

Caracterización preliminar de un «Paramillo» en la cordillera occidental del Departamento del Cauca

Marnix L. Becking ⁽¹⁾ ■

Alvaro J. Negret ⁽²⁾

Robert G. Hofstede ⁽³⁾

RESUMEN

Se describe por primera vez un «paramillo» de la Cordillera Occidental en el sur del Departamento del Cauca en cuanto a geología, suelos, vegetación, fauna y zonación altitudinal y se discuten las posibles causas de la ocurrencia de vegetación paramuna a tan bajas altitudes (3000 m., en un caso hasta 2 650 m). Los suelos y la vegetación, dominado por *Calamagrostis effusa* y *Puya nitida* (sin presencia de *Espeletia* spp.), son considerados típicamente paramunos, aunque el suelo tiene un alto contenido de aluminio.

Como factores que influyen sobre la ocurrencia de los paramillos se mencionan el efecto «Massenerhebung» («efecto de la cima»), los fuertes vientos que ascienden desde la cuenca del río San Juan de Micay en verano, la alta incidencia de descargas eléctricas, produciendo quemas naturales y el impacto antrópico (incendios).

Se concluye que los paramillos, que generalmente ocurren desde los 3.000 m pueden ser considerados páramos zonales, lo cual parece ser un fenómeno regional del suroccidente del Departamento del Cauca, mientras que los por debajo de ésta altitud debe interpretarse

como azonal debido a factores edáficos (poca profundidad, pedregosidad) y antrópicos.

SUMMARY

For the first time a «paramillo» of the Western Cordillera in the south of Cauca Department has been described concerning aspects of geology, soils, vegetation, fauna and altitudinal zonation. Possible causes of the occurrence of páramo vegetation at such low altitudes (3000 m. and in one case at 2650 m.) are discussed. The soils and the vegetation, dominated by *Calamagrostis effusa* and *Puya* sp. (*Espeletia* spp. are not present), are considered typical for natural páramos, although the soil has a high content of aluminium.

Amongst the factors that may influence the occurrence of the «paramillos» are the «Massenerhebung» effect (Top effect), the strong winds ascending from the river San Juan de Micay watershed in the dry season, the high frequency of thunderstorms which may produce natural fires and the human impact (burning). It is concluded that the «paramillos» which occur generally at 3000 m. can be considered as zonal páramos, wich seems to

1 Fundación Universitaria de Popayan.

2 Museo Historia Natural, Universidad del Cauca.

3 Laboratorio Hugo de Vries, Universidad de Amsterdam.

be a regional phenomenon for the southwest of Cauca Department, while those below this altitude should be interpreted as azonal because of edaphical and anthropical factors.

INTRODUCCION

El estudio de los páramos en Colombia se ha dirigido principalmente a las cordilleras oriental (entre otros Cleef, 1981; Franco et al., 1986, Duque 1986) y central (entre otros Van Der Hammen et al, eds., 1983, 1989, Rangel & Franco, 1985, Rangel & Lozano, 1986), por tener allí su mayor extensión. En comparación los páramos de la cordillera occidental han recibido poca atención y hasta el momento existen aún pocos trabajos (Sturm & Rangel, 1985, El transecto Tatamá (Studies on Tropical Andean Ecosystems, en prep.) y de los farallones de Cali (Calderon, en prep.).

En esta contribución se da una caracterización preliminar de la geología, los suelos y la vegetación de un «paramillo» en el sur-occidente caucano, de cuya existencia no existía referencia alguna, con base en una visita en enero 1992. Este paramillo se encuentra sobre el Cerro California frente a la carretera entre Balboa y Argelia. Cerca de éste existe otro paramillo más pequeño, el de San Alfonso, municipio de Balboa, visible desde la Panamericana en el Valle del río Patía, sobresaliendo por su color bronce-amarillo típico de la vegetación paramuna.

Los paramillos, ubicados sobre los filos con pendientes fuertes en la cuenca alta del río San Juan de Micay se presentan desde los 3000 m. y en una parte desde los 2650 m., una altitud relativamente baja en comparación con la zonación altitudinal generalmente encontrada (Cuatrecasas, 1958; Cleef, 1981; Rangel, 1991; Sturm & Rangel, 1985; Becking & Smeets, 1988), y en vista de su aislamiento geográfico de otros páramos

tienen un interés en cuanto a sus aspectos biogeográficos y su probable presencia de endemismo.

Se han reportado algunos otros casos de páramos bajos en la Cordillera Oriental, Páramo de Pisba, (2900 m., Cleef, 1981), Venezuela (2800 m., Monasterio y Reyes, 1980), Iguaque, Villa de Leyva (2800 m., obs. pers.), los cuales siempre se encuentran sobre las vertientes secas. Rangel y Lozano (1986) mencionan un enclave turboso con *Calamagrostis* y *Espeletia* en el parque Merenberg (entre los departamentos del Cauca y Huila a 2380 m. por razones edáficas (turbera).

Se discute, de forma preliminar, los factores que pueden determinar la zonación atípica de los paramillos y si es posible considerar estos paramillos como páramos zonales.

