

Conectando la intensificación el uso del suelo, las comunidades vegetales y los procesos ecosistémicos en las tierras bajas de Bolivia.

Geovana Carreño-Rocabado

Tesis doctoral de la Universidad de Wageningen, Holanda

Resumen

La intensificación del uso del suelo (IUS) es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad con consecuencias negativas para los procesos y servicios ecosistémicos. Para evaluar y predecir estos impactos es necesario estudiar un gradiente amplio de IUS que incluya tanto sistemas naturales como sistemas antrópicos. Dado que la IUS causa al mismo tiempo alteraciones en los factores abióticos y bióticos, los efectos en los procesos ecosistémicos pueden producirse a través de dos vías: una vía directa, a través de cambios en las condiciones ambientales, y una vía indirecta, a través de cambios en las comunidades vegetales. Se espera que un incremento en la IUS a) favorecerá a especies de estrategias adquisitivas (especies con crecimiento rápido) en perjuicio de especies con estrategias conservadoras (especies de crecimiento lento), b) disminuirá la diversidad funcional, y c) aumentará la tasa de descomposición y productividad primaria debido al aumento de especies adquisitivas. Dado que se conoce poco sobre estos mecanismos en esta tesis investigué cómo la intensificación del uso del suelo afecta al ensamblaje de las comunidades vegetales y los procesos ecosistémicos en las tierras bajas tropicales de Bolivia. Usando el marco conceptual de caracteres funcionales de *respuesta* y de *efecto* evalué: 1) cómo la comunidad vegetal responde a la IUS (capítulo 2 y 3), 2) el efecto de la comunidad vegetal sobre la descomposición de hojarasca (capítulo 4 y 5) ?, y 3) la importancia relativa de los efectos directos e indirectos de la IUS en los procesos ecosistémicos (capítulo 5 y 6).

Para alcanzar estos objetivos usé dos gradientes de IUS: un gradiente amplio que incluyó cinco usos de suelo que difieren en las formas de vida de las comunidades vegetales (bosque maduro, bosque aprovechado, bosque secundario, cultivo y pasturas) y un gradiente estrecho que incluyó cuatro niveles de perturbación causados por el aprovechamiento forestal y aplicación de prácticas silviculturales (bosque sin aprovechamiento, y tres bosque sujetos a uno de los tres niveles de intensidad de aprovechamiento y prácticas silviculturales). La respuesta de la comunidad vegetal a la IUS fue evaluada en base a la diversidad de especies y las propiedades funcionales de la comunidad, mientras que el efecto en los procesos ecosistémicos fue estudiado en base a diferencias en la tasa de descomposición de la hojarasca (pérdida de biomasa, en adelante denominado descomposición). Para medir las propiedades funcionales de la comunidad evalué la composición funcional usando la media ponderada de la comunidad (MPC) y la diversidad funcional usando métricas de variación y dispersión de caracteres individuales (coeficiente de variación y curtosis), e índices calculados usando caracteres múltiples (índice de riqueza, equidad y divergencia funcional). La descomposición fue mediada a nivel de especie y a nivel de comunidad usando tres experimentos: una cama de descomposición común donde se incubó hojarasca de 23 especies de plantas características de tres tipos de uso de suelo, material estándar incubado en los diferentes usos de suelo para evaluar el efecto de diferencias en factores ambientales, y un experimento de trasplante recíproco incubando hojarasca de cada tipo de uso de suelo en

todos los diferentes usos de suelo para evaluar la importancia relativa de factores ambientales y calidad de hojarasca en la descomposición. Los cambios en la comunidad vegetal a lo largo del gradiente amplio de IUS y los efectos en la tasa de descomposición fueron evaluados comparando los usos de suelo después de la perturbación antrópica, mientras que los cambios a lo largo del gradiente estrecho de IUS fueron evaluados como la diferencia relativa entre antes y después de la perturbación. Finalmente, hice un análisis de rutas y ecuaciones estructurales para determinar el efecto causal de la IUS en las propiedades funcionales de la comunidad vegetal y en la tasa de descomposición.

