

DINÁMICA TERRITORIAL EN EL USO DE LA TIERRA Y EL RÉGIMEN  
HIDROLÓGICO: REGIÓN CENTRAL, COSTA RICA

*Marvin E. Quesada\**

**RESUMEN**

Se analiza la relación entre la dinámica territorial en el uso de la tierra con respecto a los cambios en el régimen hidrológico en la región central de Costa Rica. Se hace una comparación entre dos años y se encontró que tal proceso ha sido muy intenso de un año al otro. La fuerte presión urbanística e industrial sobre los suelos más fértiles del país, ha provocado modificaciones en el régimen hidrológico de las dos principales subcuencas hidrográficas: Virilla y Grande de San Ramón, ambas conforman la cuenca del río Grande de Tárcoles. La subcuenca del río Virilla no logra almacenar el agua pluvial, especialmente si se considera que un alto porcentaje de su área está cubierta por usos de tierra de tipo urbano. Por el contrario, la subcuenca del río Grande de San Ramón logra retener un mayor porcentaje de aguas, al tener usos de la tierra dominados por pastos, cultivos y bosque. En síntesis, varios de los usos de la tierra incrementan su área, en especial el área urbana, con la gran excepción del área de bosques que se redujo considerablemente.

*Palabras clave:* régimen hidrológico, uso de la tierra, suelos, cultivos, pastos, río Grande San Ramón, río Virilla, Costa Rica.

**Territorial dynamics in land use and the hydrological regime: Central Region, Costa Rica**

**ABSTRACT**

It analyzes the relationship between territorial dynamics in land use and changes in the hydrological regime in the Central region of Costa Rica. A comparison is made between two years and the results showed that this process has been intense from one year to another. The urban and industrial heavy pressure on the most fertile soils of the country, has led to changes in the hydrological regime of the two major sub-basins: Virilla and Grande de San Ramón, both of which constitute the Basin of Grande de Tarcoles River. The sub-basin of the Virilla River cannot store rainfall, especially considering that a large percentage of its area is covered by land uses of urban type. In contrast, the sub-basin of the Grande de San Ramón River retains a higher percentage of water, having land uses dominated by pasture, crops, and forests. In synthesis, several land uses increase their area, especially urban areas, with the major exception of the forest area which was reduced considerably.

*Keywords:* hydrological regime, land use, soils, crops, pasture, Grande San Ramon River, Virilla River, Costa Rica.

---

\* Departamento de Ciencias Sociales. Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente. San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

Las condiciones hidrológicas de una cuenca hidrográfica dependen de la interrelación entre factores geológicos, geomorfológicos, climáticos y del uso que se le da a la tierra. De manera similar, las condiciones hidráulicas llevan implícita la conductividad del suelo a diferentes profundidades, así como la duración, frecuencia e intensidad de la precipitación (Dunne, 1978; Bruijnzeel, 2004).

La cobertura vegetal reduce los efectos de la caída del agua sobre el suelo; por consiguiente, el impacto de las gotas de lluvia se ven reducidos y hacen una repartición de la caída del agua sobre el suelo, durante un periodo de tiempo más largo. Entre un 10 y un 25% de las precipitaciones captadas por la vegetación son directamente evaporables. El bosque por medio de la hojarasca produce humus, que mantiene el suelo cubierto y lo protege, pudiendo de esa forma retener el agua, dándose un rol de esponja (Dykes & Thornes, 2000).

Asimismo, el sistema radicular favorece la penetración de agua en el suelo durante la estación lluviosa y facilita a su vez la capilaridad (pluviométrica) del agua subterránea a la superficie del suelo durante la estación seca. Los poros en el suelo son determinantes durante todo el año y ocasionan las siguientes circunstancias: permite la percolación de un máximo de agua en el suelo, lo que reduce la erosión del suelo por efectos pluviales, el escurrimiento superficial y al mismo tiempo, permite un buen abastecimiento del nivel freático, regulariza la alimentación permanente de las fuentes de agua, y con ello, el régimen de las aguas (Strahler & Strahler 1984; Bruijnzeel, 1990).

