



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**TESIS DE LICENCIATURA**

**ANÁLISIS SILVICULTURAL, ESTUDIO DEL GRADO DE FRAGMENTACIÓN Y  
PROPUESTA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA LOS BOSQUES DE  
LA CUENCA MEDIA DEL RÍO ARANJUEZ, COSTA RICA.**

**DANIEL VILLAVICENCIO SERRANO**

**CARTAGO, COSTA RICA**

**2012**

# ANÁLISIS SILVICULTURAL, ESTUDIO DEL GRADO DE FRAGMENTACIÓN Y PROPUESTA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA LOS BOSQUES DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO ARANJUEZ, COSTA RICA.

Daniel Villavicencio Serrano <sup>1</sup>

## **Resumen**

Se analizó la información de 30 parcelas de muestreo ubicadas en la cuenca media del río Aranjuez distribuidas en las diferentes zonas de vida del área, en donde cada una de estas zonas fue un estrato de análisis individual, se midieron todos los árboles ( $d \geq 10$  cm) y se identificaron botánicamente con el fin de lograr una caracterización de los bosques cada zona, esta caracterización se realizó mediante el estudio de diferentes variables como número de árboles por hectárea (N), área basal por hectárea (G), distribuciones diamétricas para N y G, gremios ecológicos, distribución de dichos gremios por clases diamétricas, porcentaje de individuos según gremio ecológico, estructura vertical, IVI, riqueza, diversidad y análisis de conglomerados, en las cuales se encontraron diferencias significativas en todas las variables. Posterior a este análisis se realizó un estudio del grado de fragmentación de los bosques primarios y bosques secundarios, empleando los índices de área de parche mayor, área núcleo, cantidad de parches, perímetro, conectividad y distancia del parche al vecino más cercano, entre otros, con lo que se determinó la alta fragmentación y una conectividad media para los bosques analizados. Finalmente se correlacionó la información de los dos primeros estudios para establecer una propuesta de ordenamiento territorial en función a los bosques para la cuenca media del río Aranjuez.

Palabras clave: Estrato, Caracterización de los Bosques, Estructura Vertical, Fragmentación, Conectividad, Ordenamiento Territorial.

# **SILVICULTURAL ANALYSIS, FRAGMENTATION STUDY DEGREE AND LAND MANAGEMENT PROPOSAL FOR FOREST IN THE MIDDLE BASIN OF ARANJUEZ RIVER, COSTA RICA.**

Daniel Villavicencio Serrano <sup>1</sup>

## **Abstract**

Information from 30 sample plots located in the middle basin of the Aranjuez River distributed in different areas of life was analyzed, where each of these areas was a stratum of individual analysis, we measured all trees ( $d \geq 10$  cm) and botanically identified in order to achieve a characterization of each forest area, this characterization was performed by studying variables like number of trees per hectare (N), basal area per hectare (G), diameter distributions for N and G, ecological groups, ecological groups distribution by diameter class, percentage of N by ecological groups, vertical structure, IVI, richness, diversity and cluster analysis, in which significant differences in all variables. After this analysis was a study of the degree of fragmentation of forests, using the patch area indices increased, core area, number of patches, perimeter, connectivity and distance to the nearest neighbor patch, which was determined the high fragmentation and medium forests connectivity. Finally, the information of the first and second studies was correlated to establish a proposal for land management according to the forests in the middle basin of the Aranjuez River.

Keywords: Stratum, Forest Characterization, Vertical Structure, Fragmentation, Connectivity, Land Management.

## **Acreditación**

Esta tesis de graduación ha sido aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

### **ANÁLISIS SILVICULTURAL, ESTUDIO DEL GRADO DE FRAGMENTACIÓN Y PROPUESTA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA LOS BOSQUES DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO ARANJUEZ, COSTA RICA 2012.**

**Miembros del Tribunal Evaluador**

---

**Ruperto Quesada Monge, PhD.**

**Director de Tesis**

---

**Ana Marlen Camacho Calvo, M.Sc.**

**Escuela de Ingeniería Forestal**

---

**Casia Soto Montoya, Lic.**

**Escuela de Ingeniería Forestal**

---

**Verónica Bolaños Cerdas, Lic.**

**Departamento de Recursos Naturales**

**Compañía Nacional de Fuerza y Luz**

---

**Daniel Villavicencio Serrano**

**Estudiante**

## Dedicatória

## Agradecimientos

## Índice General

Resumen .....	I
Abstract .....	II
Dedicatoria .....	IV
Agradecimientos.....	V
Introducción general.....	1
Objetivos .....	2
Objetivo General: .....	2
Objetivos específicos.....	2
<b>Capítulo 1. Análisis silvicultural y caracterización de los diferentes tipos de bosque que componen la cuenca media del río Aranjuez.....</b>	<b>4</b>
Introducción.....	4
Metodología.....	5
Resultados y discusión.....	9
Conclusiones.....	34
Recomendaciones:.....	35
Literatura consultada.....	36
<b>Capítulo 2. Análisis del grado de fragmentación de los bosques de la cuenca media del río Aranjuez.....</b>	<b>37</b>
Introducción.....	37
Metodología.....	38
Resultados y discusión.....	41
Conclusiones.....	56
Recomendaciones.....	57
Literatura consultada.....	58
<b>Capítulo 3. Establecimiento de una propuesta de ordenamiento territorial para la cuenca media del río Aranjuez.....</b>	<b>59</b>
Introducción.....	59
Metodología.....	60
Resultados y discusión.....	62
Conclusiones.....	73
Recomendaciones.....	73
Literatura consultada.....	74

## Introducción general

Los bosques se consideran áreas con gran dinámica, en donde existen grandes y variadas interacciones dentro de ellos, Sin embargo, existen procesos de desaparición de estos ecosistemas, debido al saqueo de las maderas preciosas y la expansión de la frontera agrícola (Quesada y Castillo 2004).

Costa Rica, por su posición geográfica, es un país que se considera privilegiado debido a sus recursos naturales además de su riqueza y diversidad biológica, que unido a sus condiciones únicas permite un sin número de asociaciones ecológicas, que permiten clasificar en una gran variedad de zonas de vida en las que se desarrollan diferentes tipos de bosques con estructuras y composiciones florísticas particulares a cada uno (Acosta 2012).

Para Costa Rica hay 38 zonas de vida descritas por Holdridge (1967) de las cuales 5 de ellas se ubican dentro de la cuenca media del río Aranjuez, lo que hace indicar de la variabilidad que se puede encontrar dentro de ella, así mismo se puede encontrar bosques primarios sin intervenir, bosques primarios con algún grado de intervención, sin dejar de lado los bosques secundarios, esto permite que existan áreas para realizar estudios dentro de los mismos para la determinación de su composición, estructura y comprender la dinámica que existe en cada tipo de bosque. Sin embargo al igual que la mayoría de los paisajes de América Central la cuenca media del río Aranjuez consiste de un mosaico de pasturas, campos agrícolas y

fragmentos de bosque intercalados. Aunque estos paisajes se encuentran muy fragmentados y perturbados, llegan a presentar gran abundancia y diversidad de especies arbóreas. Los fragmentos de bosque así como los árboles dispersos son importantes para la biodiversidad local y regional (Harvey *et al* 2008).

De ahí radica la importancia de analizar que tan fragmentados se encuentran los diferentes ecosistemas dentro de la cuenca, especialmente fragmentada por las actividades agrícolas, dichas actividades producto de sus procesos propios hacen que los suelos poco a poco pierdan sus horizontes más fértiles (tierras productivas), afectando la actividad agropecuaria, además se origina un desequilibrio entre el suelo, la vegetación, el agua, el aire a nivel macro (Jiménez & Saborío 2010).

Producto de lo anterior, ante el detrimento en la producción agropecuaria, se tiende a buscar nuevas tierras o aplicar actividades más agresivas para lograr la misma producción de años anteriores, originando mayores índices de deforestación en suelos no aptos para usos agropecuarios (Jiménez & Saborío 2010), por lo que es indispensable establecer un ordenamiento territorial de la cuenca enfocado principalmente en el manejo de los recursos naturales para lograr un manejo sostenible.

## **Hipótesis**

La caracterización silvicultural de los tipos de bosques de la cuenca del río Aranjuez es información suficiente para brindar criterios sobre el manejo de los mimos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General:**

Caracterizar la cobertura vegetal en la cuenca del río Aranjuez para la toma de decisiones sobre el manejo de los bosques.

### **Objetivos específicos**

Analizar la estructura vertical, y horizontal, de bosques, determinando los índices de diversidad y riqueza de los bosques.

Analizar el grado de fragmentación de los bosques de la zona en estudio.

Establecer criterios de manejo para los diferentes tipos de bosque que se encuentren dentro de la cuenca.

Establecer un esquema de priorización en el manejo de los bosques de la Cuenca.

## **Problema y Justificación**

El desarrollo de un proyecto hidroeléctrico conlleva estudios y evaluaciones tanto socio-económicas como ambientales, anteriores, durante y posteriores al establecimiento; como es el caso del Proyecto Hidroeléctrico El Encanto, ubicado en la cuenca del río Aranjuez, por tal razón la CNFL se ve en la necesidad de realizar estudios enfocados principalmente en el ordenamiento territorial,

con el fin de determinar el uso del suelo en la misma.

En este caso se enfocan los esfuerzos al análisis, caracterización y formas de manejo de los diferentes tipos de bosque que se encuentran en la cuenca, con el fin de emitir criterios de manejo que sean tomados en cuenta para el desarrollo de proyectos, y el manejo sostenible de la misma, es decir analizar silviculturalmente los bosques dentro de la cuenca con el fin emitir criterios técnico-ambientales para la toma de decisiones.

Esto se debe a que actualmente no se cuenta con un estudio y un análisis de dichos bosques, ya que se está en la fase de recolección de datos de campo para su posterior evaluación, debido al interés de la CNFL y necesidad de poseer información adecuada y veraz sobre las características de los diferentes tipos de bosque de la cuenca del río Aranjuez, motivan el desarrollo de investigaciones que fortalezcan la toma de decisiones técnicas sobre el recurso que existe dentro de la cuenca y sobre las actividades productivas sobre la misma, que incluyan el recurso bosque, con el fin de establecer políticas de trabajo a nivel técnico ambiental, para un adecuado desarrollo entre comunidad, recursos y producción hidroeléctrica.

Además el efecto de realizar un trabajo de esta índole es el poder dirigir los esfuerzos en base a criterios técnicos que busquen tanto el manejo sostenible de los recursos

naturales, como también lograr un manejo integral en la cuenca del río Aranjuez, otro efecto importante es contribuir a la regeneración de áreas degradadas, áreas que bien pueden estar ubicadas en zonas de protección o bien en parte de corredores biológicos.

Por otra parte la importancia ambiental como la conservación, fijación de carbono, manejo de áreas degradadas en corredores biológicos o en zonas protectoras y a su vez la importancia socio-económica que puede llevar a las comunidades ubicadas dentro de la cuenca, sin dejar de lado la parte política y legal que estén establecidas por el gobierno

y que puede generar diferentes tipos de manejo.

Sin dejar de lado el interés que pudiese tener el Estado de conocer el ordenamiento territorial de la zona, además del manejo que en conjunto con la CNFL le pueden dar a los bosques, enfocándose directamente a la conservación de los que sean factibles e importantes de conservar derivados de la investigación y al mismo tiempo poder entrar de lleno en planes de desarrollo rural Sin dejar de lado los proyectos que desarrolla la CNFL en cuanto a generación eléctrica y que significa desarrollo para el país.

## Capítulo 1. Análisis silvicultural y caracterización de los diferentes tipos de bosque que componen la cuenca media del río Aranjuez.

### Introducción

Los ecosistemas boscosos de la región tropical, corresponden a los complejos biológicos más diversos de la biosfera, cuyos servicios suplen las necesidades de la sociedad y de los grupos humanos que allí habitan en cuanto a frutos, madera, leña, fibras, medicinas, fauna silvestre que surte de proteína animal, regulación del clima y del agua, entre otros. Lo anterior lo convierte en un sistema invaluable para el hombre, como base de sostenibilidad para la vida (Melo y Vargas 2003).

La región de América Latina y el Caribe contiene el 22% de la superficie forestal mundial, el 14% de la superficie de tierra global y el 7% de la población mundial; además posee el mayor bloque continuo de bosque pluvial tropical del mundo, como lo es el Amazonas (FAO 2009). Del total mundial de las especies de plantas vasculares, alrededor de dos tercios (170 000 especies) se encuentran en las regiones tropicales, de las cuales 85 000 están ubicadas en el centro y sur de América (Melo y Vargas 2003).

En Costa Rica al igual que en el resto del trópico americano, el avance en su momento de la frontera agrícola, la colonización no dirigida y la explotación selectiva de los bosques a causa de la creciente demanda de madera, leña y otros productos forestales, provocaron a su paso la alteración y destrucción de importantes

extensiones de bosque natural (Hernández *et al* 2002). Sin dejar de lado la tendencia hacia el desarrollo económico que exige más y mejores bienes de servicio, a la vez que los recursos son escasos y que las acciones se deben establecer mediante un enfoque de desarrollo sostenible (Espinoza 2003).

En Costa Rica, el manejo de los recursos naturales se ha relegado con el tiempo, lo que ha provocado un fuerte deterioro de los ecosistemas, que incide negativamente en el desarrollo sostenible de cualquier espacio geográfico. Dicho deterioro está asociado a diversas combinaciones de factores y procesos degenerativos, la mayoría de los cuales son de tipo antrópico, cambiantes en su intensidad, efectos y grado de complejidad, lo que ha motivado el desarrollo de estrategias de uso, manejo y valoración integral de los recursos naturales basados en los principios rectores de la sostenibilidad ambiental. (Miller *et al* 2001, Guariguata *et al* 2002).

De ahí la importancia de realizar estudios en las cuencas hidrográficas del país que no solo abastecen de recurso hídrico a las comunidades sino que de ellas se deriva la generación de energía hidroeléctrica y que las mismas por sus características mantienen un recurso forestal de importancia para el análisis.

Para el presente estudio se enfocan los esfuerzos en el análisis, caracterización y

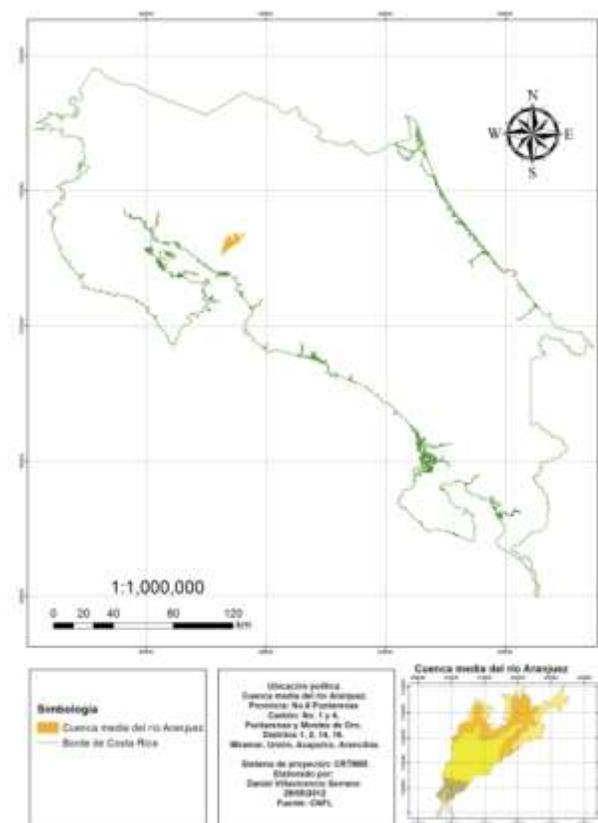
formas de manejo de los diferentes tipos de bosque que se encuentran en la cuenca media del río Aranjuez con el fin de emitir criterios de manejo que sean tomados en cuenta para el desarrollo de proyectos, y el manejo sostenible de la misma, es decir analizar silviculturalmente los bosques dentro de la cuenca con el fin emitir criterios técnico-ambientales para la toma de decisiones. Este estudio tiene como objetivo, caracterizar de manera silvicultural los bosques de las diferentes zonas de vida que se encuentran dentro de la cuenca media del río Aranjuez.

## Metodología

El estudio fue desarrollado con el apoyo de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, Departamento de Recursos Naturales, y del Instituto Tecnológico de Costa Rica

## Descripción del área de estudio

La cuenca media del río Aranjuez se encuentra ubicada entre las coordenadas 10°17'00" N y 84°50'30" O Administrativamente, forma parte de los cantones Puntarenas y Montes de Oro, de la Provincia de Puntarenas. Geográficamente, la cuenca pertenece a la Vertiente Pacífica y es parte de la región Pacífico Central. Como es usual, la división político – administrativa (cantonal) no es coincidente con la geografía por cuencas como se muestra en la siguiente figura



**Figura 1. Ubicación de la Cuenca media del río Aranjuez en Costa Rica, 2012.**

La cuenca media tiene una extensión de 8036 ha, cuyos límites son: al Este la cuenca del río Seco, al Oeste la cuenca del río Sardinal, al Norte la Cordillera de Tilarán y al Sur con el estero de Puntarenas, además la a cuenca del río Aranjuez cuenta con siete subcuencas, según su red hidrológica

Este sitio por su extensión posee 5 zonas de vida según la clasificación de Zonas de vida de Holdridge; con una precipitación anual entre 2000 y 4000 mm, la biotemperatura anual oscila entre 24 – 30 ° C, además posee una estación seca de cuatro meses.

Los suelos de en su mayoría se clasifican como ultisoles (humult) y alfisoles (ustalf). En el caso de los ultisoles, estos se caracterizan por ser un suelo con un horizonte argílico presentando 20 % de aumento en el contenido de arcillas y con menos de un 35% de saturación de bases; generalmente son profundos, bien drenados de color rojo amarillo, y con relativa fertilidad.

Por otro lado, los alfisoles son suelos con horizonte argílico con más de un 35% de saturación de bases, similar al orden ultisol excepto por su alta fertilidad potencial (Geotecnología, S,A, 2005).

## **Diseño de Muestreo**

De las 8036 ha que componen la cuenca media del río Aranjuez mediante se seleccionaron las áreas que catalogadas como de uso forestal, con la función Select by Attributes del programa ArcGis 10.0, con el fin de generar una capa en formato shape con la cobertura boscosa, posteriormente se utilizaron la capa de caminos del Atlas digital 2014 para la zona en estudio, con el fin de seleccionar zonas a muestrear a no más de 500 metros de un camino, con la idea de optimizar recursos. El resultado de este proceso fue un total de 5099, 44 ha con potencial para elaborar el muestreo.

Posteriormente se procedió a la estratificación por zona de vida y a la selección de los puntos de muestreo en las aéreas seleccionadas en el paso anterior. En total se establecieron 30 puntos de muestreo distribuidas por toda la cuenca, mediante la herramienta de ArcGis 10.0, Point Randomizer, en donde las variables de selección permitieron que la cantidad de estos fuese proporcional al tamaño del estrato, manteniendo un mínimo de tres puntos de muestreo por estrato, en la figura 2 se muestra la distribución de cada uno de ellos según estrato.

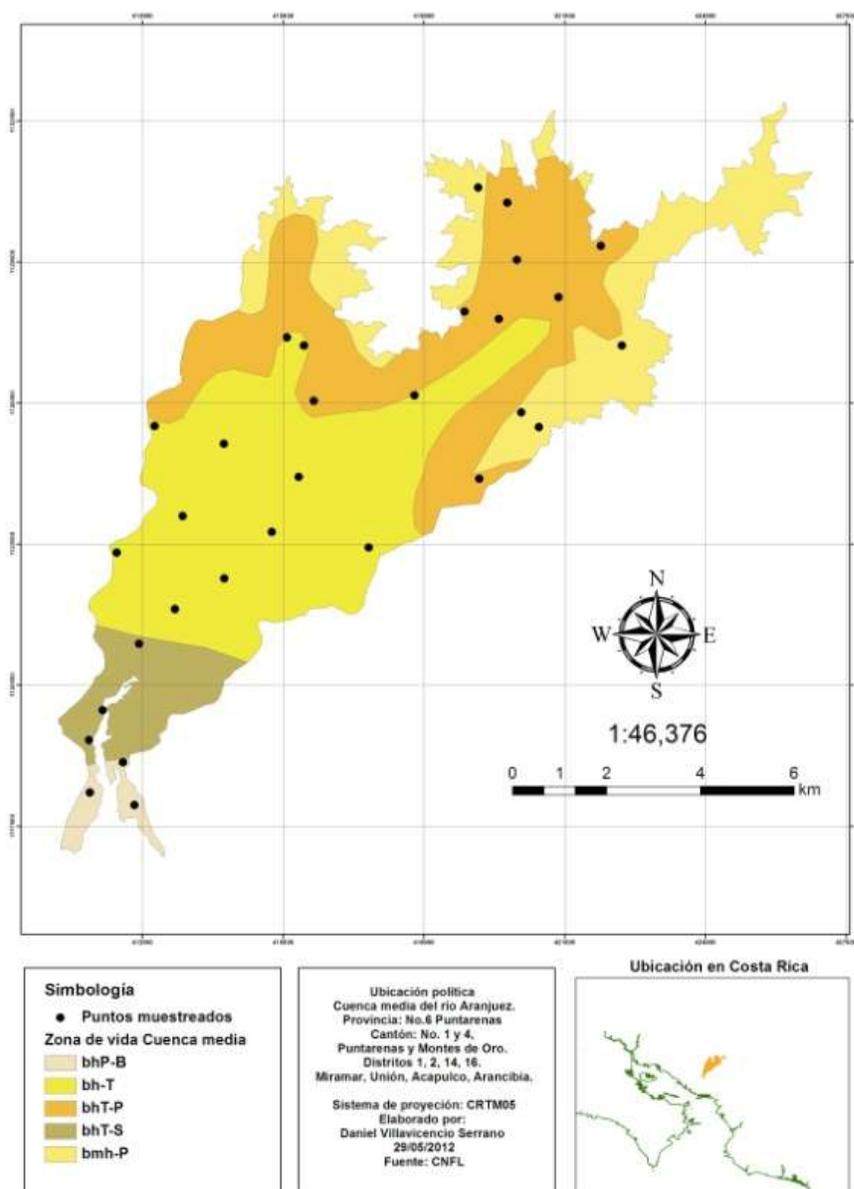


Figura 2. Distribución de los puntos muestreados según zona de vida en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica, 2012.

### **Parcelas de muestreo (PM)**

Estas parcelas fueron establecidas en los puntos previamente seleccionados, se inventariaron todos los árboles con un diámetro mayor o igual a 10 cm, el tamaño de la parcela fue de 20 x 100 m, cada individuo fue identificado a nivel de género y especie, se midió su diámetro y se estimó su altura total. Además se dejó una zona de amortiguamiento de ancho igual o superior a la altura máxima del dosel para evitar el efecto de borde en el área efectiva de la parcela permanente de muestreo, en la cual no se tomaron mediciones de la vegetación.

### **Análisis estructural de los bosques.**

Con los datos recolectados en el campo se procedió al análisis de la estructura vertical y horizontal de los bosques según zona de vida, las variables que se calcularon fueron: número de árboles por hectárea (N), área basal por hectárea (G), distribuciones diamétricas para N y G, gremios ecológicos, distribución de dichos gremios por clases diamétricas, porcentaje de individuos según gremio ecológico para cada zona de vida, alturas por estrato, Índice de valor de importancia, riqueza y diversidad.

