

Citar como:

Sarmiento, L., Monasterio, M. 1993. Elementos para la interpretación ecológica de un sistema agrícola campesino de los Andes venezolanos (páramo de Gavidia). En: Rabey, M. (Ed). El Uso Tradicional de los Recursos Naturales en Montañas: Tradición y Transformación. UNESCO-ORCYT.Montevideo, pp. 55-77.

DE UN SISTEMA AGRÍCOLA CAMPESINO DE LOS ANDES

VENEZOLANOS (PÁRAMO DE GAVIDIA)

**LINA SARMIENTO**

Se graduó de bióloga en la Universidad de los Andes (Mérida, Venezuela) en 1988 obteniendo una beca del Programa de alto rendimiento académico de esta Institución para seguir estudios de doctorado en la Universidad de París XI. Su principal interés es el estudio de los ciclos de nutrientes en agroecosistemas, con miras al planeamiento de alternativas de manejo ecológicamente sostenibles.

Dirección: Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales (CIELAT), Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida 5101, Venezuela

**MAXIMINA MONASTERIO**

Se inició como ecóloga en el Chaco argentino con Jorge Morello y posteriormente en las Sabanas de Venezuela junto a Guillermo Sarmiento. En 1970 orienta su investigación hacia los Páramos andinos. A partir de 1980 concentra su trabajo hacia aspectos de ecología agraria en los Andes, analizando las estrategias de manejo de los agrosistemas campesinos. Doctorado de Estado en Ciencias (Ecología), Universidad Pierre et Marie Curie, París VI (1986). Directora del CIELAT (1987-1990). Coordinadora del Programa de Montañas Tropicales de la Unión Biológica Internacional (TME-IUBS/MAB-UNESCO) desde 1984. Dirección: Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales (CIELAT). Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida 5101, Venezuela.

**Agradecimientos**

Queremos agradecer muy especialmente a Ramón Hernández, cuyos conocimientos profundos de la agricultura de Gavidia fueron de primordial importancia para la realización de este trabajo. A Guillermo Sarmiento por sus valiosos comentarios en la corrección del manuscrito. A Miguel Montilla por su constante apoyo. Asimismo a Anairamiz Aranguren, Dimas Acevedo y Corina Figuera por su participación en varias etapas del trabajo. También a Hely Saúl Rangel y David Dugarte, personal técnico del CIELAT, por su interés y ayuda durante el trabajo de campo.

Este trabajo forma parte del programa Ecosistemas de Montañas Tropicales, TME-IUBS/MAB-UNESCO. Su realización ha sido posible debido a las subvenciones del CDCHT- Universidad de los Andes (Proyecto C-314-86), del CONICIT Regional los Andes (Proyecto S1-CRA-005) y de ORCYT-UNESCO Contrato 870.213-9. A todas estas instituciones y a su personal queremos también dejar constancia de nuestro agradecimiento.

Se describe y analiza un sistema agrícola tradicional existente en el piso superior de los Andes venezolanos (3000-3700 m s n m), donde se cultiva principalmente papa y en forma complementaria cereales para el autoconsumo (trigo, avena y cebada). El manejo campesino se caracteriza, como es común en agroecosistemas tropicales, por la existencia de dos fases en el ciclo agrícola. La primera es el cultivo propiamente dicho, que comienza cuando una parcela con vegetación natural es arada. Este primer arado entierra en los primeros 30 cm del suelo la fitomasa proveniente del ecosistema paramero. Posteriormente se deja la parcela en reposo durante cuatro o cinco meses, al cabo de los cuales se realiza un segundo arado y la siembra del tubérculo. Durante la cosecha (seis a ocho meses después de la siembra), el terreno vuelve a ser arado y, dependiendo de las condiciones del suelo, puede producir una nueva cosecha de papa, ser sembrado con un cereal o pasar a la segunda fase del ciclo agrícola. Durante esta segunda fase, cuya función es recuperar la fertilidad del suelo, ocurre una sucesión ecológica que, de prolongarse el tiempo suficiente, permite la regeneración de la vegetación natural. La duración del proceso sucesional es aparentemente muy variable (entre dos y más de veinte años) dependiendo de las características de cada parcela y de la disponibilidad de tierras del campesino. El objetivo del presente trabajo es discutir la significación ecológica del sistema de manejo, mediante el análisis de algunos de los procesos que ocurren a lo largo de todo el ciclo de uso (cultivo + sucesión-regeneración). Con este fin, se analizan una serie de resultados referentes a la dinámica de los macronutrientes, la descomposición de la vegetación natural después del primer arado y su importancia como abono verde, la concatenación de los procesos de liberación y absorción de nutrientes, la producción del cultivo, la exportación de nutrientes por la cosecha, etc. Proponemos que este tipo de enfoque, basado en la comprensión de los procesos ecológicos desencadenados por las prácticas agrícolas, sea utilizado para lograr una comprensión profunda del manejo, que permita a su vez plantear nuevas alternativas y abrir caminos para la experimentación de otras formas de utilización de los recursos.

An agricultural system on the highest altitudinal level of the Venezuelan Andes (3000-3700 m a s l) is analyzed. Peasant management is characterized by a two-phase agricultural cycle. The first, cultivation, starts when a plot under natural vegetation is plowed, mixing and burying the standing biomass and necromass in the uppermost soil layer (30 cm). Subsequently, the plot is fallowed during four to five months, after which a second plowing and sowing of potatoes is carried out. At harvest (six to eight months after sowing), the plot is plowed again and, according to the soil conditions, undergoes a new period of cultivation of potatoes or cereals, or passes over into the second phase. During this phase ecological succession occurs and, if there is sufficient time, it allows for regeneration of the natural vegetation. Its duration is very variable (from 2 to more than 20 years) and depends on the characteristics of each plot and on the land available to the peasant. The purpose of this work is to discuss in ecological terms the meaning of this management system through the analysis of some processes that occur during the whole cycle. For this purpose, we analyse the dynamics of macronutrients, natural vegetation decomposition, the processes of mineralization and absorption of nutrients, crop production, exportation of nutrients, etc. We propose that this approach, based on an evaluation of the ecological processes triggered by the agricultural practices, can be the basis for a deep understanding of management practices, making it possible to propose new alternatives and to open new options for experimentation of other ways of using those resources.

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es describir el sistema de uso de la tierra empleado actualmente por los agricultores en el Páramo de Gavidia. El caserío de Gavidia, de unos 500 habitantes, está constituido por 70 núcleos familiares cuyas viviendas se dispersan en el alto valle de la quebrada del mismo nombre. Sus actividades productivas tienen lugar en el piso ecológico de los páramos, es decir por encima del límite de bosques continuos, donde las bajas temperaturas actúan como principal factor limitante para la producción vegetal.

Para definir en su estado actual el sistema agrícola de Gavidia, habría que comenzar diciendo que es mercantilista, pues está volcado hacia la comercialización de papa, presentando una tendencia cada vez más fuerte hacia el monocultivo y la acumulación campesina, proceso ocurrido en otras regiones andinas (Barsky 1984). También es posible caracterizarlo como un sistema tradicional, pues su funcionamiento a nivel de las prácticas de producción y de manejo aún se fundamenta en técnicas de tipo tradicional. Es sin embargo imposible interpretarlo en su fase actual sin considerar la secuencia de cambios que se han ido produciendo, particularmente drásticos en los últimos años, hasta el punto de que resulta inevitable mencionarlos en una definición sucinta: sistema campesino en transformación acelerada.

En los Andes venezolanos es difícil definir cuál es la forma tradicional de manejo de los recursos, ya que históricamente lo más constante ha sido el propio cambio y las diversas influencias externas -olas sucesivas de invasiones, colonizaciones e inmigraciones- actuaron desde el comienzo como motores de transformación. Lo que complica aún más la situación es que el cambio se ha producido en forma desfasada y desigual, dependiendo por un lado del grado de aislamiento geográfico y por otro de las condiciones y potencialidades ecológicas de cada región. El hecho concreto es que en la actualidad coexisten en los Andes venezolanos toda una gama de sistemas agrícolas que va desde aquellos de corte más tradicional, familiares, pasando por una serie de sistemas transicionales, hasta los netamente modernos, con asalariados permanentes, mecanizados y de altos insumos.

Gavidia se encuentra a pocos kilómetros del pueblo de Mucuchíes, centro de expansión de una agricultura mucho más moderna y tecnificada. Mucuchíes es cabeza de municipio, ubicándose a 2800 msnm, sobre la carretera trasandina, principal vía de

comunicación de los Andes venezolanos. A pesar de esta proximidad, hay varios factores que contribuyeron a que Gavidia permaneciera en una situación relativamente marginal. Entre éstos podemos citar su ubicación geográfica a mayor altitud (3000 a 3600 m), donde la presencia de heladas estacionales sólo permite realizar una cosecha por año, a diferencia de las dos o tres que pueden obtenerse con riego en Mucuchíes. Otro factor que permitió la subsistencia de prácticas tradicionales fue la ausencia de una carretera para vehículos automotores hasta el año 72, lo que dificultó tanto la entrada de insumos agrícolas como la comercialización de la producción, que antes debía hacerse utilizando recuas de mulas. Sin embargo, las transformaciones ocurridas en las últimas décadas han sido muchas y muy rápidas, aunque no han llegado a eliminar totalmente la práctica en la que se fundamenta la agricultura tradicional: los largos períodos de descanso de la tierra.

El descanso prolongado es una práctica muy difundida en la agricultura tropical, que ha sido principalmente descrita y estudiada en el trópico de baja altitud (Rappaport 1971, Aweto 1981a, b, Jordan *et al.* 1983, Uhl y Jordan 1984, Saxena y Ramakrishan 1986, Ewel 1986). Es al parecer una práctica condicionada por la pobreza en nutrientes de muchos suelos tropicales, sumada a la facilidad con que éstos se pierden una vez alterado el funcionamiento normal del ecosistema. El descanso se impondría entonces como una simple consecuencia de la disminución, por debajo de un nivel crítico, de los reservorios de nutrientes disponibles para las plantas cultivadas. La sucesión natural, a través de un proceso que dura varios años, permitiría restituir la fertilidad al suelo. Es en apariencia un sistema de un empirismo casi primario, pues es poco lo que se hace para acelerar la recuperación o amortiguar la pérdida de la fertilidad. Sin embargo, no se han encontrado hasta ahora formas mejores de cultivar, que permitan obtener una producción agrícola sin el empleo de fertilizantes y sin degradar irreversiblemente estos frágiles sistemas. En la alta montaña venezolana, las condiciones no son las mismas, pero hay algunos rasgos comunes, como la fragilidad del medio y el oligotrofismo.

Desde un punto de vista histórico, es importante puntualizar que la zona de Gavidia y en general los páramos venezolanos, no han estado bajo influencia humana durante muchos siglos o milenios, como es común en las tierras localizadas a igual altitud en los Andes centrales. Por el contrario, los páramos parecen haber sido utilizados por los pobladores prehispánicos principalmente como sitios rituales y de cacería (Wagner 1979). Posteriormente, durante la colonia,

comienzan a ser utilizados para el pastoreo extensivo de ganado vacuno y equino y mucho más recientemente se produce su ocupación agrícola (Monasterio 1980a).