La cobertura forestal impide una fuerte y rápida evaporación del agua superficial producto de los fuertes temperaturas atmosféricas durante la estación seca. Los efectos de arrastre producto del escurriendo superficial bajo un relieve acentuado son proporcionales a la velocidad de la corriente, a la intensidad de la caída de la lluvia e inversamente proporcional a la resistencia de los agregados del suelo y a la cantidad de cobertura vegetal (Suárez de Castro, 1982). La pérdida de suelo especialmente en las regiones tropicales es mayor en los sectores de topografía abrupta, con suelo descubierto y donde se producen fuertes lluvias (Costa, 2004).

En vista del acelerado crecimiento poblacional registrado en los últimos cuarenta años, se ha provocado la conversión de bosques tropicales para convertirlas en terrenos cultivables, actividades pecuarias, dándose mayores procesos erosivos, así como una urbanización e industrialización sin control alguno (Bruijnzeel, 1990, 2004; Bonell, 1998). Los ríos cambian de curso al desbordarse, ya que las cuencas al no tener suficiente masa forestal no pueden retener las lluvias fuertes y estas llegan en pocos minutos hasta los cursos de agua. Esto ha producido una erosión fuerte en sitios con pendientes inclinadas y en las riberas de los ríos. Como resultado, se producen inundaciones en tierras bajas como las llanuras (Bruijnzeel, 1990; Costa, 2004).

Cuando una cuenca hidrográfica se encuentra cubierta en un alto porcentaje por infraestructuras como edificaciones, concretos y pavimentos se produce una mayor escorrentía superficial, alcanzando las aguas los lechos fluviales en periodos más cortos. Este hecho contribuye a que exista una mayor probabilidad de inundaciones, especialmente en los periodos de época lluviosa en el caso de la región del trópico húmedo, o cuando hay influencia de disturbios atmosféricos (temporales, tormentas, ondas y huracanes tropicales).

Esta situación es típica cuando un espacio es transformado en sector residencial sin contar con alguna norma o patrón de ordenamiento territorial. En Costa Rica, lo anterior es producto de la espontaneidad en la distribución espacial (Quesada, 2000). Las áreas forestales y agropecuarias están siendo sustituidas para construir viviendas, comercios o industrias (Barrantes y Miranda, 2002). De esta forma, las características del territorio cambian y pasan a depender más de las actividades relacionadas con el sistema urbano (Pujol, 1997).

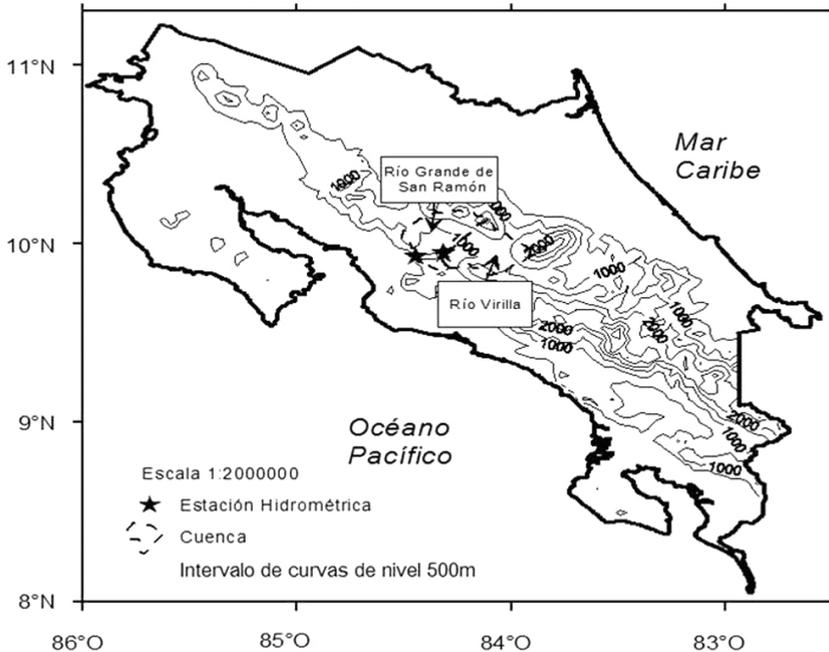
## 1. UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