### **Análisis de los datos**

En el análisis estadístico de las variables descritas anteriormente se realizaron pruebas de normalidad Shapiro - Wilks modificado para comprobar una distribución normal de cada conjunto de datos a evaluar y un análisis de varianza con los residuos absolutos de cada grupo de datos para comprobar homocedasticidad (homogeneidad en las varianzas), se determinó que los datos presentaban una distribución normal sin embargo no así homocedasticidad, se realizó un análisis de varianzas de comparaciones Duncan para cada variable, con el fin de determinar si existían diferencias significativas ( $\alpha = 0,05$ ) entre cada una de las variables calculadas, además se realizó un análisis de conglomerados con el fin de analizar las agrupaciones por similitud entre zonas de vida. Todas las pruebas descritas se realizaron con el programa libre InfoStat versión 2011e.

## Resultados y discusión

### Estructura horizontal

En los cinco zonas de vida evaluadas se realizó el análisis de la estructura horizontal por medio del número de individuos por hectárea (N) y el área basal ( $m^2$ ) por hectárea (G), encontrados

en los diferentes tipos de bosques, para todos los árboles con diámetro mayor o igual a 10 cm ( $d \geq 10$  cm) medido a 1,3 m de altura, en el cuadro 1 se presentan los valores encontrados para estas variables.

**Cuadro 1. Número de individuos por hectárea (N), área basal por hectárea (G), desviaciones estándar para los diferentes tipos de bosques en las cinco zonas de vidas evaluadas en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

Zona de vida	N	D. E.	G	D.E.
bh-T	224 a	17,00	15,19 a	0,46
bhT-P	205 a	19,20	17,52 b	1,51
bhT-S	360 b	13,53	20,64 b-c	2,03
bmh-P	279 a-b	24,58	24,29 c-d	2,79
bmhP-B	310 a-b	12,53	13,40 d	2,44

bh-T= Bosque húmedo tropical, bhT-P= Bosque húmedo tropical transición a premontano, bhT-S= Bosque húmedo tropical transición a seco, bmh-P= Bosque muy húmedo premontano, bmhP-B= Bosque muy húmedo premontano transición a basal.

\*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Duncan.

Los valores para las diferentes zonas de vida en cuanto área basal por hectárea y número de individuos por hectárea presentaron valores desde los 15,19  $m^2$  hasta los 24,29  $m^2$  en lo que área basal se refiere, por otra parte la cantidad de individuos según zona de vida oscila entre los 205 a los 360 individuos por hectárea.

Para los valores de número de árboles  $ha^{-1}$  no se encontraron diferencias significativas al aplicar el análisis de varianza ( $F = 2,11$ ,  $p = 0,1139$ ,  $n=27$ ), caso contrario en el análisis de varianza ( $F= 12,29$ ,  $p <0.0001$ ,  $n= 27$ ), para la

variable G, esto al aplicar la prueba Duncan, en donde para el número de árboles, se determinó que el bh-T y el bhT-P presentan similitudes en el número de individuos por hectárea. Por otro lado el bhT-S presenta características únicas, ya que no es estadísticamente similar a ningún otro tipo de bosque, y los bosques que pertenecen a la zona de vida bmhP-B junto a los bosques de bmh-P presentan similitud para N, al mismo tiempo que características tanto del bh-T, bhT-P y del bhT-S.

Para el caso de G los bosques al igual que en N, los bosques presentan diferencias significativas como se pueden apreciar en el cuadro 1.

Según González (2002), en un estudio sobre la composición y dinámica de diferentes estados sucesionales en el bosque seco tropical del Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica, para los bosques con una edad de 26 años en la zona experimental Varillal se reportó un número de árboles por hectárea de 330 para el 2001, además un área basal por hectárea que ronda los 19,58 para el mismo año.

Por su parte Zamora (2010) encontró en un estudio sobre la caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco en Miramar de Puntarenas, Costa Rica, valores promedio para el área basal de 31,38m<sup>2</sup> y para número de árboles por hectárea de 371 individuos (Zamora 2010).

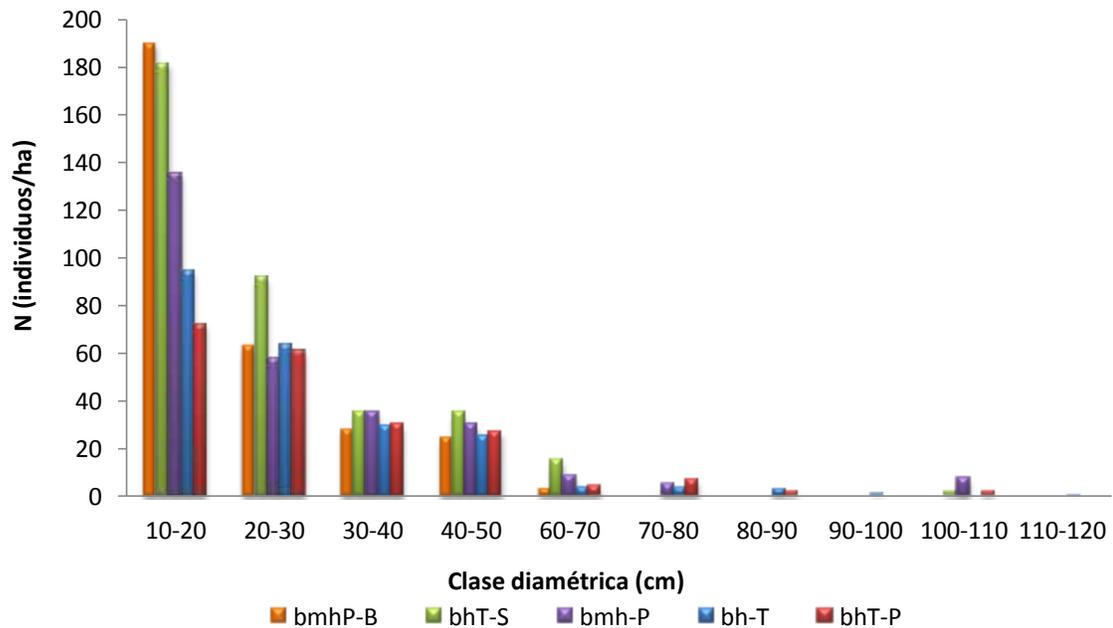
Ulate (2011) presenta para diferentes zonas de vida los valores de área basal según tipo de bosque, en donde se encuentran que para bosques primarios en la zona de vida Bosque seco tropical, el valor de área basal es de 13,98 m<sup>2</sup>, en cuanto al bh-T el valor reportado es de 24,89 m<sup>2</sup>, por otro lado se presentan valores para el Bosque húmedo premontano de 32,84 m<sup>2</sup> y para bmh-P el valor es de 21,76 m<sup>2</sup>

Por otra parte se reporta para tres parcelas de una hectárea ubicadas en la Estación

Experimental Forestal Horizontes (EEFH), en la localidad de Guanacaste, Costa Rica, promedios en área basal de 22,74 m<sup>2</sup> y de número de árboles por hectárea de 476 individuos, del cual el 62,5% se encontraron con diámetros entre los 10 y 20 cm y el 23,2% de 20 a 30 cm (Fonseca *et al.* 2002), que a su vez presenta valores muy similares a los encontrados en la cuenca media del río Aranjuez, donde el 49% de todos los individuos muestreados poseen un diámetro de 10 a 20 cm, mientras que el 24,18% se encuentran en los rangos de diámetro de 20 a 30 cm.

Por tanto los valores obtenidos producto del muestreo en los diferentes bosques que componen la cuenca media del río Aranjuez, presentan similitud en los reportados en diferentes estudios previamente realizados en sitios con semejanzas tanto geográficas, como de las diferentes zonas de vida que se presentan en la cuenca.

Estas variaciones están dadas por la distribución de los individuos en las diferentes clases diamétricas, por lo que la zona de vida con mayor cantidad de individuos no es la que posee la mayor área basal, debido a que muchos de los individuos muestreados estaban dentro de las clases diamétricas de 10 cm a 20 cm y de 20 cm a 30 cm, como se muestra en la figura 3.



**Figura 3. Distribución diamétrica para el número de individuos por hectárea (N), de los diferentes tipos de bosque en las cinco zonas de vida evaluadas en la cuenca media cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica, 2012.**

La figura anterior muestra como el bmhP-B presenta la mayor cantidad de individuos en la clase diamétrica de 10 cm a 20 cm donde acumula un total de 190 individuos de los cuales el 36% pertenecen a la especie *Guazuma. ulmifolia*, sin embargo esta especie llega a distribuirse hasta la clase diamétrica de 20 cm a 30 cm, de ahí el decrecimiento abrupto en la cantidad de individuos en esta zona de vida.

Por otra parte la zona de vida bhT-S, es la que presenta mayor cantidad de individuos de la clase de 20 a 30 cm hasta la de 60 a 70 cm, además llega a tener individuos en clases diamétricas altas (100 a 110 cm) representadas por ejemplares de *Enterolobium cyclocarpum*, sin dejar de lado que en la primera clase

diamétrica presenta un total de 182 individuos por hectárea, donde *G. ulmifolia* es de las especies más abundantes llegando alcanzar diámetros de hasta 60 cm.

El la figura 3 se muestra como el bh-T nunca llega alcanzar la máxima cantidad de individuos por clase diamétrica en comparación con las otras zonas de vida, sin embargo es importante resaltar que es la zona de vida que mejor se distribuye en la mayoría de clases diamétricas en función a que tiene presencia de individuos en todas las clases, en esta zona de vida la especie que aporta mayor cantidad de individuos es *G. ulmifolia*, sin embargo en estos bosques logran alcanzar diámetros de hasta 70 cm. En cuanto al bhT-P posee individuos en las clases

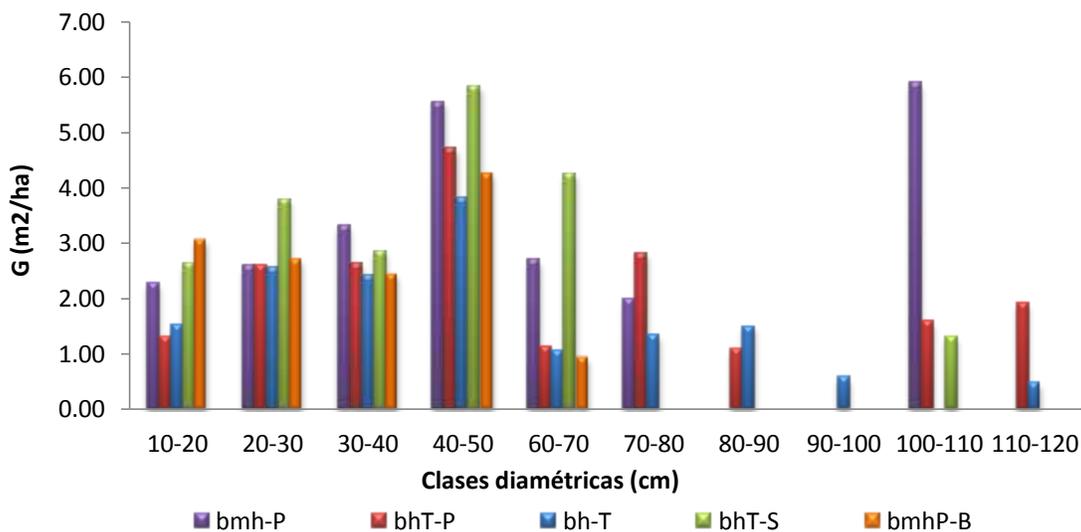
diamétricas más altas (100 cm a 110 cm) en las cuales se pueden encontrar individuos de especies como *E. cyclocarpum*, y *Cedrela odorata*, en estos bosques las especies que son mayormente abundantes son *G. ulmifolia* y *Lonchocarpus sp.*

Al contrario de las zonas de vida anteriores, en el bmh-P *G. ulmifolia* no es la especie más abundante sino *Bravaisia intergerrima*, *Bursera simaruba* y *Ardisia revoluta*, siendo así mismo *B. intergerrima*, una de las especies que logran alcanzar grandes diámetros logrando alcanzar las últimas clases diamétricas junto con especies como *Anacardium excelsum* y *Ficus costaricana*

La distribución diamétrica permite determinar la capacidad que tienen los bosques de sustituir los árboles grandes que mueren, a través de árboles jóvenes ubicados en las clases diamétricas menores (Lamprecht, 1990). Los individuos que probablemente sustituirán los árboles grandes son aquellos que tienen la capacidad de alcanzar el dosel (heliófitas durables y esciófitas parciales) pues muchos de los individuos que se encuentran creciendo en las clases menores no alcanzan grandes alturas

y diámetros debido a su corto periodo de vida, estrategias de perpetuación o requerimientos lumínicos (heliófitas efímeras, esciófitas totales). Para este bosque transicional, se obtuvo una curva que se ajusta en una forma muy típica a la *J* invertida que es clásica en la distribución del número de individuos y las clases diamétricas o bien los tamaños; además presenta una estructura discetánea, ya que los individuos del bosque se encuentran distribuidos en varias clases de tamaño, lo cual es típico de los bosques primarios intervenidos y no intervenidos así como los secundarios maduros (Louman, 2001). De esta forma la reserva de árboles pequeños de las primeras clases de diámetro es lo suficientemente abundante para asegurar el equilibrio del bosque (Higuchi 2008; Ruschel 2009; Lamprecht 1990).

La distribución diamétrica para el área basal por hectárea no presenta el mismo comportamiento que la densidad por hectárea, en esta se observa una diferencia más marcada en el área basal de ciertas clases diamétricas y para cada tipo de zona de vida el comportamiento del área basal es distinto, como se muestra en la figura 4.



**Figura 4. Distribución diamétrica para el área basal por hectárea (G), de los diferentes tipos de bosque en las cinco zonas de vida evaluadas en la cuenca media cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica, 2012.**

La figura anterior indicó que para las zonas de vida de la cuenca media del río Aranjuez, G no presenta una distribución normal, debido a la acumulación de individuos en las mayores clases diamétricas, ya que estos son árboles remanentes que no han sido aprovechados por diferentes aspectos.

La distribución por clase diamétrica del área basal puede considerarse como el reflejo del grado de intervención que ha ocurrido en un bosque, los bosques no intervenidos generalmente muestran una acumulación de área basal en la última clase diamétrica (Louman *et al.* 2001).

Para los bosques de la zona se evidencia el grado de intervención que se ha dado en las diferentes zonas de vida, según la distribución que hay por cada clase diamétrica y acumulación de área basal para cada una de ellas, esto se debe al impacto que se ha generado en la zona, producto de la ganadería, en donde se deforesta grandes extensiones para poder cumplir con la actividad y del mal manejo que se le dan a los bosques de la zona, producto del madereo de especies que puedan representar un ingreso al propietario, o bien para la elaboración y construcción de viviendas, la cuenca media posee alrededor de 22 poblados distribuidos por las diferentes zonas de vida, en las partes bajas de la misma la actividad principal es la ganadería, mientras que en las

partes altas e inclusive en partes bajas se da un madereo pasivo, pero altamente activo, esto quiere decir que los bosques son intervenidos a baja escala, el propietario u otra persona saca pequeñas cargas de madera, cortando uno o dos individuos, sin embargo es constante este tipo de actividad, además se da el cambio de uso del suelo, se deforestan parches de bosque en la zonas más altas de la cuenca para el cultivo de diferentes productos, Jiménez & Saborío (2010) establecen que para la cuenca media del río Aranjuez la presión social sobre los bosques de la zona es alta, además indican el grado de afectación que esto trae para los bosques en estudio.

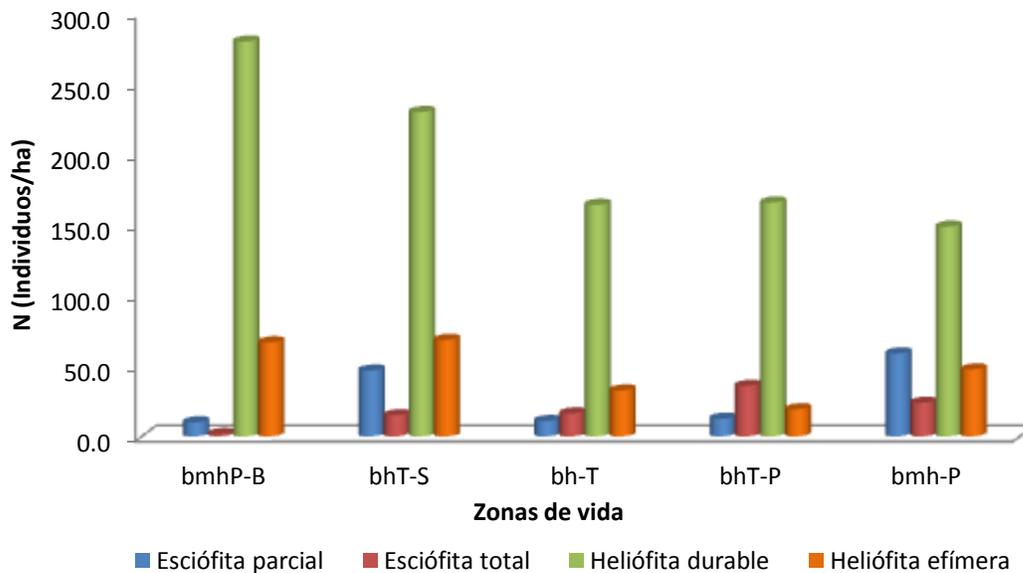
Para el caso de estos bosques es importante resaltar que a medida que se sube en el piso altitudinal, se encuentran valores de área basal para clases diamétricas altas, claro ejemplo es el bmh-P, como se mencionó anteriormente acumula la mayor área basal para toda la cuenca en una clase diamétrica alta, debido a que la zona presenta condiciones especiales como la topografía y accesibilidad que hacen que la intervención sea menor que en los otros bosques, al mismo tiempo los individuos con diámetros muy grandes, representan una dificultad para el propietario para ser extraído, caso similar es el del bhT-P, que presenta valores de área basal en las clases diamétricas altas, producto de las limitaciones que se presentan en la zona por lo que se podría decir que con forme se sube en la cuenca media del río Aranjuez la intervención disminuye.

El alto grado de intervención en las diferentes zonas de vida de la cuenca media del río Aranjuez se puede observar en la figura 5, en la cual se presenta la cantidad de individuos por hectárea para los diferentes gremios ecológicos según zona de vida.

### **Gremios Ecológicos**

Para los gremios ecológicos se realizó un análisis de varianza ( $F= 3.08$ ,  $p= 0.0371$ ,  $n=27$ ), en donde se determino que para las esciófitas parciales existen diferencias significativas, en donde para el bmh-P y bhT-S no existen diferencias significativas, sin embargo son diferentes de bmhP-B, bh-T, y bhT-P que a su vez entre ellos no presentan diferencias significativas, para las esciófitas totales el bhT-P presenta diferencias con el bmhP-B, mientras que para el resto de las zonas de vida poseen características similares, lo mismo se presenta comparando bmhP-B con el resto de zonas de vida, el análisis de varianza ( $F= 1.56$ ,  $p=0.2198$ ,  $n= 27$ ) indicó que solo existen diferencias con el bhT-P mientras que las demás zonas de vida presentan características del mismo.

En cuanto el análisis de varianza ( $F= 2.01$ ,  $p=0.1278$ ,  $n=279$ ) para las Heliófitas durables determino que no existen diferencias significativas entre bmhP-B, bhT-S, bh-T y bmh-P mientras que el bhT-P si es significativamente diferente al bhT-S y bmhP-B, no así para el bmh-P y bh-T, y para las Heliófitas efímeras el análisis de varianza ( $F= 1.58$ ,  $p= 0.2138$ ,  $n= 27$ ) indico que no existen diferencias para este gremio.



**Figura 5. Número de individuos ( $d \geq 10$  cm) por hectárea para los gremios ecológicos: heliófita efímera (HE), heliófita durable (HD), esciófita parcial (EP) y esciófita total (ET) de los diferentes tipos de bosque en las cinco zonas de vida evaluadas en la cuenca media cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica, 2012.**

De acuerdo a la figura 5, el gremio ecológico que domina en abundancia en las cinco zonas de vida son las heliófitas durables y van desde los 149 a los 280 individuos por hectárea según la zona de vida analizada, en donde el bhT-S es la zona que presenta la mayor cantidad de heliófitas durables, y el bh-T el de menor cantidad, en donde la mayor cantidad de individuos de este gremio ecológico están situados en las primeras clases diamétricas, es decir son individuos jóvenes que se están desarrollando en zonas donde las condiciones de luz son óptimas en este momento, producto de perturbaciones que hay dentro de los

bosques, sin embargo especies pertenecientes a este gremio son las que logran alcanzar mayores diámetros en la cuenca, tales como: *G. ulmifolia*, *B. simaruba*, *Lonchocarpus sp*, *Cordia alliodora*, *Tabebuia rosea*.

En el caso de las heliófitas durables son especies intolerantes a la sombra, de vida relativamente larga que son capaces de colonizar espacios abiertos y además pueden regenerarse en claros más pequeños del bosque, aunque requieren altos niveles de luz para poder establecerse y sobrevivir (Finegan, 1993).

La presencia de heliófitas durables se da en la fase homeostática del proceso de silvigénesis alcanzando alturas del dosel superior, es decir una posición sociológica de árboles emergentes (plena iluminación vertical y horizontal); aunque también puede haber heliófitas durables y efímeras en la fase dinámica con alturas menores al dosel superior donde pueden satisfacer sus necesidades lumínicas para sobrevivir (Zamora 2010).

Para el caso de especies heliófitas efímeras estas requieren de altos niveles de luz para su germinación y establecimiento, de tal manera que su reclutamiento está restringido a etapas sucesionales muy jóvenes o a claros de bosque grandes. Por lo general son especies que no representan valor desde el punto de vista madera y su vida es corta alrededor de 15 a 50 años (Sanchún y González 2006). Dentro de los bosques de la cuenca, estas representan el segundo grupo más abundante en la mayoría de zonas de vida con excepción del bmh-P y el bhT-P (Bosques con mayor altitud dentro de la cuenca). Por otro lado las esciófitas son especies tolerantes a la sombra, aunque la mayoría de ellas aumentan su crecimiento como reacción a la apertura del dosel (Finegan 1993).

Para el caso de la cuenca en estudio las esciófitas parciales tienen gran presencia en los bmh-P, por hectárea y los bosques que menor cantidad de esciófitas presenten es el bmhP-B. Generalmente las especies esciófitas tienen un crecimiento más lento que las heliófitas, y requieren necesariamente de un grado de

iluminación, alcanzar el dosel, para pasar de las etapas intermedias hacia la madurez (Finegan, 1993); algunas de las especies de este bosque que se clasifican dentro de este gremio son *A. revoluta*, *Trichila martiana*, y *Pouteria reticulata*, estas dos últimas con distribuciones por clase diamétricas de 50 a 60 cm y de 70 a 80 cm, como se muestra en el cuadro 2.