En el capítulo 2 encontré que al incrementar la IUS, la comunidad vegetal fue dominada por especies con caracteres funcionales adquisitivos. Estos resultados confirman parcialmente otros estudios que encontraron que los caracteres relacionados a la estrategia de uso y adquisición de recursos de las plantas, como el área foliar específica, el contenido foliar de materia seca, la concentración de nitrógeno y fósforo foliar, son sensibles y responden a la IUS. Sin embargo, también encontré que el bosque secundario, que se encuentra en una posición intermedia en el gradiente de IUS, tuvo caracteres más conservadores (ej. baja área foliar específica y alta fuerza física de las hojas) que el bosque maduro. Además tanto el bosque secundario y los cultivos, tuvieron mayor diversidad funcional (alto coeficiente de variación y baja curtosis) que los sistemas en los extremos del gradiente (bosque maduro y pasturas). Los resultados sugieren que tanto las diferencias en la MPC como en diversidad funcional fueron el resultado de filtros ambientales y de manejo.

En el capítulo 3 encontré que al incrementar la IUS la comunidad vegetal cambió de especies dominantes con caracteres funcionales conservadores a especies con caracteres adquisitivos, es decir la comunidad arbórea cambió de especies que invierten más recursos en la construcción de hojas (altos valores en contenido de materia seca foliar), hojas bien defendidas (altos valores en fuerza física de las hojas) y hojas con larga persistencia a especies con características opuestas. Estos cambios fueron mayormente influenciados por el reclutamiento de nuevos individuos (individuos que alcanzaron 10 cm de diámetro ocho años después de la perturbación) más que por el crecimiento de los individuos sobrevivientes. Estos resultados sugieren que los cambios en la comunidad vegetal son el resultado de filtros ambientales como el incremento en la disponibilidad de luz debido a los claros de aprovechamiento y a la muerte de árboles dañados a lo largo del tiempo. A pesar que la diversidad funcional cambió a lo largo del gradiente amplio de IUS, ninguno de los tres índices calculados con caracteres funcionales relacionados a la productividad primaria y la descomposición de hojarasca respondieron a las intensidades de perturbación a lo largo del gradiente estrecho de IUS.

En el capítulo 4 encontré que la tasa de descomposición a nivel de especie fue mayor para especies características de cultivos, seguidas por especies características de bosque secundario y bosque maduro. Las 23 especies estudiadas pertenecen a diferentes grupos funcionales y ocuparon diferentes posiciones a lo largo del gradiente de balance económico de la hoja (LES por sus siglas en inglés). Esta variación estuvo asociada a la calidad de las hojas frescas. Más de la mitad de los caracteres funcionales de las hojas frescas y hojarasca estuvieron correlacionados entre sí (ej. la concentración de nutrientes de las hojas), lo que significa que la posición que las especies ocupan en un gradiente de concentración de nutrientes es el mismo antes y después de la senescencia de las hojas. Los análisis de regresión múltiple mostraron que la concentración de nitrógeno foliar, el área foliar específica y el contenido de clorofila por unidad de área tuvo un efecto positivo en la tasa de descomposición, explicando entre el 65 a 69% de la variación en la tasa de descomposición. La posición de las especies a lo largo del LES y los requerimientos de luz influyeron también positivamente en la tasa de descomposición.

