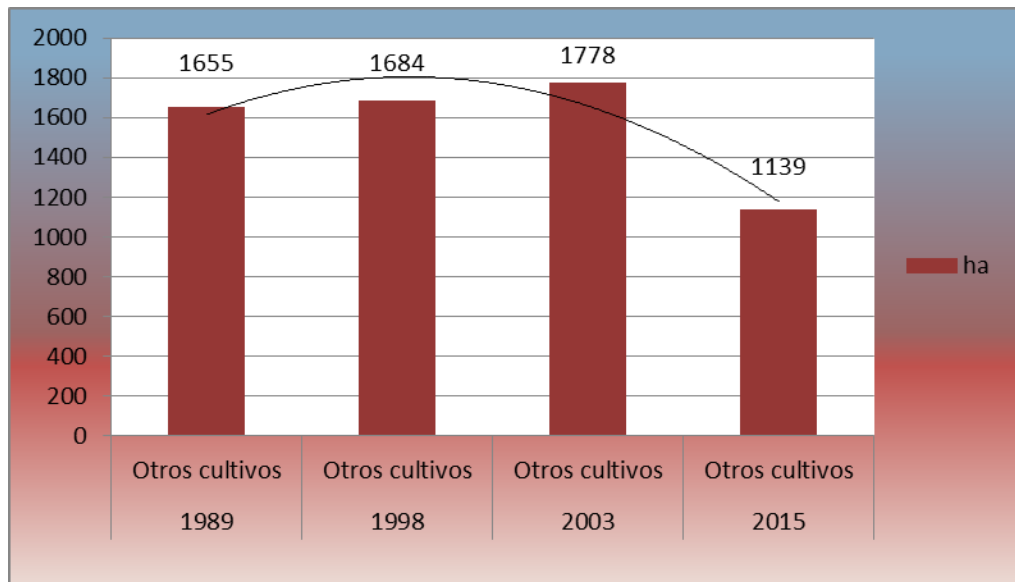
-Pastos



-Café



-Otros cultivos



Anexo 3. Imágenes fotográficas de los recorridos por toda la microcuenca





Anexo 4. Formularios de campo utilizados y bases de datos (versión en físico)

Anexo 5. Encuestas aplicadas a 100 habitantes (versión en físico)