

**AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE LOS
SUELOS POR PERDIDA
DE LA COBERTURA VEGETAL.
(SUR DE COLOMBIA)**

Antonio FLOREZ¹

Luis E. MONTAÑEZ²

Edwin VILLARREAL²

1. INTRODUCCION.

Los resultados que aquí se presentan constituyen un acercamiento en el conocimiento de los cambios térmicos que ocurren en el suelo una vez que desaparece la cobertura vegetal amortiguadora de la radiación solar.

Esta es una investigación pensada desde la perspectiva de los impactos ambientales, consecuencia del amplio desarrollo de las actividades agropecuarias, vistos en su variación espacial [altitudinal] y como parte de los problemas globales físico - ambientales.

En Colombia ya se han desarrollado algunos trabajos como los de Schaufelberger [1963], Thouret [1983] y Flórez [1986]

¹ Ph. D. En Geografía Física. Profesor Asociado. Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional.

² Estudiantes. Carrera de Geografía.

para la Cordillera Central, Van der Hammen [1984] y Jiménez [1992] para la Sierra Nevada de Santa Marta, Flórez [1983] para la Cordillera Occidental y Jiménez & Flórez [1993] para la Cordillera Oriental.

Esas aproximaciones buscaban reconocer las variaciones altitudinales en la temperatura media anual de los suelos. Solamente los trabajos de Flórez & Jiménez, además, han relacionado el impacto que las formas de intervención agropecuarias tienen en los cambios térmicos del suelo y las diferencias comparadas con la temperatura en suelos bajo condiciones naturales.

2. AGRADECIMIENTOS.

La parte inicial del trabajo [Tumaco - Volcán Cumbal] fue financiada por el Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Nacional -CINDEC-, mientras la otra información se obtuvo paralelamente a los trabajos de campo del proyecto IDEAM - Universidad Nacional [041 - 97].

No fue posible tomar la información requerida de campo en la parte alta del Volcán Galeras porque se impidió el acceso por parte de la Dirección del Parque Nacional Natural.

Agradecemos muy especialmente la colaboración prestada por instituciones como el IDEAM Regional Pasto e IDEAM Bogotá y la Base Militar de Tumaco.

3. METODOLOGÍA.

A partir de los trabajos de Schaufelberger [1963], Suárez & Gómez [1968], Manrique [1988] y Jaramillo & Gómez [1974], se sabe que en los espacios intertropicales, y específicamente en los ecuatoriales, existe una profundidad en el perfil del

Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida de la cobertura vegetal

suelo en la que la temperatura no cambia durante el año [temperatura estabilizada del suelo o TES], o su variación es mínima [inferior a 0.5 °C].

Este concepto se utilizó en trabajos anteriores y se ejemplifica en la figura 1.

La TES se mide bajo condiciones naturales, es decir, bajo cobertura vegetal amortiguadora de la radiación solar, o con muy poca intervención. Teóricamente, la TESn es la temperatura media equivalente a la media anual del aire. A altitud similar se mide la temperatura de suelos intervenidos [TESi]. Se utiliza una termosonda digital y las medidas se hacen a nivel del suelo y luego en profundidad cada cinco centímetros, hasta encontrar la temperatura estable, donde los valores empiezan a repetirse.

El espaciamiento altitudinal es menor a doscientos metros; es el nivel de resolución manejado, aunque con rangos altitudinales inferiores se obtendría una mayor precisión.

Para los sitios de muestreo se recomienda evitar puntos cercanos a caminos o carreteras, pendientes muy fuertes, suelos pedregosos o inundables [perturbación del suelo]. Se deben evitar las cercanías a estaciones electrónicas de comunicación [alteraciones en la sonda].

Luego de la selección de la información [temperaturas y profundidades de estabilización] se definen rectas de regresión generales por vertiente o por sectores de vertiente de acuerdo al análisis de tendencias.