En el capítulo 5 encontré que tanto las diferencias a lo largo del gradiente de IUS en condiciones ambientales (efecto directo) y en la calidad de hojarasca (efecto indirecto) influyeron en la tasa de descomposición. El efecto indirecto fue más importante en la tasa de descomposición (explicando un 48% de la variación) que el efecto directo (que explicó solo un 17% de la variación). Con un incremento en la IUS las condiciones ambientales fueron menos favorables para la descomposición potencial (medida como la pérdida de biomasa de material estándar); en consecuencia la tasa de descomposición potencial fue mayor en el bosque maduro y el aprovechado, seguido por el bosque secundario y al final los cultivos y las pasturas. Dado que las propiedades del suelo influyeron poco en la descomposición, es posible que el efecto directo de la IUS en la descomposición potencial se dio a través de diferencias en las prácticas de manejo, comunidad de descomponedores, y otros factores climáticos no medidos. La IUS también influyó en la calidad de hojarasca. La hojarasca perteneciente al bosque maduro, al bosque aprovechado y al bosque secundario tuvo altas concentraciones de lignina, taninos y nitrógeno, mientras que la hojarasca perteneciente a los cultivos y pasturas tuvo alta concentración de celulosa. Como consecuencia, la descomponibilidad de la hojarasca aumentó con la IUS. Aunque la calidad de la hojarasca explicó más variación en la descomposición que las condiciones ambientales, no hubo diferencias en la descomposición real (descomposición de hojarasca en su propio sitio) entre los extremos del gradiente de IUS. Este resultado mostró un efecto de compensación entre las condiciones ambientales y la calidad de hojarasca. Es decir la tasa de descomposición de hojarasca de rápida descomposición incubada en ambiente no favorable (hojarasca de pasturas incubada en este uso de suelo) es similar a la tasa de descomposición de hojarasca de lenta descomposición incubada en ambiente favorable (hojarasca de bosque maduro incubada en bosque maduro).

Para relacionar el efecto de la IUS, comunidades vegetales y procesos ecosistémicos se puede utilizar el marco conceptual de "caracteres funcionales de *respuesta* y de *efecto*", en el cual los caracteres funcionales relacionados con el LES (concentración de nitrógeno foliar, área foliar específica y contenido de clorofila) son considerados como caracteres *duales*. Estos caracteres duales influyen tanto en la respuesta de la vegetación a la IUS como en la tasa de descomposición de la hojarasca producida por esta misma vegetación. Con el análisis de ecuaciones estructurales encontré que tanto la influencia directa como la indirecta determinan cambios en la tasa de producción de hojarasca debido a la IUS. Sin embargo, para explicar los mecanismos mediante los cuales las propiedades funcionales de la comunidad influyen en la tasa de descomposición es necesario realizar más investigaciones.

Los efectos de la IUS en las comunidades vegetales y procesos ecosistémicos pueden tener efectos de cascada en los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, la respuesta de la comunidad vegetal a la perturbación debido al aprovechamiento forestal y tratamientos silviculturales sugirieron que los procesos ecosistémicos como la productividad primaria y la descomposición de la hojarasca no son afectados a mediano plazo. Sin embargo, a largo plazo ambos procesos ecosistémicos pueden incrementar porque la comunidad vegetal será dominada por especies con caracteres más adquisitivos. Asimismo la alta diversidad funcional en el bosque secundario y los cultivos puede tener un efecto positivo para el mantenimiento de los diversos servicios ecosistémicos como la dispersión de semillas y la polinización de los cultivos. Finalmente, la IUS puede tener efectos negativos en la fertilidad de los suelos debido a los cambios en la calidad de hojarasca más que debido al cambio en la tasa de descomposición (dado que no hubo diferencias entre la tasa de descomposición del bosque maduro y los cultivos).

Los sistemas tropicales no sólo tienen una alta diversidad de especies, sino que también muestran una diversidad de respuestas a perturbaciones antropogénicas. En base a los resultados de esta tesis concluyo que la IUS tiene importantes consecuencias para la comunidad vegetal y los procesos ecosistémicos. Sin embargo, el alcance de estas

consecuencias contradicen algunas de las afirmaciones de teorías ecológicas actuales. Así, los incrementos en la IUS *no necesariamente* significan baja diversidad funcional en la comunidad vegetal, y condiciones ambientales menos favorables para la descomposición de hojarasca *no necesariamente* significan bajas tasas de descomposición. En vez de ello, diversos factores relacionados con las decisiones de manejo que ocurren a escala local causan una variedad de respuestas de los ecosistemas a la IUS. Esto hace posible que decisiones de manejo pueden mitigar los impactos negativos que la IUS tiene en los procesos ecosistémicos.