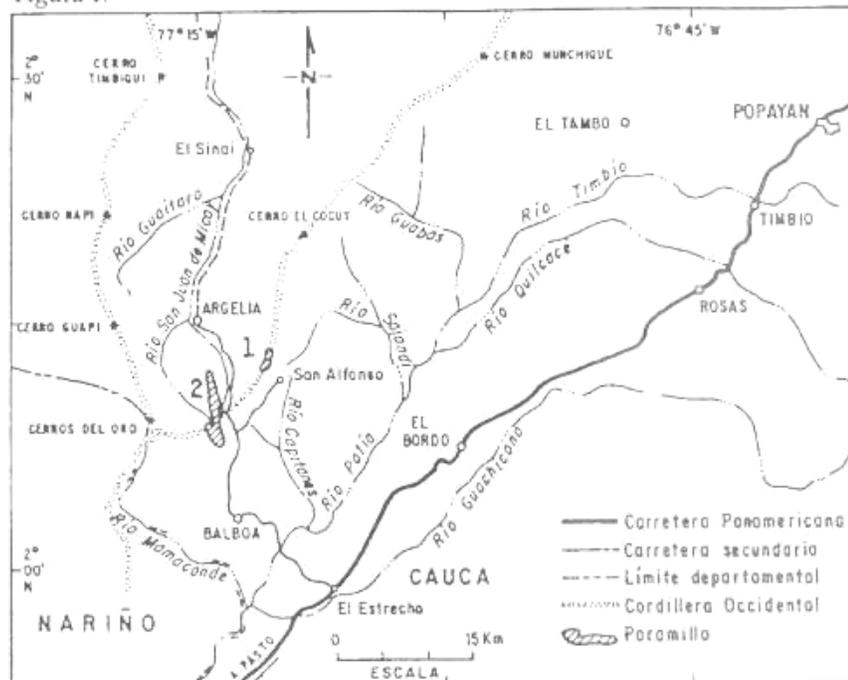
LOCALIZACION GEOGRAFICA

El Paramillo Cerro California se encuentra en el suroccidente del Departamento del Cauca en el límite de los municipios de Balboa y Argelia, divisoria de aguas entre la cuenca del río Patía y la cuenca del Pacífico (río Micay), aproximadamente a los 77°15'W y 2°10'N, donde las cumbres de la cordillera occidental sobrepasan los 3000 m. (Ver figura 1).

El paramillo de Cerro California consiste de dos extensiones mayores de páramo, el Cerro California propiamente dicho (3200 m.) y el cerro localmente llamado «El Cerro» (3250 m.), interconectados por corredores angostos de vegetación paramuna sobre los filos que unen los cerros.

En la figura 2, basada en foto-interpretación, se muestra la ubicación de la vegetación paramuna. Los paramillos tienen una orientación oriental-nor-oriental (Ver fotografía 1). El paramillo sobre la divisoria de aguas entre las quebradas puente Tierra y El Mesón, afluentes del río San Juan de Micay,

Figura 1.



Ubicación de los paramillos de San Alfonso (1) y Cerro California (2) en el sur del Departamento del Cauca.

desciende hasta una altitud de 2650 m., mientras que sobre los otros filos el paramo llega hasta 2900/3000 msnm. El paramillo tiene una extensión aproximada de 800 has.

MÉTODOS

En cuanto a la geología se colectaron algunas muestras de rocas que afloran en el paramillo del Cerro California, para corroborar la información existente en la literatura.

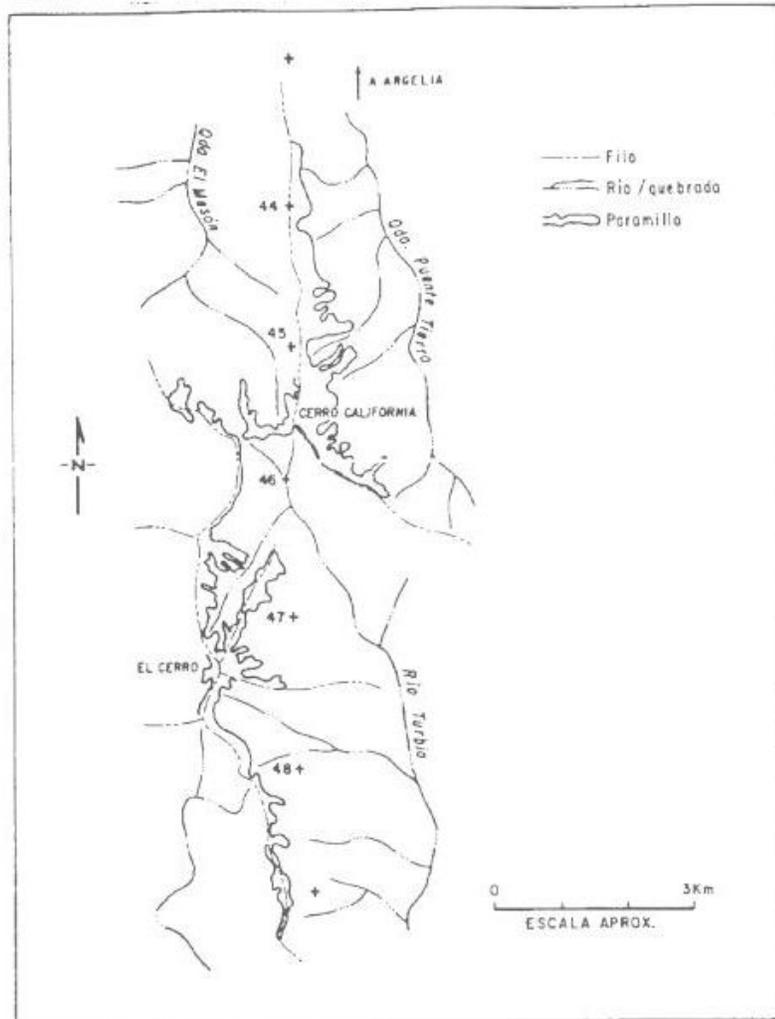
En Cerro California se escogieron tres sitios entre 3150-3200 m., y en cada cual se tomaron tres perfiles de suelo. En dos de estos sitios se dividieron en tres horizontes (0-10, 10-20 y 20-30 cms.) y en el tercer sitio fue muestreado solamente el horizonte superficial. Se mezclaron los horizontes correspondientes de cada

