

ASPECTOS DE LA DINAMICA DEL NITROGENO DE PARCELAS CON DIFERENTES TIEMPOS DE DESCANSO EN EL PÁRAMO DE GAVIDIA (ANDES VENEZOLANOS)

Anairamiz ARANGUREN B. y Maximina MONASTERIO

Centro de Investigaciones Ecológicas
de los andes tropicales (CIELAT)

Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, Mérida-Venezuela

Introducción

Los ecosistemas y agrosistemas que se encuentran en la alta montaña tropical se caracterizan por ser complicados y frágiles (Winiger, 1983), ya que además de las características ambientales como las bajas temperaturas, las oscilaciones térmicas entre el día y la noche, las bajas tasas de descomposición, etcétera; existe una dinámica cultural dada por la presencia de comunidades indígenas y campesinas que habitan en estas zonas desde hace mucho tiempo. Esta variabilidad natural y humana requiere ser abordada de manera integral usando elementos de las ciencias naturales y de las ciencias sociales que incluyan aspectos de la comunidad y de las condiciones económicas de éstas. Por esta razón surge la necesidad de un enfoque interdisciplinario como los realizados por la UNESCO a través de su Programa El Hombre y la Biosfera y los de la Unión Biológica Internacional-MAB, en su programa Estudios Comparativos de Montañas Tropicales (MAB, 1981; UNESCO- MAB, 1985).

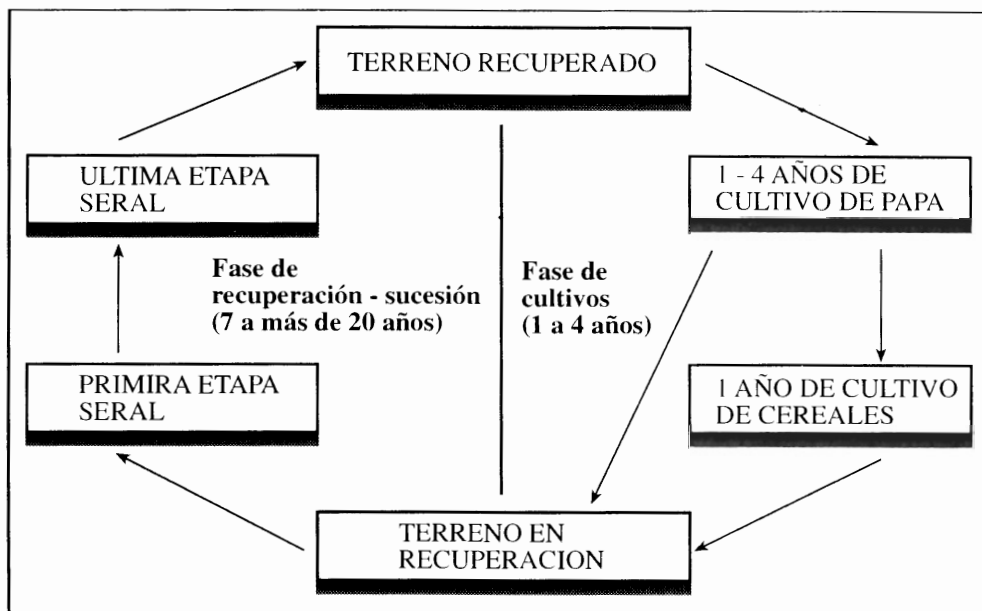
Actualmente cuando se habla de agroecosistemas, incluyendo la utilización agrícola y pecuaria, surge la preocupación por el desarrollo sostenible y por el deterioro de los sistemas naturales particularmente en áreas frágiles. El concepto de desarrollo sostenible, enunciado inicialmente por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988) define este tipo de desarrollo como "aquel que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". Este concepto incluye tres elementos importantes: la cobertura de las necesidades básicas en la presente generación, la capacidad de los sistemas naturales para lograrlo y la cobertura de las necesidades de generaciones futuras (Provencio y Carabias, 1993). En los trópicos se tienen un gran abanico de posibilidades, que incluyen agroecosistemas altamente tecnificados con grandes flujos de entrada y salida, muy dependientes de los cuidados del productor agrícola o empresario hasta sistemas que integran los cambios de la sucesión ecológica, con una productividad baja por unidad de superficie e integrados a las comunidades campesinas (agricultura migratoria o de tala-tumba y quema). Estos últimos ocupan un 60 % de las tierras cultivadas en el trópico (Altieri et al., 1983) por lo que son importantes desde el punto de vista de la superficie y del número de personas que lo practican en los

trópicos. Los sistemas tradicionales parecen tener fundamentos ecológicos profundos y exhiben rasgos de estabilidad económica, elasticidad biológica y productividad (Aweto, 1981; Brush, 1980; Ewel, 1986; Flores, 1979; Gliessman, 1982; Monasterio y Garay, 1986; Watters, 1971).

