



**UNIVERSIDAD DE ALCALÁ
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA**

**Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas.
Efectos sobre la diversidad de árboles**

**Memoria presentada para optar al grado de
Doctor por la Universidad de Alcalá
Luis Cayuela Delgado**

Alcalá de Henares, Enero de 2006



Universidad
de Alcalá

DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA

José María Rey Benayas, Profesor Titular de Ecología de la Universidad de Alcalá,

HACE CONSTAR:

Que el trabajo descrito en la presente memoria, titulado “**Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas. Efectos sobre la diversidad de árboles**”, ha sido realizado bajo su dirección por D. Luis Cayuela Delgado en el Departamento de Ecología de la Universidad de Alcalá, y reúne todos los requisitos necesarios para su aprobación como Tesis Doctoral.

Alcalá de Henares, a nueve de enero de dos mil seis,

Dr. José María Rey Benayas

Dr. José María Rey Benayas
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO

“Fui al bosque porque quería vivir deliberadamente, afrontar sólo los hechos esenciales de la vida, y ver si podía aprender lo que ésta tenía que enseñar, y no, a la hora de la muerte, descubrir que no había vivido.”

HENRY DAVID THOREAU

“Y la destrucción de la naturaleza no es solamente física, sino una destrucción de su significado para el hombre, una verdadera amputación espiritual y vital de éste. Al hombre, ciertamente, se le arrebató la pureza del aire y del agua, pero también se le amputa el lenguaje, y el paisaje en el que transcurre su vida, lleno de referencias personales y de su comunidad, es convertido en un paisaje impersonalizado e insignificante.”

MIGUEL DELIBES

Agradecimientos

Casi todo lo que hay en esta tesis es, fundamentalmente, una labor colectiva, aunque muchas veces los que han contribuido no sean del todo conscientes de ello o quieran restar importancia a su contribución. Sin embargo, sin la aportación de todos y cada uno de ellos, este trabajo no habría sido posible. Por eso, muchas gracias a todos de corazón.

Sin duda, al que más le debo es a José María, a quien debe atribuirse la autoría de esta tesis tanto como a mi. Él me ha sabido aconsejar y guiar con paciencia en las muchas ocasiones en las que he requerido de su experiencia y conocimiento. Pero también ha sabido escuchar y dejar sitio a mis iniciativas y a mis ideas. He disfrutado mucho de este trabajo, a pesar de las muchas dificultades que han ido surgiendo. Y todo ello es gracias a ti. Por ser un buen maestro y amigo, gracias.

A Duncan también le estoy muy agradecido. Las muchas y acaloradas discusiones que hemos tenido a lo largo de estos tres años me han servido para aprender a separar el grano de la paja y para darme cuenta de que, muy a mi pesar, sigo sin saber nada. Duncan ha estado ahí cuando he necesitado sus consejos y ha sabido darme, en todo momento, una visión crítica de mi trabajo. A él también gracias porque esta tesis es también, en parte, suya.

Javier me ha enseñado todo lo que sé sobre teledetección. Suyo es mucho del empuje inicial de este tesis. Mario, con su experiencia, ha sabido aconsejarme sabiamente en múltiples ocasiones. Igualmente agradecido le estoy a Nep, quien ha sabido transmitirme su pasión por la botánica y con el que he compartido muy gratos momentos en el campo. A Miguel le debo más que las gracias. No hay palabras para expresar mi gratitud. Ha sido un excelente compañero de trabajo en el campo y en el laboratorio y ha demostrado estar siempre a la altura de las circunstancias. Si tan sólo hubiera alcanzado a aprender una décima parte de lo que él sabe, no habría hecho falta esta tesis para doctorarme. Ana, que fue profesora mía de estadística durante la carrera, ha tenido la paciencia de seguir ayudándome durante el doctorado. Por enseñarme a navegar por el mar turbulento de la estadística, gracias.

Otro grupo al que le estoy muy agradecido es al Departamento de Silvicultura de la Universidad Austral de Chile. A Antonio por mostrarse siempre tan dispuesto a echarme una mano en lo que hiciera falta. A Cristian por haber invertido muchas horas de su valioso tiempo en ayudarme con los análisis espaciales de fragmentación. A Adison, Zamorano, Neira, Pato, Rocío, Pancho, Fernando y todos los demás, gracias por compartir las salidas de terreno, los asados, los partidos de fútbol, las partidas de pool y el carrete valdiviano.

