

Funcionamiento de dos ecosistemas contrastantes en diferentes escenarios de cambio global.

Proyecto de investigación cooperativa con financiamiento del *Inter-American Institute for Global Change Research* otorgado al Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE) de la Universidad de Los Andes. Investigador Principal: Dr. Guillermo Sarmiento

El objetivo principal de este proyecto es comprender y predecir el comportamiento de dos ecosistemas contrastantes: la selva montana y el páramo, así como el posible desplazamiento de sus límites, en diferentes escenarios de cambio climático. Este límite ha sufrido desplazamientos altitudinales importantes durante los ciclos glaciales-interglaciales del Cuaternario. Asimismo los dos glaciares actuales de los Andes Venezolanos se han ido contrayendo durante el último siglo posiblemente como consecuencia del calentamiento global, lo que implica transformaciones en los servicios ecológicos que prestan los paisajes de montaña. Para cuantificar los efectos de cambios ambientales sobre el funcionamiento de ambos ecosistemas y sobre posibles desplazamientos altitudinales analizaremos procesos funcionales claves y determinantes climáticos a diferentes escalas.

El límite entre la selva montana y el páramo en los Andes de Mérida responde a múltiples factores inter-relacionados que determinan las condiciones de temperatura, humedad y radiación y sus respectivos gradientes altitudinales. Estos gradientes son muy fuertes, determinando variaciones significativas de esos parámetros ambientales en cortas distancias. Por otra parte la expansión de la agricultura, la ganadería y otros usos de la tierra está modificando radicalmente la distribución original en áreas de uso intensivo como son varios de los mas extensos valles altiandinos. Para separar los efectos de factores climáticos de aquellos derivados de los cambios en el uso de la tierra, trabajaremos por un lado dentro del Parque Nacional Sierra Nevada, donde la influencia humana sobre selva y páramo ha sido mínima, y por otro lado en zonas de uso intensivo donde la ganadería de altura y la producción agrícola han modificado y continúan modificando substancialmente la extensión de ambos ecosistemas.

Nuestro análisis se desarrollará en primer lugar a la escala de la parcela, es decir muestras en el orden de los 100 m², donde se van a monitorear continuamente, durante dos o tres años, variables como la temperatura del aire y del suelo, el contenido de agua en el suelo y la radiación fotosintéticamente activa incidente sobre el dosel de la

vegetación (PAR). Asimismo mediremos en el caso del páramo la cobertura de las especies presentes en cada parcela, y el área basal y la densidad de cada especie arbórea en el caso de la selva montana. Igualmente se tomarán en cada parcela muestras de los diferentes horizontes del suelo para caracterizarlos desde un punto de vista físico-químico, pedogenético y ecológico.

Como las parcelas se seleccionarán siguiendo tanto el gradiente altitudinal como en función de la exposición y la pendiente de las laderas montañosas, el conjunto de este muestreo permitirá analizar la estructura del paisaje en el amplio ecotono entre ambos ecosistemas, así como el rango de variación en el tiempo y en el espacio de la temperatura, el agua disponible para las vegetación y la radiación solar en el ecotono y los dos ecosistemas limitantes.

El análisis del funcionamiento de los ecosistemas se centrará en tres aspectos principales: producción primaria, descomposición y flujos del agua, los dos primeros componentes básicos del ciclado del carbono, el tercero centrado en el agua, vector fundamental en la asimilación de nutrientes y en la evolución de los suelos y del relieve. Se medirán en condiciones de campo las tasas de asimilación de carbono y de transpiración en especies seleccionadas por su importancia en cada ecosistema. En cada caso se determinarán las respuestas de ambos procesos a la temperatura, radiación y disponibilidad de agua. Estas mediciones, repetidas en ciclos diarios en diferentes estaciones, servirán de base para modelizar la producción primaria. Por otra parte la descomposición de los materiales vegetales en el suelo será estimada mediante experimentos sencillos de campo, colocando *in situ* un material *standard* bajo diferentes condiciones a lo largo del gradiente altitudinal, y también material vegetal de las especies importantes. Así se podrán analizar independientemente el efecto de las condiciones ambientales y de la calidad del material vegetal. Siguiendo la marcha de la descomposición durante dos años se estimarán las tasas anuales de descomposición y el *turn-over* de la necromasa en las diferentes especies. A partir de esta información pueden alimentarse modelos predictivos sobre la mineralización de la materia orgánica según su composición bioquímica y bajo diferentes condiciones ambientales. Los flujos hídricos se analizarán detalladamente en dos sitios: uno en el límite superior del bosque otra en el límite inferior del páramo. Se van a monitorear durante uno o dos años procesos como precipitación vertical, precipitación horizontal (neblina), intercepción de la lluvia por la vegetación, escorrentía superficial, almacenamiento de agua en el suelo y

drenaje profundo. Con esta información y los datos sobre pérdidas por evapotranspiración se establecerán los respectivos balances hídricos anuales.