La región central de Costa Rica se ubica básicamente en los sectores alto y medio de la cuenca del río Grande de Tárcoles (1745 km<sup>2</sup>) (Figura 1) que limita al norte y noroeste con la sección de Cordillera Volcánica Central, al oeste con la cuenca del río Barranca y al sur con la sección de Cordillera de Talamanca. La cuenca está constituida en gran parte por tres cabeceras de provincia que son las más pobladas del país. Sus sectores alto y medio lo comprenden las subcuencas de los ríos Virilla (829 km<sup>2</sup>) y Grande de San Ramón (916 km<sup>2</sup>).

La cuenca media y alta del río Grande de Tárcoles presenta una topografía irregular, con colinas, montañas, valles que se componen de depósitos piroclásticos, lacustres y coladas de lava. Los suelos dominantes son los alfisoles, intisoles, inceptisoles, ultisoles y vertisoles, categorizados como suelos de primer orden según el Centro Científico Tropical (CCT, 1989). Las diferencias en el uso de la tierra entre la subcuenca del río Grande (RGSR) y la del Virilla (RV) son marcadas.

La primera se encuentra dominada por usos forestales, agrícolas y pastoriles en un 98% aproximadamente; y por cerca de un 2% con uso urbano. Por el contrario, la subcuenca del Virilla, a pesar de estar dominada por cultivos permanentes (66%), los usos urbanos se han expandido, siendo cercanos a un 15% y por otros usos como los pastos y cultivos estacionales en un 19% (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1992). Aunque actualmente el uso dedicado a urbanismo se ha incrementado.

Figura 1. Ubicación de los ríos Grande de San Ramón y Virilla



Fuente: Elaboración propia con base en información brindada por el IGN-CR.

## 2. CAMBIOS EN EL USO DE LA TIERRA

En Costa Rica, por razones sobre todo de índole histórica, se dio la ocupación de los mejores suelos volcánicos existentes en el país para uso urbano (Depresión Tectónica Central), gran parte de esta región se ubica en la cuenca del río Tárcoles (figura 1). Más tarde, estos se dedicaron para labores agropecuarias, en muchos casos con técnicas inadecuadas, así como a área urbana e industrial (alta tasa de urbanización y de metropolización).

Al ir disminuyendo los sitios para destinar a estas actividades, se han ido tomando tierras ubicadas en sitios quebrados, como por ejemplo San José de la Montaña y San Isidro de Heredia, Poás de Alajuela, Aserri, Piedades de Santa Ana y los cerros de Escazú en San José, entre otros, lo que ha alterado aún más las tierras que son de aptitud forestal. Estos procesos han dado como consecuencia fuertes discrepancias en el ámbito regional e intrarregional, caracterizados por una marcada diferenciación espacial, que es lo que precisamente se está dando en la Depresión Tectónica Central en Costa Rica, la zona de mayor concentración urbana (Pujol, 1997; López, Chaverri & Araya, 2000).

Son muy pocos los estudios que se han realizado en cuencas de tamaño medio como la del río Tárcoles. Por ejemplo, una investigación realizada en la cuenca del río Comet (16 440 km<sup>2</sup>), en el centro de Queensland, Australia, (Siriwardena, Finlayson & McMahon, 2006) enfatiza la deforestación de una parte de la cuenca para dedicarla a pastos y cultivos, encontrándose que se intensificó la escorrentía superficial en un 8,4%. En Costa Rica solamente se han efectuado dos investigaciones que utilizan modelos hidrológicos en cuencas medianas (Colby, 2001; Van Loon & Troch, 2002). Sin embargo, ninguna de estas enfatiza los cambios espaciales, más bien utilizan modelos estadísticos para explicar los cambios en la cobertura forestal.