En Gavidia la ocupación humana apenas sobrepasa el siglo, al menos en lo que se refiere al asentamiento de pobladores con moradas fijas en la localidad y que realizan allí la mayor parte de sus actividades de producción. Cabe entonces preguntarse cuál es el origen de las técnicas agrícolas empleadas. ¿Importación y adaptación de las técnicas tradicionales utilizadas a menor altitud? ¿Resultado de una "imposición" del ambiente que prácticamente obliga a dejar descansar la tierra en ausencia de recursos técnicos más sofisticados para compensar la pérdida de la fertilidad?

La importancia que el estudio de los sistemas tradicionales puede tener para la formulación de alternativas tecnológicas ya ha sido ampliamente reconocida (Herrera 1981, 1984, Colley 1983, Ewel 1986), así como la necesidad de una aproximación ecológica al estudio de los agroecosistemas (Hart 1979, Bertrand 1983, Colley 1983, Stinner *et al.* 1984, House *et al.* 1984, Lowrance *et al.* 1984).

Este trabajo fue iniciado en el año 1985, cuando se estableció contacto con diversos pobladores de la zona de Gavidia. Gran parte de la información que discutimos nos fue transmitida por Ramón Hernández, un agricultor de la localidad, a lo largo de muchas conversaciones y demostraciones. Todas las citas

entre comillas incluidas en el texto provienen de entrevistas realizadas a este agricultor. Además de la información proveniente de entrevistas y observaciones directas en el campo utilizaremos también, para aclarar algunos aspectos del funcionamiento ecológico del agroecosistema, los resultados de un estudio realizado durante un poco más de un año en una parcela cultivada con las técnicas habituales de la zona. Esta parcela fue sembrada con papa después de un período de doce años de descanso. Nuestro estudio consistió en seguir la dinámica de producción del cultivo y la evolución de los reservorios de nutrientes en diversos compartimientos del agroecosistema.

UBICACION GEOGRAFICA Y CARACTERISTICAS AMBIENTALES

La cuenca de la Quebrada de Gavidia ocupa aproximadamente 5000 ha dentro del Parque Nacional Sierra Nevada de Mérida, localizándose entre los 8° 35' a 8° 45' de latitud Norte y los 70° 52' a 70° 57' de longitud Oeste. Dentro de la cuenca, la actividad agrícola está concentrada a lo largo de estrechos valles, principalmente sobre depósitos aluviales y coluviales -terrazas y conos- así como en las laderas. El límite superior de la agricultura se sitúa entre 3600 y 3700 m, cota que coincide aproximadamente con el límite inferior del clima periglacial; por encima de este nivel ningún período del año está libre de heladas (Monasterio y Reyes 1980).

Tabla 1

Algunas características físicas y químicas del perfil de suelo

Prof. cm	Textura			pH	CO	N	P	K	Mg	Ca
	a	l	A							
0-10	56.2	25.5	18.3	5.65	10.2	0.681	18.0	155.0	20	250.0
10-25	58.6	25.2	16.2	5.70	10.4	0.668	17.5	77.5	15	197.5
25-30	63.3	21.7	15.0	5.75	8.08	0.497	9.5	70.0	10	157.5
50-55	68.7	19.8	11.5	5.75	4.80	0.283	4.0	42.5	10	140.0
55-70	79.0	15.5	5.5	5.68	1.33	0.080	4.0	30.0	10	135.0
70-75	84.0	11.5	4.5	5.68	0.41	0.078	2.0	35.0	10	127.5

Las temperaturas medias anuales van de 10 a 6° C en los límites inferior y superior del sistema agrícola respectivamente. La precipitación, estimada por el método isoyético, es del orden de los 1000 mm en la zona donde se concentra la actividad agrícola (Contreras y Terán 1981), con una estación seca de cuatro meses entre diciembre y marzo. Precipitación y frecuencia de heladas siguen tendencias opuestas, es decir que durante la época seca se produce la mayor parte de las heladas nocturnas, mientras que la época húmeda está prácticamente libre de heladas.

Los suelos son ácidos, muy ricos en materia orgánica, muy pedregosos, de textura franco-arenosa y con baja disponibilidad de nutrientes (Tabla 1). La vegetación natural es un rosetal-arbustal de *Espeletia schultzei*-*Hypericum laricoides* (Fig. 1) del tipo descrito por Monasterio (1980b).

EL SISTEMA DE USO DE LA TIERRA

Actualmente el único cultivo comercial en el área de Gavidia y en general en el piso andino superior es el de papa. A este tubérculo criotérmico se dedica la mayor cantidad de trabajo y de tierra. Otros cultivos importantes son el trigo y la avena, pero sus productos no se comercializan sino que se utilizan localmente, ya sea en la alimentación o como forraje.

El sistema de manejo se caracteriza por incluir largos períodos de descanso de las parcelas, durante los cuales puede llegar a restablecerse total o parcialmente la vegetación natural. Es posible entonces definir dos períodos complementarios en el ciclo agrícola: el de cultivo y el de sucesión-regeneración

(Fig. 2). El período de cultivo se inicia al arar una parcela, ya sea de páramo natural o que ha pasado por el período de sucesión-regeneración. El número de cosechas consecutivas que es posible efectuar depende de las características de la parcela y también de su tiempo de descanso. Generalmente en un terreno que ya ha descansado lo suficiente es posible hacer dos o tres cultivos consecutivos de papa (un cultivo por año) y finalizar el período agrícola con la siembra de un cereal. Seguidamente la parcela es abandonada por un plazo mínimo de tres años consecutivos, pero que puede extenderse hasta veinte o más, dependiendo de sus características, de la disponibilidad de tierras del campesino y sobre todo del grado de transformación que ha sufrido el sistema.

La forma de manejar la tierra que acabamos de describir tiene un impacto muy particular sobre el paisaje, ya que determina que en un momento dado coexistan parcelas cultivadas con papa, con cereales y en diferentes etapas de la sucesión-regeneración, así como áreas no cultivadas por limitaciones de pendiente o pedregosidad. El resultado es la configuración de un paisaje en mosaico, formado por pequeñas parcelas cuyos colores característicos integran un conjunto de gran belleza (Fig. 3). El tipo de manejo encontrado en Gavidia reviste un especial interés ecológico ya que tiende a mantener una alta diversidad natural en la zona, a la vez que permite regular la presión de explotación a que es sometido el medio natural.

En la base del ciclo agrícola está la conservación de la fertilidad de los suelos a largo plazo, que posibilita la obtención de una producción agrícola sin el empleo de fertilizantes. Sin embargo, como discutiremos



Figura 1 - El rosetal-arbustal de *Espeletia schultzei* - *Hypericum laricoides* es el tipo de vegetación natural más expandida en el páramo de Gavidia

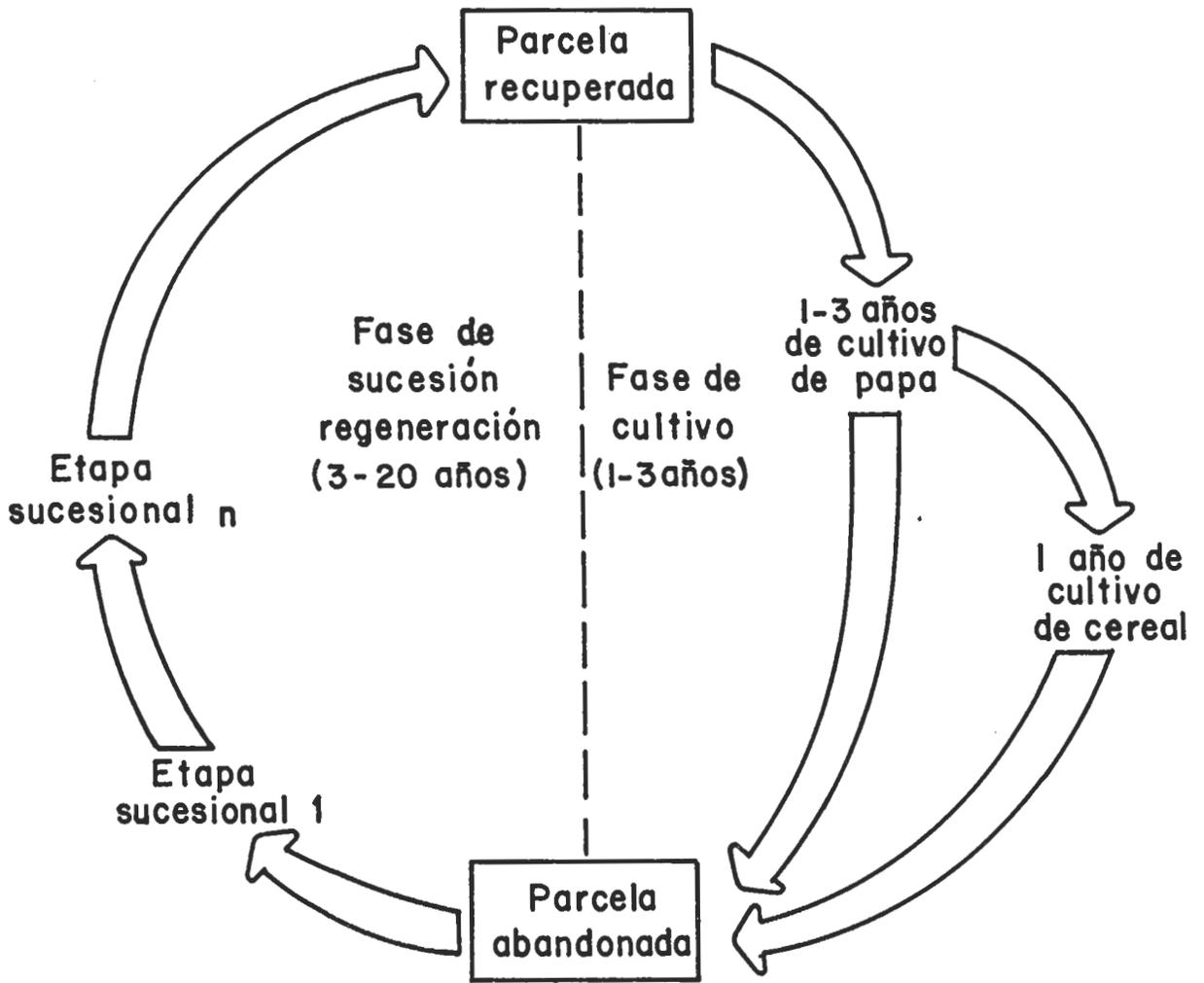


Figura 2 - Esquema del ciclo agrícola en el páramo de Gavidia



Figura 3 - Paisaje agrícola característico de la zona de Gavidia

posteriormente, el bajo costo de los fertilizantes en la Venezuela del "boom" petrolero -década del 70- condicionó una serie de cambios en la agricultura tradicional de bajos insumos.