Un caso de estudio son los agrosistemas tradicionales existentes en los páramos venezolanos, en particular en Gavidia, en donde se manejan los cambios de la sucesión ecológica (Monasterio, 1983). Gavidia es una comunidad eminentemente agrícola, el principal cultivo es la papa (*Solanum tuberosum* subesp. *andigenum* y subesp. *tuberosum*) aunque también hay cereales como trigo, cebada (*Triticum* spp.; *Hordeum vulgare*). Las variedades de papa que se sembraban, hasta hace pocos años, eran principalmente de la subespecie *andigenum*, pero por un proceso de cambios y transferencia tecnológica se ha ido sustituyendo esta subespecie por la papa blanca (subesp. *tuberosum*). Las técnicas agrícolas consisten en un arado dos o tres meses antes de la siembra, la siembra utilizando bueyes y mano de obra principalmente familiar o de trabajo comunitario (mano vuelta), el aporque, la fertilización con abonos químicos, en el caso de que se utilicen, y la cosecha, (Acevedo et. al. 1985; Monasterio y Montilla 1987; Sarmiento-Monasterio 1988; Sarmiento-Monasterio y Monasterio, 1988 y Sarmiento-Monasterio et al., 1993). Luego de dos o tres cultivos consecutivos de una misma parcela agrícola y por diferentes criterios el campesino dueño de la tierra considera que esta debe dejarse descansando o en barbecho. La figura 1 representa la dinámica de uso agrícola (fase cultural) concatenada con el descanso y la recuperación de la vegetación natural (fase de sucesión-restauración) (tomado de Sarmiento-Monasterio et al., 1990).

Es importante mencionar que este sistema agrícola que hemos llamado tradicional es el resultado de la fusión de las tradiciones indígenas, de la herencia española y algunos elementos contemporáneos. Es un sistema que actualmente se está viendo transformado por diferentes razones como apertura de una carretera y la entrada masiva de fertilizante químico.

El valle de Gavidia está dominado por una alta diversidad paisajística, ya que al observarlo a simple vista, se aprecian parcelas en diferentes etapas de uso (aradas,



Reelaborado: J. Orihuela

Figura 1: Esquema de la agricultura tradicional en los páramos de Venezuela (Sarmiento-Monasterio et al, 1990)

sembradas, cosechadas) y en diferentes etapas del descanso (diferentes etapas de la sucesión ecológica) y terrenos con la vegetación característica del páramo andino. Al observar con detenimiento una parcela sembrada se aprecia que al contrario de otros sistemas agrícolas modernos, no es monoespecífica, por el contrario hay una gran diversidad vegetal, existen plantas cultivadas, restos vegetales en descomposición, plantas silvestres vivas (rosetas, gramíneas y arbustos).

En la presente investigación se le dio prioridad al estudio de la dinámica del nitrógeno ya que como sabemos es un elemento clave en la fertilidad de los suelos (Epstein, 1972) y en la composición química de los vegetales. Además el nitrógeno es un elemento clave para seguir los cambios en la sucesión ecológica ya sea en el compartimiento suelo como en la parte aérea (Allen, 1984; Lee et al. 1981; Power, 1979; Reiner, 1979).