### 3. VARIACIÓN TEMPORAL DEL USO DE LA TIERRA

Por lo tanto, al analizar la variabilidad en los caudales de la cuenca del río Tárcoles es imperativo considerar el uso de la tierra, así como la escorrentía especialmente durante los meses secos (enero, febrero, marzo y abril). En tanto, la precipitación es muy influyente durante los meses lluviosos (septiembre y octubre), principalmente. Si se considera la precipitación con el uso de la tierra conjuntamente y se comparan con la escorrentía presente en la cuenca antes y después de 1975 (año en que se nota un cambio en los caudales), los meses secos muestran la misma tendencia. Sin embargo, para el mes de mayo el suelo en dicha cuenca tiene una gran capacidad de almacenamiento de aguas pluviales y para junio dicha capacidad se empieza a reducir.

En julio y agosto con la presencia de una recesión de lluvias el suelo logra percolar las aguas y queda cierta capacidad de recarga, dado que ciertos días no hay precipitación. Aunque dicha situación se da solo durante aquellos años considerados normales o durante la presencia del evento El Niño. En cambio, durante los eventos La Niña se manifiesta todo lo contrario (Waylen & Quesada, 2002).

Para septiembre y octubre la capacidad de recarga es nula, dándose una mayor escorrentía superficial. En este caso la subcuenca del RV no logra almacenar en su totalidad el agua pluvial, especialmente si se considera que está cubierta en alto porcentaje por usos de tierra de tipo urbano. Por el contrario, la subcuenca del río Grande de San Ramón logra retener, hasta cierto punto, un poco más las aguas al tener usos de la tierra dominados por pastos, cultivos y algunas manchas de bosque en su sector medio, aunque tiene la ventaja que la mayoría de las nacientes de sus afluentes están bajo cobertura forestal.

La tendencia a los cambios en la escorrentía con respecto a la precipitación persisten durante todo el año, excepto durante junio y julio, así como en los meses secos cuando el tipo de uso de la tierra ejerce un control sobre la escorrentía.

#### **4. VARIACIÓN ESPACIAL DEL USO DE LA TIERRA**

Además, se debe considerar que en la subcuenca del río Virilla al estar mayormente urbanizada se da una mayor deposición de efluentes líquidos como son todos aquellos de origen municipal, industriales, residenciales, y algunas aguas de retorno agrícola. Estos podrían aumentar los caudales de los tributarios y del mismo río Virilla.

La existencia de diversas formas de relieve, la heterogeneidad de suelos, la variabilidad geológica, la distribución temporal y espacial de la precipitación, así como los distintos usos de la tierra, hacen que medir la variabilidad en los caudales en una cuenca hidrográfica sea difícil de precisar. Además, los usos de la tierra, son a su vez, muy cambiantes de un año a otro, e impiden la detección de cambios en la descarga de un río.

Para hacer la evaluación del uso de la tierra se consideraron los mismos tipos de uso para cada subcuenca por separado en hectáreas, para dos años 1992 y 1997. La subcuenca del RV que posee un área (829 km<sup>2</sup>), para 1992 predominaba el uso dedicado a bosque con 28 410,83 hectáreas, es decir, un 31% (cuadro 1). En un segundo lugar se encontraban las áreas bajo cultivos permanentes con 23 948,33 hectáreas que equivalían a un 26,1%. En tercer lugar se ubicaban los pastos con 13 839,95 hectáreas (15,1%). En cuarto puesto estaba el área urbana con 12467,93 (13,6%) y por último se encontraban el uso mixto agropecuario y los tacotales con 9,7 y 2,3%, respectivamente.

Para el año 1997 la situación varió, el área bajo cultivos permanentes pasa a ocupar el primer lugar con 30 144,84 hectáreas, que equivale a un 32,9%. En segundo plano aparecía los pastos que ascendieron 19 410,33 hectáreas, lo cual constituye un 21,2%. Las áreas urbanas se extienden con 18 772,53 hectáreas (20,5%). El bosque se reduce vertiginosamente a 11 251,99 hectáreas, es decir, cerca de un 12,3%, mientras que el resto de usos de la tierra presentes en ese año se mantuvieron con un número de hectáreas similar. En síntesis, la mayoría de usos de la tierra incrementan su área, en especial la urbana y con la gran excepción del área de bosques, que se redujo considerablemente.