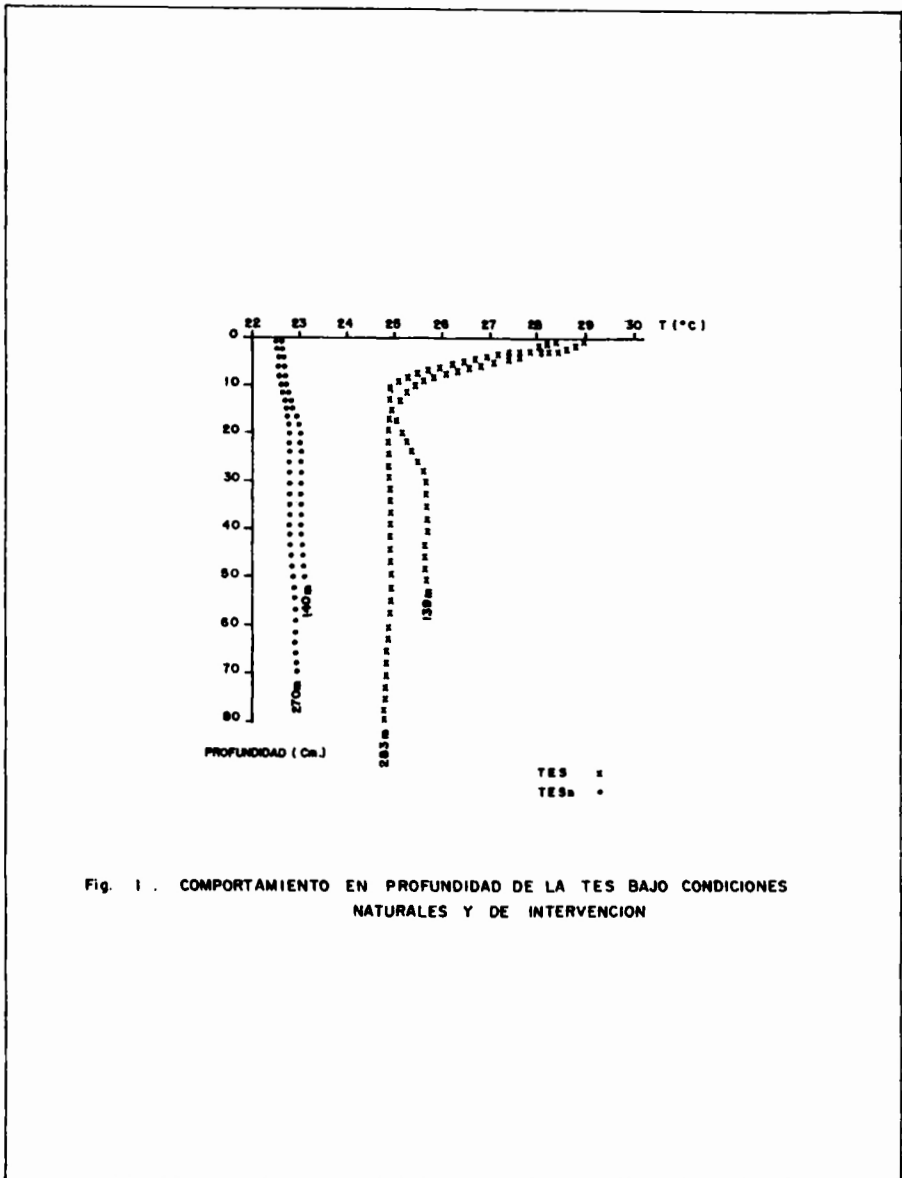


Fig. 1 . COMPORTAMIENTO EN PROFUNDIDAD DE LA TES BAJO CONDICIONES NATURALES Y DE INTERVENCION

Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida de la cobertura vegetal

La ecuación utilizada es $h=a-bT$, en la que h es la altitud y T la temperatura estable. La presentación de la ecuación y la representación gráfica se hace de esta manera por convencionalismo, aunque, desde luego, la variante es T que varía en función de la altitud sobre el nivel del mar y se modifica por la intervención o desaparición de la cobertura vegetal.

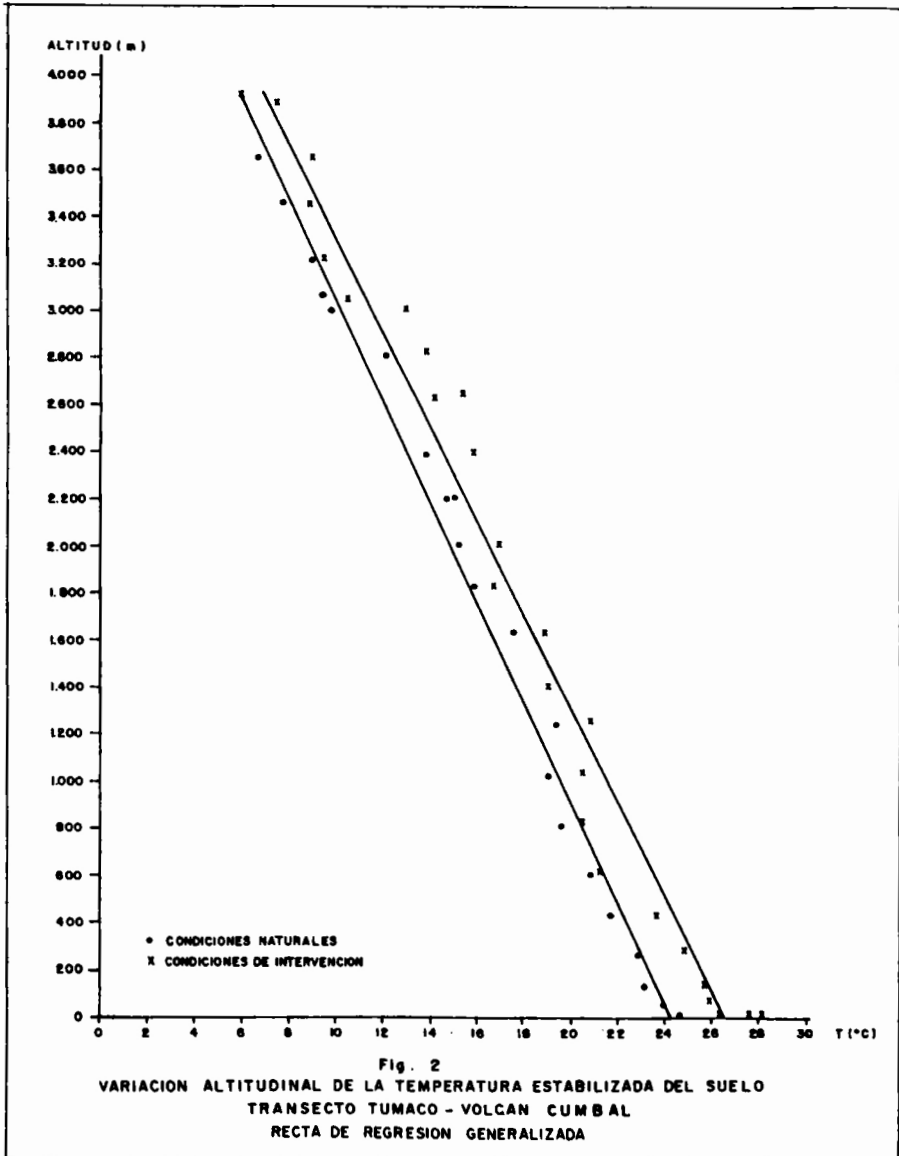
Además, se calcularon los gradientes térmicos [variación de la temperatura por cada cien metros]. Un gradiente bajo significa menores cambios térmicos con la altura.

Por corresponder con una búsqueda de generalizaciones de la variación térmica altitudinal en los suelos, comparada por vertientes y grado de intervención, no se consideraron alteraciones por tipo de suelo, condiciones de humedad, especies vegetales u otras variables. Para asegurar una relativa homogeneidad en la toma de datos, se seleccionaron suelos bien drenados y desarrollados, así como coberturas vegetales más o menos densas [en algunos casos en que no hubo otras posibilidades se tomaron cafetales tradicionales - pluriestratificados- como cobertura vegetal de buena amortiguación].

4. RESULTADOS.

4.1 Tumaco - Volcán Cumbal.

En la primera fase del tratamiento de la información [análisis de datos y rectas de regresión generalizadas - Fig. 2] se comprobó que la temperatura estabilizada en los suelos bajo condiciones de intervención es más alta que bajo condiciones naturales. La profundidad a la cual se encuentran los valores estables también es diferente, más superficial en condiciones naturales o de sombra [máximo a



Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida de la cobertura vegetal

40 cm], mientras en condiciones de intervención la estabilización térmica se encuentra a no menos de 70 cm.