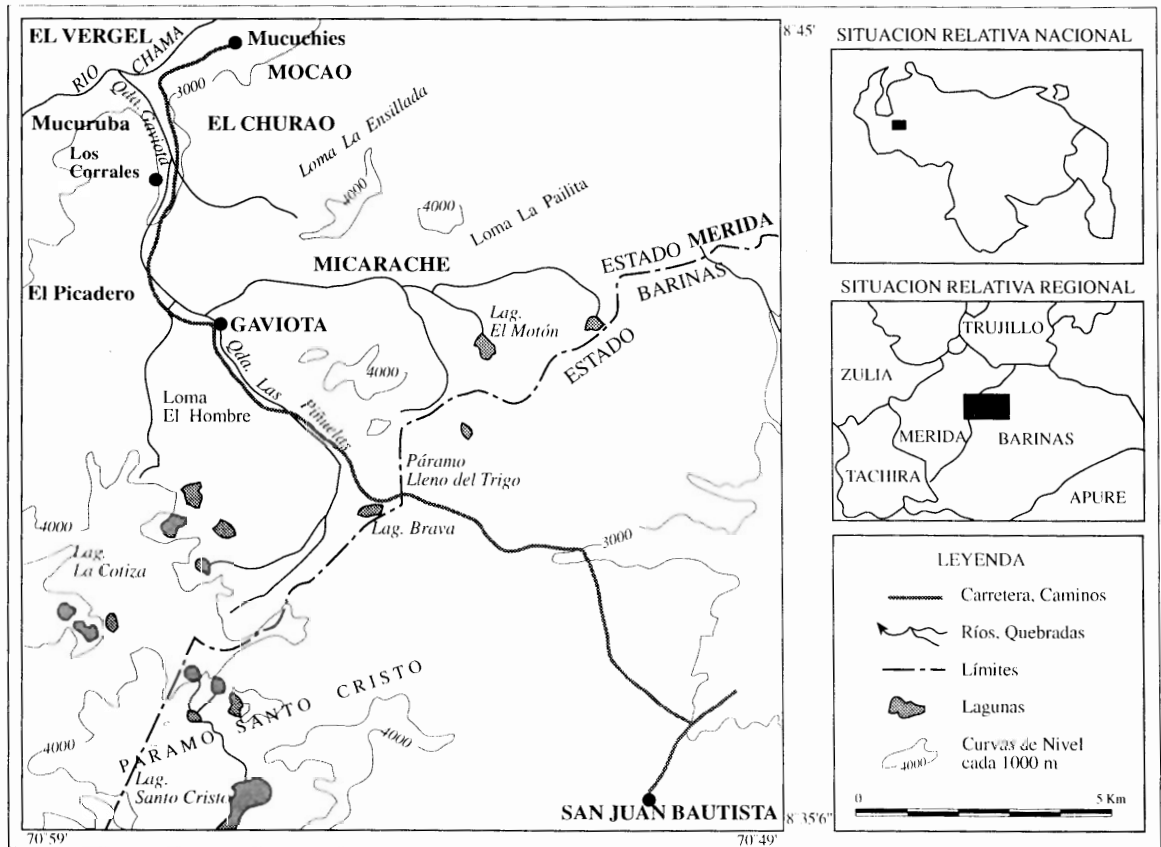
Se le dio énfasis a las mediciones de amonio y nitrato ya que ambas formas minerales del nitrógeno son las únicas formas disponibles para la nutrición vegetal. Además tratando de ver las tendencias de la nitrificación y la amonificación en la sucesión ecológica en estudio. Se tiene información de que la nitrificación y la amonificación varían en proporción y magnitud a lo largo de la sucesión. Las evidencias en otros sistemas estudiados indican que en los sistemas maduros la nitrificación se inhibe lo que se asocia con los disturbios y la movilización de cationes, de manera que existe un descenso sistemático en nitrato cuando nos acercamos al clímax (Ewel 1986; Likens et al. 1969 citados por Woodwell 1974; Saxena y Ramakrishnan, 1986). Con relación a la amonificación Jordán et al. (1983) mencionan que la sucesión estimula este proceso.

Area de estudio

El área de trabajo se encuentra entre las coordenadas 8° 35' y 8° 45' de latitud norte y 70° 52' y 70° 57' de longitud oeste, en la comunidad de Gavidia, en la Sierra Nevada de Mérida, en el estado Mérida, Venezuela (Figura 2). Esta comunidad se encuentra desde 1952, dentro de un Parque Nacional denominado "Sierra Nevada". El trabajo de campo se realizó durante 1987, como parte del Proyecto Sucesión-Regeneración y Estabilidad de Ecosistemas y Agrosistemas de Páramo.

El pueblo se asienta a lo largo del estrecho valle del río Gavidia, que comienza a 4.200 en una fila de riscos y cumbres y termina a 2.700 msnm en la desemboca de este afluente al río Chama, el cual finalmente vierte sus aguas en la Cuenca del Lago de Maracaibo. Es una comunidad relativamente pequeña, dado que en 1985 estaba constituida por 442 personas (Fernández y Ramírez, 1985), posee una pequeña escuela con seis grados y menos de 100 niños. Además, es un valle agrícola con un relativo aislamiento geográfico ya que hasta 1952 carecía de una carretera que la comunicará con otros valles agrícolas de los andes venezolanos.

Se encuentra entre las isoterma 6 y 10 °C, con una precipitación promedio de 1,200 mm, con una estación seca entre Noviembre a Marzo y de lluvias entre Abril a Octubre (Contreras y Terán, 1981). Durante la estación seca son frecuentes las heladas (Monasterio, 1980). Toda el área ha sufrido un intenso geomorfismo ya que se observan huellas de modelado fluvial, glacial y periglacial.



Redibujado: J. Oriuela

Figura 2: Area de Estudio

La vegetación predominante es el páramo andino (Monasterio, 1980). Este tipo de vegetación característico de la Alta Montaña Tropical presenta una gran variedad de plantas arborescentes, algunos arbustos y una gran variedad de gramíneas adaptadas a las condiciones de stress hídrico y térmico de estos ambientes.

A realizar un perfil de suelo, a 3.200 msnm, se obtuvo que era un Ustic Humitropet (marrón muy oscuro), el cual contienen rocas metamórficas de origen precámbrico de la Facies Sierra Nevada y abundantes rocas sedimentarias. Los porcentajes de carbono orgánico del suelo fueron de 10.1 %, lo que comprueba que el suelo tiene alto contenido de materia orgánica, en forma de ácidos húmicos (Malagón, 1982). Esto condiciona una baja disponibilidad de nutrientes en el suelo ya que se encuentran inmovilizados.