Este sistema agrícola se instala en el seno de una estructura agraria caracterizada, como es común en la zona andina venezolana, por el predominio de la pequeña propiedad, explotada generalmente con la mano de obra familiar, completada en épocas de mayor actividad agrícola con la tradicional mano-vuelta o con la contratación de mano de obra asalariada. Es importante aclarar que en el Norte de los Andes no se puede hablar de comunidades campesinas más que en el sentido de la suma de productores independientes que comparten un área geográfica y utilizan tecnologías similares. Las instituciones y prácticas sociales, culturales y políticas que les permitirían la cohesión necesaria para un funcionamiento comunitario o para la toma de decisiones comunes están relativamente poco desarrolladas. La tradicional mano-vuelta, que sin ser una forma de trabajo comunitario es al menos una modalidad de trabajo cooperativo y retributivo, está cediendo paulatinamente lugar al trabajo asalariado. Incluso las áreas ubicadas por encima del límite de los cultivos, utilizadas para el pastoreo extensivo, son explotadas en forma individual. En Gavidia el esfuerzo de trabajo de cada productor no se concentra en una sola parcela, sino que se divide en pequeñas y medianas parcelas dispersas en la zona. Llamaremos unidad de producción agrícola al conjunto de parcelas cultivadas y en período de sucesión-regeneración manejadas por un productor particular, sin considerar otras tierras dedicadas a la ganadería.

Una forma de trabajo frecuentemente utilizada es la medianería, en la cual el propietario pone la tierra y generalmente parte de los insumos y el medianero la fuerza de trabajo, siendo la cosecha repartida en partes iguales. Entre las funciones de la medianería está el permitir a un campesino particular dispersar más su área cultivada, dividiendo el esfuerzo de trabajo entre diversas parcelas y explorando una mayor diversidad de condiciones ecológicas. La dispersión del área cultivada posiblemente sea un mecanismo para disminuir el riesgo de pérdida total de la cosecha (Barsky 1984; Bourliaud *et al.* 1988).

En Gavidia las condiciones climáticas más extremas que se producen en algunos años pueden ocasionar daños graves al cultivo, los cuales se producen cuando se presentan heladas excepcionales dentro del período normalmente libre de las mismas. Una helada en plena fase de desarrollo del cultivo

puede causar la pérdida parcial o total de la cosecha en determinadas parcelas, siendo más susceptibles las ubicadas cerca del límite altitudinal de los cultivos o en posiciones topográficas de fondo de valle. Como ejemplo tenemos lo ocurrido el 28 de junio de 1989, período del año normalmente libre de heladas, cuando a consecuencia de una helada excepcional, ocurrida en fases avanzadas del desarrollo del cultivo, se perdió la cosecha en una serie de parcelas ubicadas en fondo de valle, por encima de los 3400 m. Cultivar cerca del límite altitudinal de la agricultura presenta grandes riesgos, que sólo pueden correrse cuando parte de la producción se hace en zonas de menor riesgo. La dispersión del área de cultivo permite asegurar una producción mínima en parcelas de menor riesgo y al mismo tiempo cultivar terrenos con más años de descanso, en donde con un poco de suerte se obtendrán buenas cosechas.

Si bien la agricultura es la actividad productiva por excelencia, casi todas las familias se dedican también a una actividad pecuaria complementaria. El ganado vacuno y equino pastorea en forma extensiva los páramos ubicados por encima del límite de los cultivos y sólo en forma restringida los terrenos cercanos a las casas. Por esta razón, no compete mayormente con la agricultura, sino que por el contrario proporciona la única fuerza de trabajo no humana, pues los bueyes son la principal fuerza de tracción agrícola. Es difícil dar un estimado del número de animales por familia: la información que poseemos indica que todas poseen un mínimo de dos a tres cabezas y un máximo entre veinte y treinta. Desconocemos qué mecanismos regulan el número de animales, pero según la opinión de los pobladores ni siquiera considerando la totalidad del área de páramo a que tienen acceso hay pasto suficiente como para tener rebaños más grandes.

Un pastoreo controlado y restringido en las parcelas en recuperación parece jugar un papel positivo en el ciclo de sucesión-regeneración. Lo importante es que la introducción del ganado no se realice inmediatamente después del período de cultivo, ya que esto sería contraproducente para la recuperación de la parcela: "cuando hay pasto es bueno echarle ganado porque el mismo ganado abona, pero si se le echa ganado antes entonces se puede estar cuatro o cinco años que no se puede trabajar ahí".

Aparte del ganado bovino y equino, se explotan pequeños rebaños de ovejas, que no suelen ser mayores de diez animales, destinados a la producción de lana y carne. Las ovejas pastorean cerca de las viviendas, en parcelas que se encuentran en el período de sucesión-regeneración.

La cría de animales tiene múltiples funciones, entre las que resaltan su utilización como fuerza de tracción agrícola, en el transporte de productos, como fuente de proteínas y abonos orgánicos. Además, la venta ocasional de animales constituye un seguro contra riesgos y un método para estabilizar la economía familiar.

Una instantánea del paisaje agrícola

Para cuantificar la cantidad de tierra que se encuentra en cada una de las etapas del ciclo de manejo se tomó una secuencia de 19 diapositivas a lo largo de una de las quebradas de la cuenca (Qda. Las Piñuelas), que incluía transectas longitudinales y transversales del valle desde los 3000 m hasta aproximadamente el límite altitudinal de los cultivos. Se definieron unidades de uso, calculándose el porcentaje de la superficie total correspondiente a cada unidad, mediante la proyección de las diapositivas sobre una hoja de papel en la cual eran copiados los contornos de cada parcela y luego se medía su área. Para reducir los efectos ocasionados

por la perspectiva fueron utilizadas fotos cuyos planos se encontraban más o menos equidistantes del observador (Tabla 2).

Según este método aproximativo la unidad casa-huerto (Fig. 4) ocupa el 1,1% de la superficie de la microcuenca, existiendo 25 viviendas a lo largo de los 4,1 km de la quebrada inferiores al límite altitudinal de la agricultura. Cada campesino puede tener varias casas, que ocupa según la proximidad de las tierras que cultiva o según su preferencia. En los huertos se cultivan algunos productos utilizados como complemento de la dieta -principalmente cebollín- y también plantas medicinales.

La segunda unidad (1,7%) son los terrenos arados, que pueden ser terrenos incorporados recientemente al período de cultivo o terrenos abandonados hace poco tiempo. La tercera unidad son los cultivos (Fig. 5) que se extienden sobre el 8,5% de la superficie. Del área total cultivada dos tercios se dedican a la papa y el tercio restante a cereales.

Tabla 2

Porcentaje de la superficie de uno de los valles de la cuenca Gavidia ocupada por cada una de las etapas del ciclo agrícola y otras unidades naturales

Unidad	Subunidad	Porcentaje
Casa-huerto	-	1.07
Terreno arado	-	1.69
Cultivos	Papa	5.99
	Cereales	2.48
	Total	8.47
Terreno en fase temprana de sucesión	Barbecho de cereal	1.39
	<i>Brassica nigra</i>	1.96
	<i>Brassica-Rumex</i>	0.36
	<i>Rumex acetosella</i>	4.02
	Otros	2.53
	Total	10.26
Terreno en fase avanzada de sucesión		14.13
Páramo	Páramo rosetal	18.10
	Páramo arbustal	28.38
	Páramo sobre rocas	16.78
	Total	63.86
Afloramientos rocosos	-	0.52
TOTAL		100



Figura 4 - La unidad casa-huerto



Figura 5 - Detalle del desarrollo de un cultivo de papa. Nótese la presencia de restos de la vegetación de páramo.



Figura 6 - Primeras etapas de la sucesión-regeneración: *Rumex acetosella* y *Lupinus meridanus*.

El 10,3% de la superficie está ocupada por terrenos en fases tempranas de sucesión, es decir que se encuentran en los tres o cuatro primeros años de abandono. Entre las especies que pueden dominar durante estas primeras etapas está la mostaza (*Brassica nigra*, L.), una maleza del cultivo de papa que no siempre está presente pero cuando lo está continúa desarrollándose al año siguiente de la cosecha, confiriéndole a la parcela el característico color amarillo de sus flores. Otra especie que aparece muy temprano -también una maleza del cultivo- pero que continúa siendo dominante durante muchos años es la cizaña (*Rumex acetosella*, L.), que imprime un fuerte color rojizo. El chocho (*Lupinus meridanus* MORITZ) también puede aparecer en los primeros años de la sucesión y cuando es abundante da a la parcela tonalidades violáceas (Fig. 6).

El 14,1% de la superficie corresponde a terrenos en fases avanzadas de sucesión, agrupando bajo este nombre una serie de etapas en las cuales predominan especies características de la vegetación de páramo. Montilla y Monasterio (1987) analizan la secuencia de especies de la sucesión. A los seis o siete años de abandono dominan *Senecio formosus* H.B.K., *Trisetum* sp., *Stevia elongata* H.B.K., *Acaena elongata* L., *Hypericum laricifolium* JUESS, y *Baccharis prunifolia* H.B.K.. A los doce años ya *Espeletia schultzei* WEED comienza a hacerse dominante, dando a la parcela la fisonomía de un rosetal.

La mayor parte de la superficie de la microcuenca presenta vegetación natural o recuperada (63,9%) a pesar de que el muestreo fue realizado en la zona de Gavidia de más intensa actividad agrícola. Dentro de la vegetación de páramo se distinguieron tres categorías, páramo rosetal, páramo arbustal y páramo sobre rocas, en función de sus diferentes potencialidades de uso. El páramo rosetal parece ser más apto para las actividades agrícolas debido a la presencia de menor cantidad de arbustos, que dificultan las labores agrícolas, además de tener menor valor como abonos verdes. Cabe señalar sin embargo que esta separación entre páramo rosetal y páramo arbustal puede ser una consecuencia del uso o una característica del ecosistema natural, ya que en el proceso de sucesión ecológica aparecen primero las formas en rosetas y sólo años después comienzan los arbustos a dominar fisionómicamente (Montilla y Monasterio 1987). El páramo arbustal, por su parte, representaría zonas de páramo nunca antes utilizadas en las tareas agrícolas o zonas donde el proceso de sucesión-regeneración ha avanzado más. La presencia de un alto porcentaje de páramo arbustal es importante pues de allí los campesinos extraen leña para sus fogones. El páramo sobre rocas no es utilizable en las labores agrícolas debido al poco desarrollo del suelo.

En el punto anterior analizamos lo que podría considerarse una visión instantánea del paisaje agrícola, pero es necesario tener en cuenta que a través del tiempo las parcelas van pasando de un estado a otro, por lo que resulta imposible entender el funcionamiento del sistema sin considerar su dinámica. Discutiremos un modelo sencillo que nos permitirá introducir una variable temporal en el análisis de la información anterior. Consideraremos que una parcela permanece un promedio de tres años en el período de cultivo, dos con papa y uno con cereal y que el período de descanso promedio es de diez años, suficiente para el desarrollo de una vegetación donde ya comienzan a ser dominantes algunas de las especies del páramo natural (Montilla y Monasterio 1987).

