

Capítulo 9

Conclusiones generales

Conceptuales

1. El deslizamiento ha mostrado una importante heterogeneidad abiótica a causa de las diferencias en la fertilidad y la estabilidad de los sustratos. Además de las zonas altas erosivas (inestables e infértiles) y las zonas bajas deposicionales (estables y fértiles) descritas en otros deslizamientos, en el deslizamiento del Volcán Casita se han identificado zonas intermedias o "de transición" y zonas deposicionales situadas a media ladera. Dentro de estas zonas se han diferenciado áreas muy diferentes en relación con el contexto ecológico externo del deslizamiento.
2. Tres años después de la perturbación, la distribución espacial de la vegetación pionera y de los atributos morfo-funcionales característicos de las comunidades vegetales en el deslizamiento del Volcán Casita ha estado fuertemente influida por factores que no siguen un gradiente altitudinal como son la presencia relicta de suelo original o la incidencia reciente de perturbaciones humanas. En general, las comunidades pioneras situadas en las zonas del deslizamiento más estrechas y más próximas al bosque adyacente, no han presentado una mayor similaridad composicional con las comunidades de este último. Este resultado contrasta con los de otros estudios realizados en deslizamientos y parece deberse tanto a la existencia de barreras físicas que dificultan la dispersión entre el bosque y el deslizamiento, así como a la inestabilidad y la escasa fertilidad de los sustratos edáficos en la mayor parte de estas zonas.
3. Durante los cuatro años del periodo de estudio la vegetación leñosa ha mostrado patrones y causas de sucesión mucho más claros que la herbácea. En la mayor parte de los sectores se han observado cambios temporales muy significativos en la riqueza específica. A partir de un elevado reclutamiento inicial, se han detectado dos episodios de disminución en la riqueza de leñosas, mientras que la riqueza de herbáceas ha disminuido durante todo el periodo. Ello sugiere una fuerte selección ambiental tras la colonización y la exclusión de muchas de las especies oportunistas que se establecieron inicialmente el deslizamiento. La dominancia de unas pocas especies ha provocado el aumento de la divergencia composicional entre las distintas zonas del deslizamiento y la convergencia dentro de cada una de ellas.
4. La riqueza específica, la biomasa, la composición de especies y la abundancia de atributos morfo-funcionales en las comunidades vegetales, han experimentado diferencias más significativas entre las distintas áreas del deslizamiento que a lo largo de los cuatro años del periodo de estudio, lo que indica que la heterogeneidad ambiental ha jugado un importante papel en el desarrollo de los distintos patrones de sucesión temprana.
5. En los "sectores deposicionales" la biomasa leñosa ha aumentado de forma significativa debido al rápido crecimiento de dos especies de árboles pioneros muy dominantes: *Trema micran-*

tha y *Muntingia calabura*. El desarrollo del dosel arbóreo ha provocado una disminución en la biomasa del estrato herbáceo. En el sector deposicional situado a media ladera, cerca del límite del bosque adyacente, se ha detectado la aparición de especies propias de este último durante los últimos años del periodo de estudio. En los "sectores erosivos" la acumulación de biomasa leñosa ha sido escasa. El patrón de cambios de la riqueza específica y la composición de especies, tanto leñosas como herbáceas, ha sido distinto según sectores, apareciendo el contenido en nutrientes como el factor más significativo en la explicación del cambio. En los "sectores transicionales" se han detectado valores de biomasa herbácea muy elevados a los tres años de la perturbación, mientras que la riqueza ha mostrado un descenso progresivo que se acentúa durante el último periodo debido a la incidencia del fuego. Ello ha dado lugar a un importante cambio en las trayectorias de composición específica debido a la expansión de algunas especies oportunistas tanto leñosas como herbáceas. La incidencia del fuego ha sido el factor más significativo en la explicación del cambio en estos sectores.

6. El patrón espacial general de colonización ha estado muy influenciado por las distintas pautas de dispersión y el establecimiento de las especies dominantes en cada uno de los sectores, en respuesta a las diferentes condiciones existentes en los mismos. En los sectores deposicionales se ha producido un incremento de la regularidad explicable por el desarrollo de interacciones negativas entre los individuos de *Trema micrantha* y entre los individuos de esta especie y los de *Muntingia calabura*. En los sectores erosivos se ha producido un incremento de la agregación debido a la influencia que tienen las pequeñas diferencias en las condiciones edáficas existentes dentro de las parcelas, en el establecimiento de las plántulas de *Wigandia urens*. En los sectores transicionales se ha detectado un incremento de la agregación que se relaciona con la incidencia del fuego.