perfil, obteniendo un perfil representativo de cada muestreo y un total de 7 muestras. Las muestras fueron homogenizadas y se extrajeron las raíces. En el Laboratorio de Suelos del Instituto Geográfico «Agustín Codazzi», Santa Fé de Bogotá, se analizaron dichas muestras en húmedo en cuanto a la densidad aparente, humedad de campo, pH, conductividad eléctrica (CCE), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y los contenidos intercambiables de calcio, magnesio, sodio, potasio, fósforo, aluminio activo y carbono (métodos de caracterización del IGAC).

Las muestras mezcladas de cada perfil fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de Geografía Física (FGBL), Amsterdam, en cuanto a los contenidos totales después de destrucción con HF.

Se realizaron varios levantamientos fitosociológicos con parcelas de 7 x 7

Figura 2:



Localización del paramillo del Cerro California con base en fotointerpretación (vuelo C1986-S30661, 1981, escala original 1:32.000).

metros, los cuales sirvieron de base para describir los componentes florísticos más importantes. Además de hicieron observaciones sobre la vegetación circundante y su zonación altitudinal, en especial la transición hacia el páramo, y la intervención antrópica, apoyado por información de los habitantes locales. La clasificación del material vegetal se hizo en el Herbario

de la Fundación Universitaria de Popayán, donde quedarán depositados (colección MB) y en el Herbario Nacional (COL).

Del compartimento más abundante de la vegetación, las macollas de *Calamagrostis effusa*, se estimó la biomasa total al ojo y se muestrearon al azar die: submuestras de 500 gr. en el Cerro Cali

fornia. Estos se subdividieron en hojas frescas, hojas viejas y hojas muertas. Luego se secaron (24 horas a 105°C) y se pesaron para obtener una idea de la división de estados de vida. Cada submuestra ha sido analizado en el Laboratorio «Hugo de Vries» de la Universidad de Amsterdam, Holanda, en cuanto a los contenidos totales de calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro y aluminio (absorción atómica), fósforo (espectrofotométrico), nitrógeno y carbono (análisis térmico).

De una manera preliminar se hicieron observaciones directas sobre la fauna asociada a los paramillos y se obtuvo información adicional de los habitantes locales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Geología:

En el Cerro California aflora cherts del color blanco pertenecientes a la unidad de flujos basálticos y sedimentitas correlacionables con las rocas del grupo Diabásico de Nelson (1962), de edad Cretácico Superior. Esta unidad conjuntamente con la de pizarras y filitas del Dagua,

constituyen la mayor parte de la cordillera Occidental en el Departamento del Cauca (Paris y Marin, 1979).

Las rocas de la unidad de pizarras y filitas del Dagua se exponen a lo largo de la vía Balboa- Argelia. En esa sección la unidad del Dagua está constituida por metaconglomerados, metaareniscas, metalimolitas, metatobas y metacherts (Nelson, 1962).

Las rocas predominantes en la unidad de flujos basálticos y sedimentitas son basaltos y piroclastitas básicas, con delgadas intercalaciones sedimentarias (Orrego y Mosquera, 1989). Los basaltos tienen textura afanítica y color que varía entre gris verdoso, verde oscuro y gris oscuro, cuando se encuentran sin alterar; meteorizados muestran un color amarillo o pardo amarillento (Paris y Marin, 1979). Los suelos derivados de los basaltos son arcillosos de color pardo amarillento, ricos en aluminio.

Las unidades litológicas del área están cubiertas en algunos sectores por delgadas capas de ceniza de caída.

Suelos:

Los suelos se clasificaron como Andisoles probablemente Cryandeps o

TABLA 1 Características de las muestras de suelo del paramillo del Cerro de California.