Metodología

Se utilizaron 4 de las parcelas del Proyecto "Sucesión-Regeneración" mencionado anteriormente, las cuales tenían diferentes tiempos de descanso y se encontraban en diferentes etapas de la sucesión ecológica (Monasterio y Montilla, 1987; Estrada y Monasterio, 1988; Monasterio et al., 1988). Las parcelas se caracterizaban por:

Parcela recién abandonada (Etapa inicial): Esta parcela había sido sembrada con papa (*Solanum tuberosum*) el

mismo año del muestreo. Se encuentra en posición topográfica, de ladera baja y tiene un 67 % de piedras en la superficie. Al momento del primer muestreo ya había sido cosechada la papa, y se había iniciado la colonización de las plantas pioneras de la sucesión. Este terreno no se deja descansar más de tres años debido a la poca disponibilidad de tierras del campesino dueño de la parcela lo que le impide tener ciclos de rotación más espaciados.

Parcela con un año de descanso (1era etapa seral de la figura 1): Ocupa una posición de ladera media, tiene un porcentaje de piedras en superficie del 56%. De acuerdo a los censos realizados por Monasterio y Montilla (1987) en esta parcela existe 26 especies, la especie dominante fue *Rumex acetosella* (47% de cobertura). Esta parcela solo se deja descansar dos años por la misma razón que la anterior.

Parcela con seis años de descanso: Esta parcela también ocupa una posición de ladera media y tiene un 66 % de piedras en la superficie. El número de especies es de treinta y seis (Monasterio y Montilla, 1987).

Parcela con doce años de descanso: Se encuentra en las últimas fases del ciclo recuperación-sucesión de la figura 1, ocupa una posición de ladera media y físicamente es un rosetal-arbustal paramero, con treinta y seis especies diferentes. En esta parcela

Tabla 1: Número de muestras y técnica empleada en este estudio.

Elemento	Número determinaciones/ parcela	Análisis
Nitrógeno total suelo	6	Kjeldahl tradicional
Amonio	6	Electrodo de amonio
Nitrato	6	Kjeldahl tradicional
Nitrógeno total biomasa aérea-subterránea y necromasa	3	Kjeldahl tradicional

la estructura de la vegetación esta dominada por un arbusto de páramo (*Hypericum laricifolium*) y las rosetas del genero *Espeletia*, ambas con un veinticinco por ciento de dominancia. La pedregosidad es del 60 %.

En todas ellas se realizaron dos muestreos, uno en la época de menores precipitaciones, en Marzo y otro en Septiembre en la época de lluvias. Se hicieron muestras compuestas. Tres muestras compuestas por parcela estudiada, cada una de las cuales se formó con diez muestras individuales tomadas al azar con un cilindro metálico de 393 cm³, este cilindro penetraba los primeros veinte centímetros del suelo. En el campo se tamizó (2 mesh) y mezcló bien cada muestra compuesta y luego se trasladó al laboratorio.

En ambos muestreos (época seca y húmeda) se tomaron todas las muestras el mismo día y en un intervalo de dos o tres horas de manera de evitar las interferencias y variaciones debidas a la actividad de la microfauna asociada a los ritmos diarios. Además se tomaron seis muestras de suelo para cuantificar el contenido de humedad y la densidad aparente de los primeros centímetros del suelo.

Para los análisis de nitrógeno mineral se tomaron 40 gramos de suelo y 200 mililitros de KCl (1 N), se dejaron veinticuatro horas con agitación en las últimas ocho horas y luego se filtró el extracto a través de un filtro milipore de 2 micras. El extracto transparente se acidifico con HCl y se congeló. El contenido de amonio de estos extractos fue determinado con el electrodo de Amonio (Marca Orion, modelo 95-12) y el nitrato-nitrito por reducción-destilación Kjeldahl tradicional (Orion 1981). A cada muestra se le hicieron dos extractos KCl, de manera de tener seis determinaciones de amonio y nitrato por parcela (Tabla 1).

Para la cuantificación de nitrógeno total se dejo secar el suelo a temperatura ambiente y luego se enviaron al laboratorio de suelos de la Universidad de Los Andes,

para las determinaciones por el método Kjeldahl. También se hicieron seis determinaciones por parcela.

Las cuantificaciones de nitrógeno en biomasa se hicieron a partir del material colectado por Monasterio y Montilla (1987). Los análisis químicos fueron realizados por el laboratorio de suelos de la Universidad de Los Andes con el método Kjeldahl (Tabla 1).

Para la determinación de nitrógeno en la biomasa subterránea se tomaron veinte muestra al azar con un cilindro de 1.699 cm³. El material cosechado de esta manera se lavó, se separó en compartimentos (raíces leñosas, no leñosas, materia amorfa mayor de 2 mm de diámetro y menor de 2 mm y en tubérculos), y se envió al laboratorio de suelos de la Universidad de Los Andes.

Resultados

Una de las hipótesis básicas de la presente investigación era que el dejar en descanso la tierra de las labores agrícolas y por diferentes procesos de entrada y redistribución de nutrientes habría en el suelo un enriquecimiento paulatino de nitrógeno. Esta hipótesis esta basada en la idea de la restauración de la fertilidad de los suelos que mencionan los campesinos del área como una de las principales razones que inducen la necesidad del descanso y además con algunas investigaciones realizadas en zona tropicales y templadas.