Las esciófitas totales son escasas dentro de la cuenca, sin embargo a medida que se incrementa la distancia altitudinalmente, las especies empiezan aparecer y a distribuirse mejor en las clases diamétricas, sin embargo no logran alcanzar valores altos en comparación a las heliófitas durables, ya que en estas zonas el dosel se encuentra más cerrado, lo que impide la incidencia de rayos de luz a los estratos inferiores, por lo que estas especies logran desarrollarse en esas condiciones.

Zamora (2010) encontró valores para bosques de Miramar de Puntarenas, Costa Rica que el grupo ecológico que dominaba en abundancia eran las heliófitas durables (229 individuos), seguido por las esciófitas parciales con 131, mientras que las heliófitas efímeras registraron 7 individuos y las esciófitas totales únicamente 4 individuos por hectárea, por lo que define los bosques estudiados como primarios, parcialmente intervenidos.

La figura 5 ayuda a evidenciar el nivel de intervención que han tenido los bosques estudiados, en estos se observa nuevamente

que a medida que se recorre la cuenca de manera ascendente los bosques son menos perturbados, las especies heliófitas van en disminución a medida que el dosel de los bosques se va cerrando, por lo que aparecen una mayor cantidad de especies esciófitas y se puede afirmar que los bosques se encuentran en

un estado dinámico, puesto que hay muchos individuos jóvenes en las clases diamétricas más bajas desarrollándose en su mayoría con una alta incidencia de luz solar producto de los espacios o claros que han podido llegar a colonizar, es decir, los bosques se encuentran en contiguo cambio.

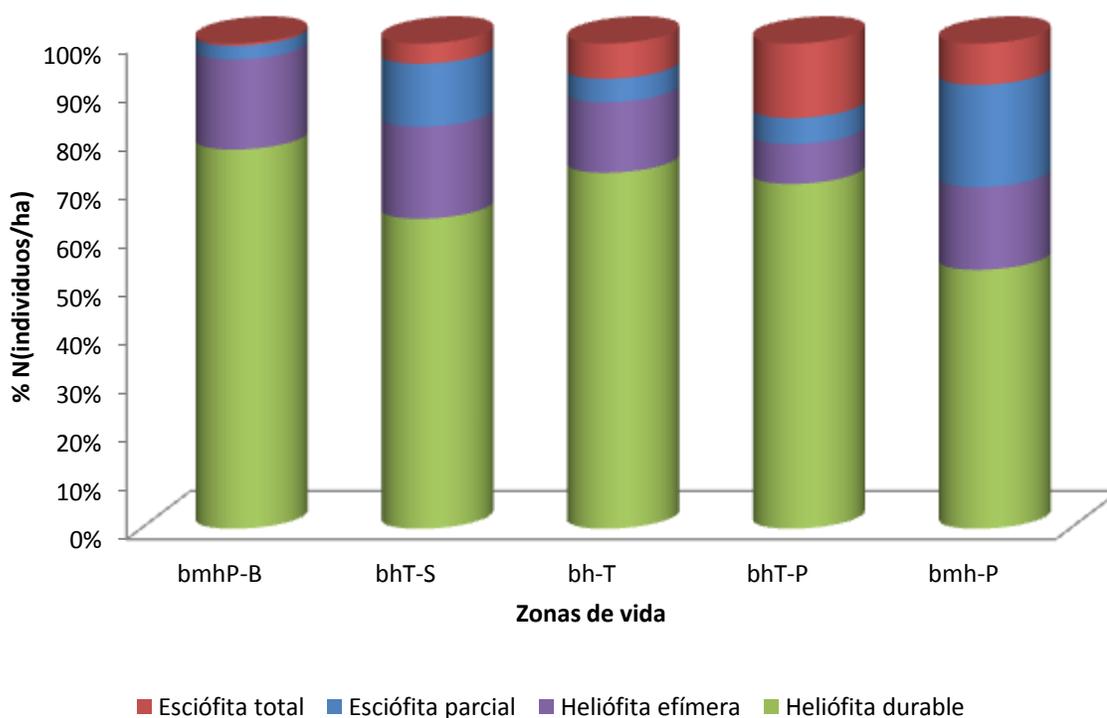
**Cuadro 2. Distribución de N (individuos/ha) por clase diamétrica, según su gremio ecológico para cada una de las zonas de vida que componen la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

Zona de vida	Gremio ecológico	Clases diamétricas (cm)									
		10-20	20-30	30-40	40-50	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120
<b>bh-T</b>	EP	3.7	2.9	1.67	0.8	0.8	0.4	0.4			
	ET	8.3	5.4	1.25	0.4		0.4		0.4		
	HD	69.2	47.8	2	19.2	2.9	2.5	2.5	0.4		0.4
	HE	13.3	7.9	6.67	4.6						
<b>bhT-P</b>	EP	2.5	1.7	0.83							
	ET				0.8						
	HD	12.5	8.3	3.33	2.5	0.8	0.8	0.8			
	HE	4	35.8	16.67	15.8	0.8	5	0.8		1.7	
<b>bhT-S</b>	EP	25	11.7	6.67	3.3						
	ET	8.3			6.7						
	HD	118.3	63.3	2	13.3	13.3				1.7	
	HE	3	16.7	8.33	11.7	1.7					
<b>bmh-P</b>	EP	38.7	6.2	6.25	6.2		1.2				
	ET	7.5	5	3.75	5	2.5					
	HD	61.2	36.2	2	15	5	3.7			7.5	
	HE	27.5	1	5	3.7	1.2					
<b>bmhP-B</b>	EP	8.33	1.7								
	ET	1.7									
	HD	141.7	41.7	2	25	3.3					
	HE	38.3	2	8.33							

bh-T= Bosque húmedo tropical, bhT-P= Bosque húmedo tropical transición a premontano, bhT-S= Bosque húmedo tropical transición a seco, bmh-P= Bosque muy húmedo premontano, bmhP-B= Bosque muy húmedo premontano transición a basal. EP= Esciofita parcial, ET= Esciofita total, HD= Heliofita durable, HE= Heliofita efímera.

La intervención de los bosques de las diferentes zonas de vida de la cuenca media del río Aranjuez es reafirmada, cuando se observan valores para los diferentes gremios ecológicos a nivel porcentual, donde según la figura 6, para todos los bosques de la zona, las heliófitas durables alcanzan más del 50% de los individuos, y si a ellas les sumamos el valor de las heliófitas efímeras, el gremio heliófito

alcanza valores de hasta 97%, tomando en cuenta las características antes mencionadas de las especies clasificadas como heliófitas se puede afirmar que estos bosques han sido aprovechados desde ya hace muchos años, con el objetivo de desarrollar actividades propias de la zona, evidenciando el mal manejo que se les ha dado, siendo este aprovechamiento poco planificado y poco sostenible.



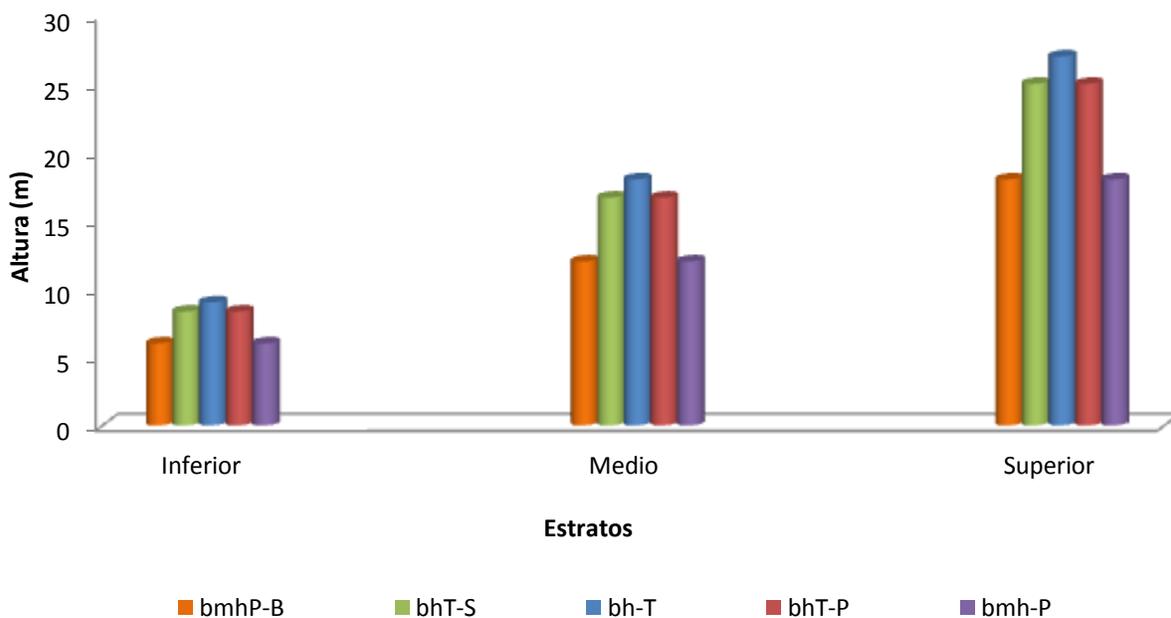
**Figura 6. Porcentaje de Individuos, según gremio ecológico para cada una de las zonas de vida presentes en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

### Estructura vertical

La estructura vertical de un bosque se encuentra determinada por la distribución de las especies a lo alto de su perfil, donde las especies se establecen y desarrollan de acuerdo a sus necesidades por captar energía a través de la entrada de luz, varía de acuerdo al estrato del bosque, concentrándose en el estrato superior la mayor cantidad de luz y en el estrato inferior la menor cantidad, lo que produce que se formen diversos microclimas dentro del bosque (Louman, 2001).

### Distribución de especies por altura total según la clasificación de IUFRO

Las alturas máximas alcanzadas varían según la zona de vida, por lo que para los Bosques húmedo premontano transición a basal la altura máxima encontrada fue de 18 m, para el BhT-S la altura máxima fue de 25 m, mismo valor para el BhT-P, el Bosque húmedo premontano presenta una altura máxima de 18 m, mientras que el bh-T es el que presenta la mayor altura máxima con 27 m, a partir de éstas se determinaron tres estratos según el sistema de clasificación de IUFRO para cada una de las zonas de vida, como se muestra en la figura 6.



**Figura 8. Alturas por estrato para los diferentes tipos de bosques en las cinco zonas de vidas evaluadas en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

Según la figura anterior se definen tres estratos bien marcados para todos los bosques de la zona, la formación de estos estratos se debe a los diferentes requerimientos lumínicos de las especies que lo componen, donde especies de menor tamaño (piso inferior) no requieren alcanzar grandes dimensiones para cumplir sus necesidades lumínicas, no así las especies del piso superior que necesitan tener su copa totalmente expuesta para captar la mayor cantidad de energía posible.

Se observa que el bh-T es el que logra alcanzar mayores alturas para todos los estratos, en donde el estrato inferior va desde los 0 a 9 m de altura, para el estrato medio los individuos

deben tener entre 9 y 18 m de altura para poder situarse en el, mientras que el estrato superior va de los 18 m de altura hasta los 27 m.

Para bmh-P y bhT-B, la situación en sus estratos es muy similar, ya que su estrato inferior está definido entre los 0 y 6 m de altura, el medio entre los 6 y los 12 m y el estrato superior va desde los 12 a los 18 m de altura.

De la misma manera el bhT-S y el bhT-P presentan valores iguales para sus tres estratos, donde el piso inferior se encuentra entre los 0 y 8,3 m, el piso medio va de los 8,4 a los 16,7 m de altura y por su parte el estrato superior se encuentra entre los 16,8 a 25 m de altura.

**Cuadro 6. Participación de las especies por pisos para los diferentes tipos de bosques en las cinco zonas de vidas evaluadas en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

Z.V.	PI	% PI	PM	% PM	PS	% PS	PI+	% PI+	PI+	% PI+	PM+	% PM+	PI+	% PI+
<b>bh-T</b>	63	74,1	56	65,9	16	18,8	25	29,4	0	0,00	2	2,3	11	12,9
<b>bhT-P</b>	43	93,5	31	67,4	13	28,7	13	28,3	0	0,00	0	0,0	8	17,4
<b>bhT-S</b>	21	70,0	22	73,3	7	23,3	10	33,3	0	0,00	0	0,0	5	16,7
<b>bmh-P</b>	29	63,0	33	71,7	15	32,6	13	28,3	0	0,00	3	6,5	7	15,2
<b>bmhP-B</b>	23	74,2	19	61,3	4	12,9	10	32,3	0	0,00	0	0,0	2	6,4

bh-T= Bosque húmedo tropical, bhT-P= Bosque húmedo tropical transición a premontano, bhT-S= Bosque húmedo tropical transición a seco, bmh-P= Bosque muy húmedo premontano, bmhP-B= Bosque muy húmedo premontano transición a basal.  
\*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Duncan.

La distribución de las especies en los pisos se presenta en el cuadro 6, las combinaciones se refieren a especies presentes en los diferentes pisos; por ejemplo menos del 20% del total de las especies en todas las zonas de vida están presentes en todos los pisos, para el caso del bh-T casi el 13% se encuentra en todos los

estratos, así mismo un 17.39% de las especies se distribuyen por todos los estratos en el bhT-P, para el caso del bh-T transición seco es el 16.67% de especies que se encuentran tanto en el estrato inferior, medio y superior, el bmh-P presenta un 15.22% en esa categoría, mientras que el bmhP-B es el que posee el valor

porcentual más bajo, donde solo un 6.45% de las especies llegan a estar presentes en los tres estratos. Lamprecht (1990) indica que estas especies presentan un comportamiento de especies con distribución vertical continua.

Para el bh-T las especies que presentan esta condición son: *Albizia adinocephala*, *A. excelsum*, *Bombacopsis quinata*, *Cordia alliodora*, *Genipa americana*, *Inga sp.*, *Lonchocarpus sp*, *Luehea seemannii*, *Lysiloma divaricatum* y *Tabebuia ochracea*. En cuanto al bhT-P las especies con distribución vertical continua son: *B. intergerrima*, *C. odorata*, *Ficus sp*, *G. ulmifolia*, *Hura crepitans*, *L. divaricatum*, y *Tabebuia impetiginosa*,

Por otra parte el bhT-S presenta las siguientes especies: *B. quinata*, *Cecropia peltata*, *Cochlospermum vitifolium*, *G. ulmifolia*, *H. crepitans*, mientras que para el bmh-P las especies que están en los tres pisos son: *B. intergerrima*, *B. simaruba*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *L. divaricatum*, *Mauria heterophylla*, *P. reticulata*, *T. martiana*, y para el bhT-B, las especies con la distribución vertical continua son *C. peltata* y *F. americana*.

Por otra parte en el cuadro 6 se observa cómo se concentran la mayor cantidad de especies en el piso inferior y medio, alcanzando valores porcentuales desde 63 hasta un 93% de las especies en el estrato inferior según la zona de vida, caso similar en el estrato medio donde los porcentajes varían entre los 61 hasta un 73% para cada uno de los diferentes bosques,

dejando de lado al estrato superior donde el porcentaje mayor es de un 33% para el bmh-P, esto quiere decir que la mayor cantidad de especies se desarrollan en el estrato inferior y medio, donde cumplen con todo su ciclo de vida, mientras otras especies que necesitan alcanzar el dosel superior para, lo que se reporta como normal para los bosques (Lamprecht 1990).

Para el piso inferior del bh-T se pueden encontrar especies como *Byrsonima crassifolia*, *G. ulmifolia*, *T. rosea*, *Zanthoxylum sp* entre otras, en el piso medio algunas de las especies que se pueden encontrar en esta zona de vida son: *B. simaruba*, *Calycophyllum candidissimum*, *E. cyclocarpum*, y *G. ulmifolia*, mientras que para el piso superior se encuentran algunas especies como: *Pseudobombax septenatum*, *Spondias mombim*, *Thounidium decandrum*, sin dejar de lado las especies que se presentaron anteriormente con una distribución vertical continua. Para el bhT-P en el piso inferior se encuentran especies como: *B. simaruba*, *G. ulmifolia*, *H. crepitans*, *L. minimiflorus*, *Lonchocarpus sp*, entre otras, para el piso medio se encuentran las siguientes especies: *A. adinocephala*, *C. candidissimum*, *C. odorata*, *Diphysa americana*, *E. cyclocarpum*, *Ficus sp*, *L. divaricatum*, *Platymiscium parviflorum*, *Pterocarpus sp*, *T. rosea* y en el piso superior se pueden encontrar especies tales como *Brosimum alicastrum*, *C. peltata*, *Crotton draco*, *Dendropanax arboreus*, *D. americana*, *L. divaricatum*, en el caso del bhT-S, en su piso inferior presenta las siguientes especies

*A. revoluta*, *Bauhinia unguolata*, *Hymenaea courbaril*, *Lonchocarpus sp.*, *L. divaricatum*, *Stemmadenia donnell-smithii*, *T. rosea*, entre otras, para el piso medio se encuentran especies como: *Annona purpurea*, *B. quinata*, *B. simaruba*, *C. odorata*, *C. vitifolium*, *G. ulmifolia*, *Inga sp.*, *L. divaricatum*, *T. ochracea*, *T. martiana*, al mismo tiempo se pueden encontrar en el estrato superior especies como: *B. quinata*, *Brosimum sp.*, *C. peltata*, *C. vitifolium*, *G. ulmifolia*, *H. crepitans*, *S. mombim*.

El bmh-P presenta especies en su estrato inferior como: *A. revoluta*, *B. simaruba*, *C. peltata*, *Inga sp.*, *Krugiodendron ferreum*, *L. minimiflorus*, *L. divaricatum*, *P. reticulata*, *S. donnell-smithii*, *Terminalia oblonga*, en el estrato medio están presentes especies como: *B. integerrima*, *Diospyrus digyna*, *Drypetes sp.*, *F. costaricana*, *Manilkara chicle*, *M. heterophylla*, *P. reticulata*, *T. oblonga*, *T. martiana*, y en el estrato superior se pueden observar especies como: *A. excelsum*, *B. integerrima*, *C. brasiliense*, *Ficus americana*, *F. costaricana*, *Piper sp.* Por último el bmhP-B presenta en su estrato inferior especies como: *Andira inermis*, *Apeiba tibourbou*, *A. revoluta*, *B. simaruba*, *C. peltata*, *C. alliodora*, *Cordia panamensis*, *G. ulmifolia*, *L. seemannii* entre otras, para el estrato medio las especies más representativas son: *A. excelsum*, *B. crassifolia*, *C. peltata*, *C. alliodora*, *F. americana*, *Lonchocarpus sp.*, *T. ochracea*, *T. martiana* y en su piso superior se encuentran especies como: *C. peltata*, *F. americana*, *Samanea saman*, *S. mombim*.

Zamora (2010) clasificó para bosques primarios de la zona de Miramar de Puntarenas, Costa Rica, especies según el estrato de esta manera: En el piso superior se encontraban especies como *A. adinocephala*, *Attalea butyracea*, *B. quinata*, *B. integerrima*, *Castilla elastica*, *C. alliodora*, *E. cyclocarpum*, *Guarea excelsa*, *Licania arborea*, entre otras.

En el piso medio se encontraban: *Attalea butyracea*, *B. integerrima*, *Astronium graveolens*, *B. alicastrum*, *C. candidissimum*, *Casearia aculeata*, *Cedrela odorata*, *Cupania guatemalensis*, *Guettarda macrosperma*, *Inga multijuga*, entre otras, y para el piso inferior se encontraban: *Attalea butyracea*, *B. integerrima*, *B. alicastrum*, *Bunchosia polystachya*, *Carica cauliflora*, *C. guatemalensis*, *Guapira costaricana*, *Heisteria concinna*, *Inga sapindioides*, *Rinorea sp.*, *Trichilia pleeana*, entre otras.

Muchas de las especies encontradas por Zamora (2010) se encuentran en los mismos estratos de los bosques analizados en este estudio, dado la cercanía geográfica, en la que se han realizado los análisis, por lo que se comprueba que la mayoría de estas especies desarrollan todo su ciclo de vida en los estratos medios e inferiores y muy pocas logran alcanzar el estrato superior.

### Índice de valor de importancia

Este índice describe la importancia de las especies dentro del bosque de acuerdo a sus funciones y mecanismos (establecimiento, capacidad para competir, reproducción, entre otros factores) para mantenerse en el ecosistema, los cuales se combinan en abundancia, frecuencia y dominancia (Lamprecht, 1990).

Así, se tiene que a mayores valores de IVI mayor será la importancia de la especie dentro del bosque con respecto a las demás especies y por lo tanto mayor concentración de recursos.

Sin embargo, no debe perderse la concepción sobre este criterio y debe tenerse claro que todas las especies son de suma importancia para mantener la dinámica del bosque, tanto en estructura como en composición (Lamprecht, 1990).

A continuación se presentan una serie de cuadros con los valores de IVI para las 15 especies con mayores valores según este índice, para los diferentes tipos de bosques en las cinco zonas de vidas evaluadas en la cuenca media del río Aranjuez.

**Cuadro 7. Abundancias, frecuencias, dominancias (relativas) y porcentaje de IVI para las diez especies con valores más altos en el bh-TI, cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica. 2012.**

<b>Especies</b>	<b>Abundancia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Guazuma ulmifolia</i>	10,99	12,22	4,86	28,07
<i>Lysiloma divaricatum</i>	6,52	6,68	4,32	17,52
<i>Byrsonima crassifolia</i>	6,52	6,27	2,70	15,49
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	4,66	6,19	3,24	14,08
<i>Bombacopsis quinata</i>	3,17	5,74	4,32	13,23
<i>Bursera simarouba</i>	4,28	4,11	3,78	12,18
<i>Cordia alliodora</i>	5,03	3,22	2,70	10,96
<i>Albizia adinocefala</i>	2,42	2,58	3,78	8,79
<i>Luehea seemannii</i>	2,98	2,50	2,70	8,18
<i>Lonchocarpus sp</i>	2,61	3,39	1,62	7,62
Sub total de las 10 especies	49,16	52,91	34,05	136,13
Resto de las 75 especies	50,84	47,09	65,95	163,87
Total	100,00	100,00	100,00	300,00

Según el cuadro anterior la especie con mayor importancia en el bh-T es *G. ulmifolia*, que posee los mayores valores para abundancia con un 11%, de dominancia con un 12,22% y de frecuencia con un 4,86%, esto quiere decir que *G. ulmifolia* es la especie que se puede encontrar con mayor cantidad de individuos en una hectárea, al mismo tiempo si se recorren diferentes bosques dentro de la misma zona de vida, la especie se observaría con mayor facilidad en estos tipos de bosque, esta especie logra ocupar grandes espacios dentro de los bosques, producto de su gran abundancia, ya que es considerada como una especie colonizadora para los bosques secos y de fácil de dispersar por medio del ganado, actividad altamente desarrollada para la zona de la cuenca del Río Aranjuez, ya que sus frutos son comestibles y hasta se pueden adherir a diferentes tipos de animales.

Es tal la cantidad de individuos que se pueden encontrar en la cuenca, que dejan en papeles secundarios a especies como *L. divaricatum*, *B. crassifolia* y *E. cyclocarpum*, que logran acumular una importante área basal, sin embargo no son tan abundantes, ni poseen una capacidad de adaptación tan grande como *G. ulmifolia*.

