



CLIMATIC CONDITIONS FOR THE GENESIS OF SOLIFLUCTION FORMS IN THE TROPICAL ANDES

Kurt Graf

University of Zurich, Switzerland

ABSTRACT

Humidity and temperature are dealt within this essay, because they are well documented by measurements, although other climatic elements such as wind and evaporation have a certain influence on solifluction. Generally we note the following tendencies:

1) There are two altitudinal belts, one above the upper vegetation limit which is characterized by structural soils, and a second one between this limit and the lowest occurrences of solifluction processes. The lower limits, as well the one of structural soils as that of the solifluction in general, are hardly ever influenced by aridity; on the contrary the temperature is very important for these limits.

2) Frost can cause solifluction forms from 4500m upwards in the whole of the tropical Andes. This limit declines till 4350 m under special conditions, e.g. in the Bolivian Altiplano, due to the oceanicity of this climate. Also in the SW of Ecuador (Chimborazo, 1°27'S/78°51'W) the lowest solifluction forms appear at 4350 m. In this case they are probably influenced by the marine Humboldt Current or by another factor which reduces summer temperature.

3) A certain amount of humidity within the soils has to exist at least during some weeks each year. The precipitations may even be less than 100 mm, and this amount already allows soil movements in the high mountains. The rainy season is responsible for the solifluidally active time of the year. This is the case during summer time in those altitudes where the temperatures frequently fall below 0°C at night. As in moderate and polar latitudes, winter time is almost an inactive period for solifluction.

4) Stone stripes can be formed from an inclination of 3° upwards on very humid slopes, but in + horizontal areas we can only find little stone polygons, whereas in arid regions, such polygons can appear on slopes of an inclination of up to 20°.

5) Vegetation garlands are to be found where soils of fine



material become saturated with water that penetrates in short intervals and may dry up almost totally between these intervals. There are examples of vegetation garlands in the Peruvian Viscas Valley ($11^{\circ}35'S/76^{\circ}10'W$, 4850 m). On the contrary, if the saturation is permanent, it is structural soils that are formed. These polygons or stripes consist of fine material hilled up to 5 to 10 cm. These are exceptional cases only appear on the shores of lakes, e.g. near Mount Chacaltaya, Bolivia ($16^{\circ}20'S/68^{\circ}07'W$, 4800-5000 m).

6) The most frequent solifluction forms in the tropical Andes are structural soils of small dimensions. They are caused by almost daily changes of freezing and thawing. But there are exceptions, principally near the $0^{\circ}C$ annual isotherm, where very big stone polygons exist, e.g. in the Bolivian Cañapa Range ($21^{\circ}28'S/68^{\circ}07'W$, 4900 m).

As a summary we can say that precipitation limits the active period for solifluction and preselects the types of solifluction forms. The seasonal and local distribution of precipitation causes different solifluction forms and has a great influence on their frequency. Within the rainy season, frost has a great influence on the altitud where soil movements appear and on the dimension of solifluction forms.

RESUMEN

Este trabajo se restringe a discutir la humedad y la temperatura, bien documentadas por datos medios, si bien otros elementos climáticos como el viento y la evaporación también tendrían ciertas influencias sobre la soliflución. En general, se pueden notar las tendencias siguientes:

1) Aparecen dos pisos bien definidos con la altitud: un piso por encima del límite superior vegetacional, caracterizada por suelos estructurales, y otro que aparece desde el límite superior de la vegetación hasta el límite inferior de los procesos solifluidales. En los límites inferiores, tanto de los suelos estructurales como de la soliflución, la aridez no tiene influencia notable; por el contrario, sí tiene influencia la temperatura.

2) En todos los Andes tropicales se nota que el régimen de heladas puede originar formas de soliflución a partir de 4.500 msnm. En casos excepcionales, ese límite baja hasta 4.350 m, como ocurre por ejemplo en el Altiplano boliviano, donde ello se debe a la oceanidad del clima. También en el sudoeste del Ecuador (Chimborazo, $1^{\circ}27'S/78^{\circ}51'O$) ese límite aparece en 4.350 m, pero en este caso probablemente se deba a la influencia de la corriente marítima de Humboldt u otra causa que hace bajar las temperaturas del verano.



3) La humedad del suelo tiene que ser garantizada por lo menos durante algunas semanas en el año, por precipitaciones que quizás no superen los 100 mm, con lo cual ya aparecen movimientos del suelo en altas montañas. La periodicidad de las precipitaciones condiciona la época relevante de soliflucción al período en el cual se acumula bastante humedad en el suelo. Eso ocurre en el verano, donde las temperaturas frecuentemente bajan de noche por debajo de 0°C. Igualmente, como en latitudes templadas y polares, el invierno es mayormente época inactiva para la soliflucción.

4) Si hay pendientes muy húmedas, pueden formarse suelos estriados a partir de 3° de inclinación, mientras que con suelos horizontales pueden aparecer pequeños polígonos de piedras. Por el contrario, en regiones áridas, tales polígonos se mantienen aún con pendientes inclinadas de hasta 20°.

5) Se forman guirnaldas de vegetación en sitios donde la saturación del suelo fino varía en breves intervalos, con una desecación casi total. Ejemplos de ello se encuentran en el Perú, en el Valle Viscas (11°35'S/76°10'O, a 4.850 m). Por el contrario, una saturación permanente, como ocurre por ejemplo al borde de lagos existentes cerca del cerro Chacaltaya, en Bolivia (16°20'S/68°07'O, 4.800-5.000 m), causa la formación de suelos estructurales con material fino convexamente levantado de 5 hasta 10 cm.

6) Las formas de soliflucción más frecuentes en el área andina tropical son pequeños suelos estructurales, lo que se debe a alteraciones casi diarias de congelación y descongelación. Aunque existen excepciones, principalmente cerca de la isoterma anual de 0°C, donde se forman polígonos de piedras muy grandes. Tales ejemplos ocurren en la serranía de Cañapa, Bolivia (21°28'S/68°05'O, 5.350 m) y en Chacaltaya, Bolivia (16°22'S/68°07'O, 4.900 m).

Resumiendo, se evidencia que las precipitaciones fijan el período activo de la soliflucción y preseleccionan los tipos de formas de soliflucción. La repartición estacional y local de las precipitaciones causa formas diferentes de soliflucción, con frecuencias bien variables. Además, se evidencia que dentro del período de lluvias, el régimen de las heladas influye sobre la altitud mínima de los movimientos del suelo y el tamaño de las formas de soliflucción.