Se esperaba que la recuperación de la fertilidad podría traducirse en primer lugar en un enriquecimiento en el compartimiento nitrogenado del suelo. En la tabla 2 aparecen los resultados de nitrógeno total en los primeros veinte centímetros de suelo en la época seca y húmeda. Se observa que en la época de sequía, los contenidos de nitrógeno aumentaron con los años de descanso, con excepción de la parcela recién abandonada (parcela 0). Sin embargo, en la época de lluvias de lluvias no se observó ninguna tendencia clara.

Tabla 2: Contenido de nitrógeno total del suelo de parcelas con diferentes tiempos de descanso, en la época seca y húmeda. . N= 3 muestras compuestas.

Tiempo de descanso (años)	EPOCA DE MUESTREO	
	Seca (gr/M2)	Lluvia (gr/m ²)
0	696	733
1	696	754
6	590	569
12	675	631

Tabla 3: Anova de dos vías para los resultados de nitrógeno total del suelo.

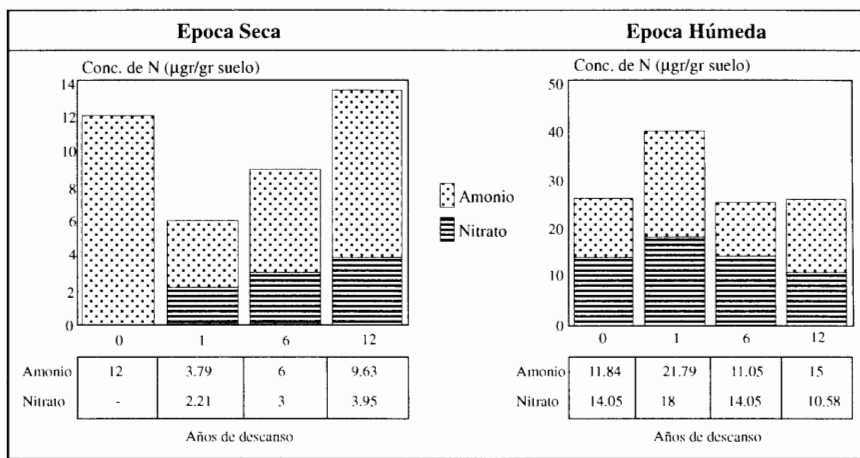
Fuente de variación	gl.	SS	MS	Fs
Entre parcelas con diferentes tiempos de descanso	3	0,01	0,00	0,032
Entre la época seca y lluviosa	1	0,00	0,00	0,084
Interacción entre sucesión-estacionalidad	3	0,00	0,00	0,889
Error	16			
Total	23			

Tabla 4. Anova de dos vías para los resultados de amonio de las muestras de suelo.

Fuente de variación	gl.	SS	MS	Fs
Entre parcelas con diferentes tiempos de descanso	3	0,01	0,00	0,032
Entre la época seca y lluviosa	1	0,00	0,00	0,000
Interacción entre sucesión-estacionalidad	3	0,00	0,00	0,001
Error	16			
Total	23			

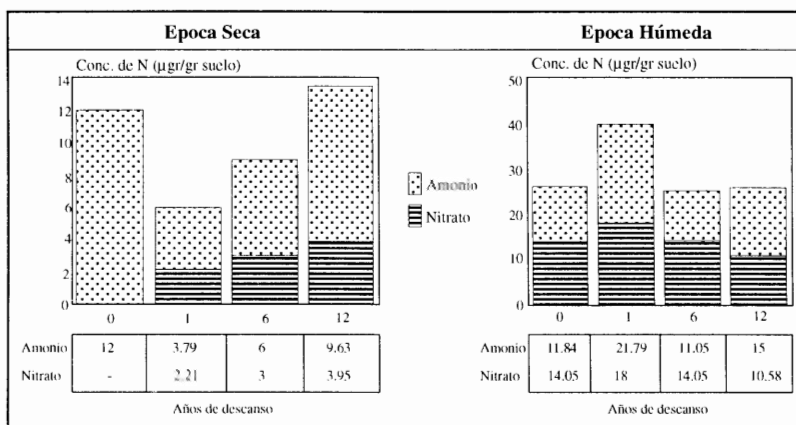
Tabla 5. Anova de dos vías para los resultados de nitrato de las muestras de suelo.

Fuente de variación	gl.	SS	MS	Fs
Entre parcelas con diferentes tiempos de descanso	3	0,00	0,00	0,886
Entre la época seca y lluviosa	1	0,00	0,00	0,006
Interacción entre sucesión-estacionalidad	3	0,00	0,00	0,720
Error	16			
Total	23			



Redibujado J. Orihuela

Figura 3: Variación del contenido de nitrógeno mineral en las diferentes parcelas estudiadas a. Epoca Seca y b. Epoca húmeda



Redibujado: J. Orihuela

Figura 4: Variación del contenido de nitrógeno mineral en las diferentes parcelas estudiada a. Epoca Seca y b. Epoca Húmeda

Al comparar los resultados de ambos muestreos se evidenció un "enriquecimiento" en la parcela recién abandonada. Por su parte las parcelas de seis años y la doce años parecen sufrir de un descenso en los contenidos de nitrógeno total al cambiar de estación.