Un aspecto importante en el éxito de esta especie, es su tolerancia lumínica, ya que está clasificada como heliófita durable, esto le permite poder desarrollarse a plena luz, y dado el alto grado de intervención que presentan los bosques de la zona, proporcionan las

condiciones necesarias para el establecimiento de esta especie, además como se menciono anteriormente los frutos de *G. ulmifolia* son sumamente atractivos para especies de fauna, tanto mamíferos como aves, por lo que su capacidad de dispersión le proporciona ventajas sobre muchas otras especies del mismo grupo ecológico.

Si a las ventajas de tolerancia lumínica y capacidad de dispersión le agregamos el nivel de fragmentación de los bosques de toda la cuenca media del río Aranjuez, da como resultado una gran abundancia, frecuencia y dominancia para las diferentes zonas de vida evaluadas en este estudio, siendo la especie con mayor índice de valor de importancia para tres de las cinco zonas de vida, estas son el bh-T, bmhP-B y bhT-S donde acumula 35,19% de Abundancia, un 30,74% de dominancia y un, 6,52 de frecuencia, para un IVI total de 72,45% (Cuadro 8).

Además para bmhP-B presenta valores de abundancia de 26,34%, de dominancia de 12,84% y un 8,11% de frecuencia, logrando obtener un IVI del 47,29% (Cuadro 9).

En estos últimos dos bosques *G. ulmifolia* acumula los mayores valores de IVI para todas las zonas de vida, debido a que como se ha planteado con anterioridad los bosques que se encuentran en la región baja de la cuenca media, son los que han sido más intervenidos y donde se concentran la mayor cantidad de actividades ganaderas, y pastoreo, por lo que se

han deforestado los bosques y da como resultado una mayor fragmentación de los bosques en esas zonas, propiciando que la *G. ulmifolia* encuentre las condiciones adecuadas para su desarrollo. Para la zona de vida de bhT-P, la especie ya no ocupa el primer lugar en importancia, ya que su abundancia es menor que en las otras zonas de vida, el dosel para estos bosques se encuentra un poco más cerrado por lo que la especie no encuentra tantas facilidades para establecerse (Cuadro 10).

A medida que el dosel es aun más cerrado y hay menos perturbación de los bosques, así como cambios en las condiciones tales como: suelos, intensidad lumínica, humedad, precipitación entre otros, no es tan sencillo el establecimiento de *G. ulmifolia*, claro ejemplo el encontrado en los Bosques muy húmedos premontanos, en donde la variación de las condiciones hacen que esta especie no se encuentre en las primeras 10 especies con mayor IVI (Cuadro 11).

**Cuadro 8. Abundancias, frecuencias, dominancias (relativas) y porcentaje de IVI para las diez especies con valores más altos en el bhT-S, cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica. 2012.**

<b>Especies</b>	<b>Abundancia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Guazuma ulmifolia</i>	35,19	30,74	6,52	72,45
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	11,11	16,70	6,52	34,33
<i>Trichilia martiana</i>	8,80	6,94	6,52	22,25
<i>Bursera simarouba</i>	4,17	3,96	6,52	14,65
<i>Hura crepitans</i>	3,24	5,47	2,17	10,89
<i>Luehea seemannii</i>	1,39	4,82	4,35	10,56
<i>Lysiloma divaricatum</i>	2,78	2,63	4,35	9,75
<i>Bombacopsis quinata</i>	2,78	2,18	4,35	9,31
<i>Lonchocarpus sp</i>	3,70	1,01	4,35	9,07
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0,46	6,34	2,17	8,98
Sub total de las 10 especies	73,61	80,80	47,83	202,24
Resto de las 20 especies	26,39	19,20	52,17	97,76
Total	100,00	100,00	100,00	300,00

Como se menciona con anterioridad para esta zona de vida la especie con mayor IVI es la *Guazuma ulmifolia*, sin embargo es importante destacar que para los valores de frecuencia especies como *C. vitifolium*,

*T. martiana*, y *B. simarouba* poseen el mismo valor que la *Guazuma ulmifolia*, esto quiere decir que poseen gran frecuencia para esta zona de vida, es decir se les puede encontrar en los diferentes lugares donde se establezcan evaluaciones, siendo representadas por uno o

dos individuos, pero no poseen una abundancia tan grande y por consiguiente se les hace muy difícil competir a estas especies en dominancia,

con pocos individuos, a pesar de que logran alcanzar diámetros mayores que *G. ulmifolia*.

**Cuadro 9. Abundancias, frecuencias, dominancias (relativas) y porcentaje de IVI para las diez especies con valores más altos en el bhT-B, cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica. 2012.**

<b>Especies</b>	<b>Abundancia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Guazuma ulmifolia</i>	26,34	12,84	8,11	47,29
<i>Luehea seemannii</i>	6,45	15,83	2,70	24,98
<i>Cordia alliodora</i>	9,14	7,65	5,41	22,20
<i>Cecropia peltata</i>	7,53	6,49	5,41	19,42
<i>Andira inermis</i>	4,84	9,56	2,70	17,11
<i>Apeiba tibourbou</i>	7,53	3,82	2,70	14,05
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	5,38	5,70	2,70	13,78
<i>Ficus americana</i>	3,23	5,94	2,70	11,87
<i>Byrsonima crassifolia</i>	2,15	4,90	2,70	9,75
<i>Spondias mombin</i>	1,08	5,95	2,70	9,72
Sub total de las 10 especies	73,66	78,68	37,84	190,17
Resto de las 21 especies	26,34	21,32	62,16	109,83
Total	100,00	100,00	100,00	300,00

En el cuadro se observa como las primeras 10 especies logran obtener valores porcentuales altos para este tipo de bosques, en donde solo estas 10 especies representan casi el 74% de la totalidad de individuos en una hectárea, además representan el 79% de la dominancia, es decir ocupan

poco más de tres cuartas partes de los bosques, en la cual *G. ulmifolia* es la principal especie, seguida por *L. seemannii*, *C. alliodora* y *C. peltata* con valores importantes para abundancia en el caso de *C. alliodora* y dominancia para el caso de *L. seemannii*.

**Cuadro 10. Abundancias, frecuencias, dominancias (relativas) y porcentaje de IVI para las diez especies con valores más altos en el bhT-P, cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica. 2012.**

<b>Especies</b>	<b>Abundancia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Hura crepitans</i>	8,93	16,59	2,15	27,67
<i>Guazuma ulmifolia</i>	9,64	5,04	5,38	20,06
<i>Lonchocarpus sp</i>	6,79	5,21	5,38	17,37
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	6,43	5,86	4,30	16,59
<i>Bursera simarouba</i>	6,07	7,09	3,23	16,39
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	3,57	9,45	2,15	15,17
<i>Cedrela odorata</i>	2,86	5,58	3,23	11,66
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	6,79	2,97	1,08	10,83
<i>Brosimun sp</i>	2,14	5,02	3,23	10,39
<i>Albizia adinocephala</i>	3,21	1,65	5,38	10,24
Sub total de las 10 especies	56,43	64,45	35,48	156,37
Resto de las 36 especies	43,57	35,55	64,52	143,63
Total	100,00	100,00	100,00	300,00

El cuadro anterior muestra como *H. crepitans* (javello) logra desplazar a *G. ulmifolia* del primer lugar, debido a la dominancia que individuos de especies como *H. crepitans* logran alcanzar (16,59), ya que esta especie para esta zona de vida en particular no posee una alta frecuencia, esto significa que en un solo lugar se pueden encontrar varios individuos pero esto no es una tendencia en el resto de la zona de vida, en una parcela en particular se pueden encontrar hasta 8 individuos.

No se debe dejar de lado los valores alcanzados por *Lonchocarpus sp*, ya que para la dominancia y la frecuencia posee valores similares a los de *G. ulmifolia*, además que posee una buena abundancia, lo que hace pronosticar que una vez que los individuos de *G. ulmifolia* cumplan su ciclo de vida, estos generaran espacio para que especies como *Lonchocarpus sp* se puedan desarrollar y así ocupar un valor más alto en importancia para el bosque.

**Cuadro 11. Abundancias, frecuencias, dominancias (relativas) e IVI para las diez especies con valores más altos en el bmh-P, cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica. 2012.**

Especies	Abundancia Relativa (%)	Dominancia Relativa (%)	Frecuencia Relativa (%)	IVI (%)
<i>Bravaisia integerrima</i>	10,76	20,62	6,45	37,84
<i>Lysiloma divaricatum</i>	10,31	6,33	3,23	19,87
<i>Bursera simarouba</i>	9,42	6,82	3,23	19,46
<i>Ficus americana</i>	2,24	13,69	3,23	19,16
<i>Trichilia martiana</i>	5,38	6,53	6,45	18,36
<i>Terminalia oblonga</i>	6,28	3,92	3,23	13,43
<i>Ardisia revoluta</i>	8,97	1,60	1,61	12,18
<i>Pouteria reticulata</i>	4,48	3,89	3,23	11,60
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	2,24	4,24	3,23	9,71
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	2,69	2,85	3,23	8,76
Sub total de las 10 especies	62,78	70,49	37,10	170,37
Resto de las 36 especies	37,22	29,51	62,90	129,63
Total	100,00	100,00	100,00	300,00

Según Zamora (2000), *B. integerrima* presenta una distribución amplia en casi todo el país, ya que se puede encontrar en bosques secos, húmedos y muy húmedos, siendo esta especie la que ocupa la mayor abundancia con el 10,76% y la mayor frecuencia relativa con un 6,45%. Esto quiere decir que al recorrer el bosque la especie con más probabilidad de ser observada es *B. integerrima* (mangle), puesto que es la más abundante del bosque y que se encuentra mejor distribuida, lo que hace prever que es una especie con alta capacidad de adaptarse a diferentes condiciones como lumínicas, de suelo, pendiente entre otras,

además especies como *L. divaricatum* y *B. simarouba* presentan abundancias altas para la zona en particular lo que implica que son especies que al igual que *B. integerrima* poseen buenas capacidades de establecimiento en condiciones que talvez no sean las optimas para su desarrollo.

Para esta zona de vida lo más llamativo es ver que *G. ulmifolia* no aparece en las 10 primeras especies con mayor IVI, ocupando el puesto 34 de 46 especies, esto debido al cambio brusco en las condiciones optimas para el desarrollo de la especie.

### Análisis de la diversidad biológica y riqueza de especies

La diversidad se compone de dos elementos, variedad o riqueza y abundancia relativa de especies (Marrugan 1988, Melo y Vargas 2003). La utilización de índices permite dar a conocer con valores numéricos como está compuesta una comunidad boscosa, para esto existe una gran variedad de aspectos que se pueden medir, como: diversidad, homogeneidad, similitud y

otros (Pérez 2002). Para conocer la respuesta del bosque en cuanto a diversidad biológica de especies arbóreas ( $d \geq 10$  cm), para los diferentes tipos de bosques en las cinco zonas de vidas evaluadas en la cuenca media del río Aranjuez, se estimaron distintos índices de diversidad basados en la riqueza (Margalef) y abundancia relativa de especies (Simpson, Shannon y  $H'$  de Fisher), los cuales se muestran en el siguiente cuadro

**Cuadro 12. Valores promedios de índices de diversidad de Shannon – Wiener (H), Simpson (D), inverso de Simpson (1 – D), Margalef y Alpha Fisher sus desviaciones estándar para los diferentes tipos de bosques en las cinco zonas de vidas evaluadas en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

Zonas de vida	Sp.	Familias	Índices									
			Simpson D		Simpson 1-D		Shannon H		Margalef		Alpha Fisher	
			D	D.E	1-D	D.E	H	D.E	Margalef	D.E	Fisher	D.E
bmhP-B	31	22	0,10b	0,0004	0,90a	0,03	2,79a	0,21	5,77a	0,47	10,40b	0,51
bhT-S	30	20	0,15a	0,03	0,85a	0,03	2,57b	0,19	5,40b	0,91	9,46b	0,78
bh-T	85	40	0,04c	0,02	0,96a	0,04	3,77c	0,09	13,36c	0,01	28,43a	13,4
bhT-P	46	29	0,04c	0,02	0,96a	0,05	3,47d	0,02	9,76d	0,02	21,05b	6,82
bmh-P	46	29	0,06c	0,02	0,94a	0,07	3,25e	0,48	8,32e	0,80	17,58b	1,67

bh-T= Bosque húmedo tropical, bhT-P= Bosque húmedo tropical transición a premontano, bhT-S= Bosque húmedo tropical transición a seco, bmh-P= Bosque muy húmedo premontano, bmhP-B= Bosque muy húmedo premontano transición a basal.

\*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Duncan.

El índice de Simpson ( $D$ ) se refiere a la posibilidad de que dos individuos de una comunidad infinitamente grande, tomados al azar, pertenezcan a la misma especie (Melo y Vargas 2003). Por lo tanto un valor bajo de Simpson indica una menor posibilidad de que dos individuos pertenezcan a una misma especie, mostrando una comunidad más diversa. Basado en dicho índice los bosques encontrados en la zona de vida bh-T, bhT-P, bmh-P son los más diversos, además según el

análisis de varianza ( $F = 28,05$ ,  $p < 0,0001$ ,  $n = 28$ ) se lograron encontrar diferencias significativas para estos tipos de bosques, por otra parte en el cuadro se observa como los bosques de las zonas de vida bmhp-B y bhT-S son los menos diversos, teniendo entre ambos diferencias significativas por lo que el bmhP-B es el menos diverso para toda la cuenca media. Según Melo y Vargas (2003) en el recíproco (inverso) de Simpson ( $1-D$ ) los valores se expresan en forma recíproca, de esta manera son directamente

proporcional a la diversidad, para este índice la prueba de varianza indicó que no existen diferencias significativas entre las zonas de vida analizadas ( $F=1,12$ ,  $p=0,3719$ ,  $n=28$ ).

Magurran (1988) indica que el índice de diversidad de Shannon – Wiener varía entre 1,5 y 3,5, y rara vez alcanza valores de 4,5. Para los bosques de la cuenca se analizaron los datos y se aplicó una prueba de varianza ( $F= 41,83$   $p<0,0001$ ,  $n= 28$ ), y se indicó que existen diferencias significativas para todos los tipos de bosque, ningún bosque se parece a otro en cuando al índice de Shannon, debido a esto se estableció con el bosque más diverso al bh-T el cual tiene un valor de 3,77, lo cual demuestra una alta diversidad y el menos diverso viene a ser el bhT-S con un valor de 2,57.

Para el índice Alpha de Fisher el análisis de varianza ( $F= 17,14$ ,  $p<0,0001$ ,  $n=28$ ) comprobó que existen diferencias entre el bh-T y el resto de zonas de vida evaluadas, siendo este el más diverso de la zona. A diferencia del índice Shannon – Wiener y Simpson, en el índice Alpha de Fisher el valor de diversidad no se ve afectado por la abundancia de especies raras (con un solo individuo) o especies muy abundantes (Medianero *et al.* 2003), en contra

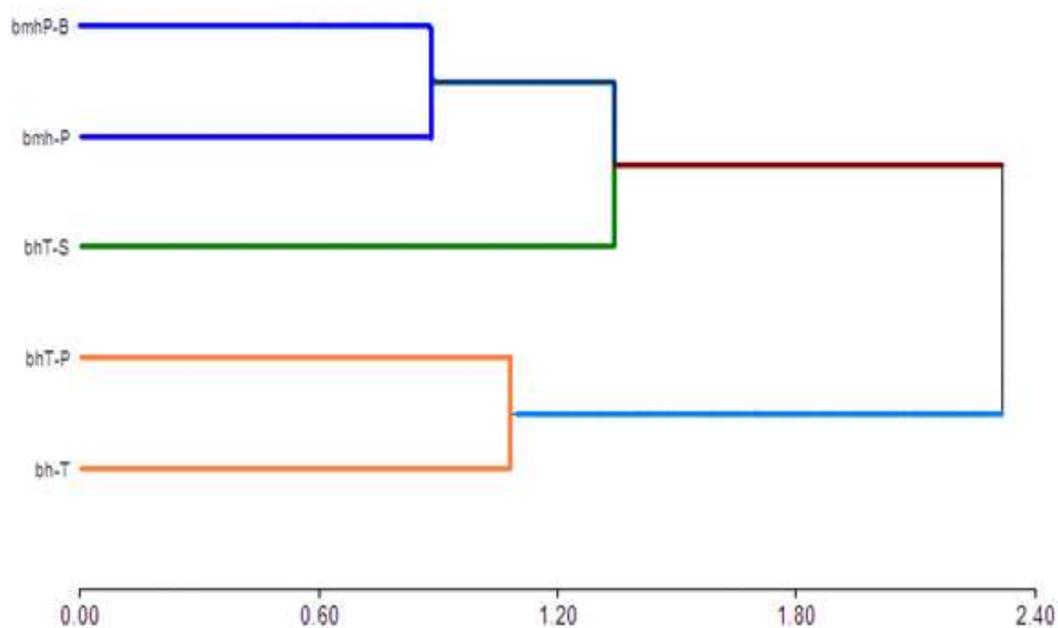
parte tenemos que el bhT-S es el menos diverso de todos según el valor presentado en el cuadro anterior.

En cuanto a la riqueza de especies los resultados del índice de Margalef muestran que al igual que los otros índices el bh-T es el que presenta los mayores valores, en este caso es el que posee mayor riqueza, y el bhT-S es el de menor valor, en este índice el análisis de varianza ( $F=1833,35$ ,  $p<0,0001$ ,  $n=28$ ) indicó que existen diferencias en cuanto a riqueza y que ninguna zona de vida es similar a otra. Guariguata y Kattan (2002) explican que existe una fuerte correlación entre el dinamismo de la comunidad y la riqueza de especies, por lo tanto entre más dinámico sea el bosque mayor es su riqueza; lo que se concuerda con la hipótesis de perturbaciones intermedias (Connell 1978, Guariguata y Kattan 2002), sin embargo estudios presentados por estos autores también indican que dicha relación podría tener un efecto negativo en la riqueza de especies a largo plazo, debido a que un bosque muy dinámico las lianas y especies pioneras se ven beneficiadas por los claros aumentando la competencia con especies de crecimiento lento del bosque primario y disminuyendo la riqueza de especies a escala local

### Agrupaciones según similitud de los bosques

El análisis consiste en agrupar un conjunto de datos, para ello se utilizan funciones de similitud entre ellos, para este caso lo que busca es encontrar zonas de vida que tengan similitud entre ellas según las variables que se han calculado y analizado anteriormente, se

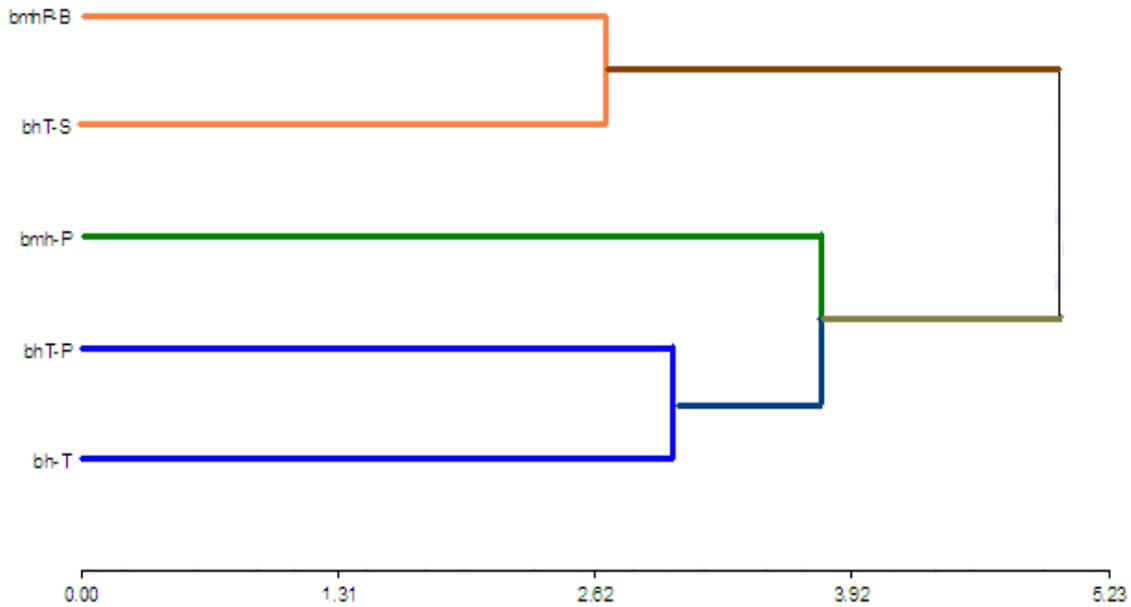
analizó variables conjuntas como: N y G, riqueza y diversidad, y todas las variables, para el análisis de conglomerados se apartaron aquellas variables que no presentaron diferencia significativa, para así poder encontrar grupos similares de bosques.



**Figura 9. Análisis de conglomerados para las variables N (individuos/ha) y G (m<sup>2</sup>/ha) según zona de vida para los diferentes tipos de bosques en las cinco zonas de vidas evaluadas en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

Según la figura anterior se define que para el análisis de conglomerados (CC=0,771), para las variables G y N se forman tres grupos, en donde el **bmhP-B** presenta similitud con el **bmh-P**, estas dos zonas de vida se agrupan y logran tener similitud con **bhT-S**, es decir **bmhP-B** y **bmh-P** deben agruparse para lograr valores similares tanto para el área basal como para el

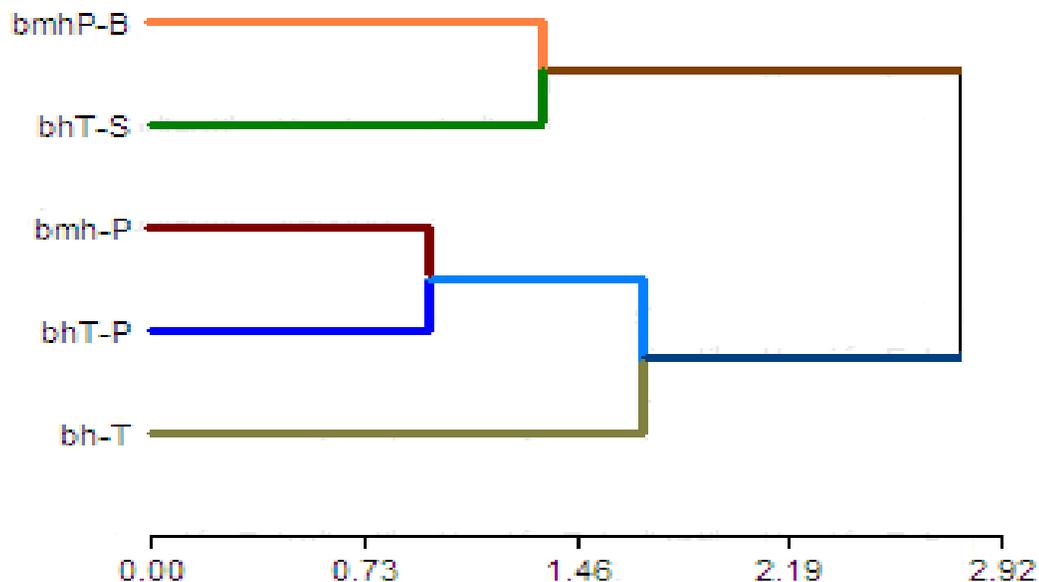
número de árboles por hectárea y lograr parecerse al **bhT-S**, por otra parte el tercer grupo que se forma, está basado en **bhT-P** y el **bh-T** los cuales logran tener similitud basados en las dos variables analizadas, sin embargo estas zonas de vida no logran obtener una similitud con las tres primeras, ya que no logran tener valores similares.



