

FLORA Y VEGETACION DE LA CIMA DEL CERRO POTOSI,
NUEVO LEON, MEXICO¹

ABEL GARCIA-AREVALO Y SOCORRO GONZALEZ-ELIZONDO²

CIIDIR Unidad Durango
Instituto Politécnico Nacional
Apdo. Postal 738
Durango, Dgo., 34000 México

RESUMEN

Se realizó un estudio de la flora y vegetación de la cima del Cerro Potosí, al sur del estado de Nuevo León, con el propósito de analizar las modificaciones ocurridas en la vegetación en un período de 27 años, tomando como referencia el trabajo de Beaman y Andresen (1966) sobre la vegetación y florística del área.

El muestreo se llevó a cabo mediante transectos que comprendieron cuatro comunidades vegetales: pradera alpina, pradera subalpina, matorral de *Pinus culminicola* y bosque de *P. hartwegii*. Se realizaron colectas intensivas y selectivas que incluyeron la zona a partir de la cota altitudinal de 3500 m.

Los resultados indican que las áreas ocupadas por la pradera alpina y el matorral de *P. culminicola* se redujeron considerablemente, encontrándose que *P. culminicola* no es resistente al fuego. La pradera subalpina incrementó su distribución, comportándose en la cima y en el declive oeste y sur como comunidad disclimax. Se encontraron 95 especies de 77 géneros y 36 familias de plantas vasculares. Se considera urgente el establecimiento de acciones tendientes a proteger lo que persiste de este frágil y único ecosistema.

ABSTRACT

A study was made of the flora and vegetation of the summit of Cerro Potosí, located in the southern part of the state of Nuevo León. The principal objective was to analyze the changes that have occurred in the vegetation after 27 years, using as reference the paper of Beaman & Andresen (1966) on the vegetation and floristics of the area.

Sampling by means of transects through four communities: alpine meadow, subalpine meadow, *Pinus culminicola* scrub and *P. hartwegii* forest was carried out. Intensive and selective collecting was accomplished above the altitudinal level of 3500 m.

The results show that alpine meadow and *P. culminicola* scrub decreased their areas, and that *P. culminicola* is not resistant to fire. Some of the dominant elements of subalpine meadow increased their distribution. A vascular flora of 95 species in 77 genera and 36 families is reported. Protection of this fragile and unique ecosystem is proposed.

¹ Adaptación del trabajo presentado por el primero de los autores como tesis profesional en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

² Becaria de la COFAA del Instituto Politécnico Nacional.

INTRODUCCION

El Cerro Potosí forma parte de la Sierra Madre Oriental al sur del estado de Nuevo León. Alcanza una altitud de 3670 m s.n.m. y representa la cima de mayor altura del norte de México. Su aislamiento geográfico y diferencias en el sustrato geológico con respecto al de otras altas montañas determinan la existencia de un alto porcentaje de especies endémicas (Rzedowski, 1978). La zona está fuertemente afectada por disturbio antropogénico, principalmente construcciones realizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como por incendios y pastoreo (Fig. 1).



Fig. 1. Panorámica de la cima del Cerro Potosí. En primer plano pradera alpina. Parte alta: instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El área de estudio comprende la cima del Cerro Potosí a partir de la cota altitudinal de los 3500 m. Se localiza a 15 km al oeste de Galeana, Nuevo León, entre los 24°50'35" y 24°53'16" de latitud N y los 100°13'9" y 100°15'12" de longitud W. El Potosí se ubica en el flanco occidental de la Sierra Madre, y colinda hacia el sur y el oeste con la Altiplanicie Mexicana. La cima del cerro tiene una longitud de poco más de 1 km y una anchura de 300 a 400 m. Su topografía es de lomeríos bajos, haciéndose escarpadas las pendientes en el extremo noreste y el flanco oriental.

El sustrato está constituido principalmente por roca caliza. Los suelos son delgados, con alta proporción de materia orgánica y están clasificados como una combinación de Litosol y Rendzina de textura fina (Anónimo, 1977).

No existe información climática del área, pero con base en datos extrapolados a partir de las estaciones de 18 de Marzo (2020 m s.n.m.) y ejido El Potosí (1890 m s.n.m.), ubicadas en el declive oriental y occidental de la sierra, respectivamente, se calcularon

las temperaturas medias para la zona (Cuadro 1), aplicando los valores de gradientes térmicos calculados por Muller (1939) para diferentes niveles altitudinales y exposiciones de la Sierra Madre Oriental. El clima de la zona es de tipo E(T)H(e), frío y extremo (diferencia aproximada de 9°C entre las medias del mes más frío y el mes más caliente), de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1981). Muller (1937) con base en sus observaciones de la vegetación, caracterizó al clima de la parte alta como frío semiárido, mencionando que aunque la precipitación es tan alta como la de las zonas adyacentes, la humedad es poco efectiva debido a la alta evaporación. En 1939 el mismo autor define al clima del área como alpino. La Zona está sometida a la acción de intensos vientos durante la mayor parte del año. Los alisios húmedos y los nortes de invierno afectan principalmente al oriente y el norte, mientras que el flanco occidental recibe corrientes secas de convección. Fuertes neblinas y lluvias, a menudo con granizo, ocurren durante gran parte del año.

Cuadro 1. Temperaturas medias estimadas para la cima del Cerro Potosí.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
°C	-1.5	0.0	1.3	3.7	5.8	6.7	6.8	7.5	6.0	3.7	2.1	0.4	3.5

La vegetación abajo de los 3500 m se encuentra en grave estado de deterioro debido a tala desmesurada, excepto en cañadas y sitios escarpados. A menos de 1700 m, en los alrededores del cerro, se presentan matorrales xerófilos y bosque abierto de *Pinus arizonica* y/o *P. cembroides*. En términos generales se presentan comunidades más altas y densas en el flanco oriental y norte del cerro, debido a la influencia de los vientos alisios.