Mientras que en la subcuenca del río Grande de San Ramón con un área de 916 km<sup>2</sup>, dominan las áreas cubiertas por cultivos permanentes tanto para 1992 como para 1997 con porcentajes de 65,6 y 54,6 respectivamente, es decir, hubo un descenso de cerca de un 9%. El bosque mostraba el segundo lugar en 1992 con 13 739,60, lo que equivalía a un 19%, pero para 1997, dicho uso desciende considerablemente a 6 111,04, o sea un 8,5%. El uso mixto agropecuario se encontraba en el cuarto lugar con un 6% pero para 1997 este desciende. Por último, los pastos, el charral y los cultivos anuales poseían bajos porcentajes.

**Cuadro 1. Uso de la tierra en las subcuencas de los ríos Virilla y Grande de San Ramón, en 1992 y 1997 (en hectáreas)**

Subcuenca del río Virilla				
Subcuenca/Años	1992		1997	
Uso de la tierra	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
Área urbana	12 467,93	13,6	18 772,53	20,5
Bosque	28 410,83	31,0	11 251,99	12,3
Plantaciones forestales	ND	ND	ND	ND
Cultivos permanentes	23 949,33	26,1	30 144,84	32,9
Cultivos anuales	2087,16	2,3	1886,93	2,1
Pastos	13 839,95	15,1	19 410,33	21,2
Charral y/o tacotal	2076,62	2,3	4363,73	4,8
Uso mixto agropecuario	8851,72	9,7	3027,15	3,3
Terreno descubierto	ND	ND	305,21	0,3
Sin datos	—	0,0	2500,04	2,7
Total	91 683,54	100,0	91 662,76	100,0

Subcuenca del río Grande de San Ramón				
Subcuenca/Años	1992		1997	
Uso de la tierra	Valor absoluto	%	Valor absoluto	%
Área urbana	1356,71	1,9	3090,09	4,3
Bosque	13 739,60	19,0	6.111,04	8,5
Plantaciones forestales	ND	ND	ND	ND
Cultivos permanentes	47 423,16	65,6	39 426,08	54,6
Cultivos anuales	1093,67	1,5	1124,47	1,6
Pastos	2724,86	3,8	17 842,80	24,7
Charral y/o tacotal	1556,83	2,2	1234,64	1,7
Uso mixto agropecuario	4342,02	6,0	2130,59	2,9
Terreno descubierto	ND	ND	607,00	0,8
Sin datos	—	0,0	667,59	0,9
Total	72 236,85	100,0	72 234,30	100,0

Simbología

—	Es igual a 0
ND	No existen datos

Fuente: Elaboración propia con base en los datos obtenidos de FONAFIFO, Atlas Digital de Costa Rica, y fotointerpretaciones, 2009.

Figura 2. Uso de la tierra en la cuenca media y alta del río Grande de Tárcos en 1992