De manera que existen dos ejes de variación independientes que afectan los contenidos de nitrógeno de nuestros suelos: la sucesión y la estacionalidad climática. En estos resultados podemos observar que en la época de sequía, los contenidos de nitrógeno aumentaron con los años de descanso, con excepción de la parcela recién abandonada (parcela 0). Sin embargo, en la época de lluvias no se observó ninguna tendencia clara. Un análisis de varianza (Tabla 3) revela que solo las variaciones observadas entre parcelas con diferentes tiempos de abandono son significativas ($\alpha < 0,05$).

Estos resultados confirman la observación de que el suelo es un reservorio de nitrógeno en forma orgánica, en forma de compuestos húmicos recalcitrantes

(Sarmiento-Monasterio et al., 1993) que no están disponibles para las plantas.

El nitrógeno mineral en la época seca varió en las parcelas con diferente tiempo de descanso, con excepción de la parcela recién abandonada ($12 \mu/\text{gr}$ de suelo) la cual puede estar enriquecida artificialmente por el residuo de fertilizante agregado en la siembra anterior, los contenidos de amonio aumentan a lo largo de los años de descanso (Figura 3a). Por su parte el nitrato también se incrementa a lo largo del tiempo de descanso aunque en mayor proporción que el amonio.

En la época de lluvias, los cambios en los contenidos de humedad del suelo parecen tener un efecto "perturbador" de las diferencias observadas en el nitrógeno mineral. En este caso los contenidos de amonio y nitrato mayores fueron los de la parcela de un año de descanso seguida por la de doce, recién abandonada y la de seis años (Figura 3b). Es decir, no hay una tendencia clara de incremento o de descenso a lo largo de la sucesión.

Tabla 6: Variación de los contenidos de nitrógeno en la biomasa aérea y subterránea de diferentes parcelas dentro de la sucesión ecológica, en la época seca (*).

EPOCA DE MUESTREO		
Tiempo de descanso (años)	Biomasa aérea Kg/ha	Biomasa subterránea Kg/ha
0	---	15.8
1	8	21.9
6	49.9	15.6
12	78.7	18.1

* Los datos de biomasa aérea fueron tomados de Sarmiento-Monasterio et al., 1993). Los datos de biomasa subterránea solo consideran los primeros veinte centímetros de suelo.

Al comparar los resultados de la época seca con los de la época húmeda se observa que el nitrógeno mineral aumenta. Estos aumentos eran de esperarse ya que las lluvias estimulan la actividad amonificadora y nitrificadora del suelo. El análisis de varianza revela que en el caso del amonio (Tabla 4) las diferencias son significativas en la interacción sucesión-estacionalidad. En el caso del nitrato el análisis reveló diferencias significativas ($\alpha < 0,05$) entre las dos épocas de medición (Tabla 5).

Una explicación a la falta de acumulación de nitrógeno mineral en el suelo puede ser que estas formas tienen un rápido "Turn-over" ya que son formas minerales muy solubles y que son incorporadas muy rápidamente por los microorganismos del suelo o son absorbidos por las plantas cultivadas y del páramo.

Con relación a los resultados de nitrógeno en biomasa aérea y subterránea (Tabla 6) vemos que hay un paulatino incremento a lo largo de la sucesión de manera que la mayor cantidad de nitrógeno se encuentra en la parcela de doce años. Por su parte la biomasa subterránea no muestra una tendencia de incremento o descenso, parece no ser afectada por el proceso que estamos estudiando.

Discusión

Al analizar la dinámica del nitrógeno en las parcelas con diferente tiempo de descanso en el páramo de Gavidia se observa:

1. Al igual que otros ecosistemas tropicales la mayor cantidad de nitrógeno del sistema se encuentra almacenado en el suelo en formas de ácidos húmicos recalcitrantes. De esta manera este compartimiento actúa como un reservorio de poca y lenta movilidad ya

que su dinámica se relaciona con escalas de tiempo muy grandes.

2. La biomasa aérea y subterránea actúa como un reservorio de nutrientes pero de menor magnitud que los suelos. Se observa una paulatina acumulación de nitrógeno en las estructuras vegetales (biomasa aérea) las que serán incorporadas al sistema agrícola a través del abono verde. En este caso la liberación de nutrientes también será lenta por las mismas características del ecosistema natural.

3. En estos suelos con un alto tenor de materia orgánica, el principal compartimiento es el nitrógeno asociado al humus u a otras formas más estables que no son afectadas por doce años de descanso y en donde la dinámica propia de la descomposición marca la pauta para la liberación y absorción de los nutrientes por las plantas silvestres o de las plantas cultivadas.