Lé	Pro	Densi	Hume	pH	CCE	CCC	Ca	mg	K	Na	C	PP04	Al
var.	fun	dad	dad		US/	meq/	meq/	meq/	meq/	meq/	%	ppm	meq/
tem	dad	PS/ml	%de	CS	cm.	100g	100g	100g	100g	100g			100g
1	0-10	0.7	80	4.2	116	51.2	0.4	0.4	0.4	0.2	13.5	6	7.6
1	10-20	0.6	103	4.9	16.8	52.8	0.4	0.4	0.2	0.3	10.8	4	6.2
1	20-30	0.6	101	4.6	11.9	47.7	0.4	0.4	0.1	0.3	8.9	2	5.0
2	0-10	0.5	140	4.3	25.8	47.1	0.4	0.4	0.5	0.3	6.6	15	5.0
2	10-20	0.7	82	4.3	14.5	46.0	0.4	0.4	0.1	0.1	5.5	4	6.5
2	20-30	0.9	63	4.2	9.6	31.1	0.3	0.3	0.1	0.1	5.5	2	4.0
3	0-10	0.6	101	4.3	20.6	47.4	0.4	0.4	0.4	0.2	10.9	6	4.3

TABLA 2. Resultados del análisis total (destrucción HF a 375 °C) de las muestras de suelo del paramillo del Cerro de California (N:C en "Elemental Analyser").

Profundidad (cm)	% H	% C	C/N	P mg/g	K mg/g	Na mg/g	Ca mg/g	Kg mg/g	Fe mg/g	Al mg/g
0-10	1.63	32.59	20.0	1.14	1.86	1.58	2.3	1.57		
10-20	1.41	28.02	19.9	0.98	2.08	1.78	2.2	1.80		
20-30	0.77	18.58	24.1	0.41	2.91	2.10	2.10	3.03	12.7	61.6

Dystrandepets; no fue posible discriminar entre estos por la falta de información sobre la temperatura (det. A. Lopez H. y C.E. Pulido-R., IGAC). Esto significa que son formados de cenizas volcánicas y que tienen una morfogénesis joven. Según el mapa de suelos (IGAC, 1983) el Cerro California pertenece a la Asociación Salado, compuesta de tres clases de suelos a nivel de subgrupo: Typic Dystrandepet, Andic Humitropept y Typic Placandepet orden inceptisoles).

Las características físicas y químicas de las muestras de suelo se presentan en las Tablas 1 y 2. De estos resultados se puede deducir que la composición física y química es típica para andisoles de clima húmedo y frío. La densidad es baja, la humedad alta, son ácidos con capacidad de intercambio catiónico alta y el complejo de cambio es bajo. En comparación con análisis de andisoles en todo Colombia (Malagon y Pulido, 1991) es llamativo la concentración de aluminio la cual es muy alta; estas concentraciones pueden llegar a ser tóxicas. Una explicación de esta alta concentración puede ser su origen de basaltos mezcladas con cenizas volcánicas, como de mencionó anteriormente. Fósforo no parece tan inmovilizado como es frecuente en suelos semejantes. En el páramo de la Laguna Verde (Cordillera

Oriental) se han encontrado contenidos de aluminio y fósforo parecidos (Bekker y Cleef, 1985). Estas características pueden ser el resultado de un suelo ácido, moderadamente meteorizado. No se presentó marcada diferencia entre los suelos de los diferentes muestreos, solamente que el suelo de los levantamientos No. 1 y 3 parece ser más pantanoso (%C mas alta). Tampoco aparecen tendencias fuertes dentro del perfil, unicamente el fósforo, potasio y %C disminuyeron desde la superficie hacia abajo, causado por la mayor descomposición de materia orgánica a 30 cms de profundidad.

Biomasa y análisis de nutrientes de la vegetación:

La biomasa de la vegetación se estimó en 3 kg de peso seco por metro cuadrado. La relación de hojas frescas, viejas y muertas fue 25:22:53% lo cual se puede interpretar como una cantidad de hojas muertas adheridas a la vegetación comparable con otros páramos (Cardozo & Schnetter 1975; Sturm & Rangel, 1985; Hofstede y Witte, 1993).

Los resultados de los análisis químicos de las hojas de *Calamagrostis effusa* se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3. La composición química de las hojas de *Calamagrostis effusa* del paramillo del Cerro de California

Tipo de hoja	Ca mg/g	Hg mg/g	Na mg/g	P mg/g	Al mg/g	Fe mg/g	N mg/g	C mg/g	C/N %	K %	Ceniza %
Hoja fresca	0.7	0.3	0.2	2.1	0.06	0.05	1.0	44	44	9.7	7.3
Hoja vieja	0.6	0.2	0.1	2.2	0.05	0.08	0.7	45	64	6.3	6.4
Hoja muerta	0.5	0.1	0.05	0.3	0.08	0.07	0.4	43	120	0.9	9.3

Las concentraciones de los elementos en las hojas fueron bastante bajas, con excepción del contenido de K en hojas frescas. Las concentraciones de éste elemento y la relación C/N muestran la descomposición en las hojas muertas adheridas. El contenido de aluminio en las hojas no fue muy alto en relación con los de la Laguna Verde (Beekman & Verweij, 1987). Los resultados sugieren que las raíces están adaptadas a evitar o almacenar el excedente. De la comparación con estudios en la Cordillera Oriental (Lutz & Vader, 1987; Beekman & Verweij, 1987) se puede concluir que los contenidos de nutrientes son típicos para macollas de páramo. La concentración de Fósforo que es más alta en este estudio debe estar relacionada con la concentración relativamente alta en el suelo.