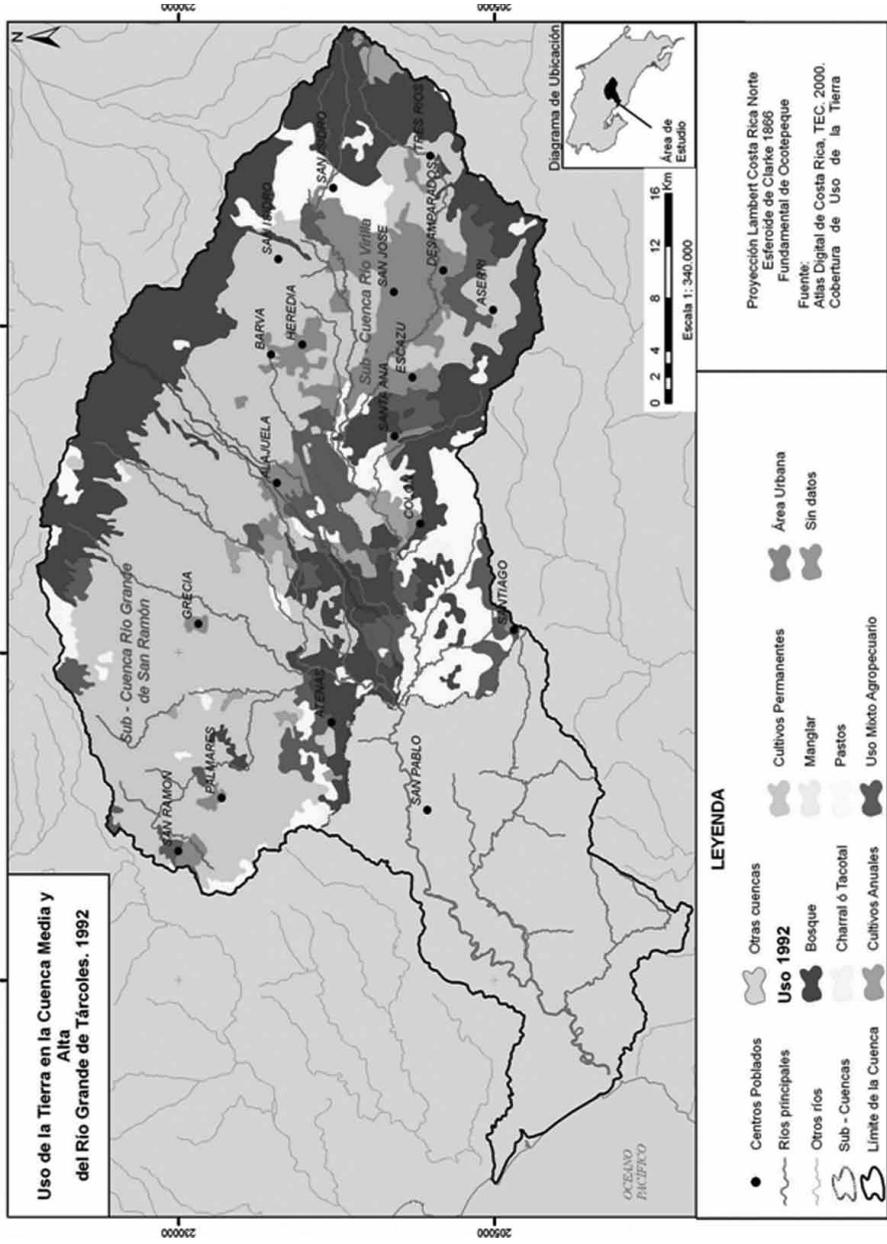
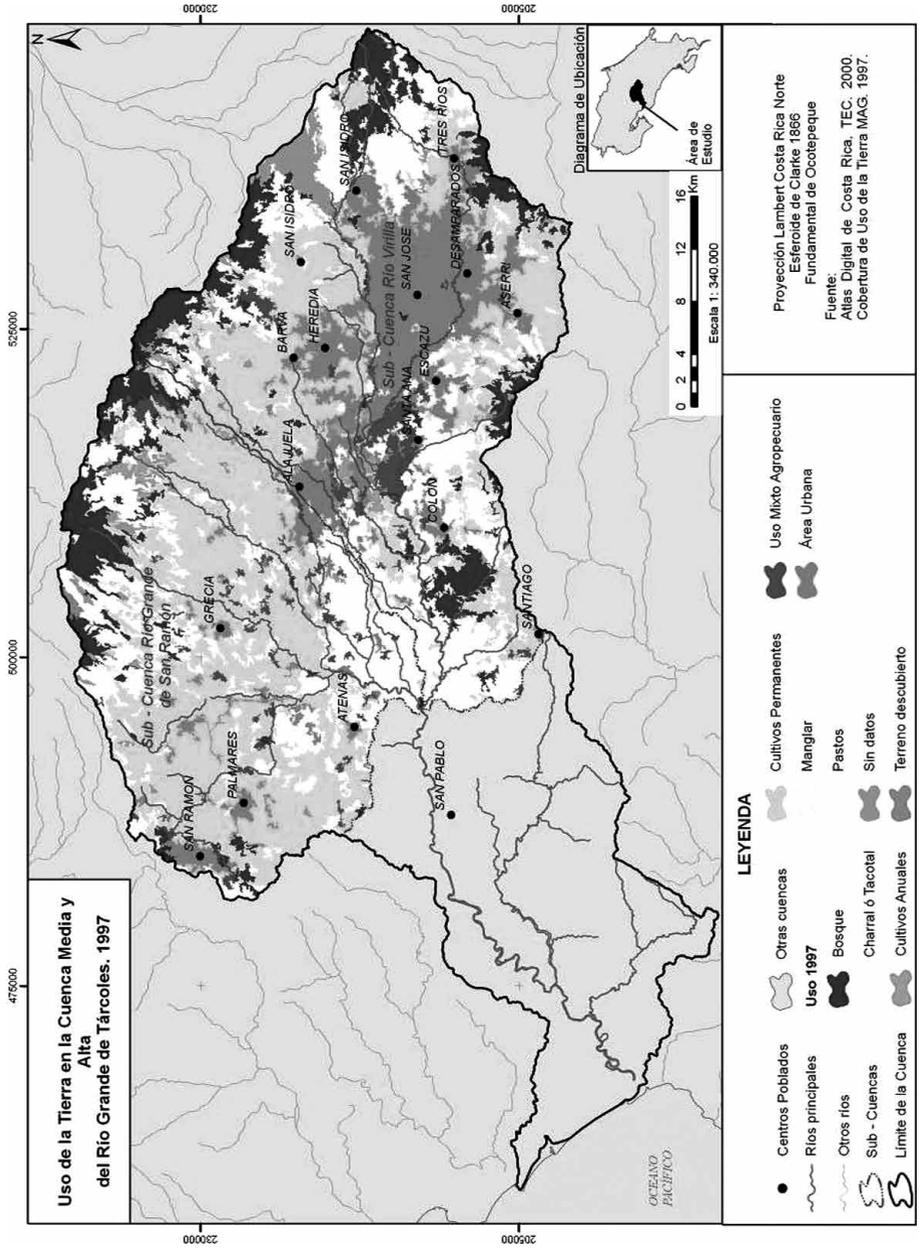