El comportamiento térmico en profundidad es más desigual para las condiciones de intervención, así como la dispersión de puntos es mayor bajo dichas condiciones. La recta se define mejor (menor dispersión de puntos) bajo condiciones naturales.

Sin embargo, en el análisis del comportamiento gráfico de la información se redefinieron sectores [relacionados con frentes de humedad], trazando nuevas rectas sectorizadas se encontraron mayores gradientes de temperatura en las zonas bajas [Fig. 3]. Este incremento correspondería con la mayor intensidad de los cambios por antropización y por lo tanto mayor recepción de la radiación solar en el suelo.

A una misma altura [2000 m] las diferencias absolutas entre condiciones naturales e intervenidas fueron de 1.8 °C [Tabla 1].

En uno u otro caso, los gradientes térmicos son mayores en las partes bajas.

4.2 Cañón del Río Patía - Volcán Galeras.

La información sobre TESn, en la parte baja del cañón (Fig. 4), no se obtuvo por la ausencia de vegetación que proporcionara suficiente amortiguación permanente (sombra). Para el resto del transecto se obtuvo la información en las dos condiciones esperadas (Fig. 5).

En general, la profundidad máxima de estabilización en condiciones naturales es de 50 cm, mientras que en

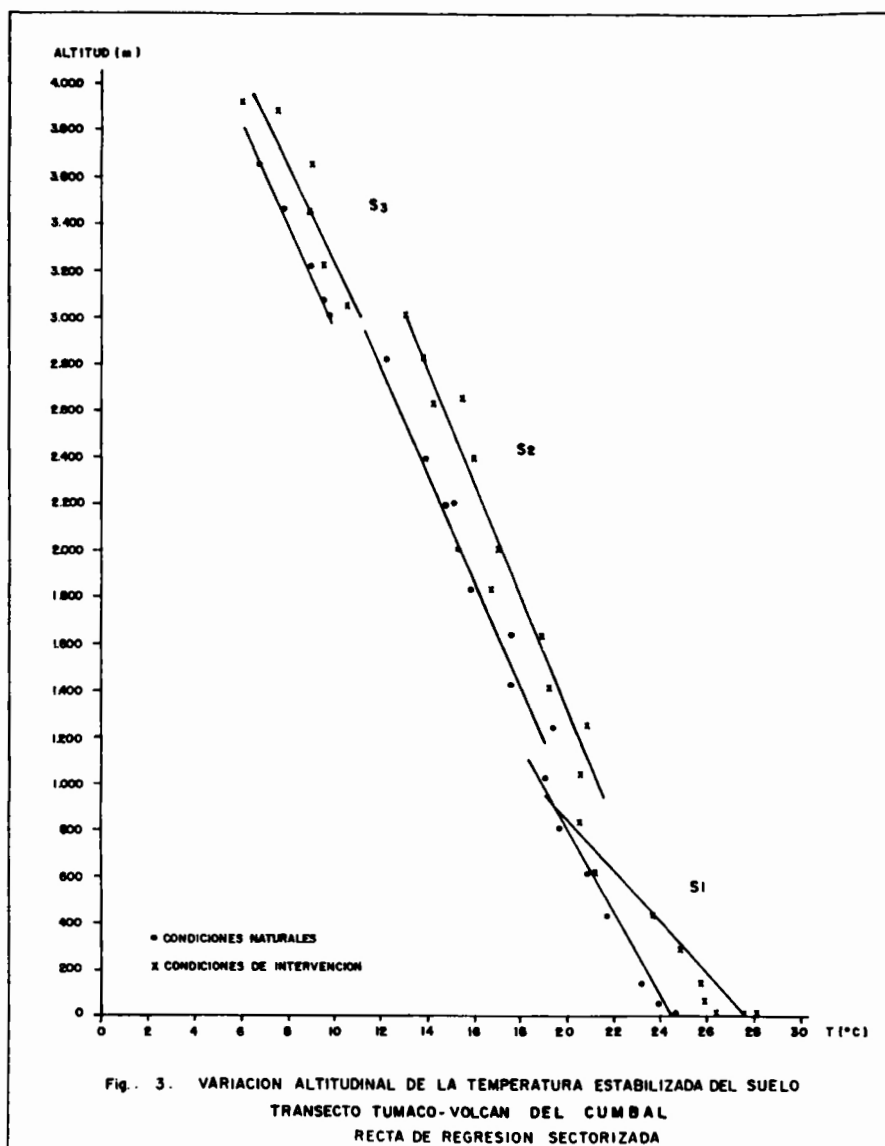


Fig. 3. VARIACION ALTITUDINAL DE LA TEMPERATURA ESTABILIZADA DEL SUELO
TRANSECTO TUMACO-VOLCAN DEL CUMBAL
RECTA DE REGRESION SECTORIZADA

Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida de la cobertura vegetal

Tabla 1.
Información seleccionada del Transecto Tumaco - Volcán Cumbal.

Condiciones naturales			Tumaco - Volcán Cumbal			Condiciones de intervención		
h	T	P [cm]	h	T	P [cm]	h	T	P [cm]
12,5	24,6	15-25	1	26,4	Mayor a 65			
62,5	23,9	30-65	2	28,1	20-40			
140	23,1	35-60	2,5	27,6	15-50			
270	22,9	35-60	62	25,9	45-65			
435	21,7	30-45	139	25,7	30-50			
611	20,6	15-60	283	24,8	20-80			
808	19,6	25-40	430	23,6	20-55			
1026	19	15-40	610	21,2	20-70			
1240	18,3	28-50	820	20,5	40-65			
1427	17,5	30-40	1035	20,5	30-80			
1638	17,5	20-40	1251	20,6	40-60			
1832	15,6	15-20	1403	19,1	60-70			
2008	15,2	40-50	1630	18,9	70-80			
2396	13,6	15-20	1833	16,7	50-70			
2204	15	30-60	2004	17	40-60			
2197	14,7	20	2397	15,9	40-65			
2816	12,1	30-63	2628	14,2	65-75			
3005	9,7	40	2660	15,4	55-65			
3070	9,4	25-35	2825	13,8	40-65			
3220	6,9	40-60	3015	13	40-75			
3460	7,7	40-50	3060	10,5	25-65			
3650	6,6	33-48	3220	9,5	50-80			
			3460	8,9	40-50			
			3650	9	50-71			
			3890	7,5	45-60			
			3620	6	50-70			

h/ Altura.
T/ Temperatura estabilizada del suelo.
P/ Profundidad de estabilización.