Esta sucesión ecológica manejada por los campesinos de Gavidia, parece indicarnos en primera instancia que el nitrógeno total y mineral del suelo no cambia a lo largo de la sucesión como para pensar en una restauración nutritiva del sistema que justifique la necesidad del descanso del terreno.

Conclusiones

El descanso de la tierra luego de las labores agrícolas es un interesante tema de discusión y validación desde el punto de vista ecológico, para explicar su necesidad se han propuesto algunas razones o puntos de vista para tratar de entender esta práctica común de manejo en las zonas tropicales como son el control de plagas o enfermedades, el empobrecimiento nutritivo del suelo, el aprovechamiento de ritmos interanuales o de algún factor climático y finalmente la idea de que el descanso

es una solución práctica a un problema multivariante dado por las comunidades humanas de bajo desarrollo tecnológico.

En Gavidia, al igual que en otros valles intermontanos andinos los terrenos que se utilizan para la agricultura son bastante pedregosos (mayor del 50 %) y se encuentran en posiciones de laderas con fuertes pendientes lo cual nos habla de un cierto nivel de fragilidad y riesgo cuando se elimina la vegetación natural.

Los altos contenidos de carbono orgánico y los valores C/N indican que en los suelos de Gavidia al igual que en los de otros suelos de la alta montaña tropical tienden a acumular la materia orgánica como consecuencia de la lenta descomposición ocasionada por las bajas temperaturas. Se observa que el nitrógeno total de los suelos de Gavidia es del orden de 6 toneladas por hectárea, y que este compartimiento es poco variable a lo largo del tiempo. Además el nitrógeno mineral no cambio significativamente a lo largo del tiempo de descanso.

Los resultados de Sarmiento-Monasterio et al., (1993) mencionan que este modelo de manejo agrícola tiene bajos niveles de erosión y pérdida del suelo causado por el escurrimiento superficial, de tal manera que la estrategia del descanso de la tierra también se relaciona con evitar el deterioro y la pérdida de la potencialidad agrícola del agrosistema.

Todas estas conclusiones apuntan sobre el hecho de que el manejo sustentable de los ecosistemas de la alta montaña debe partir del mejor conocimiento de las prácticas tradicionales y del manejo empírico de los campesinos que habitan estas regiones.

Agradecimientos

Este trabajo contó con el apoyo financiero del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Conicit) y del programa Unesco-MAB. Quisiera dar las gracias a los miembros del proyecto "Sucesión-Regeneración y Estabilidad de Ecosistemas y Agroecosistemas de Páramo", a los profesores, técnicos y demás miembros del CIELAT. En especial a los ausentes Nivea Berbesi y Miguel Montilla.

Bibliografía

ACEVEDO D.; ARANGUREN, A. & SARMIENTO-MONASTERIO L. 1985. Caracterización ecológica preliminar del uso de la tierra y de la población en el páramo de Gavidia. Monografía. Universidad de Los Andes. Mérida. 35 pag.

ALLEN, S. 1984. Chemical Analysis of Ecological Materials. S. Allen (Ed.). Blackwell Scientific Publications. Oxford. 565 pag.

ALTIERI, M.; D.K. LETOURNEAU & J. R. DAVIS 1983. Developing sustainable agroecosystems. Bioscience 33:45-49.

AWETO, A. O. 1981. Secondary succession and soil fertility restoration in South Western Nigeria. Journal of Ecology. 69: 601-607.

BRUSH, S. 1980. Estrategias agrícolas tradicionales en las zonas montañosas de América Latina. pag. 65-76. En A. Novoa y J. Possner (Eds.). Agricultura en Ladera en América Tropical. Turrialba.

COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO, 1988. Nuestro Futuro Común. Alianza Editorial. Madrid.

CONTRERAS, N. & TERÁN, E. 1981. Clasificación de tierras con propósitos múltiples en el área de la Quebrada Gavidia Parque Nacional Sierra Nevada. Estados Mérida y Barinas. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida.

EPSTEIN, E. 1972. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. John Wiley and Sons. New York.

ESTRADA, C. & MONASTERIO, M., 1988. Cambios en la estructura demográfica de *Espeletia schulzii* a lo largo de una secuencia sucesional. Ponencia presentada en el Taller sobre Enfoques de Ecología Humana Aplicados a los Sistemas Tradicionales del Trópico Americano. Caracas.

EWEL, J. 1986. Designing agricultural ecosystems for the humid tropics. Annual Reviews of Ecological and Systematic. 17:245-271

FLORES, J. 1979. Desarrollo de las culturas humanas en las altas montañas tropicales (Estrategias adaptativas). pag. 225-234. En M.L. Salgado-Laboriau (Ed.). El Medio Ambiente Páramo. Ediciones Centro de Estudios Avanzados. IVIC. Caracas.