**Figura 10. Análisis de conglomerados para los índices de riqueza y diversidad según zona de vida para los diferentes tipos de bosques en las cinco zonas de vidas evaluadas en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

La figura anterior, según el análisis de conglomerados (CC= 0,748) muestra de nuevo tres agrupaciones importantes, en donde uno de los grupos está compuesto por bmhP-B y bhT-S, donde estas zonas de vida presentan similitud en cuanto a riqueza y diversidad, un segundo grupo se observa al ver la manera en que se agrupan el bmh-P y el bhT-P, siendo estos dos similares para todos los índices de diversidad y riqueza, sin embargo estos no presentan una similitud con las primeras dos zonas de vida discutidas, el bh-T presenta características

únicas, esta es la zona de vida con mayor diversidad y riqueza de toda la cuenca media del río Aranjuez, es por eso que presenta similitud con el segundo grupo (bmh-P y bhT-P) ya que presentan valores para estas variables altos, y que a su vez agrupados, logran establecer similitud con el bh-T, es decir el bh-T es el bosque más diverso y rico de toda la cuenca, al punto que se necesitan dos de las zonas de vidas con mayores valores para las variables que se están analizando para poder encontrar una similitud.



**Figura 11. Análisis de conglomerados para las variables (individuos/ha) y G (m<sup>2</sup>/ha) e índices de riqueza y diversidad según zona de vida para los diferentes tipos de bosques en las cinco zonas de vidas evaluadas en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

Analizadas algunas de las variables de mayor importancia para el manejo de la cuenca media del río Aranjuez, el análisis de conglomerados (CC= 0,736) indicó la agrupación de las zonas de vida básicamente en dos grupos, en donde bmhP-B y bhT-S se agrupan ya que tienen similitudes para todas las variables que se estudiaron en el análisis, se puede decir que estos bosques se podrían manejar de manera similar, si se piensa en un manejo de ellos,

además la figura muestra como bhT-P y bh-T presentan similitudes, las cuales se evidencian análisis anteriores, además de la cercanía que poseen geográficamente y de la categoría de transición que se presenta, debido a estas características es que el bmh-P viene a agruparse más adelante con estas zonas de vida, ya que presentan similitudes importantes a considerar para el establecimiento de estrategias de manejo.

## Conclusiones

No existen diferencias significativas para el número de individuos por hectárea (N), sin embargo para el área basal por hectárea (G), si existen diferencias significativas, siendo el bmh-P es el que presenta mayor área basal, mientras el bmhP-B es el que posee el menor valor.

Las distribuciones de área basal (G) y número de individuos por hectárea evidencian la intervención que han sufrido los bosques de la zona.

El gremio ecológico que es más abundante es el de Heliófitas durables, seguido por las Heliófitas efímeras para la mayoría de las zonas de vida,

La mayor cantidad de individuos de este gremio se encuentran en las clases diamétrica más bajas y pertenecen a *Guazuma ulmifolia*.

Los bosques presentan tres estratos claramente definidos por la disponibilidad de luz presente a diferentes alturas. La necesidad y capacidad de las especies por captar esta energía hace que se presenten árboles con diferentes dimensiones en altura y diámetro dentro del bosque.

Las especies que presentan una distribución vertical continua son: *Albizia adinocephala*, *Anacardium excelsum*, *Bombacopsis quinata*, *Cordia alliodora*, *Genipa americana*, *Inga sp.*, *Lonchocarpus sp.*, *Luehea seemannii*, *Lysiloma divaricatum*, *Tabebuia ochracea*. *Bravaisia*

*intergerrima*, *Cedrella odorata*, *Ficus sp.*, *Hura crepitans*, *Tabebuia impetiginosa*, *Cecropia peltata*, *Cochlospermum vitifolium*, *Guazuma ulmifolia*, *Hura crepitans*, *Bursera simaruba*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *Mauria heterophylla*, *Pouteria reticulata*, *Trichilia martiana*, y *Ficus americana*.

La especie con mayor importancia para la mayoría de las zonas de vida es *Guazuma ulmifolia*, debido a sus características de especie pionera y gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones, además *Bravaisia intergerrima* es una de las especies con mayor IVI en el bmh-P en donde la *Guazuma* no ha podido colonizar como en las otras zonas de vida.

La zona de vida con mayor riqueza y diversidad es bh-T, mientras que la zona de vida con menor riqueza y diversidad es bhT-S.

Los bosques más pobres en cuanto a riqueza y diversidad son los bhT-S y bmhP-B.

Los análisis de conglomerados indicaron que siempre existen similitudes entre los bosques evaluados, principalmente los bosques de las zonas más bajas se agrupan entre si y los bosques de las zonas altas del mismo modo, dejando al bh-T como puente para lograr similitudes para toda la cuenca, ya que este se encuentran geográficamente enlazando a estos dos grupos.

**Recomendaciones:**

Realizar los mismos estudios y análisis de los datos para la cuenca baja y la cuenca alta, con el fin de emitir criterios de manera más integral, tomando como unidad de análisis toda la cuenca del río Aranjuez.

Establecer una red de parcelas permanentes de muestreo a lo largo de la cuenca, con el fin de realizar estudios para comprender con mayor fluidez la dinámica presentada en los bosques de la zona.

Incentivar programas de educación ambiental y manejo de los recursos naturales a las comunidades que desarrollan sus actividades productivas dentro de la cuenca. Incentivar el desarrollo de sistemas agroforestales, para un manejo sostenible de los bosques que componen la cuenca media del río Aranjuez, donde se promueva la conservación de los bosques, pero al mismo tiempo el propietario o productor obtiene un beneficio a corto plazo, o bien fomentar el pago de servicios ambientales.

## Literatura consultada

## Capítulo 2. Análisis del grado de fragmentación de los bosques de la cuenca media del río Aranjuez.

### Introducción

La deforestación ha provocado un cambio drástico y notable en la configuración, distribución y estado actual de los bosques tropicales (FAO, 2008). Un efecto directo de la deforestación es el aislamiento o la disrupción de bosques continuos en fragmentos más pequeños; este fenómeno se denomina fragmentación. Existen muchos efectos de la fragmentación sobre la integridad ecológica de los fragmentos de bosque, los cuales actualmente han empezado a estudiarse más a fondo por ecólogos y conservacionistas. Estos efectos, sin embargo, son difíciles de cuantificar y han demostrado ser variables con las condiciones propias de cada sitio (Debinsky y Holt, 2000).

Hasta el momento, algunos estudios han intentado explicar el efecto de la fragmentación en la estructura del bosque (Bierregaard *et al*, 1992), los cuales han enfocado su investigación en elementos naturales como: viento, temperatura del aire, humedad del suelo, o han intentado describir su efecto en el bosque: cambios florísticos y mortalidad de árboles.

La investigación ha confirmado que la fragmentación de bosques disminuye la calidad del hábitat (Bierregaard *et al*, 2000). Puesto que,

en el momento en que un bosque es aislado y es afectado por innumerables factores climáticos y físicos, se provoca un cambio en sus relaciones ecológicas internas y con el medio.

La importancia de los estudios sobre la fragmentación ha incrementado recientemente, debido a esto se presenta un alza en la cantidad de estudios sobre este tema como eje central, donde se utilizan principalmente para el evaluo del estado ecológico de zonas de conservación. No obstante, estos estudios también son clave para el diseño de estrategias de conservación, así como para el desarrollo de planteamientos enfocados al ordenamiento territorial sostenible, varias de las estrategias son el desarrollo de planteamientos sobre áreas protegidas, creación de corredores biológicos y el diseño de nuevas zonas de conservación (Debinsky y Holt, 2000).

El grado de fragmentación que se encontró en estudios ecológicos en la cuenca media del río Aranjuez dio pie para realizar el siguiente estudio, que pretende caracterizar y analizar de manera general la fragmentación que sufren los bosques de la cuenca, con el fin de obtener información para correlacionar con otros estudios.

## Metodología

El estudio fue desarrollado con el apoyo de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, Departamento de Recursos Naturales, y del Instituto Tecnológico de Costa Rica

## Descripción del área de estudio

La cuenca media del río Aranjuez se encuentra ubicada entre las coordenadas 10°17'00" N y 84°50'30" O Administrativamente, forma parte de los cantones Puntarenas y Montes de Oro, de la Provincia de Puntarenas. Geográficamente, la cuenca pertenece a la Vertiente Pacífica y es parte de la región Pacífico Central. Como es usual, la división político – administrativa (cantonal) no es coincidente con la geografía por cuencas como se muestra en la siguiente figura

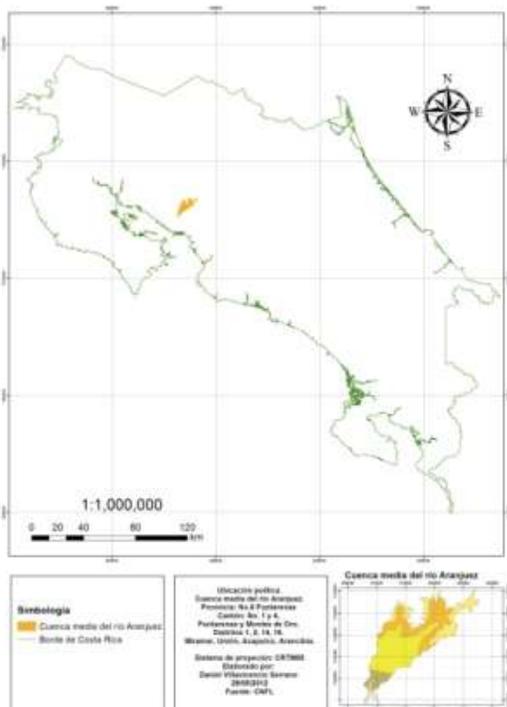


Figura 1. Ubicación de la Cuenca media del río Aranjuez en Costa Rica, 2012.

La cuenca media tiene una extensión de 8036 ha, cuyos límites son: al Este la cuenca del río Seco, al Oeste la cuenca del río Sardinal, al Norte la Cordillera de Tilarán y al Sur con el estero de Puntarenas, además la a cuenca del río Aranjuez cuenta con siete subcuencas, según su red hidrológica

Este sitio por su extensión posee 5 zonas de vida según la clasificación de Zonas de vida de Holdridge; con una precipitación anual entre 2000 y 4000 mm, la biotemperatura anual oscila entre 24 – 30 ° C, además posee una estación seca de cuatro meses.

Los suelos de en su mayoría se clasifican como ultisoles (humult) y alfisoles (ustalf). En el caso de los ultisoles, estos se caracterizan por ser un suelo con un horizonte argílico presentando 20 % de aumento en el contenido de arcillas y con menos de un 35% de saturación de bases; generalmente son profundos, bien drenados de color rojo amarillo, y con relativa fertilidad.

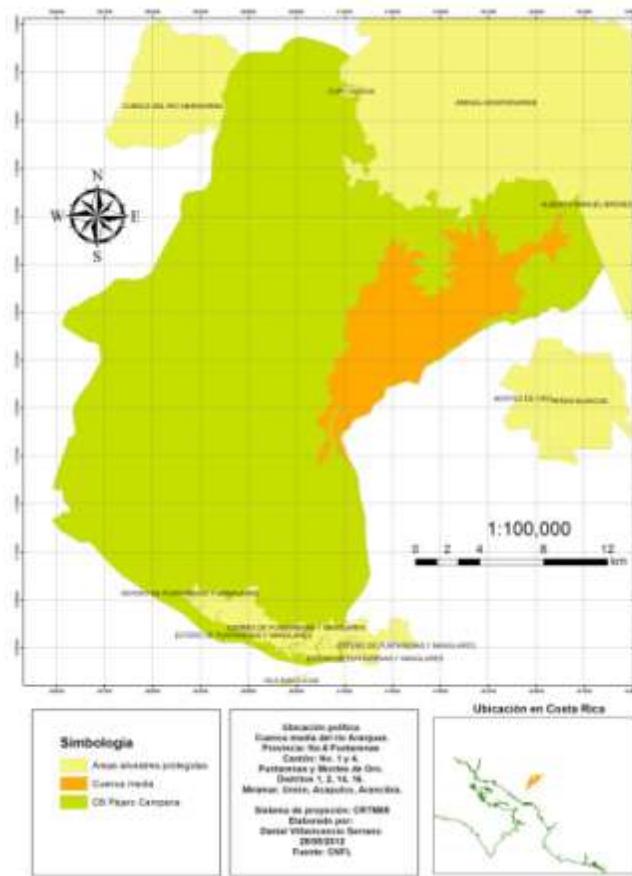
Por otro lado, los alfisoles son suelos con horizonte argílico con más de un 35% de saturación de bases, similar al orden ultisol excepto por su alta fertilidad potencial (Geotecnología, S,A, 2005).

La cuenca media del río Aranjuez tiene una extensión de 8036 ha, cuyos límites son: al Este la cuenca del río Seco, al Oeste la cuenca del río Sardinal, al Norte la Cordillera de Tilarán y al Sur con el estero de Puntarenas, además la a cuenca del río Aranjuez cuenta con siete subcuencas, según su red hidrológica

La zona de estudio posee 5 zonas de vida según la clasificación de Zonas de vida de Holdridge; con una precipitación anual entre 2000 y 4000 mm, la biotemperatura anual oscila entre 24 – 30 ° C, además posee una estación seca de cuatro meses.

Por su ubicación la cuenca del río Aranjuez es de vital importancia para la conservación de diferentes tipos de hábitats, ya que representa un puente para la conexión de

parte del corredor biológico Pájaro Campana, además de las áreas protegidas Arenal-Monteverde y Alberto Manuel Brenes, específicamente la cuenca media representa el 11,28% del corredor biológico, esta posee 7549,55 ha dentro del mismo, la figura 2 muestra la localización de la cuenca media en el corredor Pájaro Campana, así como la localización de las diferentes áreas silvestres protegidas.



**Figura 2. Ubicación de la cuenca media del río Aranjuez en el Corredor Biológico Pájaro Campana y ubicación de diferentes Áreas Silvestres Protegidas cercanas a la cuenca, Costa Rica 2012.**

El estudio del grado de fragmentación presente en la cuenca media del río Aranjuez se basó en la utilización de una capa en formato vector generada en el año 2010, elaborada con el objetivo de realizar un mapa del uso de la tierra, analizando imágenes satélite del QuickBird, con imágenes de alta resolución (0,61 m, resolución del pixel).

Se utilizó un procesamiento digital de imágenes multispectrales, tecnologías en Sistemas de Información Geográfica, para la cuenca del río Aranjuez, además de realizar un análisis de imágenes multispectrales proporcionadas por la CNFL, con el programa de trabajo ENVI®, empleando la técnica de clasificación supervisada, además se realizó una colecta de datos de campo (por uso de la tierra, coordenadas geográficas, observaciones u otros), para la cuenca del río Aranjuez, empleando para ello unidades de GPS "Global Position System", como amarre espacial.

Para el cálculo de los índices de fragmentación se empleó la extensión Patch Analyst para el programa ArcGis 10.0, y calcula los principales índices que evalúan la fragmentación a escala de paisaje (Elkie, et al. 1999).

Se realizó una intersección para el mapa de cobertura de la cuenca con el polígono de la cuenca media, mediante las herramientas de Geoprocesamiento en ArcGis 10.0, esto con

el fin de delimitar el área de trabajo a solo la cuenca media del río Aranjuez. A esta zona se le realizó una reclasificación de las coberturas anteriormente calculadas y se procedió al cálculo de las nuevas áreas por medio de Xtoolspro en su versión 8.0.

Con la cobertura para la cuenca media se procedió al cálculo de los índices de fragmentación, en formato vector se utilizó la extensión Spatial Statistics del Patch Analyst, los índices fueron calculados tanto para clase como para cobertura.

Además se realizó los análisis en formato Raster para lo cual se convirtió en el Conversion tools/ To Raster / Polygon to Raster del ArcToolBox, en donde se definió el tamaño de celda en 5 x 5 metros, con esta nueva capa en formato Raster se procedió al cálculo de los índices para dicho formato, para esto se utilizó Spatial Statistics (Fragstats interface) del Patch Grid, en donde se estableció que los índices fueran calculados por clase (tipo de bosque) y por cobertura a nivel general.

El posterior cálculo de los índices descriptivos que fueron seleccionados para caracterizar la estructura espacial del paisaje y su grado de fragmentación de manera clara, que oriente y sustente la toma de decisiones con respecto de las acciones necesarias para la restauración de los fragmentos de bosque.

## Resultados y discusión.

La cuenca media del río Aranjuez es un paisaje que a la vista se encuentra altamente fragmentado, gran cantidad de áreas de pastos bordean y se distribuyen alrededor de

parches de bosques primarios, primarios intervenidos y secundarios. En el cuadro 1 se muestra la superficie cubierta por uso de la tierra en esta cuenca.

**Cuadro 1. Valores de área y su respectivo porcentaje para los diferentes tipos de cobertura en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica, 2012.**

Tipo de Cobertura	Área (ha)	% Área
Bosque	3795,79	47,24
Pastos arbolados	1405,83	17,49
Pastos	1395,14	17,36
Bosque secundario	1016,92	12,66
Terreno desnudo	239,13	2,98
Charral	74,07	0,92
Plantación	48,19	0,60
Caña azúcar	45,82	0,57
Agua	6,78	0,08
Otros	5,61	0,07
Urbano	2,42	0,03
<b>Total general</b>	<b>8035,70</b>	<b>100,00</b>

Los bosques cubren la mayor cantidad de hectáreas, y de ellos los bosques secundarios ocupan la cuarta posición, es decir casi el 60% de la cuenca se encuentra bajo cobertura vegetal arbórea, sin embargo el otro porcentaje se encuentra distribuido en otros tipos de cobertura, por ejemplo los pastos y los pastos arbolados suman entre los dos alrededor de las 2800 ha, representando casi el 35% de la cuenca, por otra parte el uso urbano en la cuenca presenta un valor bajo, sin embargo este valor no posee el valor de los caminos que

atraviesan la cuenca, los cuales suman alrededor de 127 kilómetros, e inclusive el valor de los caminos puede estar clasificado en el terreno desnudo, además de esto es importante recordar la cercanía que posee la cuenca ha poblados de mayor tamaño como Miramar de Puntarenas, por lo que a pesar que el valor dentro de la cuenca es bajo, la presión social que existe dentro de la misma es alta.

En un estudio realizado en cuatro paisajes diferentes de Costa Rica y Nicaragua se encontró que estos estuvieron dominados por pasturas y presentaron una cobertura arbórea altamente fragmentada y

heterogénea, sin embargo los paisajes se diferenciaron en la cantidad de tierra dedicada a otras actividades agrícolas: Cañas en Guanacaste, Costa Rica tuvo grandes áreas dedicadas a la producción de caña de azúcar en total un 22% del paisaje, mientras que Rivas, Nicaragua tuvo áreas significativas bajo Charrales (13,9%), sin embargo en valores porcentuales la pastura es la que mayores valores alcanza en dicho

estudio, en donde sitios con condiciones similares a la cuenca media del río Aranjuez, logran alcanzar en Cañas un 48,40% del paisaje, mientras que para Rivas, los pastos alcanzan un 56,72% del paisaje (Harvey *et al* 2005), sin duda alguna valores que a pesar que son mayores que en la cuenca media, marcan una tendencia de dicha actividad en zonas con condiciones similares, donde la ganadería es de las actividades principales.

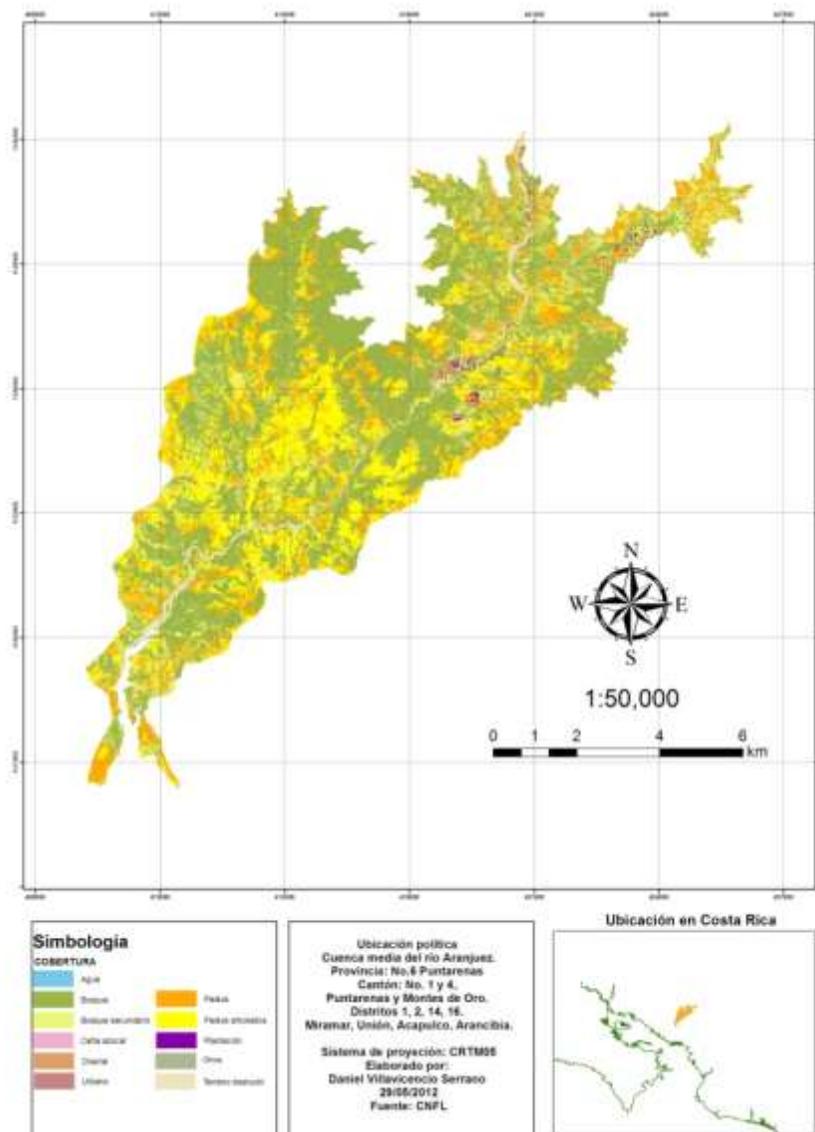


Figura 2. Distribución espacial de los diferentes tipos de coberturas en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.

En la figura 2 se observa principalmente cómo se distribuyen los bosques y los bosques secundarios en la cuenca, en donde la mayor concentración de los mismos se da en la parte alta de la cuenca media, ya que como se ha analizado en estudios previos, estas zonas son las que presentan menor grado de intervención, por otra parte es importante observar como los bosques secundarios se distribuyen en los alrededores de los bosques primarios y primarios intervenidos, esto debido a los procesos de regeneración que se están dando en la cuenca media.

Calvo (2010) en un estudio sobre el grado de fragmentación para los corredores biológicos de Costa Rica indicó que para el periodo comprendido entre el 2000 al 2005 uno de los corredores biológicos que presento un aumento en el área remanente fue precisamente el Pájaro Campana, donde se ubica la cuenca media del río Aranjuez, además el mismo corredor disminuyo su cobertura no forestal para el mismo período.