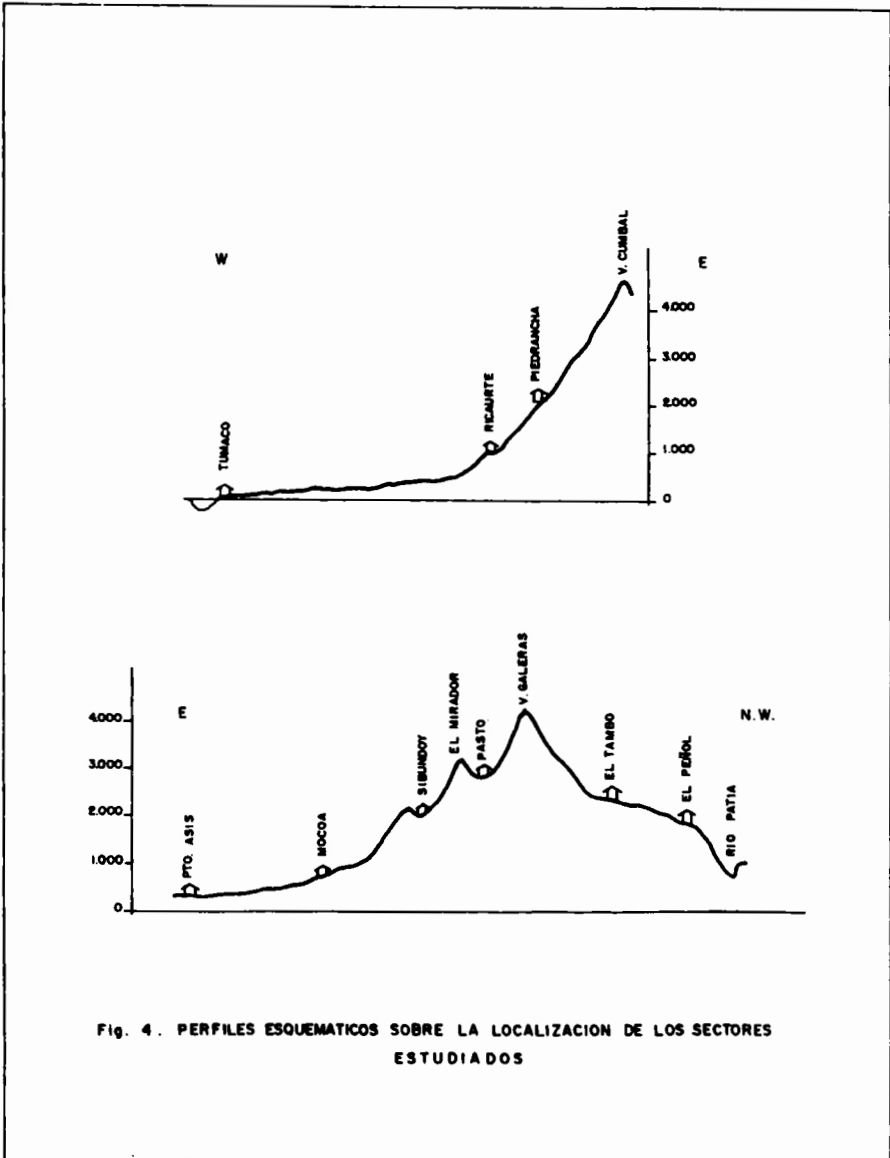
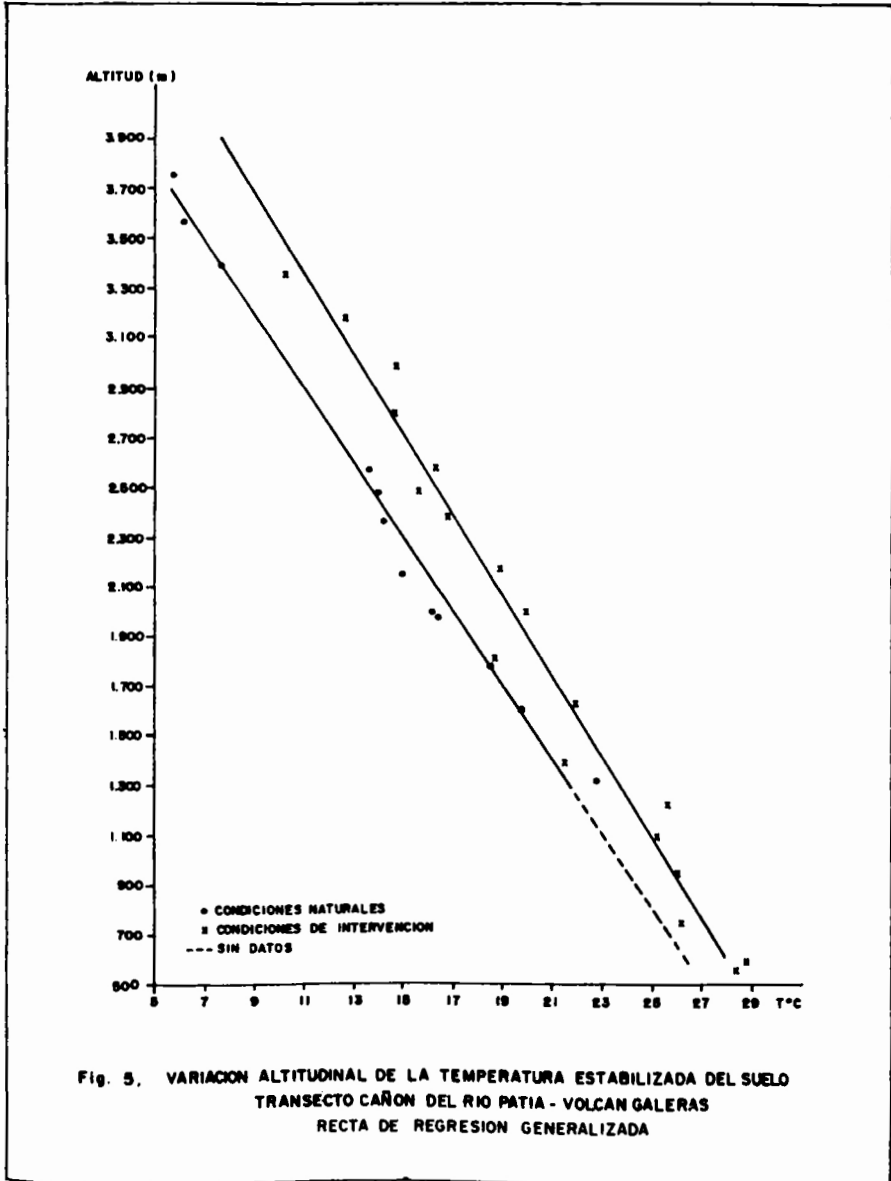


Fig. 4. PERFILES ESQUEMATICOS SOBRE LA LOCALIZACION DE LOS SECTORES ESTUDIADOS

Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida de la cobertura vegetal



condiciones de intervención es de 60 cm.