Para entender la posible dinámica de avance de un ecosistema sobre el otro analizaremos mediante experimentos sencillos en el campo, el banco de semillas en el suelo, la germinación y el establecimiento de plántulas y juveniles en microparcels de denudación. Siguiendo la colonización por dos años obtendremos una primera visión de la capacidad de establecimiento y mantenimiento de especies de selva montana en páramo y viceversa. Este estudio sobre las primeras etapas sucesionales se completará con el análisis florístico de parcelas sucesionales tardías existentes tanto en la zona de estudio en el Parque Nacional Sierra Nevada como en otras áreas que no han sido protegidas.

Esta escala de análisis a nivel de parcelas y gradientes se complementará con el estudio regional del límite bosque-páramo al nivel de los Andes de Mérida. El objetivo es mapear el límite actual, relacionándolo con variables climáticas, geológicas y topográficas. Por otra parte se determinará la magnitud de los posible cambios sufridos en los últimos 50 años, así como la influencia humana y los procesos productivos responsables de los cambios en la distribución de los ecosistemas. La herramienta fundamental para estos análisis son las imágenes remotas: fotos aéreas e imágenes satelitales. Las imágenes LANDSAT se utilizarán para el mapeo y la reconstrucción de cambios, utilizando imágenes de diferentes fechas. En tanto que imágenes MODIS servirán para analizar el comportamiento funcional de los ecosistemas expresado en la variación estacional de parámetros como el área foliar (LAI), la fracción de la radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación (FPAR) y dos índices de vegetación (NDVI y EVI) relacionados directamente con la producción primaria. Este comportamiento funcional a lo largo del año podrá luego ser relacionado con la ritmicidad de variables ambientales y con los diferentes tipos de uso de la tierra.

La información de campo y de laboratorio obtenida en las diferentes escalas de análisis servirá para alimentar diferentes modelos funcionales y de dinámica de sistemas que serán utilizados tanto para comprender el funcionamiento de las especies, ecosistemas y paisajes analizados como para predecir la respuesta de los procesos funcionales frente a alteraciones en las variables externas que los modulan. De esta manera podrán predecirse las posibles respuestas frente a los diferentes escenarios de cambio global que se esperan pudieran tener lugar en el futuro próximo y permitan tomar medidas adecuadas cuando corresponda.

Este proyecto de investigación, aunque centrado esencialmente en el análisis de procesos ecológicos y ambientales, proveerá sin duda de una información insustituible a las instituciones y organizaciones involucradas en el manejo ambiental, el uso sustentable de los recursos naturales y la planificación del uso de la tierra. Nos proponemos establecer desde el inicio un estrecho contacto con las mismas de modo de facilitar la transferencia de conocimientos y de utilizar al máximo la experiencia existente.

El proyecto ha sido planificado para una duración de 42 meses, comenzando en Julio del 2006 y finalizando en diciembre del 2009. Participarán en el mismo un nutrido grupo de investigadores y profesores del ICAE, así como numerosos estudiantes de pregrado, de Maestría y de Doctorado, tanto del ICAE como de otras Facultades e institutos de la ULA.

Finalmente hay que destacar que este proyecto forma parte esencial de una Red de Investigación Cooperativa financiada por el IAI, la red LEAF, dirigida a analizar esta misma problemática en diferentes zonas ecológicas de las Américas, desde los Andes Australes de Argentina, pasando por las sierras centrales de ese país y las altiplanicies del sur de Brasil, hasta el límite del bosque boreal en Canadá. Dos universidades y dos institutos del CONICET constituyen la contraparte Argentina del proyecto, junto a una universidad en Brasil y dos universidades en Canadá. El constituir esta red no solamente nos asegura una comparabilidad en los resultados sino que fortalece tanto a los equipos participantes como el intercambio científico y la formación de recursos humanos al mas alto nivel.