Vegetación

La vegetación del paramillo es dominada por las macollas de *Calamagrostis effusa* con una cobertura de 30-60% y localmente se encuentran manchas con dominancia de *Puya nitida* (10-15%). Estas dominancias de *Puya nitida* pueden tener relación con las condiciones más pantanosas del suelo en éstos sitios (lev. 1 y 3, ver tabla 1). En el

paramillo de Cerro California ni en el Paramillo de San Alfonso hay presencia de frailejones (*Espeletia spp*). Esto parece ser, junto con la baja altitud de los paramillos y su restringida extensión, la explicación de la denominación «Paramillos» a diferencia de «Páramos». Sin embargo, según el testimonio de algunos habitantes, anteriormente se encontraban frailejones en el Cerro California, lo cual no ha sido posible corroborar.

La vegetación en los paramillos en general es muy uniforme (ver fotografía 2). Se pueden distinguir dos estratos herbáceos, uno de 0.60-1 metro con una cobertura entre 50-70% y un estrato más bajo de 0.10 m con una cobertura entre 10-40% y un estrato rasante con 20-30% de cobertura. La cobertura total está alrededor de 90%.

En el estrato herbáceo alto se encontraron hierbas y algunos arbustos pequeños, entre otros, *Calamagrostis effusa* H.B.K. *Puya nitida*, *Baccharis genisteloides* (Lan) Pers, *Bartsia cf. santolineafolia* (H.B.K.) Benth, *Pteridium aquilinum var. arachnoidea* (Kaulf.) Brade, *Alonsoa sp.*, *Arcytophyllum cf. capitatum* (Benth) K. Schum., *Hieracium cf. paletaranum* Sleumer, *Siphocampylus cf. niveus* (R & S.) Vatke, *Befaria cf. resinosa* Mutis ex. L.

fil., *Rhynchospora* sp., *Hypericum* cf. *jussiaei* Pl. et Lind., *Centropogon* cf. *cupreus* Winner, *Lupinus* sp., *Ageratina* sp., y las orquideas terrestres *Altensteinia* sp. y *Elleanthus* cf. *gracilis* (Reichb.f.) Reichb.f.

En el estrato herbáceo bajo se reportaron *Chaetolepis microphylla* (Bomp) Kiq., *Achyrocline* cf. *bogotensis* (H.B.K.) DC., *Vaccinium floribundum* H.B.K., *Pernettya prostrata* (Cav.) OC., *Noticastrum marginatum* H.B.K. Cuatr., *Bidens andicola* H.B.K., *Baccharis genisteloides* (Lam.) Pers., *Diplosiphium schultzii* Weddel var. *lehmannianum* Hier. fma. *subincisum* (Cuatr.) Cuatr., *Gaultheria* cf. *glomerata* (Cav.) Sleumer, *Caucaster* cf. *tetramera* (det. S. Diaz), las gramíneas *Aegopogon cenchroides*, *Danthonia secundiflora* Presl, las ciperáceas *Oreobolus* sp. y *Carex* sp. y las orquideas terrestres *Epidendrum fimbriatum* H.B.K., cf. *Gomphichis* sp., cf. *Pterichys* sp., cf. *Habenaria* sp. y cf. *Beadlea* sp.

El estrato restante cubre 20-30% con briófitos (especialmente *Hypnum* sp.) y es abundante el líquen *Cora* sp.

La diversidad alfa varió entre 21-32 especies por 25 m², lo cual es comparable con otros páramos de la cordillera central (Rangel y Lozano, 1986) y oriental (Cleef, 1981), pero la diversidad beta en general se mostró relativamente baja. Cabe destacar la diversidad de orquideas terrestres y su abundancia en el paramillo (7 especies).

El paramillo de Cerro California (y también el de San Alfonso) ha sido severamente intervenido por las frecuentes quemadas en verano. Estas son causadas por los habitantes locales que prenden la vegetación seca «por ver arder», ya que el paramillo no tiene uso agropecuario. La quema puede ser la razón de que la vegetación sea tan uniforme (Laegaard, 1992). Según este mismo autor se puede explicar la diversidad de las orquideas terrestres, porque como muchas otras especies

paramunas tienen adaptaciones para resistir al fuego, como por ejemplo las raíces carnosas y profundas del género *Altensteinia*.

En áreas protegidas del viento, detrás de rocas a lo largo de quebradas, se encuentran manchas y franjas de subpáramo/bosque alto-andino hasta 3200 m, con especies como *Weinmannia rollotii* Killip, *Weinmannia* sp., *Myrica pubescens* Willd., *Freziera* sp., *Clusia magnifolia*, *Macrocarpaea* cf. *glabrata* Silg., *Ageratina popayanensis*, (Hieron) King & H. Robins., *Mikania* cf. *steubelii* Hieron., *Miconia* sp., *Monochaetum bonplandii* (Kunth) Naudy, *Gynoxis* sp., *Oligactis* cf. *pastorensis* (Hieron) Robinson y Brettell, *Macleania* cf. *rupestris* (H.B.K.) A.C., *Escallonia myrtilloides* L.f.