El modelo supone que cada año una parcela que ya ha tenido un descanso de diez años entra al período de cultivo, donde permanece por tres años consecutivos. En un momento dado el campesino tendría tres parcelas cultivadas, dos con papa y una con cereal y un mínimo de diez parcelas en sucesión, en una secuencia cronológica de abandono que va de uno a diez años. Esto implicaría un mínimo de trece parcelas, con una superficie cultivada del 23,1%.

Si consideramos un tamaño promedio de las parcelas de 2000 m², un campesino requeriría 2,6 ha para mantener una unidad de producción funcionando. Tomando como estimado de la producción de la papa el valor de 2380 g/m² tenemos que esta unidad de producción idealizada produciría aproximadamente 9520 kg de papa por año.

En la Fig. 7 se ha esquematizado el modelo de funcionamiento que proponemos, se presentan valores teóricos -extraídos del modelo- y valores reales -medidos- de la cantidad de tierra que se encuentra en cada etapa del ciclo de uso. Los valores medidos fueron tomados de la Tabla 2, suponiendo que el páramo sobre rocas no representa tierra potencialmente agrícola y que sólo un tercio del páramo arbustal podría eventualmente entrar al ciclo agrícola. Puede observarse que la cantidad de tierra dentro del período de cultivo es menor a la esperada, lo que puede ser interpretado de tres maneras diferentes: (a) el sistema estaba en el año 1985 por debajo de su capacidad de carga; (b) el tiempo promedio de descanso es mayor que los diez años considerados; (c) la superficie potencialmente cultivable fue sobrestimada en nuestros cálculos.

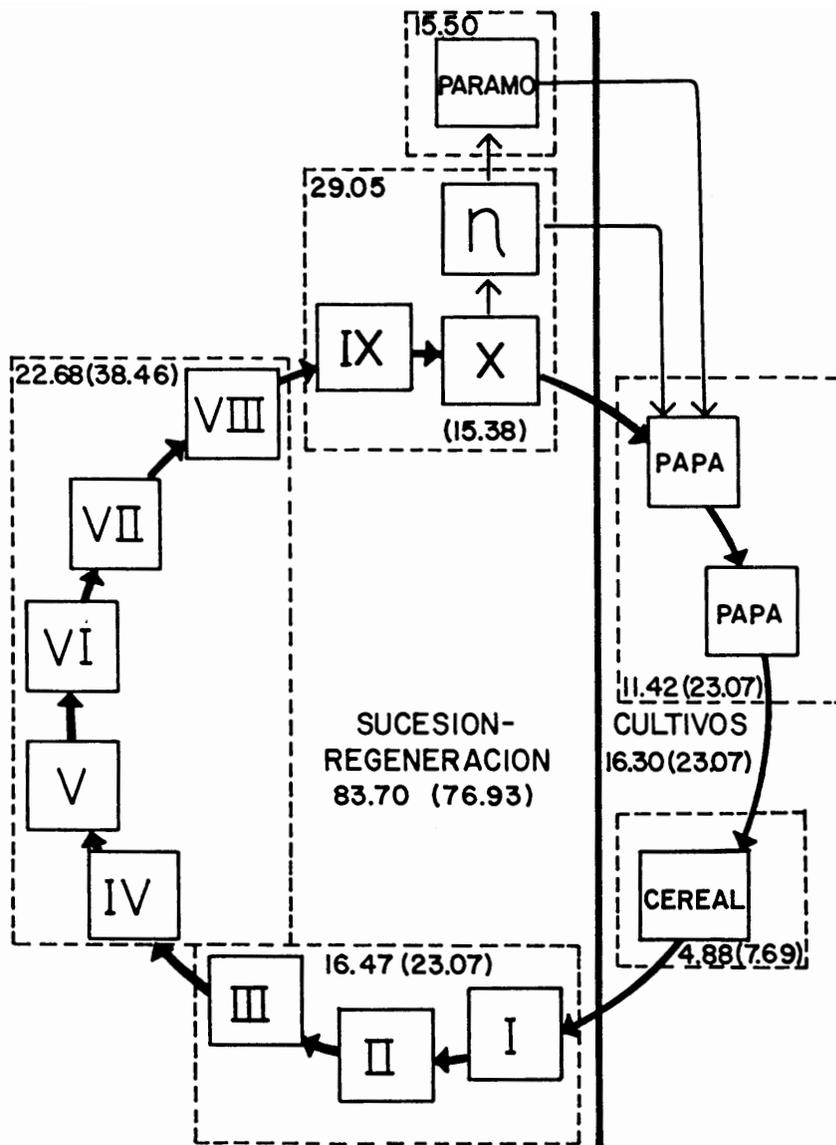


Figura 7 - Modelo del sistema de manejo agrícola. Los cuadrados más pequeños, que están unidos formando un círculo, son las etapas del ciclo agrícola consideradas por el modelo (10 años de sucesión-regeneración y 3 de cultivo). La letra n simboliza más de 10 años en sucesión. Los números dentro de los cuadrados punteados señalan las etapas del ciclo agrícola cuya superficie fue estimada (%); entre paréntesis el valor de superficie esperada según el modelo.

DESCRIPCION DE LAS PRACTICAS AGRICOLAS

El cultivo de papa

Según la información suministrada por los campesinos, muchas de las variedades de papa utilizadas en Gavidia existen en la zona desde la "antigüedad" (Brava, Ñame, Pionía, Alpargata, Plancheta, Arepita, Morada) mientras que otras han sido introducidas recientemente (Guaitiva, Guadalupe, Reinos, Arbolona, Merideña, Montserrat,

Mexicana, Ica Puracé, etc.). Las nuevas variedades tienen un ciclo de vida más corto, entre 5 a 6 meses en comparación a los 6-8 meses de las variedades tradicionales.

A continuación presentamos un resumen de las actividades agrícolas realizadas por los campesinos durante el cultivo, haciendo énfasis en los aspectos cronológicos (Fig. 8) y en las técnicas de cultivo.

El período de cultivo comienza con un primer arado denominado "rompedura", en alusión al hecho de que se rompe la estructura de la capa arable del

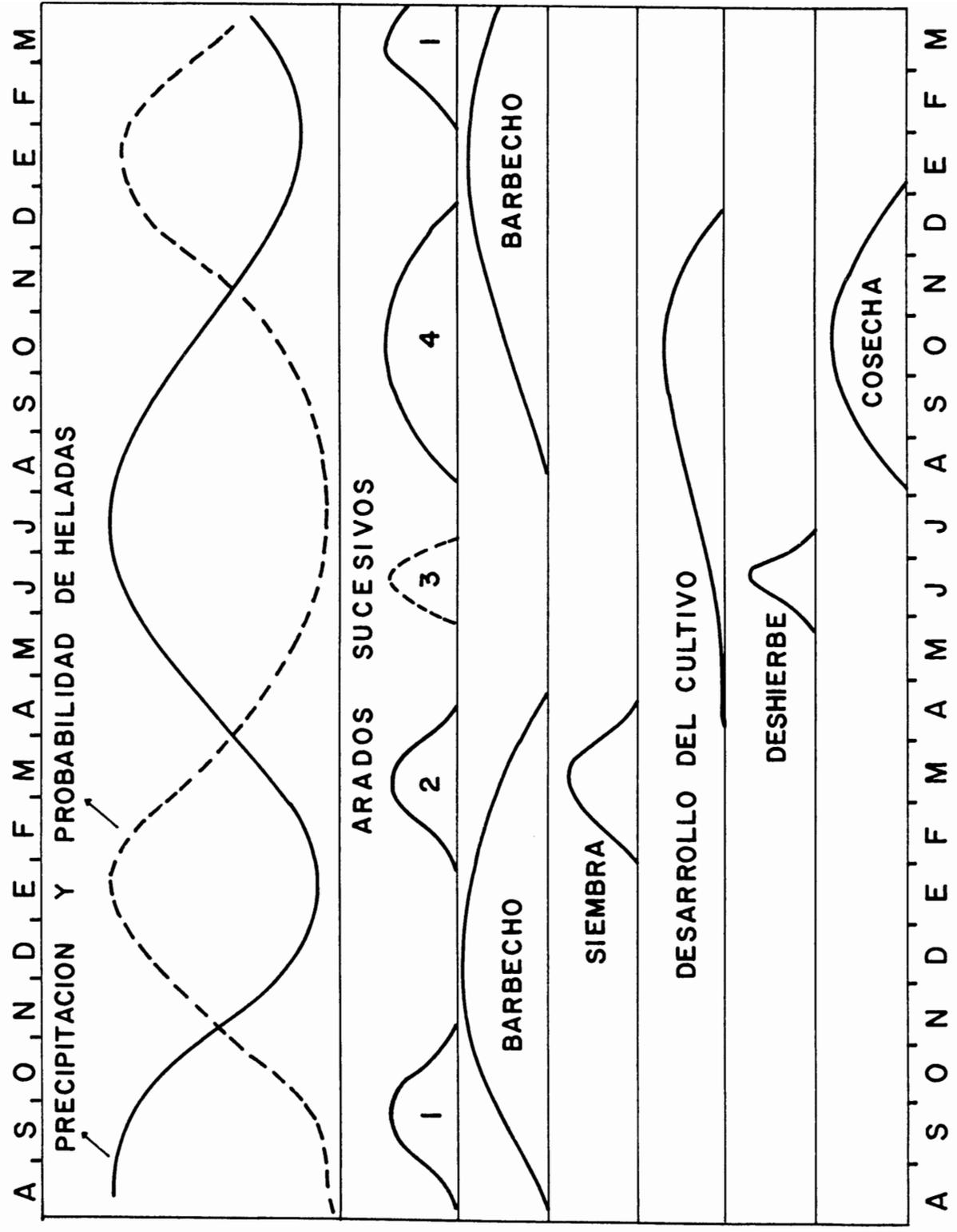


Figura 8 - Calendario de actividades agrícolas en relación al régimen de precipitaciones y a la probabilidad de heladas. 1 = arado de rompiedura; 2 = arado de siembra; 3 = arado de deshierbe; 4 = arado de cosecha.

suelo, al mismo tiempo que se destruye la vegetación natural o sucesional. Este evento también marca el final del período de descanso, "rompiendo" el curso normal de la sucesión ecológica. La técnica empleada consiste en pasar dos veces el arado, "rajar" y "cruzar", utilizándose el tradicional arado de madera con reja de hierro y tracción de dos bueyes. Su efecto no es solamente remover los 20 primeros centímetros del suelo sino también mezclar con el mismo una buena parte de la vegetación natural: "la tierra queda volteada y el monte pudre ahí, entre la tierra". La vegetación no es destruida completamente sino que una fracción de la misma logra sobrevivir, al menos hasta el segundo arado o aun por más tiempo.

Seguidamente el terreno permanece en barbecho por un período de cuatro a cinco meses, que coincide en su mayor parte con la época climáticamente seca. El término "barbecho" es empleado prácticamente en todos los Andes pero con connotaciones no siempre idénticas. En Gavidia se emplea para cualquier terreno que está en período de cultivo o más específicamente para referirse a la acción de arar un terreno que se hallaba en descanso. Otro término empleado es "rastrojo", que en Gavidia se utiliza por oposición a barbecho para designar los terrenos en fases iniciales de sucesión-regeneración: "rastrojo es el terreno en descanso, barbecho es después que se ara".