Figura 3. Uso de tierra en la cuenca media y alta del río Grande de Tárcoles en 1997



En el año 1997 las áreas bajo pastos se incrementaron a 17 842,80, que es aproximadamente 15 000 hectáreas más. El bosque descendió a un 85% del área total de la microcuenca, y como se aprecia en los mapas, el bosque fue sustituido por pastos y se redujo a solo 6111,04 hectáreas. Mientras tanto se incrementaron las áreas dedicadas a residencias, aunque no tan marcado como en el caso de la subcuenca del RV.

En la subcuenca del RV se incrementaron considerablemente las áreas dedicadas a urbanizaciones. Lo anterior demuestra que las áreas bajo cobertura vegetal han sido las más afectadas y las primeras que han sido sustituidas, dada la fuerte presión poblacional y por consiguiente la necesidad de construir viviendas y otros sectores para comercios e industrias que se incluyen dentro de este uso.

## **5. REFLEXIÓN FINAL**

En general, el uso de la tierra en el área de estudio ha mostrado cambios durante los años en estudio, estos en algunas ocasiones han sido en forma radical, como es el caso de las áreas bajo bosque, especialmente en la subcuenca del RV. Por el contrario, las áreas residenciales han tenido un aumento acelerado. La expansión urbanística ha sido principalmente en las partes planas y en los últimos años incluso hacia las áreas montañosas. La presión por ocupar el espacio con fines residenciales es muy fuerte, aun en aquellas áreas de quebradas o de alto riesgo, como lo son los sectores cercanos a ellas o ubicados en terrenos propensos a deslizarse. Esta situación se presenta en los sectores al sur de la subcuenca del RV.