Fauna

Los paramillos poseen hasta donde ha sido posible verificar por observaciones directas una fauna pobre en especies. Entre los insectos son frecuentes los Coleópteros, particularmente una especie de Erotylidae y escarabajos Melolonthidae. De los Lepidopteros (mariposas) las más frecuentes son especies de *Colias* y *Catasticta* (Pieridae) y varias especies cafés de la familia Satyridae.

Las aves registradas durante las visitas al área de estudio pueden ser agrupadas en dos categorías; aquellas especies transeúntes que ocasionalmente sobrevuelan el paramillo como los vencejos (*Cypseloides rutilus*, *Streptoprocne zonaris*), la torcaza collarera (*Columba fasciata*) y algunos gavilanes migratorios (*Elanoides forficatus*, *Ictinia plumbea*).

Existe un segundo grupo de aves que habita los bosques alto-andinos que bordean el paramillo y con frecuencia visitan las áreas abiertas. Entre ellas se han registrado dos especies de colibríes (*Metallura tyrianthina* y *Heliangelus exortis*), el Chiguaco (*Turdus fuscater*),

dos especies de cazamoscas (*Pyrrhomyias cinnamomea* y *Myiotheretes striaticollis*), una especie de golondrina que nidifica en los penascos aledaños y caza en el paramillo (*Notiochelidon murina*), el Gorrion (*Atlapetes rufinucha*) y el Semillerito (*Catamenia homochroa*).

En cuanto a los maníferos solamente ha sido posible observar rastros de la actividad alimentar de una especie de coati o cuzumbo (*Nasua* sp.) y fue hallado un excremento de un canido silvestre, probablemente el perro de monte (*Dusicyon thous*). Según información de los habitantes locales se ha capturado ocasionalmente venado chonta (*Mazama rufina*), armadillo (*Dasyus novencinctus*) y ha sido observado el oso de anteojos (*Tremarctus ornatus*).

Zonación altitudinal:

La vegetación paramuna se encuentra en general desde los 3000 m. limitando con el bosque alto-andino dominado por *Clusia* spp., entre los 2800-3000 m. Por debajo de estos bosques se encuentran robledales (*Quercus humboldtii* Bonpland) entre aproximadamente 1800-2800/2900 m.

En el Cerro California, sobre el filo que divide la Quebrada Puente Tierra de la Quebrada El Mesón, el paramillo baja hasta 2650 m., sobre la vertiente oriental (Puente Tierra). La composición florística de estas zonas bajas es distinta a los que se presentan por encima de 3000 m. (especies diagnósticas, entre otras, *Borreria* sp., *Castilleja fissifolia*, *Holcus lanatus*, *Symplocos* sp., *Habenaria* cf. *monorrhiza* (Sw.) Reichb.f.) y los suelos muy poco profundos (0-5 cm.) y presenta mucha pedregosidad, así que ésta situación excepcional debe interpretarse comoazonal debido a factores edáficos y a las quemadas.

En contraste con los casos de páramos bajos mencionados en la introducción, en el Cerro California el paramillo se

encuentra a ambos lados de la divisoria de aguas. Más que la humedad parecen influir los vientos fuertes que suben desde la hoya del río Micay y pasan por los paramillos.

La secuencia altitudinal de páramo, una franja angosta de bosque alto-andino de *Clusia grandiflora* seguido por selva andina de *Quercus humboldtii* también es común sobre la vertiente occidental del Macizo Colombiano (Valencia) y de la Cordillera Central (Parque Puracé, Laguna San Rafael) en el Departamento del Cauca, pero la transición al páramo ocurre en estos casos a 3200 m.

Otro paramillo en la cercanía de Popayán es el Cerro Pusná. Este paramillo, muy intervenido por pastoreo y quemadas, limita alrededor de los 3000 m. con un bosque alto-andino dominado por *Alnus acuminata* y más abajo se encuentra robledal (obs. pers.).

La ubicación de los paramillos sobre los filos de pendientes fuertes en la cuenca alta del río San Juan de Micay sugiere que están expuestos a condiciones climáticas extremas. Especialmente en verano soplan vientos fuertes que suben desde la cuenca y alcanzan su máxima velocidad a través de los paramillos. Esto puede ser la causa del ecotono abrupto, que se presenta en el Cerro California con el bosque alto-andino, el cual llega sobre la vertiente suroccidental hasta la cima del cerro, protegido detrás del filo, y también la actividad antrópica debe haber influido (ver fotografía 1).

Además, la alta incidencia de descargas eléctricas hace de los paramillos ecosistemas dinámicos por la alta probabilidad de quemadas naturales, que puede considerarse como un factor de origen de los paramillos.

También el efecto de la tala de bosques y las sucesivas quemadas por el hombre puede haber convertido así los paramillos en una vegetación secundaria mantenida por el hombre, como sostiene Laegaard (1992) para los páramos ecuatorianos.