La interpretación de los valores (Fig. 6) revela lo siguiente: los menores gradientes en la parte baja del cañón contradicen los resultados encontrados en otros transectos, la información y la generalización gráfica resultante es dudosa debido a la pedregosidad de los suelos y su poca profundidad.

Las diferencias en las rupturas entre sectores no son mayores, por el efecto de amortiguación de los frentes húmedos. El primer sector [parte baja del cañón] está definido topográficamente por el cañón en V, mientras la diferencia entre los sectores superiores coincide con la parte final del gran cañón.

A 2000 m, las diferencias absolutas son de 3.7 °C [Tabla 2], diferencia considerada como grande, en comparación con otros transectos.

4.3 Puerto Asís - El Mirador.

La información de temperatura en suelos intervenidos no se tomó entre 1300 y 2100 m dadas las rigurosas condiciones de pendientes fuertes y frentes muy húmedos que condicionaron las formas de ocupación de la población en esta parte del sector estudiado (Cañón del río Guamuez).

La generalización obtenida (Fig. 7) muestra comportamientos similares a los demás transectos. La sectorización (Fig. 8) muestra gradientes inferiores en la parte baja ($h < 1300$ m) relacionados posiblemente con una mayor permanencia de la cobertura nubosa (cinturón inferior de condensación en el piedemonte Amazónico).

Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida de la cobertura vegetal

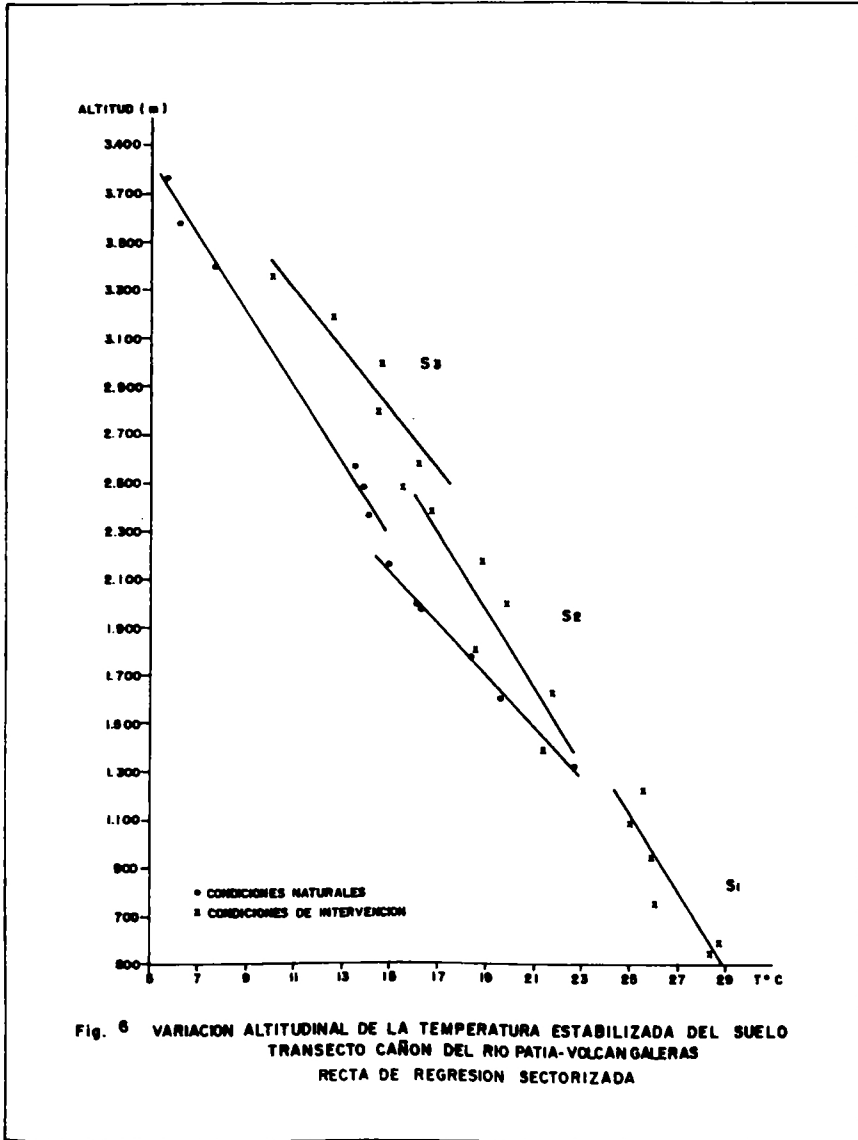


Tabla 2.
Información seleccionada del Transecto Cañón del Patia - Volcán Galeras.

Condiciones de intervención		Cañon del Patia - Volcan Galeras			Condiciones naturales		
h	T	P [cm]	h	T	P [cm]		
552	26,3	30	1324	22,7	40		
568	28,7	35-40	1610	19,6	20-40		
751	26	30-50	1785	18,3	40-50		
960	25,9	40-45	1960	16,3	30-50		
1098	25	25-35	2000	16,1	35-56		
1230	25,5	34	2162	14,9	40-50		
1365	21,4	50-67	2380	14,1	30-60		
1635	21,7	37-57	2495	13,8	0-35		
1805	18,5	60	2575	13,5	20-62		
2000	19,8	35-74	3398	7,7	50-80		
2180	18,8	45-55	3678	6,2	40-50		
2365	16,7	35-50	3760	5,7	40-55		
2467	15,5	55-66					
2585	16,2	22-45					
2800	14,5	63-70					
3000	14,6	30-50					
3190	12,6	50-60					
3360	10,1	60					

h/ Altura.
T/ Temperatura estabilizada del suelo.
P/ Profundidad de estabilización.

Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida de la cobertura vegetal

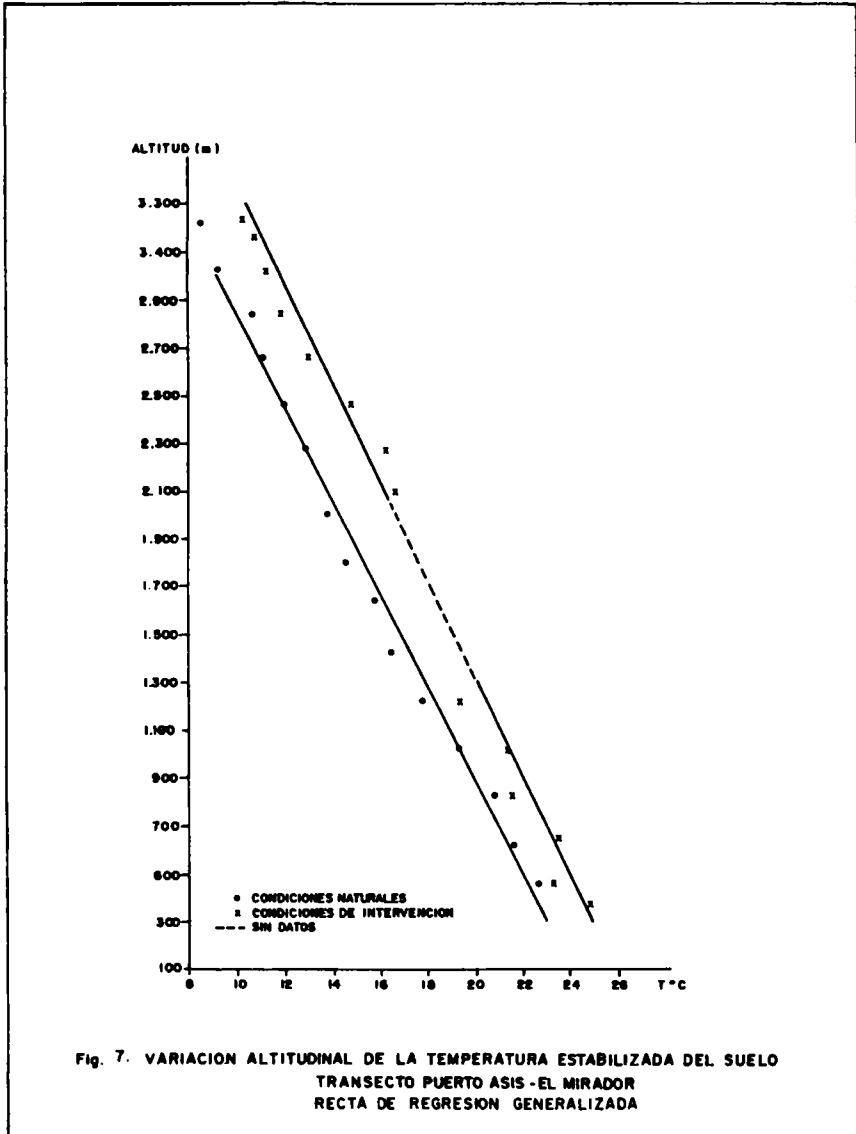
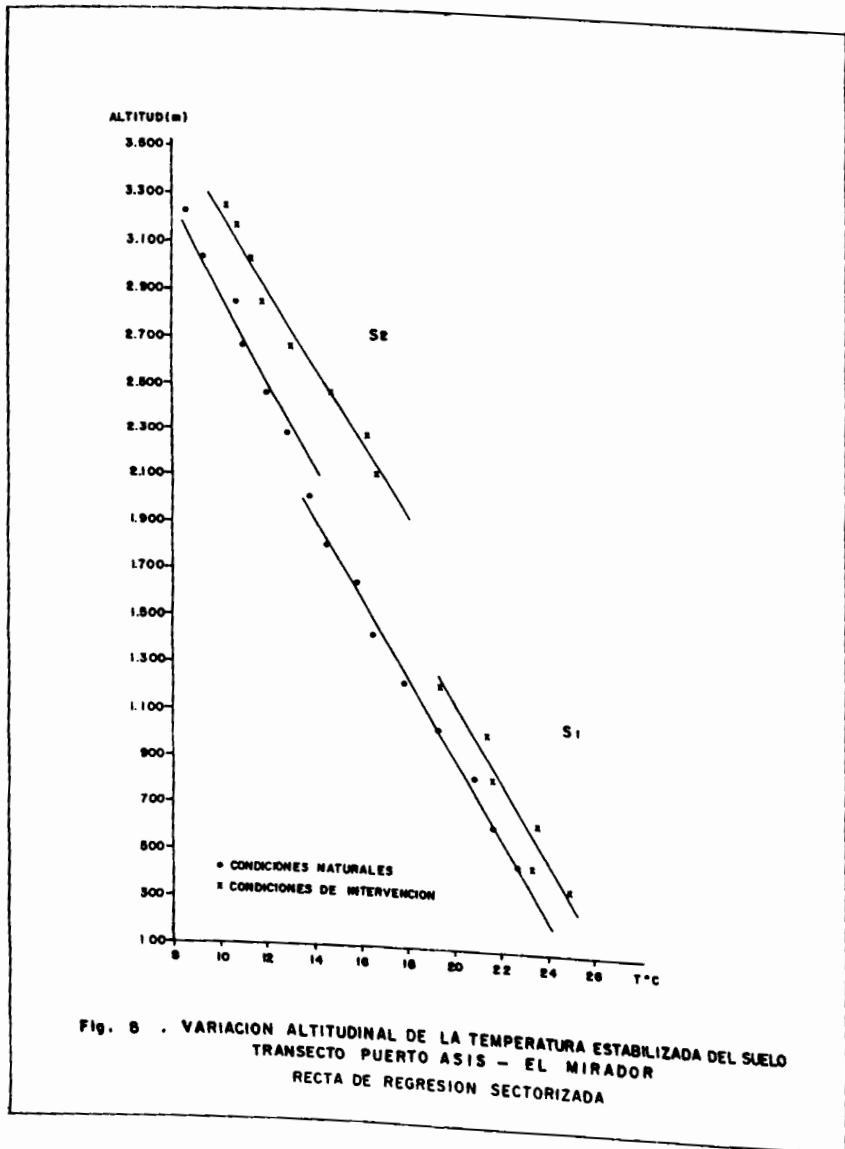