Por lo tanto, en la subcuenca del RV se tiene que el nivel de escorrentía se ha incrementado debido a que el área dedicada a pastos, cultivos y bosques ha disminuido entre 1992 y 1997. Como consecuencia, el área dedicada a urbanismo ha aumentado y ello que conlleva que, al tenerse mayores sectores bajo cemento y pavimentos, al llover las aguas pluviales escurran con mayor rapidez hasta los diferentes cursos de agua y por ende hasta el río Virilla. En tanto, en el RGSR los sectores bajo urbanizaciones han incrementado pero en menor grado, de ahí que no se muestren variaciones extremas en los niveles de caudal. Es a partir de 1975 donde se nota un descenso en los caudales, a pesar de que las precipitaciones se mantienen constantes.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Barrantes, L. & P. Miranda (2002). Diagnóstico y zonificación de las variables físico-geográficas como base para la planificación del ordenamiento territorial en los distritos de Heredia, Mercedes, San Francisco y Ulloa, Cantón Central de Heredia. Proyecto de Graduación para optar al grado de Licenciatura en Geografía. UNA, Costa Rica.

- Bonell, M. (1998). Possible impacts of climate variability and change on tropical forest hydrology. *Climatic Change*, 39(2-3), 215-272.
- Bosch, J. M. & J. D. Hewlett (1982). A Review of Catchment Experiments to Determine the Effect of Vegetation Changes on Water Yield and Evapo-Transpiration. *Journal of Hydrology*, 55(1-4), 3-23.
- Bruijnzeel, L. A. (1990). *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review*. Amsterdam: Netherlands IHP Committee.
- Bruijnzeel, L. A. (2004). Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 104(1), 185-228.
- Centro Científico Tropical – CCT (1989). *Tipo de suelos en Costa Rica*. Escala 1: 200 000.
- Costa, M. H. (2004). Large-scale hydrological impacts of tropical forest conversion. En M. Bonell y L. A. Bruijnzeel (eds.), *Forests, Water and People in the Humid Tropics* (pp. 590-597). Cambridge: Cambridge University Press, UNESCO.
- Colby, J. D. (2001). Simulation of a Costa Rican watershed: Resolution effects and fractals. *Journal of Water Resources Planning and Management-Asce*, 127(4), 261-270.
- Dykes, A. P. & J. B. Thornes (2000). Hillslope hydrology in tropical rainforest steeplands in Brunei. *Hydrological Processes*, 14(2), 215-235.
- Dunne, T. (1978). Field studies of hillslope processes. En M. J. Kirkby (ed.), *Hillslope Hydrology* (pp. 227-294). Chichester: John Wiley & Sons.
- López N., M. Chaverri & I. Araya (2000). Ordenamiento del territorio. Análisis de las zonas de riesgo en el área metropolitana. En *Informe Semestral* (julio-diciembre). San José: Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (1992). *Uso de la tierra en Costa Rica en 1992*. Landsat image (30m x 30m).
- Pujol, R. (1997). Ordenamiento territorial: realidades, oportunidades y desafíos. En *Programa para el cambio de actitud hacia el desarrollo sostenible*. San José: SINADES. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica.
- Quesada, M. (2000). Transformación en el uso de la tierra: un estudio de la microcuenca quebrada El Estero, San Ramón. *Revista Geográfica de América Central*, 38, 43-59.
- Siriwardena, L., B. L. Finlayson & T. A. McMahan (2006). The impact of land use change on catchment hydrology in large catchments: The Comet River, Central Queensland, Australia. *Journal of Hydrology*, 326(1-4): 199-214.
- Strahler, A. N & A. H. Strahler (1984). *Elements of physical geography*. 3rd edition. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Suárez de Castro, F. (1982). *Conservación de suelos*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

- Van Loon, E. E. & P. A. Troch (2002). Tikhonov regularization as a tool for assimilating soil moisture data in distributed hydrological models. *Hydrological Processes*, 16(2), 531-556.
- Waylen, P., M. Quesada (eds.) (2002). *The effect of Atlantic and Pacific sea surface temperatures on the mid-summer drought of Costa Rica. Environmental change and water sustainability*. Zaragoza: Instituto Pirenaico de Ecología.