Sin embargo, en comparación con la

zonación altitudinal en los Farallones de Cali (altitud máxima 4100 m., páramo desde 3500 m., Calderón, com. pers.) y en el Cerro Tatamá (altitud máxima 4100 m., páramo desde 3900 m., en algunas partes desde 3500 m., Rangel, com. pers.) los paramillos tienen una altitud máxima de 3200 m. Esto indica, que la presencia de paramillos a la altitud mencionada es un ejemplo del «Massenerhebungseffekt» (Walter, 1984) o su equivalente, el «Topeffekt» o «efecto de la cima». Sturm & Rangel (1985) mencionan el efecto para varios páramos de Colombia.

Una cima más baja, en comparación con una montaña más alta, tiene mayor exposición a vientos y la zona de condensación se encuentra generalmente más baja, dándose a una misma altitud temperaturas del suelo más bajas y mayor humedad del suelo con menor aereación, causando tasas más bajas de mineralización (Grubb, 1971). La temperatura del suelo es considerado uno de los factores decisivos en el establecimiento del límite altitudinal del bosque (Walter, 1971; Walter y Medina, 1969; Sturm, 1978); Walter (1971) estableció que la temperatura mínima, que permite el crecimiento de árboles, está alrededor de los 7-8°C, ya que la actividad de las raíces a temperaturas menores disminuiría demasiado y la germinación sería demasiado difícil o imposible.

En cuanto a la baja tasa de mineralización, esto concuerda con los resultados del análisis del suelo en Cerro California, donde se encontraron altos porcentajes de C total indicando condiciones muy húmedas con baja tasa de descomposición.

Con una baja tasa de mineralización habrá menor disponibilidad de fósforo y nitrógeno para las plantas, lo cual es un factor determinante para la composición y estructura de la vegetación. Así, el límite altitudinal queda por debajo del límite determinado por la temperatura y la zonación altitudinal de la vegetación se encuentra desplazada hacia abajo en

comparación con montañas más altas (Grubb, 1971).

CONCLUSIONES

El suelo del paramillo estudiado, con altas concentraciones de aluminio y condiciones muy húmedas (casi de turbera, a pesar de las pendientes) con baja velocidad de descomposición, es un suelo típico para páramos. Además la vegetación, a pesar de que no hay *Espeletia* sp., es comparable con otros páramos zonales en cuanto a la composición florística, la diversidad alfa y la estructura.

Considerando que la altitud del Cerro California es relativamente baja (3200 m.) y queda alrededor del límite altitudinal del bosque y que la ubicación del paramillo sobre la divisora de aguas de la cuenca alta del río San Juan de Micay, por su forma de grande hoyo, conlleva a la ocurrencia de vientos fuertes que azotan la zona de los paramillos, se crean condiciones climáticas extremas, que causan el desplazamiento hacia abajo de la zonación altitudinal de la vegetación, fenómeno conocido como «Massenerhebungseffekt» o «efecto de la cima». A esto se suma la alta incidencia de las descargas eléctricas, que pueden causar quemaduras naturales, convirtiendo el paramillo en un ecosistema muy dinámico.

La posición frente al seco valle del Patía no parece influir ya que el paramillo de Cerro California se encuentra predominante sobre la vertiente hacia el Pacífico.

Esto indica que los paramillos desde los 3000 m. se pueden considerar como páramos zonales, actualmente severamente intervenidos, mientras que la vegetación paramuna por debajo de los 3000 m. debe considerarse como azonal debido a factores edáficas y por intervención antrópica (quemaduras).

La ocurrencia de paramillos en la Cordillera Occidental parece ser un fenó-

meno regional del suroccidente del departamento del Cauca, distinguiéndose así de la zona más hacia el norte (Parque Natural Munchique).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los doctores C. E. Pulido R. del Laboratorio de Suelos del IGAC y R. Bregman del laboratorio «Hugo de Vries» para los análisis de las muestras de suelo y vegetación respectivamente. A los taxónomos A. Fernández Pérez (Q.E.P.D.) del herbario de la Fundación Universitaria de Popayán y R. Jaramillo, P. Pinto, S. Díaz, G. Lozano, M. I. Murillo del herbario COL por su amable colaboración con la clasificación del material vegetal y a Oscar Hernán Daza del Municipio de Argeña por su apoyo y estímulo.

El primer autor ha sido financiado por el fondo TREUB y el Fondo Hugo de Vries, Holanda y el tercer autor por beca W84-283 de la Fundación Neerlandesa para el Fomento de Investigaciones Tropicales (Wotro).