### **Fragmentación de los bosques.**

El aislamiento de parches de bosque es también una consecuencia fundamental de la fragmentación. Los terrenos agrícolas que se establecen aíslan los parches de bosques; de igual manera las calles, casas y carreteras separan los bosques urbanos y los bosques quedan rodeados de bosques de regeneración; Según el cuadro 2 para la cuenca media del río Aranjuez se calcularon

En la figura además se observa la distribución que tienen tanto los pastos como los pastos arbolados, estos se distribuyen a lo largo y ancho de la cuenca media, y son los principales causantes de la fragmentación que posee la cuenca media, estos se utilizan especialmente para el desarrollo de la actividad ganadera que se da en la zona.

En un caso típico de fragmentación, en el paisaje predomina inicialmente la vegetación natural con perturbaciones debidas al uso humano de tierras que crean pequeños claros o intrusiones en los bordes.

A medida que avanza la perturbación, aumenta la cantidad y tamaño de los claros, la vegetación natural se va subdividiendo y aislando y disminuye el área total del hábitat natural. La situación es preocupante cuando en paisaje predominan los terrenos con algún grado de perturbación y no así la cobertura boscosa, dando como resultado el aislamiento de los fragmentos (Bennett 1999).

135781 parches de diferentes tipos de coberturas, en donde los Pastos son los que mayor cantidad de parches poseen, además los pastos arbolados cuentan con 11513 parches con un promedio de área para estos de 0,12 ha, mientras que los bosques secundarios poseen un total de 32610 parches con un área promedio de 0,03 ha, con un menor número de parches se encuentran los bosques, para acumular un total de 28641 parches sin embargo el área

promedio es mayor que para los bosques secundarios, con un valor de 0,13 ha.

**Cuadro 2. Cantidad de parches y área promedio en hectáreas para los diferentes tipos de cobertura en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica, 2012.**

Tipo de Cobertura	Número de parches	Promedio área de parche (ha)
Pastos	35601	0,04
Bosque secundario	32610	0,03
Bosque	28641	0,13
Pastos arbolados	11513	0,12
Terreno desnudo	9136	0,03
Charral	6875	0,01
Caña azúcar	5083	0,01
Plantación	4335	0,01
Otros	1697	0,001
Agua sedimentos	280	0,02
Urbano	10	0,24

La fragmentación, por definición, implica una disminución en el tamaño de los segmentos remanentes de hábitat. Al principio, se pueden subdividir tramos muy extensos en unas pocas parcelas grandes. A medida que avanza el proceso, disminuye el tamaño medio y modal de los fragmentos remanentes. Lo usual es que la distribución por frecuencia de tamaño de los remanentes en paisajes fragmentados esté fuertemente sesgada hacia segmentos pequeños (Bennett 1999).

La fragmentación desencadena un proceso de pérdida de especies a nivel local (fragmentación de hábitats) y de paisaje. Dicha pérdida de especies puede darse en cada una de las tres clases de cambios asociados con el proceso de fragmentación: pérdida general de hábitat, disminución en el tamaño de los parches de bosque y aislamiento creciente de la zona boscosa (Bennett 1999).

**Cuadro 3. Distribución de los parches según el tamaño del mismo en las clases de área de parche, para los diferentes tipos de cobertura en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica, 2012.**

Cobertura	Clases de área de parches (ha)													
	≤ 0,001	0,001 a	0,01 a	0,1 a	1 a	10 a	20 a	30 a	≥ 40	≥ 50	≥ 100	≥ 200	≥ 300	≥ 500
Bosque	186	12636	13636	1941	207	17	7	3	2	2	2	1	1	
Bosque secundario	201	16579	14125	1631	72	2								
Pastos	252	18946	14364	1859	175	4		1						
Pastos arbolados	62	5040	5309	928	154	10	4	4	1	1				

El cuadro anterior indica la manera en la que se distribuyen los parches en la cuenca media, para los bosques primarios, bosques secundarios, pastos y pastos arbolados, que son las clases con las que se realizaron los siguientes análisis con el fin de comprender el grado de fragmentación que poseen los bosques de la zona, cuya forma, tamaño, cantidad y distribución se ven directamente relacionados a la cantidad de área que se utilice para otras prácticas y que afecte la cobertura boscosa de la cuenca.

La distribución muestra como los bosques de la cuenca media tienen parches de todos los tamaños reportados, mostrando una concentración importante en los parches de 0,0001 a 0,001 ha y de los tamaños de 0,01 a 1 ha, además a medida que el tamaño del parche aumenta, la cantidad de los mismos disminuyen sin embargo es importante resaltar que existen parches de área mayor a 100 ha e inclusive se presenta un parche mayor a las 500 ha, lo cual es de gran beneficio para la cuenca ya que existen

áreas de gran tamaño que se pueden conservar y trabajar para aumentar su área.

Por otra parte se observa que los bosques secundarios poseen una acumulación importante de parches entre los 0,001 a 1 ha, sin embargo no existen en la cuenca bosques de este tipo mayores a las 20 ha, esto se puede atribuir a que las zonas donde se está desarrollando una sucesión secundaria eran terrenos utilizados en prácticas agrícolas, ya sea para diferentes cultivos, así como para uso en la actividad ganadera, y que por el abandono de estas actividades y el dinamismo propio de los bosques se ha venido dando una regeneración de esas áreas en principio degradadas.

La mayor cantidad de parches pequeños es probablemente un indicador de la presión a la que el ecosistema forestal está sometido debido a actividades antropogénicas (Butterfield 1994a y Montagnini 1994). Como se ha señalado los fragmentos de bosques de la categoría menor cumplen una función

ecológica muy importante, en la dispersión de semillas, polen y la conectividad ecológica. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado con la interpretación de esta información del paisaje, debido a que la fragmentación y el aislamiento de árboles, crean ciertas limitaciones biológicas como el movimiento de polen (Aizen y Feinsinger 1994).

Los grandes fragmentos de bosque son uno de los recursos con mayor importancia en un paisaje fragmentado, al mismo tiempo que son muy escasos, el lograr producir pequeños fragmentos de bosque es sencillo, sin embargo fragmentos de gran tamaño son casi irremplazables debido a la dinámica de flora y fauna que hay dentro de ellos, así como las interacciones entre ellas. El tamaño del fragmento está estrechamente correlacionado con la riqueza y diversidad de la vegetación, diversidad en especies de fauna así como la capacidad de carga de sus poblaciones y la sostenibilidad de regímenes de perturbación natural.

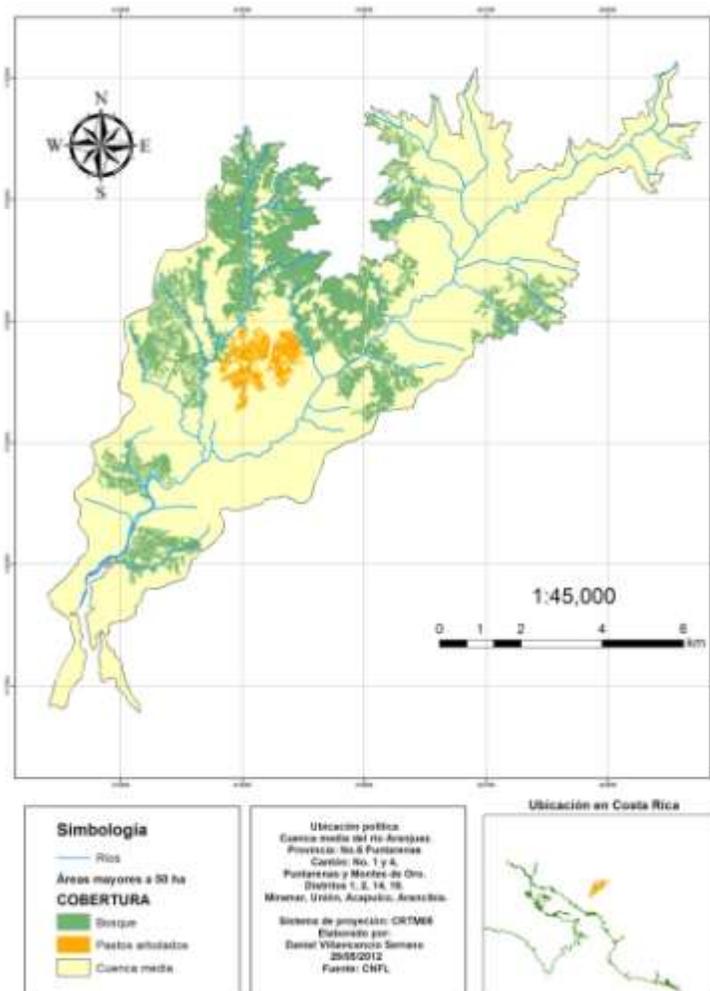
En un paisaje fragmentado es necesario para mantener los procesos dinámicos y sustentar el mosaico de hábitats, esto se logra con la perpetuación de los mayores fragmentos dentro del área de estudio (Baker 1992).

En toda la cuenca del río Aranjuez, pero específicamente en la parte media, las

actividades agrícolas tuvieron un gran impacto dentro del proceso de fragmentación de los bosques de la zona, en especial la deforestación, donde se sustituyó la cobertura boscosa por pastos y pastos arbolados, que logran alcanzar áreas importantes de hasta 100 ha, actividades como la ganadería llevaron como consecuencia el aislamiento y disminución en las áreas de bosque.

Otras consecuencias de una fragmentación progresiva son, la disminución de hábitat para algunas especies de flora y fauna, la creación de nuevos hábitat, la reducción de la conectividad y el tamaño de los fragmentos, la alteración de los componentes bióticos y abióticos, y los cambios microclimáticos y esto se ve reflejado en la composición, estructura y diversidad florística de los bosques (Forero 2001).

En la figura 4, se muestra la ubicación de las áreas tanto de bosques como de pastos dentro de la cuenca media del río Aranjuez, en donde es importante reseñar la cercanía que tienen algunos de esos parches de bosque entre sí, ubicándose la mayoría de estos parches en zonas de vida como bosque húmedo tropical, bosque húmedo tropical transición a premontano y bosque muy húmedo premontano.



**Figura 3. Ubicación de los diferentes parches remanentes de bosque y pastos mayores a 50 ha para la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

La fragmentación se presenta cuando grandes áreas de vegetación son deforestadas y convertidas en claros, lo que produce parches de vegetación separados uno del otro. Bennett (1999), enfoca tres componentes en el proceso de fragmentación:

Pérdida global de hábitat en el paisaje (pérdida de hábitat).

Reducción del tamaño de los fragmentos de los hábitat que todavía quedan (reducción de hábitat).

Incremento del aislamiento de parches de hábitat (aislamiento de hábitat).

Los cambios en los patrones del paisaje, se determinan mediante diferentes análisis, como: área total del hábitat natural que todavía queda, tamaño y distribución de los fragmentos, forma de los fragmentos, la distancia media entre fragmentos y el nivel de contraste entre hábitat adyacentes con otras formas de uso de la tierra (Forman 1995).

Algunas consecuencias de la fragmentación en paisajes son la pérdida de especies producto de los procesos de sucesión natural en donde al estar las especies desarrollándose en un pequeño fragmento de bosque, estarán limitadas por el factor área, y donde el desarrollo no será el adecuado, y en donde nuevas poblaciones que se encuentran alrededor de dichas zonas, se verán limitados a habitar estos fragmentos producto de las barreras para la colonización, (Primack *et ál.* 2001).

En el caso de las especies de fauna, se verán afectadas por el tamaño del fragmento

al igual que las especies de flora, fragmentos pequeños de bosque representan una menor capacidad de carga, de este modo, la respuesta se relaciona con el radio de acción efectiva del organismo, se aumenta la competencia por recursos como alimentación, además de la capacidad de desplazamiento se reduce y aumenta la sensibilidad a los cambios microclimáticos, es decir a medida que se alteran los ecosistemas se limita la capacidad de sobrevivencia de los diferentes organismos (MacNally y Bennett 1997).

**Cuadro 4. Especies de aves que se encuentran amenazadas y que habitan en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

Familia	Especie	Nombre común	Estado de conservación
Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Kan-kan, lora, loro frentiblanco	Amenazada
Psittacidae	<i>Aratinga canicularis</i>	Catano, periquito, zapoyol	Amenazada
Trochilidae	<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí garganta de rubí	Amenazada
Psittacidae	<i>Brotogeris jugularis</i>	Catano, zapoyolito	Amenazada

Fuente: CNFL, Departamento de Recursos Naturales

Como se menciona anteriormente la fragmentación de los bosques influye directamente en el desarrollo de especies de fauna, el cuadro 4 muestra una lista de especies de aves que se encuentran amenazadas y que habitan bajo el grado de fragmentación que posee la cuenca, estas especies se encuentran con un alto valor de amenaza y que son de suma importancia para la ecología de la zona, además de estas aves, el Departamento de Recursos Naturales de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz reporta para el primer semestre del 2012 un total de 558 avistamientos de

diferentes aves, además 7 avistamientos de mamíferos 2 de reptiles, de ahí que el estudio de la fragmentación de la cuenca media es importante para en estudios posteriores poder correlacionar la información con inventarios de fauna y ver de qué manera está influyendo sobre la misma.

## Cuantificación y descripción del patrón espacial del paisaje

Para describir un paisaje fragmentado es necesario conocer las coberturas predominantes. La información espacial en este caso es de suma importancia para lograr una descripción acertada, esta debe considerar los patrones y su arreglo espacial

que dependerán de las categorías de coberturas evaluadas, para este caso en particular enfocadas a la cobertura boscosa ya que la riqueza y abundancia de las especies tanto arbóreas como de vertebrados en un ecosistema están en función a la complejidad, estructura y composición de un paisaje (Patren y Case 1998).

**Cuadro 5. Estadísticas de Fragmentación para la cobertura forestal y no forestal de la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

<b>Estadísticas</b>	<b>Bosque</b>	<b>Bosque secundario</b>	<b>Paisaje</b>
Índice de Forma	21,35	3,98	9,90
Promedio de dimensión fractal	1,68	1,71	1,70
Índice de dimensión fractal	1,60	1,60	1,58
Perímetro total (m)	4244727,20	2543881,84	11568674,63
Tamaño medio de parches (ha)	0,13	0,03	0,07
C.V. tamaño de parche	5658,72	642,82	3555,68
D.E. tamaño de parche	7,58	0,20	2,50
Índice de Shannon	----	----	1,24

Para el análisis en el cuadro 5 se tomaron en cuenta las clases de Bosques, Bosques secundarios, Pastos arbolados, y Pastos, esto con el fin de poder analizar de manera general la fragmentación, para estas cuatro clases, ya que el objetivo se basa en determinar el estado de fragmentación de los bosques de la cuenca y como se ha analizado con anterioridad, los pastos y pastos arbolados son los principales competidores de los bosques en la zona, del mismo modo se analizan las mismas estadísticas individualmente para los bosques y bosques secundarios. Estos análisis indican los siguientes resultados

Índice de forma es la relación área-perímetro ajustada a un círculo, cuando la forma es compacta el índice tiende a 1 y se incrementa el valor conforme aumenta la irregularidad de los parches, la clase o el paisaje, en este caso los valores son muy similares tanto para la cobertura en general como para los bosques y los bosques secundarios, este índice lo que indica es que tan semejante a un círculo son los parches, valores para bosques de 21,35 para bosques secundarios de 3,90 demuestran que para los bosques se encuentran formas muy variadas, ya que su valor es lejano a 1, por su parte los bosques secundarios son más uniformes, ya que estos se están desarrollando en áreas que fueron utilizadas

por el ser humano por lo que las mismas son más delimitadas.

Echeverry y Rodríguez (2006) afirman que los parches de bosque presentan formas muy irregulares y tienen el mayor valor de índice de forma dejando percibir el patrón histórico de la fragmentación y la agresividad de los usos del suelo adyacentes, el índice de forma promedio para parches de bosque seco es de 3,16 y 2,95; Los patrones históricos de fragmentación indican que los bosques siempre presentan los polígonos más irregulares en el paisaje, como resultado el índice de forma es alto, por el contrario los sistemas agroforestales y las áreas utilizadas para pastoreo y otras actividades agrícolas poseen un mejor índice de forma debido a que son áreas delimitadas por el ser humano.

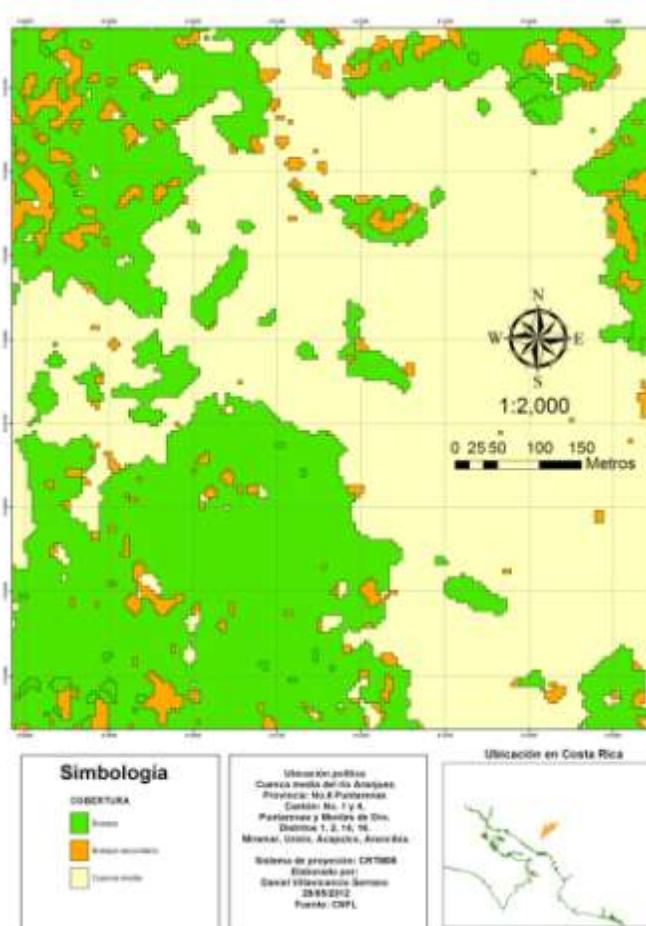
En cuanto a la dimensión fractal esta es una medida de la complejidad de las formas, su rango varía de 1 a 2, valores cercanos a 1 indican perímetros muy regulares, mientras que próximos a 2 indican formas muy complejas, para los bosques como bosques secundarios este valor es de 1,60 mientras que para el paisaje en general es de 1,58, por lo que se puede decir que son coberturas medianamente irregulares, ya que estas son cercanas a 2, por otra parte la misma situación se ve reflejada para el promedio de dimensión fractal, en donde la tendencia es la misma con valores entre los 1,68 a 1,71.

Según Sandoval (2007) Este índice para una región en Chile tuvo un valor de 1,3241 indicando formas de baja complejidad, estos valores se asemejan a otros estudios en

donde Peña( 2006) obtuvo para la cuenca del lago Budi un valor de 1,34 para el paisaje, Bucarey, (2004) obtuvo un valor de 1,3426 en la zona norte de la Décima región de Los Lagos; para este estudio las clases con una mayor dimensión fractal fueron el Bosque de renoval Siempre verde (1,3878) y los parches Adultos de bosque Esclerófilo (1,3509), mientras que las clases con un menor valor son los bosques adultos. Cabe mencionar que bajo la media del paisaje se encuentran clases que comúnmente menos complejas por ser formadas por el hombre y su relación entre el perímetro-área es más simple, como las plantaciones jóvenes o recién cosechadas (1,287), las áreas agrícolas (1,3) y las zonas urbanas (1,287; 1,3 y 1,3023) (Sandoval 2007).

En cuanto al perímetro los valores que se alcanzan son altos, estos valores son la suma de los perímetros de todos los parches, así es como se refleja el grado de fragmentación y proporciona información del efecto de borde que puede estarse dando dentro de la cuenca, en la figura 4, se muestra un ejemplo de cómo se presenta este efecto en una sección de la cuenca media.

El borde es importante porque provee información sobre los tipos de parches adyacentes a los parches que se ubican en el límite del paisaje y, por consiguiente, afecta las métricas relacionadas a la adyacencia entre tipos parches, como por ejemplo el área (McGarigal et al 2002).



**Figura 4. Ejemplo de la manera en que se distribuyen algunos fragmentos, acción del valor del perímetro y efecto de borde para bosques, bosques secundarios y pastos, en una sección de la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

La figura anterior afirma el porqué de los valores tan altos para los bosques, bosques secundarios y paisaje en cuanto a perímetros, ya que pequeños fragmentos además de sumar área, suman perímetro, para el caso de bosques la suma de perímetros es mayor a los cuatro millones de metros y para los bosques secundarios es mayor a los dos millones de metros, mientras que el perímetro de la cuenca es 106915,16 metros, en la figura 4 se muestra como

existen pequeños fragmentos distribuidos por toda la cuenca, lo que demuestra una alta variabilidad, además a mayor valor de perímetro, mayor es el efecto de borde que afecta directamente a los parches, especialmente en su riqueza y diversidad. El impacto de los efectos de borde está determinado por el tamaño y forma del fragmento, debido a que la relación entre área total del fragmento y su perímetro determina que proporción del área está

expuesta a estos efectos (Kattan 2002). Mientras más pequeño sea un fragmento, mayor será la influencia de factores externos.

En cuanto a la densidad de perímetros este índice lo que indica es la cantidad de metros de perímetro de parche que se encuentran en una hectárea, valores altos como los encontrados en la cuenca media del río Aranjuez

Martín (2006) afirma “por definición, la fragmentación aumentará el número de parches que conforman cada hábitat, disminuirá el tamaño medio de los parches, y aumentará la cantidad de borde, siendo el borde la barrera que existe entre los parches de dos clases diferentes”

Para el tamaño medio de los parches los bosques son los que presentan un mayor valor para la cuenca, con un valor de 0,13 ha, mientras que para los bosques secundarios el valor es de 0,03 ha y para el paisaje en general es de 0,07 ha, para los bosques es preocupante estos valores ya que no alcanzan 1 ha como el tamaño medio de parche, esto quiere decir que a pesar que los bosques cuentan con parches de gran tamaño, en su mayoría se pueden encontrar fragmentos muy pequeños, como se mostro anteriormente en el cuadro 3.

Entre más pequeño sea un fragmento tiene un efecto negativo mayor sobre las poblaciones de especies si hay un alto grado de aislamiento, se reduce la conectividad y sumado el efecto de borde, se incrementa la vulnerabilidad de la vegetación dentro del fragmento (Lord y Norton 1990).

El índice de diversidad de Shannon representa la abundancia proporcional de cada tipo de uso del suelo o clase dentro de un paisaje. El valor es 0 cuando el paisaje contiene solamente un ecosistema, clase o uso del suelo (no hay diversidad). El índice se incrementa a medida que aumenta el número de ecosistemas, clases o uso del suelo, o si la distribución proporcional del área de interés entre los tipos de ecosistemas se hace más equitativa (CATIE 2010).

Para el caso de la cuenca media y a nivel de paisaje se presenta un valor de índice de Shannon de 1,24 lo que indica que hay variabilidad en el uso del suelo en dicha cuenca, el valor se hace mayor si se analiza con todas las coberturas encontradas dentro de la cuenca, mientras que este valor solo representa la variabilidad que hay en cuanto a coberturas como bosques, bosques secundarios, pastos y pastos arbolados por lo que es de mayor importancia tomar este valor ya que son las coberturas con mayor importancia dentro de la zona analizada.