GLIESSMAN, S.R. 1982. Nitrogen distribution in several traditional agro-ecosystems in the humid tropical lowland of south-eastern México. In G. R. Robertson; R. Herrera y T. Rosswall (Eds.). Nitrogen Cycling in Ecosystems of Latin American and the Caribbean. Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publishers. Netherlands.

HERRERA, R. & C. JORDAN 1979. Nitrogen cycle in a tropical Amazonian rain forest. The caatinga of low mineral nutrient status. pag. 493-507. In F. E. Clark and T. Rosswal (Eds.). Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecological Bulletins 33.

JORDAN, C., W. CASKEY., G. ESCALANTE., R. HERRERA., F. MONTAGNI., R. TODD., C. UHL 1983. Nitrogen dynamics during conversion of primary Amazonian rain forest to slash and burn agriculture. OIKOS. 40:131-139

LEE, J.A. ; R. HARMER & R. IGNACIUK 1981. Nitrogen as limiting factor in plant communities. In J. A. Lee; Mc. Neill y I. H. Rorison (Eds.). Nitrogen as Ecological Factor. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

MAB, 1981. Un enfoque ecológico integrado para el estudio de los asentamientos humanos. UNESCO. Paris.

MALAGON, D. 1982. Evolución de los Suelos en el Páramo Andino. (NE del estado Mérida-Venezuela). Serie Suelos y Clima. CIDIAT. Mérida.

- MONASTERIO, M. 1980. Las formaciones vegetales en los páramos de Venezuela. p. 93-158. En M. Monasterio (Ed.). Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos. Ediciones de la Universidad de Los Andes. Mérida.
- MONASTERIO, M. 1983. Diversidad ecológica y asentamientos humanos en los Andes Tropicales. Los pueblos del Sur de la Cordillera de Mérida. International Geography Union. Natural Environment and Man in Tropical Mountain Ecosystems.
- MONASTERIO, M. & I. GARAY. 1986. Sucesión, regeneración y estabilidad de ecosistemas y agroecosistemas. Proyecto presentado ante el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Los Andes. Mérida.
- MONASTERIO, M. & M. MONTILLA. 1987. Análisis estructural de la vegetación en la sucesión y regeneración de ecosistemas y agrosistemas de páramo. En Resumen de la 37a Convención Anual de Asovac. Maracaibo.
- MONASTERIO, M., B. MORENO & R. HERNÁNDEZ. 1988. Sucesión, regeneración y estabilidad de ecosistemas y agroecosistemas de páramo. La estrategia campesina del descanso barbecho en el caserío Gavidia. Mérida- Venezuela. Ponencia presentada en el Taller sobre Enfoques de Ecología Humana Aplicados a los Sistemas Tradicionales del Trópico Americano. Caracas.
- ORION, 1981. Instruction manual: amonio ion electrode model 9512-04
- POWER, J.F. 1979. Nitrogen in the cultivated ecosystem. p. 529-546. En F. E. Clark and T. Rosswal (Eds.). Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecological Bulletins 33.
- PROVENCIO, E. & CARABIAS, J. (1993). El enfoque del desarrollo sustentable. pag. 3-12. En A. Azuela, J. Carabias, E. Provencio y G. Quadri (Coord). Desarrollo Sustentable hacia una Política Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 176 pag.
- REINER, W.A. 1979. Nitrogen cycling in relation to ecosystem sucesion. p. 507-527. In F. E. Clark and Rosswal (Eds.). Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecological Bulletins 33.
- SARMIENTO-MONASTERIO, L. & M. MONASTERIO. 1988. Elementos para la interpretación ecológica de un sistema agrícola tradicional en los páramos venezolanos. Ponencia presentada en el Taller sobre Enfoques de Ecología Humana Aplicados a los Sistemas Tradicionales del Trópico Americano. Caracas.
- SARMIENTO-MONASTERIO, L.; M. MONASTERIO & M. MONTILLA. 1993. Ecological bases, sustainable, and current trends in traditional agriculture in the Venezuelan high land. Mountain Research and Development. 13 (2): 167-176.
- SAXENA K.G. Y R. RAMAKRISHNAN. 1986. Nitrification during slash and burn agriculture (Jhum) in north-eastern India. Oecologia Plant. 7 (21): 307-319.
- STOCK, W. D. Y A. M. LEWIS. 1986. Soil nitrogen and the role of fire as a mineralizing agent in the South African coastal fynbos ecosystem. Journal of Ecology. 74: 317-328.
- UNESCO-MAB. 1985. Comparative studies on tropical mountain ecosystems. Planning for research. M. Monasterio; G. Sarmiento y O. Solbrig (Eds.). Special editions 12. Biology International.
- WATTERS, R. F. 1971. La Agricultura Migratoria en América Latina. Cuadernos FAO de Fomento Forestal. Roma. 342 pag.
- WINIGER, M. 1983. Stability and instability of mountain ecosystem. Definitions for evaluation of human system. Mountain Reserch and Development 3(2): 103-111.
- WOODWELL, G. 1974. Sucess, succession and Adam Smith. Bioscience. 24: 81-87.