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Becking, M.L. & J.H.R. Smeets. 1988. A comparative study of forest limit vegetation ecology in a relatively dry climate (NEUSA) and in a relatively humid climate (CHINGAZA) in the Cordillera Oriental, Colombia. ECOANDES Internal Report, Universidad de Amsterdam.
- Beckman, A.M. y P.A. Verwij. Structure and nutrient status of a páramo bunchgrass vegetation in relation to soil and climate. ECOANDES Internal Report 233, Universidad de Amsterdam.
- Bekker, R.P. y A.M. Cleef. 1985. La vegetación del páramo de la Laguna Verde (municipio de Tausa Cundinamarca). Analisis Geograficos 14, IGAC, Santa Fé de Bogotá. 193 pp.
- Cardozo, C.H. y M.L. Schmetter. 1975. Estudios ecológicos en el páramo de Cruz Verde, Colombia. III. La biomasa de tres asociaciones vegetales y la productividad de *Calamagrostis effusa* (H.B.K) Steud. y *Paepalanthus columbiensis* Rhu1 en comparación con la concentración de clorofila. *Caldasia* 11 (54) 85-91.
- Cleef, A.M. 1981. The vegetation of the páramos of the Colombian Cordillera Oriental. Diss. Bot. BAnd 61. J. Cramer Vaduz.
- Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural en Colombia. *Rev. Ac. Col. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 10 (40) 221-264.
- Duque, A. 1989. Comunidades vegetales en la zona paramuna del Parque Nacional Natural Purace. Tesis de grado, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Cali. 112 p. más anexos.
- Franco, R., P. O. Rangel-Ch. & Lozano C., 1986. Estudios ecológicos en la cordillera oriental II. Las comunidades vegetales de los alrededores de la Laguna de Chungaza (Cundinamarca). *Caldasia*, 15 (71-75) 219-248.
- Grubb, P.J., 1971. Interpretation of the «Massenerhebung» Effect on tropical mountains. In: *Nature* 229, pp. 44-45.
- Hammen, T. van der, S. Díaz-P. y V.J. Alvarez (eds). 1989. La Cordillera Central Colombiana. Transecto Parque Los Nevados: studies on Tropical Andean Ecosystems, VOL. 3. Cramer, Berlin-Stuttgart, Alemania.
- Hammen, T. van der, A. Pérez-P. & P. Pinto E. (eds), 1983. La Cordillera Central Colombiana. Transecto Parque Los Nevados. Studies on Tropical Andean Ecosystems, VOL. 1. Cramer, Vaduz, Liechtensein.

- Hotstede, R.G.M. & H.J.L. Witte, 1993. An evaluation of the use of the dry-Weight-Rank and the Comparative Yield biomass estimation methods. *Caldasia* 17 (2): 11-14.
- IGAC, 1983. Estudio general de suelos de los municipios de Rosas, La Sierra, La Vega, Almaguer, Bolívar, Mercaderes, San Sebastian, Balboa, Arteria, Patia (El Bordo), (Departamento del Cauca). Bogotá, D.E.
- Laegaard, S., 1992. Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador. In: *Páramo. An Andean Ecosystem under Human Influence*. H. Balslev y J.L. Luteyn (eds.) pp.
- Lutz, R. y P. Vader, 1987. Biomass, productivity and nutrient status in a Colombian bunchgrass páramo. *ECOANDES Internal Report 229*, Universidad de Amsterdam.
- Malagón, C.D. y C.E. Pulido, 1991. Génesis y taxonomía de los andisoles colombianos. *Investigaciones* 3(1). IGAC, Santa Fe de Bogotá. 118 pp.
- Monasterio, M. y S. Reyes, 1980. Diversidad ambiental y variación de la vegetación en los páramos de los Andes Venezolanos. pp. 47-93. En: Monasterio, M., (ed.). *Estudios ecológicos en los páramos andinos*. Ed. Un. de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Nelson, W., 1962. Contribución al conocimiento de la cordillera occidental. Sección carretera Cali-Buenaventura. *Serv. Geol. Nal. Bol. Geol.* VOL. 10, no. 1-3, p. 81-108.
- Orrego, L.A. y Mosquera, T.D., 1984. Primero y Segundo Simposio de Geología Regional Cordilleras Central y Occidental, Informe Interno, INGEOMINAS, Popayán.
- Paris, G. y P.A. Marin, 1979. Generalidades acerca de la geología del departamento del Cauca.
- Rangel, O., 1991. Vegetación y ambiente en tres gradientes montañosos de Colombia. Tesis de P.L.D., Universidad de Amsterdam, 349 pp.
- Rangel, O. & P. Franco, 1985. Observaciones fitoecológicas en varias regiones de vida en la Cordillera Central de Colombia. *Caldasia* 19(Gn): 211-249. Bogotá.
- Rangel, O. y G. Lozano, 1986. Un perfil de vegetación entre la Plata (Huila) y el volcán del purace. *Caldasia* 14, 503-545.
- Sturm, H., 1978. *Zur Ökologie der andinen Paramoregion*. Junk Bv. Publishers, The Hague Boston-London.
- Sturm, H. y O. Rangel, 1985. *Ecología de los páramos Andinos. Una visión preliminar integrada*. Biblioteca J.J. Triana, g. Bogotá.
- Walter, H., 1971. *Ecology of tropical and subtropical vegetation*. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- Walter, H., 1984. *Vegetation und Klimazonen*. Ulmer, Stuttgart.
- Walter, H. & Medina, 1969. Die Bodentemperatur als ausschlaggebender Faktor für die Gliederung der subalpinen und alpinen Stufen in der Anden Venezuelas. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 82.
- 1.2. Los paramillos: un caso de zonación altitudinal atípica en el suroccidente del Departamento del Cauca. Becking & Negret (trabajo inédito, 10 pp)
- Conferencia presentada en el XXVI Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Recoge básicamente las ideas del primer artículo, pero con más información sobre la zonación altitudinal en diferentes paramillos en la cuenca alta del río San Juan de Micay.