**Cuadro 6. Estadísticas de fragmentación para los Bosques y Bosques secundarios en la cuenca media del río Aranjuez, Costa Rica 2012.**

Estadísticas	Cobertura	
	Bosques	Bosques secundarios
Área núcleo total (m <sup>2</sup> )	2961,28	343,62
Índice de área núcleo total (m <sup>2</sup> )	78,01	33,8
Índice de yuxtaposición (%)	69,03	73,9
Distancia media al vecino más cercano (m)	12,84	12,61

Para los valores presentados en el cuadro 6, es importante resaltar que estos se estimaron únicamente para los bosques y bosques secundarios, debido a que los índices presentados en dicho cuadro caracterizan de manera muy apropiada el grado de fragmentación con mayor detalle.

Los bosques presentaron un área núcleo total de 2961,28 m<sup>2</sup>, mientras que los bosques secundarios presentaron un valor muy bajo en comparación de los bosques, estos presentaron un valor de 343,62 m<sup>2</sup>, estos valores lo que representan es la superficie de hábitat que hay en cada una de las coberturas, en este caso bosques y bosques secundarios, valores altos representan paisajes más fragmentados, en este caso se muestra como los bosques presentan una alta fragmentación, mientras que los bosques secundarios a pesar de estar fragmentados estos se encuentran en menos grado sin embargo no deja de ser un valor alto para este tipo de bosques.

El índice de área núcleo total es importante para estimar las áreas que están siendo afectadas por el efecto de borde dentro de la cuenca, este índice calcula las áreas núcleo como porcentaje

del total en las clases o paisajes. Se representa en porcentaje (%).

A nivel de clase, se interpreta el valor dado indica el monto del área núcleo que puede ser hábitat interior, el restante (100 - TCAI) es considerado hábitat de borde (Patch Analyst 2012).

En este caso los bosques presentan un valor de 78,01% lo que quiere decir que de las 3795,79 ha que representan el área de bosque en la cuenca media, 2960,71 ha son de área interior, esto quiere decir que son los bosques que no se encuentran bajo un efecto de borde, mientras que las restantes 835,07 ha si están bajo este efecto, a causa de la fragmentación, por otra parte para los bosques secundarios es todavía más evidente como la fragmentación afecta los ecosistemas boscosos ya que solo un 33% del área de los bosques secundarios no se encuentran bajo la influencia del efecto de borde, es decir de las 1016,92 ha que componen la cobertura para estos bosques solo 335, 58 ha no se encuentran bajo este efecto.

Para el caso del índice de yuxtaposición, este lo que indica es que tan distribuidos se encuentran los fragmentos dentro de la cuenca porcentualmente, para el caso de los bosques estos se ubican en un 69,03% de la cuenca, por

lo que se puede afirmar que poseen una buena distribución dentro de la misma, para el caso de los bosques secundarios, estos se ubican en más de 73% de la cuenca, lo que es interesante ya que estos poseen menor área total que los bosques y aun así logran distribuirse mejor.

La distancia media al fragmento más cercano indica que para encontrar un parche de bosque y de bosque secundario se deben de recorrer al menos 12 metros para llegar a uno, según la cobertura en donde se encuentre, esto hace entrever que los parches de bosque de la cuenca media del río Aranjuez no se encuentran aislados y que puede lograrse una conectividad entre todos en zonas críticas o de importancia ecológica.

Una reducción del tamaño de los fragmentos, trae como consecuencia una disminución de la conectividad, del tamaño máximo del área núcleo y de la superficie total interior (Ortega 2007).

En cuanto a la forma de los parches y la dimensión fractal pueden verse modificadas, aumentándose, disminuyendo o manteniéndose igual, dependiendo del patrón de la fragmentación.

Como consecuencia de estos efectos espaciales, las condiciones abióticas del hábitat se verán afectadas, entre ellas la insolación, el viento, la humedad y los procesos en el suelo (Saunders et al. 1991; Didham, 1998). Un ejemplo de esto podría observarse en el hecho

de que las áreas de borde reciben más insolación que el resto, esto podría producir un aumento de la temperatura y afectar a las condiciones del suelo y de la fauna y flora.

A menudo, el grado de los efectos provocados por la fragmentación, disminuye a medida que nos alejamos del borde del parche hacia el interior de éste. En general los bordes sufren una influencia mayor de los parches vecinos que el interior, pero un fragmento con forma alargada puede no tener un área interior efectiva y sus condiciones abióticas serán similares a las del borde del parche (Ortega, 2004).

Como se menciona anteriormente la disminución de la disponibilidad de superficie boscosa trae como consecuencia la pérdida del amaño de las poblaciones, se reducen los recursos y las especies se ven afectadas, mientras más grande sea el fragmento y mayor sea su heterogeneidad más especies tendrá la capacidad de soportar, mayor será la cantidad de hábitats disponibles, esto ocurre ya que proporciona mayor variabilidad y esta a su vez proporciona mayor cantidad de oportunidades a un número mayor de organismos con necesidades distintas (Ortega 2007).

El aislamiento de los fragmentos, y una baja conectividad dificulta que las especies se puedan distribuir en otros fragmentos, disminuyendo el intercambio de individuos lo que consecuentemente derivara en una progresiva desaparición de las especies, siendo

las especies con mejores capacidades de adaptación o aquellas generalistas las que logren sobrevivir, y aquellas más sensibles queden distribuidas únicamente en los parches de mayor tamaño (Ortega 2007).

Los procesos que se ven más afectados por los efectos de la fragmentación del paisaje son la polinización de las plantas, las relaciones de predador-presa, la dispersión, ya que son procesos ecológicos frágiles frente a la fragmentación por su dependencia de vectores animales que a su vez tienen limitado el movimiento (Ortega 2007).

Fragmentos de mayor tamaño son los que se espera puedan superar cualquier intervención ocasionada en su interior. La forma del fragmento también es importante de tomar en cuenta, fragmentos con formas cuadradas o redondeadas son mejores que los fragmentos delgados y alargados, debido a que estos últimos poseen mayor perímetro y mayor tendencia a estar bajo el efecto de borde, mientras que con formas redondas es más probable que mantenga sus condiciones en el interior (Diamond, 1975).

Cuando un fragmento se reduce la relación perímetro-área aumenta y al mismo tiempo aumenta la permeabilidad de los fragmentos a los efectos de los hábitats periféricos, se afecta el área interior del fragmento de bosque aumentando el efecto de borde dentro del mismo (Ortega, 2004).

Este tipo de formas a pesar de que forman un mosaico heterogéneo no se debe pensar que es favorable y que al mismo tiempo puede provocar un aumento en la diversidad, ya que este incremento no es deseable desde un punto de vista de la conservación del ecosistema (Opdam, 1991).

Cuando se analiza la fragmentación de los bosques, es necesario no perder la perspectiva sobre la variabilidad presente en los ecosistemas y lo que representa un paisaje fragmentado para una especie o una limitación, para otra puede ser una oportunidad o bien no verse afectada por desarrollarse en un paisaje conectado (Ortega 2007).

## Conclusiones

La mayor causa de fragmentación en la zona es producto del uso de los terrenos para actividades ganaderas, por lo que los pastos y pastos arbolados son los mayores competidores para los bosques.

En la cuenca media se pueden encontrar dos parches de bosque mayores a 50 ha, dos parches mayores a 100 ha, dos parches mayores a 200 ha, uno mayor a 300 ha y el parche mayor para la cobertura de bosque es mayor a las 500 ha.

El paisaje encontrado en la cuenca media del río Aranjuez, es altamente fragmentado, sus parches son de formas variables y complejas.

El tamaño medio de los parches es pequeño, lo que afecta negativamente la riqueza y diversidad de los mismos.

El índice de Shannon demuestra que hay gran variabilidad en cuanto a los diferentes tipos de coberturas de la cuenca media del río Aranjuez.

El 21,99% del área de los bosques se encuentra bajo la influencia del efecto de borde, mientras que para los bosques secundarios es el 77%

Los bosques se distribuyen por el 63,03% de la cuenca media, mientras que los bosques secundarios se pueden encontrar en el 73% de la misma.

A pesar de que la cuenca media del río Aranjuez presente un paisaje altamente fragmentado, los parches no se encuentran aislados, la distancia media al vecino más cercano para los bosques y bosques secundarios es de 12 metros aproximadamente.

## Recomendaciones

Realizar un estudio de fragmentación para la toda la cuenca del río Aranjuez, en donde se obtenga información de manera integral para toda la zona.

Detallar y profundizar más en el estudio de la fragmentación de la zona, mediante el estudio de cambios de cobertura y usos de suelo que se den en rangos de tiempo definidos.

Correlacionar la información de la fragmentación de la cuenca con inventarios de fauna, para poder obtener información sobre como la misma afecta el comportamiento o la distribución de las poblaciones de animales.

## Literatura consultada

### **Capitulo 3. Establecimiento de una propuesta de ordenamiento territorial para la cuenca media del río Aranjuez.**

#### **Introducción**

Según la FAO 2001, cobertura forestal se refiere a la presencia física en un determinado momento, de vegetación continua o fragmentada, definida como bosque, es decir un tipo de vegetación leñosa de un porte mínimo de 5 metros de altura total en su estado adulto y con una cubierta mínima del 10% de las copas de los árboles sobre la superficie del suelo.

Entre los factores que afectan la cobertura forestal, se encuentra la urbanización, ya que el acelerado y desordenado crecimiento de las ciudades y la alta concentración demográfica amenaza con hacer colapsar el entorno, la expansión de las áreas urbanas presiona de manera extensiva e intensiva al medio natural, como una consecuencia de la falta de planificación, indicando con ello la carencia de controles y regulaciones (De Camino *et ál*, 2008).

Costa Rica, al igual que la mayoría de los países tropicales, ha enfrentado dos retos: asegurar la conservación de los bosques naturales y estimular el buen manejo de los bosques productivos. La primera área protegida se creó en 1963 y actualmente alrededor de 20% de la extensión del país se encuentra dentro del sistema de parques nacionales y reservas. No obstante, fuera de estas áreas, de la década de los cincuenta y

hasta los noventa, los índices de deforestación se situaron dentro de los mayores del mundo (Sabogal & Casaza 2010).

En este periodo, tierras con vocación forestal fueron despojadas de su cubierta boscosa debido al desarrollo agrícola (pastoreo extensivo, agricultura de subsistencia, entre otras actividades), llegándose a reportar de 18 000 a 42 000 hectáreas de deforestación por año. La cobertura más baja en la historia de Costa Rica se reportó en el 1985, cuando se redujo a 1 246 000 hectáreas de bosque (FAO 2005).

En los últimos 20 años, sin embargo, como resultado de la presión de la opinión pública, los acuerdos internacionales y la preocupación industrial relacionada con el suministro de madera a largo plazo, la práctica de explotación destructiva ha cambiado al manejo policíclico. El país ha experimentado enormes avances en políticas para el manejo y la conservación de los bosques, los que se reflejan en la evaluación y análisis de los recursos del bosque, la planificación y el manejo del aprovechamiento, la implementación de la cosecha de bajo impacto y el control y supervisión de las actividades (Sabogal & Casaza 2010).

## Metodología

El estudio fue desarrollado con el apoyo de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, Departamento de Recursos Naturales, además del Instituto Tecnológico de Costa Rica

## Descripción del área de estudio

La cuenca media del río Aranjuez se encuentra ubicada entre las coordenadas 10°17'00" N y 84°50'30" O Administrativamente, forma parte de los cantones Puntarenas y Montes de Oro, de la Provincia de Puntarenas. Geográficamente, la cuenca pertenece a la Vertiente Pacífica y es parte de la región Pacífico Central. Como es usual, la división político – administrativa (cantonal) no es coincidente con la geografía por cuencas como se muestra en la siguiente figura

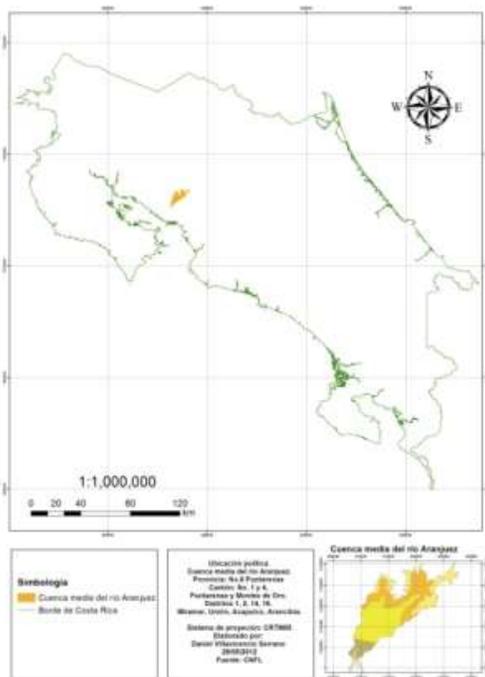


Figura 1. Ubicación de la Cuenca media del río Aranjuez en Costa Rica, 2012.

La cuenca media tiene una extensión de 8036 ha, cuyos límites son: al Este la cuenca del río Seco, al Oeste la cuenca del río Sardinal, al Norte la Cordillera de Tilarán y al Sur con el estero de Puntarenas, además la a cuenca del río Aranjuez cuenta con siete subcuencas, según su red hidrológica

Este sitio por su extensión posee 5 zonas de vida según la clasificación de Zonas de vida de Holdridge; con una precipitación anual entre 2000 y 4000 mm, la biotemperatura anual oscila entre 24 – 30 ° C, además posee una estación seca de cuatro meses.

La Cuenca del Río Aranjuez está constituido geológicamente por depósitos superficiales y rocas volcánicas someras de los períodos Terciario y Cuaternario; siendo las rocas volcánicas del Terciario las que predominan en la región.

Los suelos de en su mayoría se clasifican como ultisoles (humult) y alfisoles (ustalf). En el caso de los ultisoles, estos se caracterizan por ser un suelo con un horizonte argílico presentando 20 % de aumento en el contenido de arcillas y con menos de un 35% de saturación de bases; generalmente son profundos, bien drenados de color rojo o amarillo, y con relativa baja fertilidad. Por otro lado, los alfisoles son suelos con horizonte argílico con más de un 35% de saturación de bases, similar al orden ultisol excepto por su alta fertilidad potencial (Geotecnología, S,A, 2005).

Mediante el análisis de los estudios de estructura y caracterización de los bosques

de la cuenca media del río Aranjuez, además del estudio del grado de fragmentación de la misma zona se procedió a establecer una serie de criterios de selección de sitios para establecer una propuesta de ordenamiento territorial.

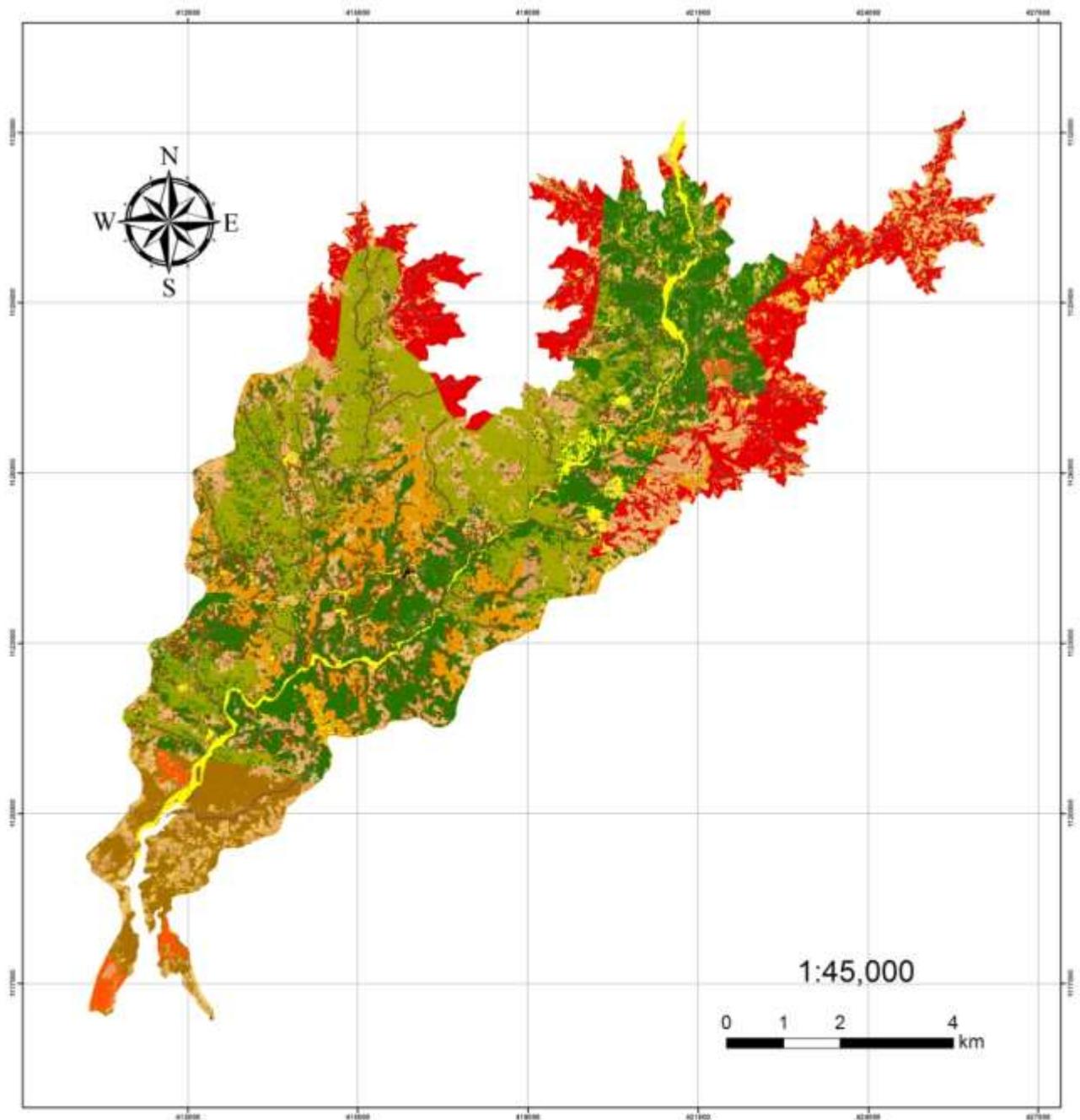
Los aspectos más importantes que se tomaron en cuenta para dicha selección son: el grado de fragmentación de los bosques, el índice del tamaño del parche, así como el índice de conectividad, además el índice de distancia al vecino más cercano, estos en cuanto al estado de fragmentación de los bosques de la zona, en cuanto a los criterios derivados del análisis de estructura y caracterización de los bosques, se tomaron en cuenta el grado de intervención de los bosques, su riqueza y diversidad, sus gremios ecológicos, así como las especies más representativas dentro de los mismos, además de las correlaciones indicadas en los análisis de conglomerados.

Toda esta información se correlaciono de manera tal que se establecieron diferentes usos potenciales de la tierra, se generaron siete diferentes usos para los bosques en donde se establecieron tres de ellos como prioritarios, además se estableció el uso potencial de las tierras que actualmente se encuentran bajo la influencia de las actividades agrícolas como la ganadería y diferentes cultivos.

Con el fin de un mejor entendimiento de la propuesta, esta se plasmo en un mapa de usos potenciales de la tierra para la cuenca media del río Aranjuez, en donde por medio del programa de sistemas de información geográfica Arcgis 10, esto se logro producto de la capa en formato shape suministrada por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz en donde por medio de las herramientas que el programa facilita se procedió a la selección de las áreas según el criterio previamente establecido.

## **Resultados y discusión**

El análisis de la estructura y caracterización de los diferentes tipos de bosque de la cuenca media del río Aranjuez y en el estudio del grado de fragmentación de los mismos, permitieron establecer una serie de criterios para poder desarrollar un ordenamiento territorial que girara en torno al recurso forestal, sin dejar de lado las actividades productivas que se realizan dentro de la cuenca y que al mismo tiempo lograra un desarrollo integral de la zona, así mismo se establecieron diferentes categorías de manejo de las áreas de la cuenca, estas se presentan en la siguiente figura.



**Simbología**

Reforest. conectividad pastos arbolados	Uso Urbano
Reforest. conectividad pastos	Bosques para conservación
Áreas protegidas	Bosques para manejo
Áreas protección absoluta	Pastos arbolados
Bosques para Enriquecer	Pastos
Reforestación en pastos	Otros usos
Reforestación en pastos arbolados	

**Ubicación política**  
 Cuenca media del río Aranjuez.  
 Provincia: No.6 Puntarenas  
 Cantón: No. 1 y 4,  
 Puntarenas y Montes de Oro.  
 Distritos 1, 2, 14, 16.  
 Miramar, Unión, Acapulco, Arancibia.

Sistema de proyección: CRTM05  
 Elaborado por:  
 Daniel Villavicencio Serrano  
 29/05/2012  
 Fuente: CNFL



Figura 1. Propuesta de ordenamiento territorial para los bosques y otros usos del suelo en la cuenca media del río Aranjuez.

Para la cuenca media del río Aranjuez se establecieron 13 diferentes usos del suelo o coberturas, estos usos van desde la conservación y protección absoluta hasta el uso agrícola y uso urbano, además se establecieron en función del recurso forestal encontrado dentro de la cuenca media estas categorías son:

#### **Bosques para conservación:**

Para el uso del suelo en la categoría de Bosques para conservación, estos se catalogaron de esta manera ya que son los parches de bosque con mayor tamaño que se encuentran dentro de la cuenca media, se establecieron como este tipo de áreas a un total de 10 parches distribuidos principalmente en la parte media y en la parte baja de la zona en estudio, estas áreas son mayores a las 25 ha por lo que representan los últimos grandes fragmentos de este lugar, y donde aun se pueden encontrar bosques aun sin intervenir.

Entre los criterios que se utilizaron para la determinación de esta categoría esta el grado de fragmentación que se presenta en la cuenca, ya que es de vital importancia conservar los bosques que aun poseen grandes extensiones de área, para este caso en específico el tamaño de los bosques en esta categoría varía entre las 25 ha hasta un parche de bosque mayor a las 500 ha. Ecológicamente parches grandes permiten que zonas que se encuentran degradadas y que se ubiquen cerca de estos, logren con mayor facilidad poder ser de nuevo colonizadas por especies que se encuentren

dentro del mismo parche cercano. Así lo explica la teoría de biogeografía de islas la cual según Mac Arthur y Wilson (1963, 1967) a mayor tamaño del parche este tendrá la capacidad de mantener mayor cantidad de especies que un parche de menor tamaño y a su vez que el número de especies disminuirá a medida que los parches se encuentren más alejados de los parches de mayor tamaño; esta teoría a pesar de tener muchos detractores sigue aportando validez a la importancia de mantener porciones de bosque de gran tamaño, por su parte Bennett (1999) indica que la pérdida de especies, que acompaña a la fragmentación del paisaje, está comúnmente relacionada con la reducción del tamaño de los hábitats naturales, dado que generalmente áreas pequeñas soportan pocas especies.