Antes de comenzar las lluvias se realiza un segundo arado o "revolvedura", que incorpora más material vegetal al suelo, al mismo tiempo que disgrega y dispersa los residuos vegetales que estaban en proceso de descomposición. Este arado es llamado también "arado de siembra" debido a que ambas cosas se realizan simultáneamente.

El período idóneo para la siembra es entre febrero y marzo, es decir durante los últimos meses de la época seca. La técnica de siembra varía según las características del terreno. En condiciones de poca pendiente y pedregosidad puede sembrarse "melgado" que es el término utilizado para un tipo de siembra en la cual los surcos quedan bien delimitados y la papa crece en hileras: "una melga es que un surco va por aquí y el otro va por allá, pero que queden los dos separados, que queden limpios los dos, que se pueda echar la semilla dentro del surco [...] se pasan los bueyes y se hacen todas las melgas [...] después se vuelven a pasar los bueyes por el medio de la melga y entonces tapan el surco que tiene la semilla y el abono". En condiciones de mayor pendiente y pedregosidad hay que pasar los bueyes y atrás ir acomodando el surco, echando la semilla y tapándola con una escardilla.

Cuando el terreno ya ha dado una cosecha de papa el año anterior no es necesario sembrar de nuevo, sino que los tubérculos que no fueron cosechados sirven como semilla, siendo denominados "tinopó". En estos casos "se recoge la papa y se deja quieto el barbecho y después cuando ya llega el tiempo de sembrar se le echa el abono por encima y se pasan los bueyes pa allá y pa acá, entonces ya no es melga sino que se revuelve la tierra". Los cultivos en fuertes pendientes y principalmente cuando son de "tinopó" presentan las plantas distribuidas irregularmente y con una densidad muchas veces variable.

La fertilización es uno de los aspectos claves para comprender el origen, funcionamiento y evolución del sistema agrícola. En su fase más tradicional se utilizaban sólo abonos orgánicos, provenientes de la vegetación o de origen animal, pero a partir del año 1963 se produce en Gavidia uno de los más importantes eventos modificadores del sistema agrícola, que trae consigo importantes posibilidades de cambios socioeconómicos: la introducción de fertilizantes minerales.

Tanto el momento en que se inicia el crecimiento del cultivo como su ritmo temporal están supeditados al comportamiento de las precipitaciones. En años normales las lluvias comienzan a partir de abril y pocos días después las plantas inician su crecimiento. Pero en años más secos las lluvias pueden retrasarse un mes o más, causando un retardo en el crecimiento del cultivo, que al parecer incide sobre su producción.

Durante todo el período de desarrollo del tubérculo la única actividad importante es el deshierbe que se hace principalmente en el mes de junio. Consiste en eliminar las malezas, aflojar las "matas" y echarles un poco de tierra: "la mata no se colma de tierra sino que se afloja de lado y lado". Al parecer, la principal finalidad del deshierbe no es eliminar las malezas sino aflojar la tierra para que la papa crezca suelta y puedan desarrollarse libremente los tubérculos. El deshierbe se hace con bueyes o con escardilla, dependiendo de las características del terreno. Cuando la parcela es muy pedregosa, no es apropiado deshierbar con bueyes porque las plantas resultarían dañadas.

Algunas variedades de papa, las de más reciente introducción, requieren que de 15 a 20 días antes de la cosecha se realice la roza -corte de la parte aérea de las plantas utilizando un machete- con la finalidad de inducir el engrosamiento de la cáscara del tubérculo.

El período de cosecha comienza en agosto y se prolonga hasta diciembre. Al parecer los últimos

terrenos en cosecharse son los ubicados más arriba, pues allí el tubérculo se conserva en mejores condiciones. Las variedades más tradicionales de papa pueden dejarse por más tiempo en la tierra, mientras que las más recientes se pudren rápidamente. Para la cosecha se emplea también el arado: los bueyes pasan aflojando la tierra y detrás van los cosechadores desenterrando las papas con un "garabato". El arado de cosecha repite en cierta forma la actividad realizada por el de rompedura pues mezcla con el suelo las partes de la planta no cosechadas y las malezas, induciendo su descomposición y preparando las condiciones para el cultivo siguiente.

El cultivo de trigo

El trigo es actualmente en la zona de Gavidia un cultivo secundario que paulatinamente ha ido perdiendo importancia, hasta el punto que muchos campesinos han dejado completamente de cultivarlo, convirtiéndose realmente en monoprodutores de papa. Si bien en el año 85 el trigo y demás cereales ocupaban un tercio de las tierras cultivadas, en los últimos cuatro años ha desaparecido prácticamente como consecuencia del alza del precio de la papa, que hace más rentable vender papa y luego comprar trigo para el consumo doméstico.

En Gavidia se utiliza únicamente trigo de la variedad "marengo", cuyo período de cultivo es de ocho meses. La siembra es en marzo, por lo que se superpone con la siembra de papa, pero la cosecha es en diciembre y enero, después de que termina la de tubérculos. Desde hace una década el trigo se siembra siempre en terrenos donde anteriormente había papa, pero al parecer antes "rompían" para sembrar trigo y según el testimonio de los pobladores se obtenían cosechas mucho mejores.

Después de realizar la última cosecha de papa, el terreno permanece en barbecho hasta que llega la época de la siembra, entonces la semilla se echa al voleo y después se remueve la tierra con el arado para tajarla. No se emplean fertilizantes ni se hacen deshierbes.

ALGUNAS BASES ECOLOGICAS DEL SISTEMA DE MANEJO

A continuación utilizaremos el enfoque metodológico y conceptual de la ecología ecosistémica para analizar la racionalidad ecológica de algunas de las prácticas de manejo empleadas en Gavidia. Al hablar de racionalidad es importante -para evitar falsas polémicas- plantearse las siguientes preguntas: ¿racional para qué?, ¿en qué escala de tiempo?, ¿en

qué escala espacial? Casi todas las prácticas agrícolas son racionales dentro de algún marco de referencia de los múltiples posibles. Consideraremos que es ecológicamente racional cuando tiende a optimizar el uso de los recursos limitantes o a evadir condiciones perjudiciales para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, la optimización sólo puede ser analizada en una escala de tiempo acorde con el tiempo de desarrollo histórico del sistema y las consecuencias negativas que se produzcan a escalas de tiempo mayores no pueden evaluarse bajo el criterio de racionalidad. Lo mismo es válido desde el punto de vista espacial: si los efectos negativos de una determinada práctica no se producen en el espacio geográfico de influencia de quienes la emplean, no puede ser calificada de no racional.

En el agroecosistema estudiado hay un conjunto de factores del ambiente que actúan como limitantes: la baja disponibilidad de nutrientes en los suelos, las bajas temperaturas, la ocurrencia de heladas nocturnas, las fuertes pendientes, etc. El sistema agrícola podrá ser considerado como ecológicamente racional si tiende a optimizar la producción en función de estos factores limitantes.

A continuación intentaremos responder una serie de preguntas sobre la racionalidad ecológica de las prácticas agrícolas empleadas en Gavidia; sin embargo, como la información disponible es aún incipiente, muchas de las respuestas podrán ser planteadas sólo a nivel de hipótesis.

1. ¿Cuál es la necesidad de abandonar las parcelas durante tanto tiempo? ¿En qué consiste la recuperación de la fertilidad?

A lo largo de la sucesión-regeneración sólo ocurren pequeñas variaciones de la concentración de nutrientes en el suelo (Tabla 3). No se presenta una tendencia definida hacia la acumulación, sino que por el contrario después de doce años de abandono la concentración de todos los nutrientes, excepto la de calcio, es inferior a la inicial. La primera conclusión que se insinúa es que la clave de la recuperación no es la acumulación de nutrientes en el suelo. Para obtener una confirmación sería necesario hacer un análisis más detallado de la forma en que se encuentran los nutrientes en el suelo y de los flujos entre los diversos compartimentos para así evaluar mejor la cantidad de nutrientes potencialmente disponibles para las plantas cultivadas. En este sentido Aranguren (1988) estudia la dinámica del nitrógeno mineral a lo largo de la sucesión, sin encontrar una tendencia a la acumulación.

Concentración de nutrientes en el suelo de parcelas con diferente tiempo de abandono

Años de abandono	C (%)	N (%)	P ppm	Ca meq./100g	Mg meq./100 g	K meq./100g
1	10.16 ± 0.01	0.683 ± 0.01	26 ± 5.97	1.65 ± 0.13	0.39 ± 0.05	0.32 ± 0.03
3	10.12 ± 0.02	0.601 ± 0.01	18 ± 6.47	1.10 ± 0.16	0.30 ± 0.02	0.29 ± 0.04
6	10.08 ± 0.10	0.621 ± 0.03	19.4 ± 4.52	2.52 ± 0.33	0.38 ± 0.03	0.47 ± 0.02
12	9.80 ± 0.10	0.653 ± 0.03	21.4 ± 2.40	1.83 ± 0.33	0.24 ± 0.33	0.28 ± 0.02

Si analizamos ahora las cantidades de nutrientes en la biomasa vegetal a lo largo de la sucesión (Fig. 9), observamos una acumulación progresiva. La vegetación natural de los páramos presenta una serie de adaptaciones que le permiten optimizar el uso de los nutrientes. Un ejemplo es la existencia de formas de vida, como las rosetas gigantes y las plantas de cojín, que acumulan considerables cantidades de nutrientes durante su desarrollo, reciclándolos a través de ciclos más o menos cerrados (Garay *et al.* 1983, Sarmiento 1987). En este sentido las rosetas del género *Espeletia* parecen ser muy eficientes en la captación y acumulación de nutrientes, los cuales quedan secuestrados en sus hojas muertas, que permanecen adheridas al tronco por largos intervalos de tiempo. Pensamos que la clave de la recuperación está en el "pool" de nutrientes acumulado en la vegetación sucesional. Una de las especies importantes en este proceso de acumulación puede ser *E. shultzii*, idea que se refuerza por el hecho de que los campesinos consideran como un buen indicador de la recuperación la presencia de una población bien desarrollada de esta especie.

2. ¿Qué importancia tiene la biomasa vegetal de la parcela recuperada una vez comenzado el período de cultivo?

Tanto la opinión de los campesinos como nuestros propios resultados indican que la vegetación sucesional ("el monte") juega un papel clave como abono verde. En efecto, las cantidades de nutrientes contenidas en este abono serían suficientes para suplir al cultivo en magnesio, calcio y fósforo y en más de la mitad del nitrógeno y del potasio (Fig. 10).

Aproximadamente el 80% del abono verde se descompone antes de la cosecha (Fig. 11), lo que haría posible la utilización de los nutrientes por el cultivo, a condición de que no se laven del sistema ni se inmovilicen en algún otro compartimiento.