Fig. 7. VARIACION ALTITUDINAL DE LA TEMPERATURA ESTABILIZADA DEL SUELO
TRANSECTO PUERTO ASIS - EL MIRADOR
RECTA DE REGRESION GENERALIZADA



Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida de la cobertura vegetal

En la parte media de la vertiente aparece una ruptura relacionada con el efecto de sombra en el valle (altiplano) de Sibundoy , donde, además, la intervención es mayor. La profundidad máxima de estabilización es similar tanto en condiciones naturales como de intervención y es de 50 cm. Como ejemplo se cita la diferencia absoluta a 2300 m con 3.4°C (Tabla 3).

4.4. Volcán Chiles-Cerro Negro.

Aquí se plantea el comportamiento térmico de los suelos en las laderas volcánicas. Para las condiciones de intervención se incluyen dos puntos que corresponderían al altiplano.

Igual que en los otros sectores la TESi es siempre superior a la TESn con diferencias que varían entre 2 y 3°C.

La profundidad de estabilización de la temperatura bajo condiciones naturales es de 60 cm y bajo condiciones de intervención es de 80 cm (Tabla 4). Los gradientes térmicos son similares (Tabla 5) y se notan las mismas tendencias que en otras áreas: mayor dispersión de valores en condiciones de intervención (Fig. 9); es decir, el índice de correlación de la recta es menor (los resultados se acercan menos al modelo). A una altura de 3500m la diferencia de temperaturas es de 2.4 °C.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Aunque en las investigaciones anteriores se comparó la temperatura estabilizada del suelo con la temperatura media anual del aire, en estos transectos no se pudo hacer por la ausencia de información climatológica en estaciones.

Tabla 3.
Información seleccionada del Transecto Puerto Asís - El Mirador.

Condiciones de intervención		Puerto Asís - El Mirador		Condiciones naturales	
h	T	P [cm]	h	T	P [cm]
370	24,9	30-40	465	22,7	40-50
460	23,3	50-70	628	21,6	50-75
660	23,5	50-60	830	20,8	40-60
830	21,6	30-50	1030	19,3	50-75
1025	21,4	50-70	1230	17,8	30-50
1220	19,4	30-60	1430	16,5	40-50
2110	16,7	40-80	1645	15,8	30-50
2280	16,3	50-60	1805	14,6	30-50
2470	14,8	50-70	2015	13,8	30-50
2670	13	40-60	2290	12,9	30-50
2850	11,9	40-80	2475	12	40-50
3030	11,3	40-50	2670	11,1	20-40
3170	10,8	50-60	2845	10,7	30-50
3250	10,3	40-50	3030	9,3	30-50
			3170	7,8	30-50
			3230	6,6	40-50

h/ Altura.
T/ Temperatura estabilizada del suelo.
P/ Profundidad de estabilización.

Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida de la cobertura vegetal

Tabla 4.
Información seleccionada del Área Volcánica.

		Área volcánica [Chiles - Cerro Negro]			
Condiciones naturales		Condiciones de intervención			
h	T	P [cm]	h	T	P [cm]
3660	5,9	40-50	3925	6,4	58
3490	7,8	25-34	3870	7,1	45-70
3305	10	60	3665	7,6	40-72
3115	10,2	60	3465	10,2	20-50
			3305	10,5	80
			3120	15,2	60
			3020	13,8	40-50
			2955	13,8	30-50

h/ Altura.
T/ Temperatura estabilizada del suelo.
P/ Profundidad de estabilización.

Tabla 5.
Gradientes y coeficientes de correlación.

		Turmeque - Volcán Cumbal					
		Condiciones naturales			Condiciones de intervención		
	S1	S2	S3	General	S1	S2	S3
Gradientes	0,58	0,47	0,56	0,47	0,9	0,4	0,5
Co. Correlación	-0,99	-0,98	-0,99	-0,99	-0,97	-0,98	-0,99
		Cañón del Peñá - Volcán Galeras					
		Condiciones naturales			Condiciones de intervención		
	S1	S2	General	S1	S2	S3	General
Gradientes	0,83	0,63	0,66	0,49	0,52	0,72	0,61
Co. Correlación	-0,99	-0,99	-0,99	-0,98	-0,91	-0,94	-0,99
		Puerto Asís - El Mirador					
		Condiciones naturales			Condiciones de intervención		
	S1	S2	General	S1	S2	S3	General
Gradientes	0,57	0,59	0,46	0,59	0,51		0,51
Co. Correlación	-0,96	-0,99	-0,99	-0,99	-0,98		-0,99
		Área Volcánica					
		Condiciones naturales			Condiciones de intervención		
	General			General			
Gradientes	0,79			0,87			
Co. Correlación	-0,96			-0,96			

Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida de la cobertura vegetal

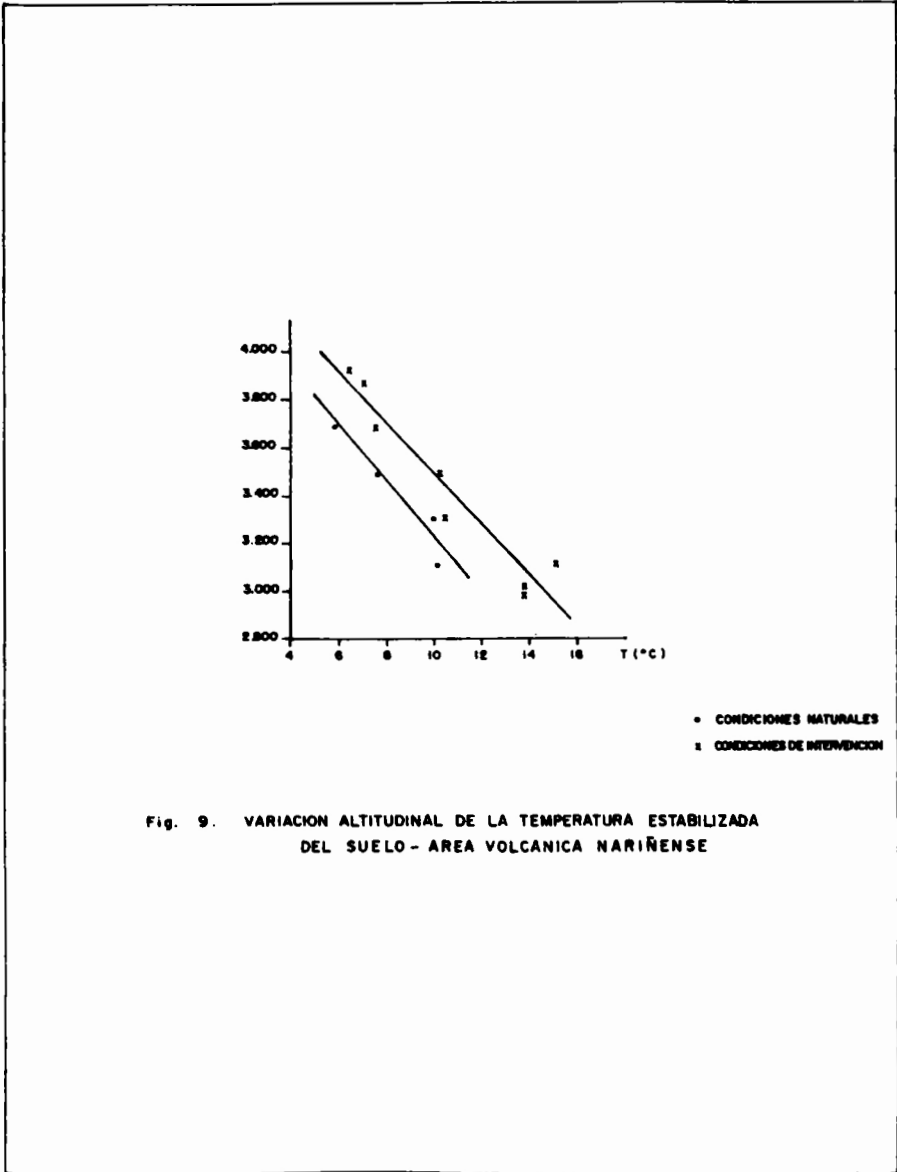


Fig. 9. VARIACION ALTITUDINAL DE LA TEMPERATURA ESTABILIZADA DEL SUELO - AREA VOLCANICA NARIÑENSE

Los resultados permitieron establecer generalidades sobre las vertientes consideradas en los transectos, así como algunas particularidades:

- La TES_n siempre es menor que la TES_i, lo que demuestra el impacto ambiental en el calentamiento de los suelos una vez que se pierde la cobertura vegetal amortiguadora de la radiación solar.

- Los gradientes térmicos presentan mayores variaciones entre sectores bajo condiciones de intervención.

- La profundidad de estabilización de la temperatura es menor bajo condiciones naturales, lo que muestra un mayor calentamiento a mayor profundidad en suelos intervenidos (desprovistos de la cobertura vegetal).

- No parecen existir cambios en la profundidad de estabilización térmica en relación con la altitud.

- La variación altitudinal de la temperatura se puede generalizar mediante rectas de regresión inversa y aunque se obtienen coeficientes de correlación superiores a 0.9, es posible sectorizar las vertientes, hecho que sugiere la posibilidad de obtener un mejor modelo.

La posibilidad de plantear un modelo general para Colombia sobre el comportamiento térmico de los suelos en su variación altitudinal depende aún de la realización de nuevos transectos en latitudes aún no estudiadas.

Aunque existen modificaciones ambientales relacionadas con los cambios térmicos de los suelos, pero no estudiadas aquí, vale la pena plantear algunos interrogantes para próximas investigaciones:

**Aumento de la temperatura de los suelos por pérdida
de la cobertura vegetal**

- Cuál es el aumento en la temperatura del aire como efecto del calentamiento de los suelos?

- Cómo se alteran las características físicas del suelo por el incremento térmico?

- Qué efectos ocurren en la actividad de organismos en el suelo con el aumento de la temperatura?

Estas son solo algunas de las preguntas que podrían formularse ante el hecho del calentamiento de los suelos como consecuencia de la intensidad de las formas de intervención agropecuarias

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

FLOREZ, A. 1983. Transecto Tatamá Cordillera Occidental. Aspectos Climatológicos y geomorfológicos. Análisis Geográficos No. 3. 86 p. IGAC.

FLOREZ, A. 1986. Relación altitudinal de la temperatura del aire en los Andes centrales de Colombia. Rev. Colombia Geográfica, 12 (2) pp 5-38. IGAC.

JARAMILLO, A. & GOMEZ, L. 1974. Estudio de la temperatura del suelo a diferentes profundidades. Rev. CENICAFE , 25 (1) pp 3-30.

JIMENEZ, L. 1992. Climatología de la Sierra Nevada de Santa Marta. Rev. ZENIT Numero 3 pp 47-64.

JIMENEZ, L. & A. Flórez, 1993. Modelo de correlación altitudinal entre la temperatura estabilizada del suelo

y la temperatura del aire. Rev. ZENIT, Número 4. pp 13-22.

MANRIQUE, L. 1988. Effects of rainfall and cover on soils temperatures of on isohyphthermic temperature regimen. Rev. Geoderma, 42 (2) pp 129-146.

SCHAUFELBERGER, P. 1963. Los problemas de los suelos tropicales y su solución. Rev. CENICAFE, 14 (1) pp 3-72.

SUÁREZ, J. & G. Gómez, 1968. Clasificación climática de una zona central Colombiana [Caldas, Risaralda, Quindío]. Rev. CENICAFE, 19 (1)

THOURET, J.C. 1983. La temperatura de los suelos: la temperatura estabilizada en profundidad y correlaciones térmicas y pluviométricas. En: Estudios de Ecosistemas Tropandinos. Cordillera Central. Transecto Parque de los Nevados. 1 pp. 142-149.

VAN DER HAMMEN, T. 1984. Temperatura del suelo en el transecto Buriticá - La Cumbre. En: Estudios de Ecosistemas Tropandinos, 2 pp 67-74.