Compañeros de viajes y fatigas también han sido Angélica y Luis. La amistad que ahora me une a ellos trasciende la barrera de lo profesional. Con ellos he compartido grandes momentos en el campo y en la oficina, pero también en la cancha de fútbol, en los bares de San Cristóbal frente a una botella de tequila (¡qué hubiera sido sin el bar de Charlie!), en la mesa, en las catas de vinos con Mario, Nep, Guadalupe y Lorena, en la playa (de Oaxaca al Mediterráneo), y en innumerables sitios más. Es gracias a ellos que me siento medio mexicano. La tesis es un largo camino académico, pero también lo es en lo personal. Gracias por haber conseguido que el camino personal haya sido, no sólo más grato, sino también más enriquecedor.

La gente del departamento también ha hecho su pequeña gran aportación a esta tesis. Sin ellos, el trabajo sería sólo trabajo. Con ellos, es mucho más: los cafés y tertulias matutinas, las comidas en Ruzafa, las actividades deportivas (¡que conste que fui campeón no proclamado del master PEHE-tenis!) y lúdico-festivas y, sobretodo, la amistad que a lo largo de estos años me ha ido uniendo a ellos. Ojalá que dure por muchos

años. Gracias a esa organización clandestina, el PEHE, y a todos los que hacen posible su funcionamiento, aunque Marta se empeñe en seguir quitando gente de la lista de distribución de correo. A Ana, también gracias por ayudarme siempre con los papeleos y por preocuparte por lo personal tanto o más que por lo profesional. No sé que haría este departamento sin ti.

Por supuesto, también me debo (y debo este trabajo) a mi familia, que me han dado la oportunidad de descubrir lo que me gusta, y de dedicarme a ello. Ellos me han apoyado siempre, a pesar de no saber muy bien a qué es a lo que me dedicaba. Mis padres me han enseñado mucho. De mi padre he aprendido a ser constante y perseverante, y a afrontar cualquier problema que venga con calma. De mi madre, la paciencia, la resignación ante los avatares de la vida y el saber disfrutar de las muchas pequeñas cosas del día a día. A mis hermanos les estoy más que agradecidos. Cualquier palabra que diga se queda corta. Con ellos me he sentido siempre arropado y protegido, y en ellos he encontrado muchas veces la fuerza que a mi me ha faltado. A todos ellos, gracias de corazón por estar ahí.

A mis amigos, gracias por los buenos y malos momentos que hemos compartido juntos. Cada uno vamos eligiendo nuestro propio camino, y a pesar de todo, seguimos juntos.

Y por último, pero no por ello menos importante, a Graciela. A ti te debo el apoyo y la comprensión que me has dado durante todo este tiempo. Has aguantado más de lo que tendrías que haber aguantado por dejarme perseguir mis sueños e ilusiones. Espero poder recompensarte alguna vez. Y espero tener toda una vida para hacerlo.

Luis

Índice

Capítulo 1. Introducción general.....	1
Capítulo 2. Métodos generales.....	9
Capítulo 3. Classification of a complex landscape using Dempster-Shafer theory of evidence	
Resumen en castellano.....	23
3.1. Introduction.....	25
3.2. Material and methods.....	26
3.3. Results.....	32
3.4. Discussion.....	37
3.5. Conclusions.....	40
Capítulo 4. The extent, distribution, and fragmentation of Montane Cloud Forest in the Highlands of Chiapas, Mexico	
Resumen en castellano.....	47
4.1. Introduction.....	49
4.2. Methods.....	51
4.3. Results.....	54
4.4. Discussion.....	60
4.5. Conclusions.....	62
Capítulo 5. Clearance and fragmentation of tropical montane forests in the Highlands of Chiapas, Mexico (1975-2000)	
Resumen en castellano.....	67
5.1. Introduction.....	69
5.2. Methods.....	70
5.3. Results.....	72
5.4. Discussion.....	77
5.5. Conclusions.....	81
Capítulo 6. Modelling tree diversity in a highly fragmented tropical montane landscape for conservation prioritisation	
Resumen en castellano.....	87
6.1. Introduction.....	90
6.2. Material and methods.....	91
6.3. Results.....	94
6.4. Discussion.....	99
Capítulo 7. Synergistic effects of landscape fragmentation and local disturbance on tree diversity in tropical montane forests	
Resumen en castellano.....	113
7.1. Introduction.....	116
7.2. Methods.....	117
7.3. Results.....	121
7.4. Discussion.....	125
Capítulo 8. Conclusiones generales.....	135