Además de su papel como abono verde, la presencia de los residuos vegetales podría tener otros efectos en el agroecosistema, que en el caso de Gavidia aún no han sido evaluados. En la literatura se mencionan, entre otros efectos: mantenimiento de la porosidad del suelo, aumento de las tasas de infiltración, control de la erosión, mantenimiento de la materia orgánica del suelo, retención de agua por reducción de la evaporación directa (Lidstrom & Holt 1983, Saffigna *et al.* 1989).

3. ¿Por qué las parcelas son aradas cuatro o cinco meses antes de la siembra?

La práctica de anticipar varios meses el primer arado a la siembra también se ha descrito en los Andes Centrales y ha sido interpretada por Bourliaud *et al.* (1988) como una respuesta a la escasez de mano de obra, ya que permitiría dispersar más en el ciclo anual el esfuerzo de trabajo. Nosotros pensamos que el barbecho no debe ser interpretado como un descanso en el que no ocurre ningún proceso biológico importante. Por el contrario durante el barbecho se descompone el 50% del abono verde (Fig. 11).

Existe una asincronía entre la descomposición de los residuos vegetales y la dinámica de crecimiento del cultivo (Fig. 11), que nos lleva a preguntarnos si anticipar el primer arado a la

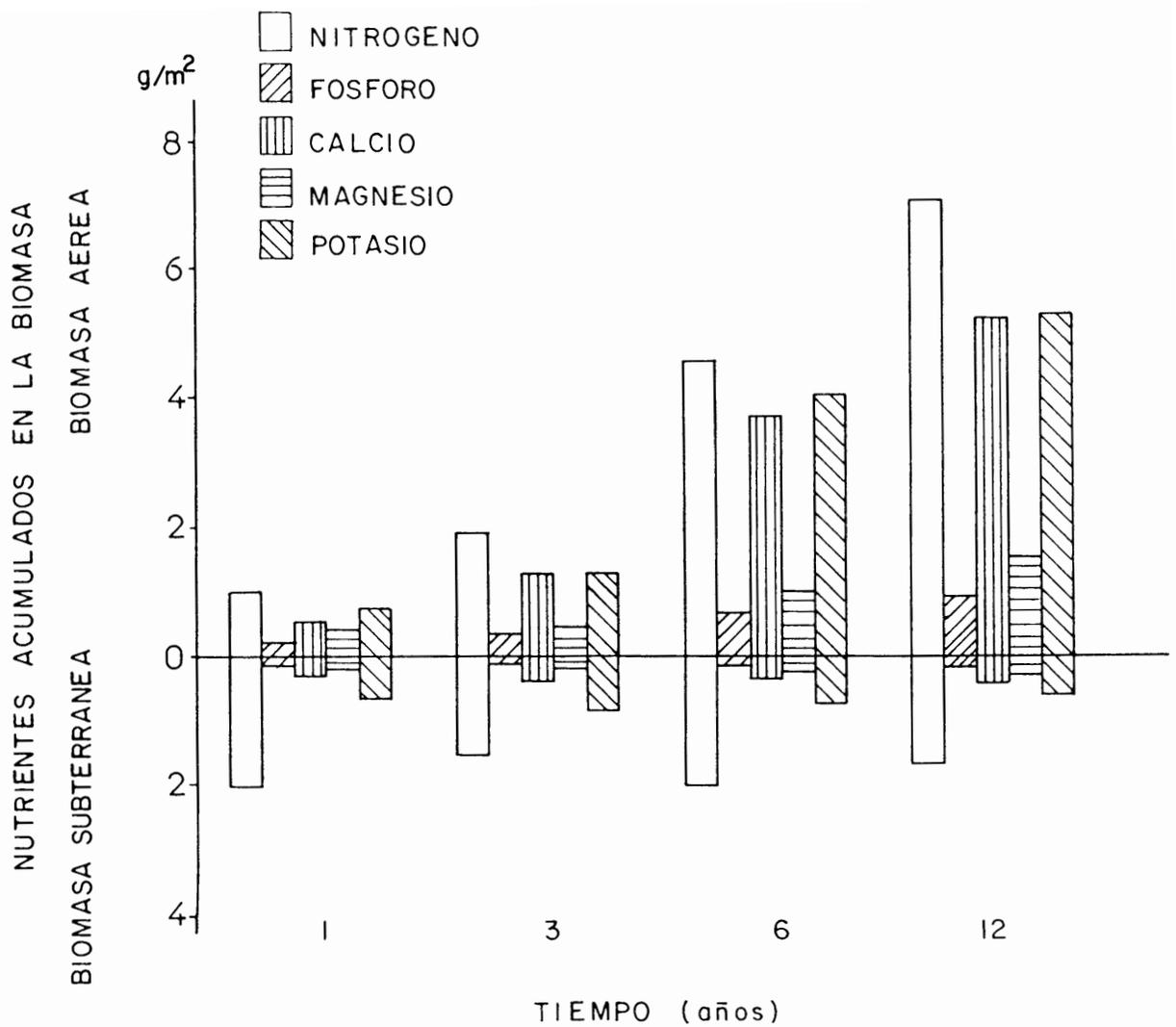


Figura 9 - Cantidad de nutrientes acumulados por la vegetación durante los primeros 12 años de sucesión-recuperación.

siembra no podría causar que parte de los nutrientes se perdieran del sistema al ser liberados antes de que su absorción sea posible. Para encontrar una respuesta hay que tener presente que la descomposición es un proceso biológico mediado por los microorganismos del suelo y que debe existir una sincronización entre mineralización y absorción para que los nutrientes puedan ser utilizados óptimamente por las plantas cultivadas.

Es bien conocido que durante las fases iniciales de la descomposición los nutrientes son rápidamente inmovilizados en la biomasa de los organismos descomponedores (Swift *et al.* 1979, Berg y Staaf, 1981) fenómeno que también ha sido descrito en el caso de la adición de abonos verdes al suelo (Bottner *et al.* 1984, Saffigna *et al.* 1989). La inmovilización se produce por la pobreza en nutriente del material en descomposición -alta relación C/

nutrientes- que trae como consecuencia que al mismo tiempo que el carbono es utilizado como fuente de energía, los nutrientes sean secuestrados en la biomasa de los descomponedores. Cuando la relación C/ nutrientes del material en descomposición alcanza un valor similar al de los organismos descomponedores, entonces comienza a predominar el proceso de mineralización (Swift *et al.* 1979).

Nuestra hipótesis es que la presencia del período de barbecho permite sincronizar la mineralización de los nutrientes originalmente contenidos en el abono verde con la absorción del cultivo.

Cabría preguntarse si no se podría lograr una mineralización más rápida de los nutrientes contenidos en el abono verde, sin que sea necesario dejar el terreno en barbecho durante

■ absorbido por el cultivo
 □ en el abono verde
 ▨ agregado por fertilización mineral

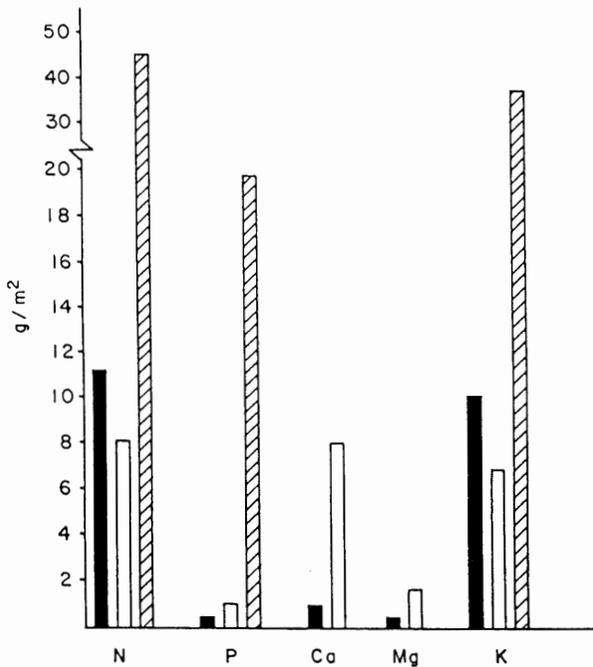


Figura 10 - Cantidad de nutrientes absorbidos por el cultivo hasta el momento de la cosecha en relación a los aportes del abono verde y del fertilizante mineral.

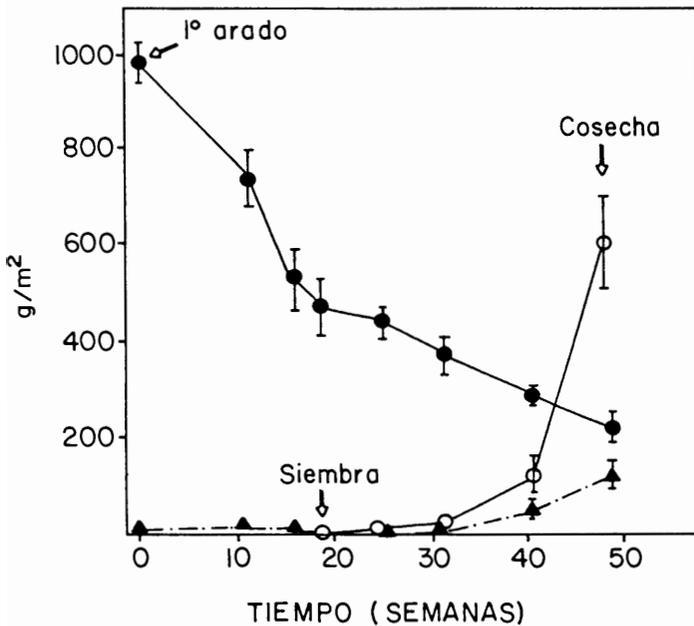


Figura 11 - Descomposición del abono verde después del primer arado (• — •), producción de cultivo (o — o) y producción de las malezas (▲ — ▲).

varios meses. Un proceso alternativo a la descomposición es la quema, que produce una liberación prácticamente instantánea de los nutrientes. Quemar era al parecer una práctica común en Gavidia en el pasado: "antes arrancaban el monte, lo extendían por encima y después cuando ya se secaba le metían candela, [...] cuando quemaban se les daba mejor la papa [...] así se pueden recoger dos o tres cosechas buenas pero después la tierra se degenera y no vale más nada". Es interesante esta observación pues es de suponer que la quema permite la disponibilidad inmediata de los nutrientes para el cultivo, explicándose que se obtengan buenas cosechas, pero al mismo tiempo produce una mayor pérdida de nutrientes tanto por volatilización como por dejar el suelo totalmente desprotegido frente a la erosión. También disminuye el aporte de materia orgánica al suelo, en detrimento de su fertilidad y modificando su estructura. En este sentido parece ser mucho más recomendable que el abono verde se descomponga.

4. ¿Qué papel tiene el abono mineral en la nutrición del cultivo? ¿Es bien manejada esta tecnología de reciente introducción?

La cantidad de fertilizante mineral utilizado por los agricultores de Gavidia supera considerablemente la recomendada para el cultivo de papa. En la parcela estudiada se utilizaron 454 kg/ha de N, 198 de P y 377 de K. ¿Por qué estas cantidades aparentemente desproporcionadas? Una primera explicación podría encontrarse en el precio del fertilizante, que hasta hace poco tiempo era muy bajo, lo que restaba importancia a su dosificación apropiada. Podemos sin embargo proponer una segunda explicación de naturaleza más ecológica.