Kattan (2002) establece que algunos de los procesos que conducen a la extinción de una especie operan a una escala espacial que va de relativamente mediana a grande y su dinámica depende de la interacción entre la escala espacial de la fragmentación (tamaño del fragmento y distancia entre un fragmento de bosque y otro) y la escala temporal a la cual operan, por lo que aun en un nivel medio de deforestación una especie puede extinguirse.

Por otra parte (Shaffer 1981, Gilpin & Soulé 1986, citados por Kattan 2002) establecen tanto para especies arbóreas como para especies de fauna que al quedar confinada en un fragmento la probabilidad de persistencia de una especie dependerá del

tamaño y la dinámica de la población, mientras más pequeña sea la población mayor es su probabilidad de extinguirse; y como se menciono anteriormente, el tamaño de la población variara según el espacio disponible para poder desarrollarse, es por eso de la importancia de conservar estos fragmentos de gran tamaño, ya que representan a nivel ecológico un rol fundamental dentro de la cuenca.

Otro aspecto fundamental por lo que se escogieron estas áreas para ser conservadas es que estas se ubican en la parte media y la parte alta propiamente de la cuenca media del río Aranjuez, ahí se encuentran las zonas de vida: bosque húmedo tropical transición a premontano y bosque húmedo tropical, las cuales según el estudio de estructura y caracterización de los bosques de la zona, presentan valores de riqueza y diversidad importantes, el estudio realizado anteriormente indicó que el bosque húmedo tropical transición a premontano presento valores de riqueza y diversidad importantes (Simpson = 0,04, Simpson 1-D = 0,96, Shannon = 3,47, Margalef = 9,76, Alpha Fisher = 21,05) en donde únicamente fue superado por el bosque húmedo tropical ya que este presento la mayor riqueza y diversidad para la cuenca media (Simpson = 0,04, Simpson 1-D = 0,96, Shannon = 3,77, Margalef = 13,36, Alpha Fisher = 28,43 ) producto de las 85 especies diferentes que se pueden encontrar por hectárea, de ahí que esto afirma la importancia de conservar esos fragmentos de bosque ya que a nivel forestal poseen un gran potencial y

ecológicamente son importantes para la regeneración de áreas degradadas, y las interacciones flora-fauna.

### **Bosques para enriquecer:**

Los bosques que presentan un mayor grado de intervención dentro de la cuenca media son los bosques de las zonas más bajas, esto debido a la cercanía con los principales asentamientos urbanos en la provincia de Puntarenas, además de la facilidad de acceso por caminos que se tiene a ellos; consecuencia de esta intervención se reflejan en los valores relativos para el gremio ecológico de las Heliófitas que logran alcanzar hasta un 90% de ocupación en los bosques, estos bosques son el bosque húmedo tropical transición a seco y el bosque muy húmedo premontano transición a basal, en ellos se desarrolla una especie como *Guazuma ulmifolia* (heliófito durable), especie colonizadora de espacios abiertos como los que se generan producto de una intervención en bosques secos especialmente, además la misma alcanza valores de IVI (Índice de valor de importancia) realmente alto, para el bosque húmedo tropical transición a seco su valor es de un 72%, mientras que para el bosque muy húmedo premontano transición a basal es de un 47%, lo que hace indicar que la abundancia, frecuencia y dominancia de esta especie son importantes de tomar en cuenta para el manejo de las zonas, especialmente si se considera que dentro de las mismas se estimó que se están

desarrollando alrededor de 30 diferentes especies arbóreas.

Factores como el clima, tipo de suelo, competencia entre individuos, de la ocurrencia de claros dentro del bosque y de la capacidad que tenga el bosque para recuperar estas áreas por otras especies invasoras (heliófitas), determinaran la diversidad que presenta un bosque, así como la cantidad de especies que lo constituyen, es por esto que la composición florística y riqueza de especies de los bosques tropicales constituyen uno de los ecosistemas más diversos y complejos del mundo (Richards , 1996 citado por Leiva, 2001).

Lo anterior evidencia que son bosques con poco potencial sino son manejados, ya que solamente una especie es la que lleva mayor peso ecológico, si a esto se le suma el grado de fragmentación existente en estos bosques el problema se incrementa, ya que son parches pequeños y el efecto de borde afecta directamente al desarrollo de otras especies, además la conectividad de estos parches es baja producto de las actividades agrícolas que se desarrollan en la cuenca, sin dejar de lado que estas zonas de vida no presentan parches o fragmentos de bosque de gran tamaño que sirvan como proveedor de especies para las áreas degradadas por medio de la dispersión de las mismas especies el estudio realizado sobre la estructura y caracterización de los bosques de la cuenca media del río Aranjuez afirma que son bosques pobres y poco diversos,

basándose en el análisis de riqueza y diversidad de los diferentes tipos de bosque en la cuenca media, estos valores para el bosque húmedo tropical transición a seco (Simpson = 0,15, Simpson 1-D = 0,85, Shannon = 2,57, Margalef = 5,40, Alpha Fisher = 9,46) y para el bosque muy húmedo premontano transición a basal (Simpson = 0,10, Simpson 1-D = 0,90, Shannon = 2,79, Margalef = 5,77, Alpha Fisher = 10,40) así lo establecen.

Hernández (1999) indica que en los bosques neotropicales la riqueza de especies y la precipitación muestran una alta relación, por lo que generalmente los bosques secos son menos diversos que los bosques húmedos o lluviosos. Se ha reportado que en los bosques secos el promedio de diversidad o riqueza es de 64,9 especies en comparación con 152 especies de las tierras bajas de los bosques húmedos o lluviosos y para Costa Rica la riqueza de especies en el bosque húmedo es el doble que en bosque seco, por su parte Zamora (2010) indica en su estudio de diferentes parcelas ubicadas en bosques en el cantón de Miramar de Puntarenas, Costa Rica, que los mismos son bosques poco ricos y diversos, estos bosques con bastantes similitudes con respecto a los analizados en este estudio.

Los bosques ubicados en esta zonas de vida son catalogados en una misma unidad de manejo ya que presentan similitudes que lo permiten de esta manera, esto se evidenció en el análisis de conglomerados del capítulo de análisis y caracterización de los bosques

de la zona, en donde para las variables de área basal por hectárea, número de individuos por hectárea y los diferentes índices de diversidad y riqueza, se identificó esta tendencia, de ahí que la categoría de manejo sea la misma para las dos zonas de vida.

### **Reforestación en pastos y pastos arbolados:**

En el análisis del estado de fragmentación de la cuenca media demostró según diferentes índices evaluados que existe una conectividad media, ya que a pesar de existir más de 61.000 de fragmentos de bosque distribuidos por toda la cuenca, estos mismos no están aislados los unos con los otros, el mismo análisis refleja que la distancia media entre un fragmento y otro es de 12 metros, esto quiere decir que se deben recorrer al menos esa distancia para poder encontrar otro fragmento de bosque. A pesar que parece una medida pequeña ecológicamente genera un gran impacto en la necesidad de tener una conectividad alta dentro de la cuenca, producto de que la misma se encuentra dentro del corredor biológico Pájaro Campana y es fuente importante de hábitats tanto para aves como mamíferos.

Bennett (1999) señala que La conectividad del paisaje se puede lograr de dos formas principales para las especies animales manejando el mosaico entero del paisaje para promover el desplazamiento y la continuidad de la población, o manejando

hábitats concretos dentro del paisaje para lograr dicho propósito. Sin duda la alternativa más deseable es que se maneje el paisaje entero de una forma que conserve la conectividad para las especies, en donde se puedan mantener y aumentar procesos ecológicos.

Esta información fue necesaria para derivar las áreas que debían ser reforestadas o bien ser manejadas, para que por medio de los mismos procesos naturales de los bosques sean nuevamente colonizadas y así lograr la conectividad deseada dentro de la cuenca, las áreas destinadas a esta categoría de manejo son las áreas que pertenecen actualmente a los usos de pastos y pastos arbolados y que se encuentran dentro de la zona de amortiguamiento de 12 metros que hay desde el borde de cada fragmento de bosque (distancia media al vecino más cercano), esta área de amortiguamiento no solo sería la encargada de lograr la conectividad entre los fragmentos, sino también estaría aumentando el área núcleo de cada parche de bosque por lo que evitaría además el efecto de borde en los fragmentos.

Regenerar los bosques puede no permitir todas las que necesita una especie concreta para sobrevivir, sin embargo pueden ofrecer poca resistencia al desplazamiento de muchos animales entre áreas protegidas donde se dispone de estos recursos. Se mantendrá o aumentará la conectividad para la vida silvestre y al mismo tiempo aumentará los recursos (Bennett 1999).

## Sistemas Agroforestales

Esta categoría de manejo busca integrar en gran medida el componente arbóreo en áreas degradadas producto de las actividades agrícolas que se desarrollan dentro de la cuenca, estas áreas son importantes para la cuenca ya que esta se ubica en la zona de vida bosque húmedo tropical, el cual como se ha analizado anteriormente es una zona de vida que contiene bosques de gran relevancia a nivel ecológico, lo que se pretende con este planteamiento es que las áreas destinadas dentro de la cuenca para las actividades agrícolas se mantengan, ya que estas actividades son las que representan el ingreso para los propietarios de las fincas que se distribuyen dentro de la cuenca media, sin embargo se pretende establecer con nuevas tecnologías procesos tanto ecológicos como agrícolas integrados.

Bajo esta categoría de manejo se encuentran los parches de mayor tamaño para las coberturas de pastos y pastos arbolados, donde las áreas bajo esa cobertura van desde las 10 ha hasta las 100 ha.

Estas categorías a pesar de que las dos están basadas en la reforestación en cierta medida de las áreas degradadas, se deben manejar de distinta manera, ya que a diferencia de los pastos, los pastos arbolados como bien lo indica, poseen ya un componente arbóreo dentro de sus unidades de área por lo que en esta categoría los mismos árboles situados dentro de los pastos pueden contribuir en la regeneración de las zonas degradadas, que pueden llegar a ser

áreas productivas para los propietarios y al mismo tiempo contribuir con la conservación y disminuir el estado de fragmentación en la cuenca media. La agroecología presenta diferentes enfoques siempre basados en los objetivos de integrar la parte productiva con la ecología de conservación, lo que es beneficioso para los fragmentos que se promueven establecer con este tipo de manejo ya que se pueden establecer diferentes metodologías bajo el mismo marco conceptual.

Los sistemas agrícolas pueden ser una buena opción para la recuperación de hábitats degradados ya que son ecosistemas clave para algunas especies silvestres, e incluso pueden ser tan diversos como los bosques, además, los bosques se recuperan con mayor rapidez después de la agricultura migratoria y la agroforestería que tras la ganadería o los monocultivos (Ferguson *et al* 2003) como los presentes en la cuenca media del río Aranjuez

Para la categoría de pastos se plantea fomentar la agroecología en 5 fragmentos degradados, estos fragmentos van desde las 10 ha hasta las 30 ha siendo estas las áreas de mayor tamaño destinadas a actividades agrícolas en la actualidad, por otra parte los pastos arbolados comprenden 20 fragmentos de esta categoría con áreas que van desde las 11 ha hasta un área que contiene 102 ha con pastos arbolados.

Da Silva (1996) menciona que en paisajes fragmentados muchas especies no solo dependen del bosque donde se desarrollan,

sino de la matriz que los circunda. Esta matriz es la que determina la posibilidad de una especie para poder colonizar, dispersarse o movilizarse de un fragmento a otro, en sistemas agroforestales las aves y los murciélagos tienen la posibilidad de movilizarse lo que ayuda a las plantas que polinizan y dispersan, a persistir en tales paisajes. Por otro lado en un fragmento de bosque aislado ya que muchos animales polinizadores y dispersores de semillas son renuentes a pasar por áreas de baja diversidad estructural.

### **Áreas protegidas**

Estas áreas son las destinadas a la protección de tanto el río Aranjuez como los demás ríos o quebradas que desembocan en el, de ahí que se estableció un área de protección de 50 metros a cada lado del margen del río o quebrada, con el fin de proteger el recurso hídrico dentro de toda la cuenca media del río Aranjuez, así como lo establece la Ley Forestal No. 7575 Se declaran áreas de protección a una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado.

Además de proteger ese recurso, buscan disminuir la erosión en las cercanías de las quebradas o ríos y así evitar el lavado de materiales o derrumbes que lleguen a los caudales y afecten los mismos debido a la sedimentación, ya que esta puede afectar

directamente a el proyecto hidroeléctrico El Encanto, ubicado dentro de la misma cuenca media, además de afectar el consumo de agua para las comunidades y zonas agrícolas.

Bruijnzeel (2004) Considera que el cambio de uso del suelo no es unidireccional, la conversión a bosques por el abandono de tierras agrícolas, produciría una nueva alteración en las características de los ecosistemas, así como su influencia en el ciclo hidrológico. Sumado al abandono de tierras agrícolas aumentara la cobertura vegetal reduciendo las tasas de erosión y el riesgo de deslizamientos superficiales (Finegan 1992). Un incremento de la cobertura vegetal y del número de especies leñosas producto de la regeneración de zonas en su momento degradadas y que llegaran a ser bosques secundarios y que a su vez generan mayores valores de intercepción de precipitación (García-Estringana et al. 2010), que no es disponible para el suelo, modificando los balances hídricos (Cuartas et al. 2007). De ahí la necesidad de proteger estas áreas, que funjan como zonas de amortiguamiento para el sostén de los suelos, además de enriquecer y proteger el recurso hídrico.

### **Áreas de protección absoluta**

Es de suma importancia mantener zonas dentro de la cuenca áreas con una protección absoluta, en donde la única perturbación permitida sea por causa natural, estas zonas deben ser además áreas de gran interés para la protección del recurso hídrico, en el caso de las zonas establecidas en esta categoría son bosques que se encuentran como una zona transicional entre la parte media de la cuenca a la parte alta de la cuenca.

Existen algunas zonas protegidas, mantiene en su mayoría intactos los bosques, en las categorías de media y alta amenaza, para los sectores de la cuenca alta del Aranjuez, en el caso de los bosques de las partes medias y bajas, en algunos casos la susceptibilidad a cambios pasó de una baja presión a una mediana presión social (Jiménez & Saborío 2010).

El estudio sobre la estructura y caracterización de los bosques para la cuenca media del río Aranjuez indicó que los bosques seleccionados para protección absoluta son los que se encuentran menos intervenidos, estos se ubican en la zona de vida bosque muy húmedo premontano, que además presentan valores para diversidad y riqueza similares a los presentados por el bosque húmedo tropical. Los bosques en protección absoluta son los que menor presión social reciben en este momento para la cuenca media, ya que las condiciones para el desarrollo urbano no son las óptimas, sin embargo producto de las observaciones

realizadas en campo, en ellos se presenta una intervención humana en un cambio de uso de suelo de manera ilegal, ya que se están utilizando zonas de bosque para realizar actividades agrícolas como actividades cafetaleras.

Para el 2005 la mayor cantidad de cobertura forestal se ubica en la categoría de "alta" presión social con un total de 6083.9 hectáreas (66.1%).

Las zonas de mayor regeneración de la cobertura forestal, se presenta en la cuenca media del Aranjuez, tierras que alguna vez fueron sitios de uso agropecuario, actualmente cubiertos de bosques secundarios (Jiménez & Saborío 2010).

Esto muestra que es necesario proteger los bosques que aun se encuentran intactos en la cuenca media y así para la cuenca alta, lo que evitaría que la presión social sobre estas zonas aumente.

El interés de protección de estos bosques aumenta cuando se analiza que pueden servir de puente de conexión entre áreas silvestres protegidas que en conjunto con la cuenca alta del río Aranjuez formarían un bloque boscoso de alta conectividad, y de gran valor ecológico, ambiental y social.

## **Manejo de bosques**

Los bosques clasificados en esta categoría de manejo poseen una buena distribución por la cuenca media del río Aranjuez, estos se ubican en dos zonas de vida, que son el bosque húmedo tropical y el bosque húmedo tropical transición a premontano, las cuales son de las zonas más diversas en cuanto a especies, por otra parte el análisis de conglomerados del capítulo del estudio de la estructura y caracterización para estos bosques muestra como hay semejanzas entre estas dos zonas de vida, específicamente en la cuenca media, además poseen una conectividad buena, los fragmentos de bosque son menores a las 25 ha sin embargo debido a la conexión que logran entre ellos se mantiene buen equilibrio ecológico.

Para estos bosques se maneja un concepto abierto de manejo, el cual se basa en la sostenibilidad como eje fundamental del establecimiento del criterio, ya que por sus características permiten que la intervención del ser humano dentro de ellos sea factible, para manejos que busquen el bienestar tanto para el bosque como para el propietario del mismo.

Dentro de las opciones de manejo que se pueden plantear en estos bosques se encuentran los pagos por servicios ambientales, en sus tres modalidades, el PSA-Conservación, el PSA-Reforestación y el PSA- Sistemas Agroforestales, esto con el fin de que los propietarios de las fincas donde se encuentran esos bosques se

interesen en el manejo sostenible de los bosques y que al mismo tiempo reciban un incentivo por manejar sus bosques adecuadamente y bajo el esquema de sostenibilidad que se busca con esta propuesta.

Mediante este mecanismo se valoran los servicios ambientales que los propietarios de bosque producen al mantener sus tierras con cobertura forestal, con la idea de que los propietarios conserven los fragmentos de bosque, y regeneren áreas degradadas para obtener un beneficio económico bajo esta modalidad y no dedicar la tierra a actividades de ganadería, agricultura, u otras actividades no sostenibles económica o ambientalmente (De Camino *et al*, 1999).

## **Pastos y pastos arbolados**

Como parte de un manejo integrado de la cuenca media del río Aranjuez se establecieron una serie de zonas que se encuentran actualmente bajo un uso de suelo enfocado en las pasturas, estas áreas no sufrieron un cambio de uso del suelo en la propuesta presentada ya que es necesario el desarrollo de actividades agrícolas dentro de la cuenca, estos pastos y pastos arbolados estarían alrededor de bosques con una buena conectividad por lo que no afectarían a los bosques aumentando la fragmentación.

Lo que busca esta propuesta de manejo para estas zonas es que estas áreas estén dedicadas a las actividades agrícolas complementarias a la ganadería o bien sustitutas de la misma, y que por medio de

convenios entre propietarios de las fincas en donde se encuentran estas áreas se logre un mayor desarrollo de la zona, implementando cultivos que no pueden establecerse con una presencia arbórea mayor y que han venido en aumento dentro de la cuenca, además de dar un enfoque integral al manejo de toda la cuenca media en donde como Jiménez & Saborío (2010) lo reportan la ganadería ha venido disminuyendo en los últimos años por lo que áreas devastadas por esta actividad han venido regenerándose formando bosques secundarios o bien siendo utilizadas para otro tipo de actividades, que son el único ingreso de muchas familias que habitan dentro de la cuenca.

#### **Uso urbano**

El uso del suelo para desarrollo urbano no sufrió ninguna modificación con respecto al uso actual de la tierra, se mantienen alrededor de 2,4 ha para este tipo de uso, sin embargo no hay que dejar de lado aquellos asentamientos urbanos pequeños que se ubican dentro de la cuenca media, lo que hace incrementar a ese valor, sin embargo ya son pequeños pueblos ya establecidos y lo que se busca es que por medio de la propuesta alcancen un desarrollo sostenible.

#### **Otros usos**

En esta categoría de manejo se establecen áreas que en la actualidad no pertenecen a ninguna de las categorías antes mencionadas, la principal es donde se ubica el cauce del río Aranjuez, la cual ya se encuentra protegida por una zona protectora de 50 metros, además esta categoría incluye algunas otras áreas que no pertenecen a donde se ubica el cauce del río sino más bien son áreas ubicadas en las cercanías de otras categorías propuestas, esto se debe a que son terrenos desnudos, así como zonas de deslizamiento, por lo que estas áreas quedan con una categoría abierta ya que se encuentran imposibilitadas para realizar un manejo adecuado, por lo que se ubica en esta categoría a la espera de una regeneración natural para formar parte de los bosques secundarios de la zona, o bien una reforestación cuando estudios en el área así lo indiquen.

## **Conclusiones**

Con base en los estudios de caracterización y estudio del grado de fragmentación se establecieron un total de siete categorías para el manejo integrado y sostenible de los bosques de la cuenca media del río Aranjuez.

Las zonas prioritarias son: bosques para conservación, protección absoluta y zonas de protección.

Los bosques de las zonas bajas de la cuenca media son los que principalmente necesitan un enriquecimiento de especies propias de la zona.

Los bosques de la parte alta son los que se clasifican como bosques de protección absoluta debido a que son los menos intervenidos y poseen una riqueza y diversidad importante.

Los bosques para conservación se ubican en la zona de vida bosque húmedo tropical, que es la zona con los bosques más ricos y diversos, estos bosques son parches mayores a las 50 ha.

Una zona de amortiguamiento de 12 metros de ancho en los bosques que colindan a usos de suelo como pastos y pastos arbolados, aumentara la conectividad de los bosques, disminuirá la fragmentación así como el efecto de borde.

La agroforestería viene a ser una iniciativa para aumentar la cobertura arbórea en zonas degradadas por el uso agrícola mayores a las 10 ha.

Para el desarrollo de la propuesta es necesaria la integración del Estado, la empresa privada y sobre todo de los propietarios y habitantes de las zonas estudiadas.

## **Recomendaciones**

Realizar estudios similares en la cuenca baja y cuenca alta del río Aranjuez para emitir criterios integrales para toda la zona en estudio.

Realizar campañas de capacitación en los diferentes asentamientos urbanos dentro de la cuenca media para concientizar a la población.

Potencializar el vivero forestal ubicado dentro de la cuenca media para poder realizar campañas de reforestación de las áreas señaladas en la propuesta.

Incentivar los PSA dentro de la cuenca media ya sea con convenios con FONAFIFO o bien realizando un sistema propio para el pago de estos servicios.

## Literatura consultada

Bruijnzeel, LA. 2004. Hydrological functions of tropical forests: Not seeing the soil for the trees? Agriculture, Ecosystems y Environment 104(1):185-228.

Cuartas, LA; Tomasella, J; Nobre, AD; Hodnett, MG; Waterloo, MJ; Múnera, JC. 2007. Interception water-partitioning dynamics for a pristine rainforest in Central Amazonia: Marked differences between normal and dry years. Agricultural and Forest Meteorology 145(1-2):69-83.

Garcia-Estringana, P; Alonso-Blázquez, N; Alegre, J. 2010. Water storage capacity, stemflow and water funneling in Mediterranean shrubs. Journal of Hydrology 389 (3-4):363-372.

Finegan, B. 1992. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. Forest Ecology and Management 47(1-4):295-321.

De Camino, R. Ballester, A., Breitling, J. 2008. Políticas de Recursos Naturales en Centroamérica: Lecciones, Posiciones y Experiencias para el Cambio. COSUDE, Alianza de Aprendizaje para la Conservación de la Biodiversidad en el Trópico Americano. Universidad Para La Paz, Departamento Ambiente, Paz y Seguridad. 329 p.

FAO, 2001. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales: Causas y Tendencias de la deforestación en América Latina. FRA 2000 Documento de trabajo no. 52, Roma, Italia. (en línea). Consultado 19 octubre 2010. Disponible en

FAO, 2005. Global Forest Resources Assessment 2005 – Progress towards sustainable forest management. 2006. FAO Forestry Paper No. 147. Roma, FAO. ISBN 92-5-105481-9.