7. Los individuos de *Trema micrantha*, la especie más abundante y conspicua del deslizamiento, mostraron patrones de crecimiento diferenciados dependiendo de la estabilidad geomorfológica y la fertilidad de las distintas áreas del deslizamiento. En las más estables y fértiles se detectaron evidencias de competencia asimétrica por la luz entre los individuos establecidos y las plántulas de esta especie, así como el desarrollo de respuestas plásticas consistentes en una modificación del patrón de crecimiento frente a la misma.

8. Los patrones de sucesión en el deslizamiento del Volcán Casita durante los cuatro primeros años tras la perturbación han estado muy influenciados por las características del medio físico y el contexto ecológico externo. Las principales causas del cambio se relacionan con la fertilidad de los sustratos y con la incidencia de las perturbaciones humanas. Esto permite destacar la importancia de la heterogeneidad ambiental y las perturbaciones humanas en la sucesión ecológica en deslizamientos situados en áreas de clima tropical seco, cuando estos tienen la suficiente extensión y complejidad. Asimismo, corrobora los resultados de otros trabajos en los que se ha destacado la fuerte interacción entre los deslizamientos y otras perturbaciones que actúan y generan heterogeneidad a distintas escalas.

Metodológicas

9. Los métodos de análisis espacial utilizados [las funciones de densidad $K(t)$ y $J(t)$] permiten inferir la existencia de determinados procesos a partir de datos cuya medición es relativamente sencilla y constituyen una valiosa herramienta para generar hipótesis testables acerca de las principales interacciones que tienen lugar durante la sucesión ecológica, por lo que su uso está altamente recomendado en los estudios de este proceso. La función $J(t)$, escasamente utilizada en ecología vegetal, resulta muy apropiada para el análisis de patrones espaciales en los que predominan las distancias menores de un metro, comunes en comunidades pioneras dominadas por plantas leñosas de bajo porte.

Aplicaciones

10. La sucesión temprana en deslizamientos de ladera situados en zonas de clima tropical seco tiene características muy diferentes a las descritas para deslizamientos situados en bosques tropicales húmedos. Es posible que a pesar de su frecuencia relativamente baja, el efecto de los deslizamientos sea más intenso en el trópico seco, y que la sucesión en los mismos esté mucho más determinada por la heterogeneidad ambiental y la incidencia de perturbaciones humanas. Teniendo en cuenta lo anterior, los deslizamientos de ladera pueden jugar un papel más importante del que habitualmente se les ha asignado en la dinámica del bosque tropical seco.

11. Los estudios sobre la sucesión ecológica en grandes deslizamientos situados en zonas humanizadas con clima tropical seco no deberían concebirse como el análisis de la respuesta de los ecosistemas ante un único proceso (la perturbación a gran escala que supone el deslizamiento), sino ante un conjunto jerárquico de procesos que actúan y generan heterogeneidad a diferentes escalas, y entre los cuales las perturbaciones humanas juegan un importante papel.

12. Las estrategias de restauración en el deslizamiento del Volcán Casita deben aspirar a la rehabilitación de ecosistemas capaces de proporcionar servicios ambientales y recursos económicos a las comunidades locales. Para ello, es preciso diferenciar las áreas que van a ser restauradas de aquellas en las que no se va a realizar ningún tipo de intervención o estas van a ser poco intensas. En los sectores erosivos pueden llevarse a cabo actuaciones de bajo coste y escaso mantenimiento como la creación de zonas cóncavas artificiales o la siembra de especies locales que contribuyan a la estabilización y la mejora del sustrato. En los sectores transicionales es necesario diseñar estrategias que contribuyan a evitar la expansión de incendios desde zonas adyacentes reduciendo la cobertura de herbáceas pirófitas, para lo que puede emplearse la inclusión controlada de herbívoros. En los sectores deposicionales, deberían conservarse con rigor los bosques dominados por especies pioneras aún existentes, y las plantaciones de especies exóticas realizadas en los últimos años con el objetivo de producir leña deberían ser sustituidas por otras de especies de crecimiento rápido que, además de suministrar combustible a los pobladores locales, faciliten el establecimiento de especies tardías en el sotobosque.