El fertilizante es aplicado en el momento de la siembra, representando una entrada de gran magnitud aunque puntual y que se produce precisamente cuando comienza la época de lluvias. Si a esto sumamos que la mayor parte de los cultivos se realizan en pendientes pronunciadas y que las plantas sólo comenzarán a absorber cantidades importantes de nutrientes varios meses después de la siembra, tenemos los argumentos necesarios para formular nuestra hipótesis: cantidades significativas del fertilizante aplicado en forma mineral se pierden rápidamente del sistema. Esta hipótesis se ve

reforzada por los datos presentados en la Figura 12, donde se observa cómo un porcentaje realmente importante del potasio agregado al suelo se pierde del sistema poco tiempo después.

5. ¿Por qué las parcelas deben ser abandonadas después de una a tres cosechas consecutivas?

Una explicación posible, aunque aún no confirmada, se relaciona con el agotamiento del abono verde proveniente de la vegetación sucesional. En efecto, prácticamente la totalidad del primer abono verde ha desaparecido cuando el segundo ciclo de cultivo comienza. Existe, sin embargo, un segundo abono verde formado por los residuos del cultivo y de las malezas, pero que presenta una serie de características que lo diferencian del primero (Tabla 4):

- (a) su cantidad, expresada en peso seco, es 66% menor;
- (b) tanto la concentración de nutrientes como las cantidades totales son diferentes;
- (c) durante los primeros cuatro meses siguientes al primer arado, los residuos de la vegetación sucesional presentaron una tasa de descomposición de 4.59 mg/g.día, mientras que para el segundo abono verde fue de 5.36 mg/g.día. Esta diferencia puede ser importante pues afectaría la sincronización entre mineralización y absorción de nutrientes;

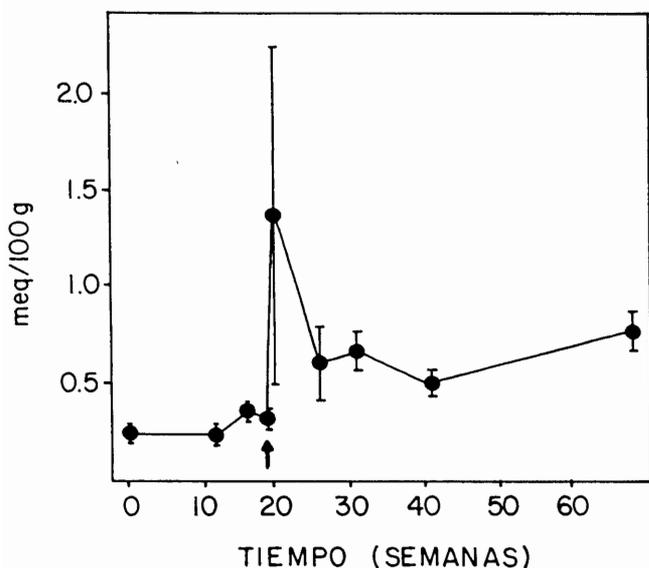


Figura 12 - Dinámica del potasio en el suelo; la flecha señala el momento de la fertilización mineral.

(d) la relación C/N para el primer abono verde es de 48.4, mientras que para el segundo es de tan sólo 12.8, lo cual promovería una rápida mineralización de los residuos incorporados durante el segundo ciclo de cultivo.

6. ¿Cuál es el efecto del uso tan reiterado del arado? ¿Cómo se controla la erosión en estas pendientes pronunciadas?

El arado es utilizado reiteradas veces durante el ciclo anual: tres si el deshierbe se hace con escardilla y cuatro si se hace con bueyes. En general, puede afirmarse que arar afecta la estructura del suelo al aumentar su porosidad. Una de las consecuencias de este cambio estructural es la modificación del balance hídrico por alteración de la relación entre infiltración y escorrentía, de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y de la evaporación. Otro efecto del arado es la fragmentación e incorporación de los residuos vegetales a los primeros centímetros del suelo, lo cual acelera considerablemente su descomposición (Woodmansee, 1984; Coleman *et al.*, 1984; Juna y McGill, 1985; Sarmiento *et al.* en prensa).

El uso reiterado del arado podría también acarrear una intensificación de la erosión. En Gavidia no se observan síntomas notorios de erosión aunque no se han hecho estudios que evalúen las pérdidas de suelo. El testimonio de los campesinos sugiere que éstas pérdidas pueden ser importantes de no tomarse las precauciones apropiadas: "cuando los terrenos están en declive hay que dejarlos descansar mucho tiempo, porque la tierra en cada año se va bajando un lote". Tenemos aquí otra explicación de la existencia de largos períodos de descanso.

Existen algunas prácticas y condiciones que permiten controlar la erosión:

- (a) la práctica del no despiedre o despiedre parcial de las parcelas;
- (b) la presencia casi continua de cobertura vegetal;
- (c) la presencia de residuos vegetales mezclados con el suelo durante el período de cultivo;
- (d) la construcción de muros de contención.

Tabla 4

**Biomasa y nutrientes del abono verde inicial (vegetación sucesional)
y del segundo abono verde (residuos del cultivo)**

	Peso seco inicial (g/m ²)	C ₂ g/m ² (%)	N ₂ g/m ² (%)	C/N g/m ² (%)	P g/m ² (%)	Ca g/m ² (%)	Mg g/m ² (%)	K g/m ² (%)
Abono verde inicial (vegetación sucesional)	988.6	392.9 (39.74)	8.12 (0.82)	48.39	1.12 (0.11)	7.93 (0.80)	1.77 (0.18)	6.83 (0.69)
Segundo abono verde (residuos del cultivo)	388.0	125.0 (36.98)	9.78 (2.89)	12.78	0.48 (0.14)	0.98 (0.29)	0.73 (0.22)	7.77 (2.30)

7. ¿A qué factores del ambiente obedece el calendario agrícola?

En la Figura 8 podemos observar cómo el desarrollo del cultivo se produce en la época en que hay menor riesgo de heladas y mayor disponibilidad de recursos hídricos; de esta forma disminuye la posibilidad de daño térmico y se hace innecesario implementar sistemas de riego. La papa requiere poca agua durante las primeras fases de su desarrollo y sólo posteriormente sus requerimientos hídricos se hacen elevados; esto se consigue sembrando a finales de la época seca y dejando que el disparador del desarrollo sea el inicio de las lluvias. Por otra parte, los terrenos permanecen en barbecho durante la época seca, lo cual puede tener la ventaja de controlar tanto el lavado de los nutrientes como las pérdidas de suelo por erosión.

LAS TRANSFORMACIONES RECIENTES DEL SISTEMA

Al analizar el conjunto de transformaciones que han tenido lugar en Gavidia, da la impresión de un salto tecnológico abrupto del sistema papa-trigo-recuperación al sistema con fertilizante, manteniéndose sin embargo elementos "anacrónicos". El cambio se produce sin pasar prácticamente por las fases más tradicionales de intensificación agrícola:

policultivo-ganadería, forrajeras, leguminosas, etc. Las transformaciones no tienen lugar solamente en la esfera de las prácticas agrícolas sino que, como es de esperar, afectan a todo el sistema socioeconómico. Hemos elaborado una pequeña síntesis de los cambios ocurridos, considerándolos a diferentes escalas (Figura 13).

- (1) El bajo costo de los fertilizantes -subvencionados por el Estado, aunque sin una política coherente de orientación a los productores- da lugar a una utilización masiva, sólo limitada por las condiciones de acceso a cada localidad. En Gavidia la introducción masiva de fertilizantes estuvo ligada a la construcción de la carretera en 1972.
- (2) Una de las consecuencias del uso de fertilizantes es la reducción del tiempo de descanso de las parcelas. Anteriormente era necesario abandonarlas de 10 a 20 años, mientras que el uso de fertilizantes permite reducir el período de abandono a sólo unos pocos años o incluso eliminarlo completamente. La reducción del descanso parece estar en relación con la topografía de la parcela; cuando la pendiente es muy pronunciada aún se practican los descansos prolongados, quizás en relación con las mayores pérdidas de nutrientes y de suelo. Una consecuencia de la reducción del tiempo de descanso es la disminución de la diversidad ecológica.

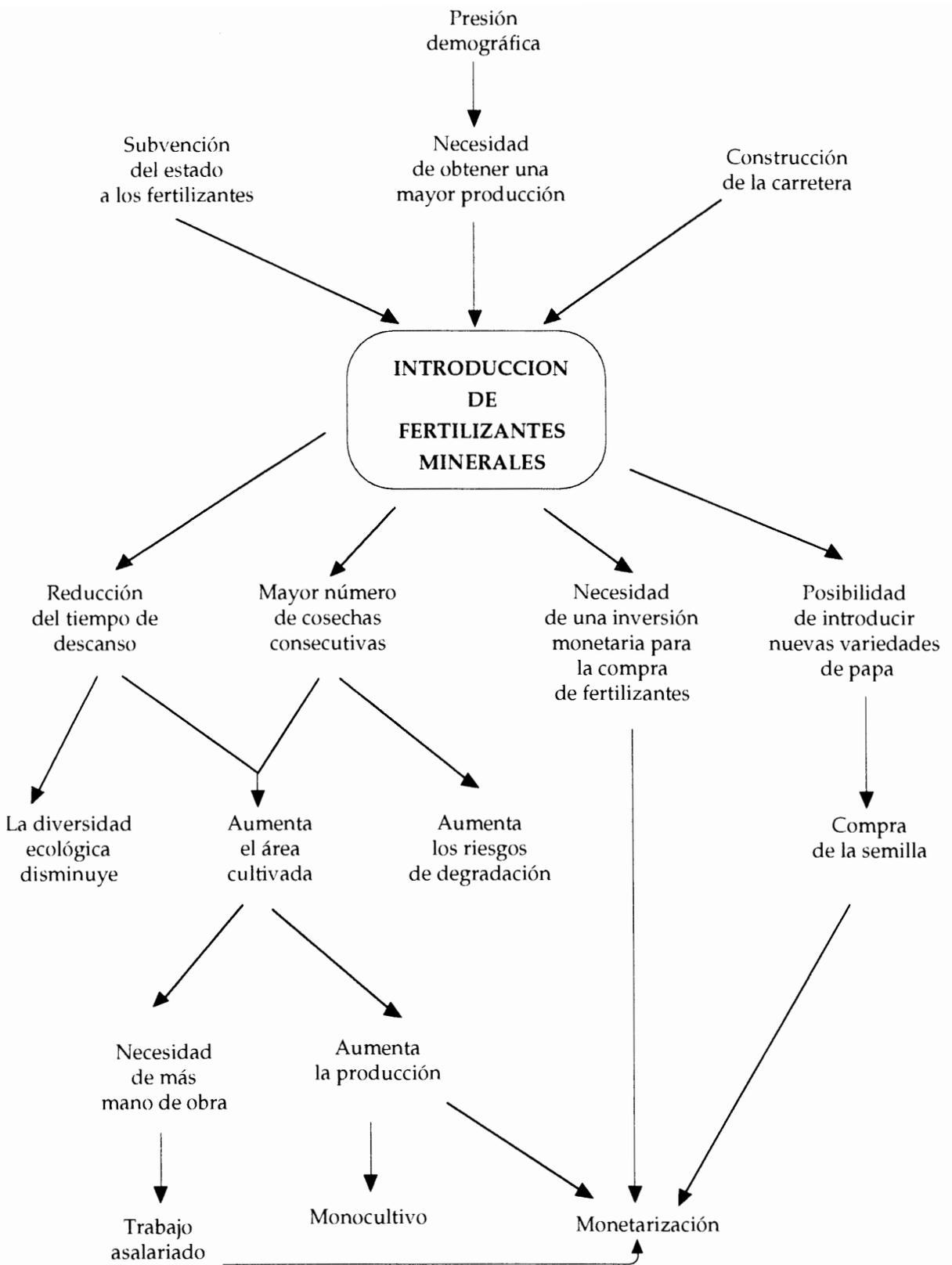


Figura 13 - Esquema de las transformaciones recientemente ocurridas en el sistema de producción.

- (3) No sólo el período de descanso se acorta sino que también se hace posible cultivar más años consecutivos, sometiendo al suelo a una serie de presiones inhabituales dentro del sistema tradicional: labranzas sucesivas, cosechas continuas, suelo poco cubierto durante intervalos largos de tiempo. Como consecuencia, los riesgos de degradación aumentan.
- (4) Como resultante de los dos procesos anteriores se produce un aumento de la superficie cultivada, en detrimento de las áreas en recuperación. Esto permite a cada productor aumentar considerablemente su producción
- (5) Al aumentar la superficie cultivada por productor, éste no puede hacer frente, únicamente con la mano de obra familiar, a la carga de trabajo necesaria, por lo cual el trabajo asalariado pasa a ser un elemento importante en el funcionamiento del sistema.
- (6) La inversión monetaria en fertilizantes se ha ido haciendo cada vez más importante debido al aumento progresivo de su precio, consecuencia de la eliminación de la subvención estatal. Sin embargo, esto no parece haber impuesto, al menos por el momento, una vuelta atrás en el sistema de producción. Una de las consecuencias es la necesidad de un capital inicial para la producción, lo que genera tanto la monetarización de los campesinos como su endeudamiento.
- (7) Muy en relación con el punto anterior está la aparición de una nueva forma de medianería en la cual una de las partes, generalmente un campesino más capitalizado o una persona externa a la comunidad, pone el fertilizante y paga una parte de la mano de obra y el propietario pone la tierra y parte de la fuerza de trabajo, además de supervisar y organizar todas las actividades, siendo la cosecha repartida en partes iguales.
- (8) Otra innovación tecnológica permitida por la utilización de fertilizantes y la monetarización, es la introducción de nuevas variedades de papa, que por su ciclo de vida más corto permiten obtener una producción más temprana que puede ser vendida a mejor precio. Aquí se produce una complicación adicional pues el productor comienza a perder autonomía en cuanto a la producción de semilla.
- (9) Hay una serie de factores que contribuyen a que la autonomía campesina disminuya: la fuerte dependencia de las oscilaciones del mercado, del precio del fertilizante, de la disponibilidad de mano de obra, de la semilla y probablemente en poco tiempo de los pesticidas.
- (10) Al ser el cultivo de papa el único rentable económicamente, se manifiesta una tendencia creciente hacia su monocultivo, en detrimento del cultivo de cereales.

BIBLIOGRAFIA

- ARANGUREN, A. 1988. Aspectos de la dinámica del nitrógeno en parcelas con diferente tiempo de descanso en el páramo de Gavidia. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida. 114 pp.
- AWETO, A. O. 1981a. Secondary succession and soil fertility restoration in South-Western Nigeria. I. Succession. *Journal of Ecology*, 69: 601-608.
- AWETO, A. O. 1981b. Secondary succession and soil fertility restoration in South-Western Nigeria. II. Soil fertility restoration. *Journal of Ecology*, 69: 609-614.
- BARSKY, O. 1984. Acumulación campesina en el Ecuador. Quito: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- BERG, B. Y STAFF, H. 1981. Leaching, accumulation and release of nitrogen in decomposing forest litter. En: Clark, F. E. & Rosswall, T. (eds.), *Terrestrial Nitrogen Cycles. Processes, Ecosystem Strategies and Management Impacts*. *Ecol. Bull.*, 33: 163-178. Stockholm.
- BERTRAND, A. 1983. The key to agricultural ecosystems. En: Lowrance, R., Todd, R., Asmussen, L. & Leonard, R. (eds.), *Nutrient Cycling in Agricultural Ecosystems*. The University of Georgia Special Publication Number 23: 13-23.
- BOTTNER, P., MNEIMNE, Z. Y BILLES, G. 1984. Réponse de la biomasse microbienne à l'adjonction au sol de matériel végétal marqué au ¹⁴C. Role des racines vivantes. *Soil. Biol. Biochem.*, 17: 329-337.
- BOURLAUD, J., HERVÉ, D., MORLÓN, P. Y REAU, R. 1988. Chakitaklla. Estrategias de barbecho e intensificación de la agricultura andina. Lima: ORSTOM-PISA.
- COLEMAN, D., COLE, C. Y ELLIOTT, E. 1984. Decomposition, organic matter turnover and nutrient dynamics in agroecosystems. En: Lowrance, R., Stinner, B. & House, G. (eds), *Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts*. New York: John Wiley & Sons.
- CONTRERAS, N. Y TERAN, E. 1981. Clasificación de tierras con propósitos múltiples en el área de Gavidia. Parque Nacional Sierra Nevada. Estados Mérida y Barinas. Mérida: Universidad de los Andes.
- EWEL, J. 1986. Designing agricultural ecosystems for the humid tropics. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 17: 245-271.
- GARAY, I., SARMIENTO-MONASTERIO, L. Y MONASTERIO, M. 1983. Le Paramo désertique: éléments biogènes, peuplements des microarthropodes et stratégies de survie de la végétation. Proceedings of the VIII Intl. Colloquium of Soil Zoology. Louvain-la-Neuve (Belgium). August 30-September 2, 1982. Edited by Lebrum, P. André, H. De Medts, A., Gregoire-Wibo, C. & Wathy, G. Louvain-la-Neuve. Belgium.
- GOLLEY, F. 1983. Ecology and Agriculture. En: Lowrance, R., Todd, R., Asmussen, L. & Leonard, R. (eds.), *Nutrient Cycling in Agricultural Ecosystems*. The University of Georgia, Special Publication Number 3: 13-23.
- HART, R. D. 1979. Agroecosistemas: conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- HERRERA, A. 1981. The generation of technologies in rural areas. *World Development*, 9: 21-35.
- HERRERA, A. 1984. Project on research and development systems in rural settings: Final report. Tokyo: The United Nations University.
- HOUSE, G. J., STINNER, B. R., CROSSLEY, D. A. Y ODUM, E. P. 1984. Nitrogen cycling in conventional and no tillage agroecosystems: analysis of pathways and processes. *J. Appl. Ecol.*, 21: 991-1012.
- JORDAN, C., CASKEY, W., ESCALANTE, G., HERRERA, R., MONTAGNINI, F., TODD, R. Y UHL, C. 1983. Nitrogen dynamics during conversion of primary amazonian rain forest to slash and burn agriculture. *Oikos*, 40: 131-139.
- JUMA, N. Y MCGILL, W. 1986. Decomposition and nutrient cycling in agroecosystems. En: Mitchell, M. & Nakas, J. (eds.), *Microfloral and faunal interaction in natural and agro-ecosystems*: 74-136. Martinus Nijhoff, Dr. W. Junk Publishers.
- LINDSTROM, M. Y HOLT, R. 1983. Crop residue removal: the effects on soil erosion and nutrient loss. En: R. Lowrance, R. Todd, L. Asmussem & R. Leonard (eds.), *Nutrient cycling in agricultural Ecosystems*. University of Georgia, College of Agriculture, Special publication N° 23.
- LOWRANCE, R., STINNER, B. Y HOUSE, G. (EDS.). 1984. *Agricultural ecosystems: Unifying concepts*. New York: John Wiley & Sons.
- MONASTERIO, M. 1980a. Poblamiento humano y uso de la tierra en los altos Andes de Venezuela. En: M. Monasterio (ed.), *Estudios ecológicos en los páramos andinos*: 170-198. Mérida, Venezuela: Ediciones de la Universidad de los Andes.
- MONASTERIO, M. 1980b. Las formaciones vegetales de los páramos de Venezuela. En: M. Monasterio (ed.), *Estudios ecológicos en los páramos andinos*: 93-158. Mérida, Venezuela: Ediciones de la Universidad de los Andes.
- MONASTERIO, M. Y REYES, S. 1980. Diversidad ambiental y variación de la vegetación en los páramos de los Andes venezolanos. En: M. Monasterio (ed.), *Estudios ecológicos en los páramos andinos*: 45-91. Mérida, Venezuela: Ediciones de la Universidad de los Andes.
- MONTILLA, M. Y MONASTERIO, M. 1987. Análisis estructural de la vegetación en la sucesión y regeneración de ecosistemas y agroecosistemas de Páramo. Convención Anual de ASOVAC, Maracaibo.
- RAPPAPORT, R. 1971. El flujo de energía en una sociedad agrícola. *Selecciones de Scientific American*. Barcelona: Blume.

- SAFFIGNA, P. G., POWLSON, D. S., BROOKES, P. C. Y THOMAS, G. A. 1989. Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian vertisol. *Soil Biol. Biochem*, 21: 759-765.
- SARMIENTO, L. 1987. El páramo altiandino: Producción primaria, asignación de la biomasa, descomposición y demografía de *Arenaria Jahni* BRAKE, una planta en cojín. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 188 pp.
- SAXENA, K. G. Y RAMAKRISHAN, P. S. 1986. Nitrification during slash and burn agriculture (jhum) in North-eastern India. *Oecologia Plant.*, 7: 307-319.
- STINNER, B. R., CROSSLEY, D. A., ODUM, E. P. Y TODD, R. L. 1984. Nutrient budgets and internal cycling on N, P, K, Ca and Mg in conventional tillage, no tillage and old-field ecosystems on the Georgia piedmont. *Ecology*, 65 (2): 354-359.
- SWIFT, M. J., HEAL, O. W. Y ANDERSON, J. M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Berkeley: University of California Press.
- UHL, C. Y JORDAN, C. 1984. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. *Ecology*, 65: 1476-1490.
- WAGNER, E. 1979. Arqueología de los Andes venezolanos. En: Salgado-Labouriau, M. (ed.): El medio ambiente Páramo. Actas del Seminario de Mérida. Caracas: Centro de Estudios Avanzados-UNESCO.
- WOODMANSEE, R. 1984. Comparative nutrient cycles of natural and agricultural ecosystems: A step toward principles. En: Lowrance, R., Stinner, B. & House, G. (eds.), *Agricultural ecosystems: Unifying concepts*. New York: John Wiley & Sons.