Las principales comunidades vegetales del declive oriental son: matorral de *Berberis trifoliolata*, *Juniperus erythrocarpa*, *Condalia* sp. y *Rhus trilobata* entre los 2000 y 2070 (-2250 en laderas secas) m de altitud. De los 2070 a los 2180 m predomina un bosque abierto de *Pinus arizonica* y *P. cembroides*, que es substituído por bosques de *Quercus* hasta los 2300 m. Destacan *Quercus* aff. *emoryi*, *Q. greggii*, *Q. affinis*, *Q. hypoxantha*, *Q. crassifolia* y *Q. aff. diversifolia*, así como *Arbutus xalapensis*. De los 2300 a los 2600 m prevalecen matorrales secundarios de *Quercus* - *Cercocarpus* con individuos aislados de *Pseudotsuga*, así como bosques de *Quercus* con *Pseudotsuga* y *Pinus*. Un bosque muy perturbado de *Pinus pseudostrobus* con matorral de *Quercus hypoxantha* y *Ceanothus* sp. se presentan en áreas entre los 2560 y 2650 m. En exposiciones al norte y oriente entre los 2670 y 2700 m destacan *Pinus* y *Pseudotsuga*, y en áreas donde todo el bosque original ha sido talado hay bosquecillos bajos de *Populus tremuloides*.

Pinus hartwegii predomina entre los 2850 y 2930 m, asociándose con *P. ayacahuite*. En el sotobosque aparecen individuos aislados de *P. culminicola*. De los 2930 a los 3000 m un matorral denso de *Quercus greggii* con individuos jóvenes de *Pinus hartwegii* y *Pseudotsuga menziesii* ocupa amplias áreas. *P. menziesii* y *Pinus ayacahuite* con escaso *P. hartwegii* y *Abies vejari* forman bosques semidensos entre los 3000 y 3200 m. Más arriba predomina *P. hartwegii*, que es substituído en cañadas y exposiciones al norte por *P. ayacahuite* y *Abies vejari* hasta los 3470 m. El bosque de *P. hartwegii* alcanza la cima

del cerro por el lado norte, pero en el declive oriental es substituído a partir de los 3450 m por matorral denso de *P. culminicola*.

Las características ecológicas y fitogeográficas especiales del Cerro Potosí han atraído a gran número de botánicos. Las colectas de C. Muller, R. Schneider, J. H. Beaman, J. W. Andresen y J. Hinton, entre otros, han aportado varias nuevas especies para la ciencia.

Beaman (1959) citó algunas especies de la cima de El Potosí en una lista preliminar de la flora vascular alpina de México. Andresen y Beaman (1961) descubrieron en el área a *Pinus culminicola*, y lo dieron a conocer como una nueva especie para la ciencia. Beaman y Andresen (1966) publicaron un estudio de la vegetación y la flora de la cima de el Potosí llevado a cabo en 1960 y 1961, en el que interpretan la estructura y composición de las comunidades en términos ecológicos, evolutivos y fitogeográficos.

Delgadillo (1971) en un estudio fitogeográfico de los musgos alpinos de México registró para el Potosí 10 especies alpinas y 5 subalpinas o dudosamente alpinas, discutiendo la diferencia en composición florística entre este cerro y las montañas del centro del país. Sánchez et al. (1987) estudiaron los cambios ocurridos en el matorral de *P. culminicola*, concluyendo que su área se ha reducido de 106 a 70 has debido al fuego.

El presente trabajo se realizó con el propósito de conocer la situación en que se encuentra la vegetación de la cima del Cerro Potosí y el efecto que ha ejercido el disturbio antropogénico. Se compara la distribución, estructura y composición florística actual de las comunidades, con las que prevalecían antes que la actividad del hombre las afectara de manera severa, tomando como referencia el trabajo de Beaman y Andresen (op. cit.) sobre vegetación, florística y fitogeografía del área.

La conservación de ese ecosistema se considera de primordial importancia debido a su condición de comunidades únicas y al hecho de incluir un alto porcentaje de endemismos.

METODOLOGIA

Se llevaron a cabo nueve estancias de colecta y muestreo durante el período comprendido entre abril de 1987 y agosto de 1989. El material botánico colectado se depositó en los herbarios CIIDIR y UNL.

Los muestreos cuantitativos de la vegetación se realizaron siguiendo cuatro transectos trazados en forma similar a los que se esquematizan en el trabajo de Beaman y Andresen (op. cit.) con el fin de dar validez a la comparación de los resultados (Fig. 2), pero aplicando algunas modificaciones tendientes a incrementar la precisión en las medidas y, en tres de los transectos, obtener el valor de cobertura, no registrado en 1966. Se determinaron las siguientes variables: frecuencia y cobertura de cada especie, altura de los elementos arbustivos, así como un valor de importancia derivado de la suma de las frecuencias y coberturas relativas, siguiendo la modificación al método de Curtis y McIntosh (1951) que llevaron a cabo Beaman y Andresen (op. cit.).

Para los elementos de pradera alpina se utilizó un cuadrado metálico de 50 por 50 cm, con dos subdivisiones para la medición directa de cobertura mediante intercepción de línea, modificando el método usado en 1966, en el que el cuadro se subdividía cada 10 cm en los cuales la cobertura era estimada. Los cuadrados se distribuyeron en un

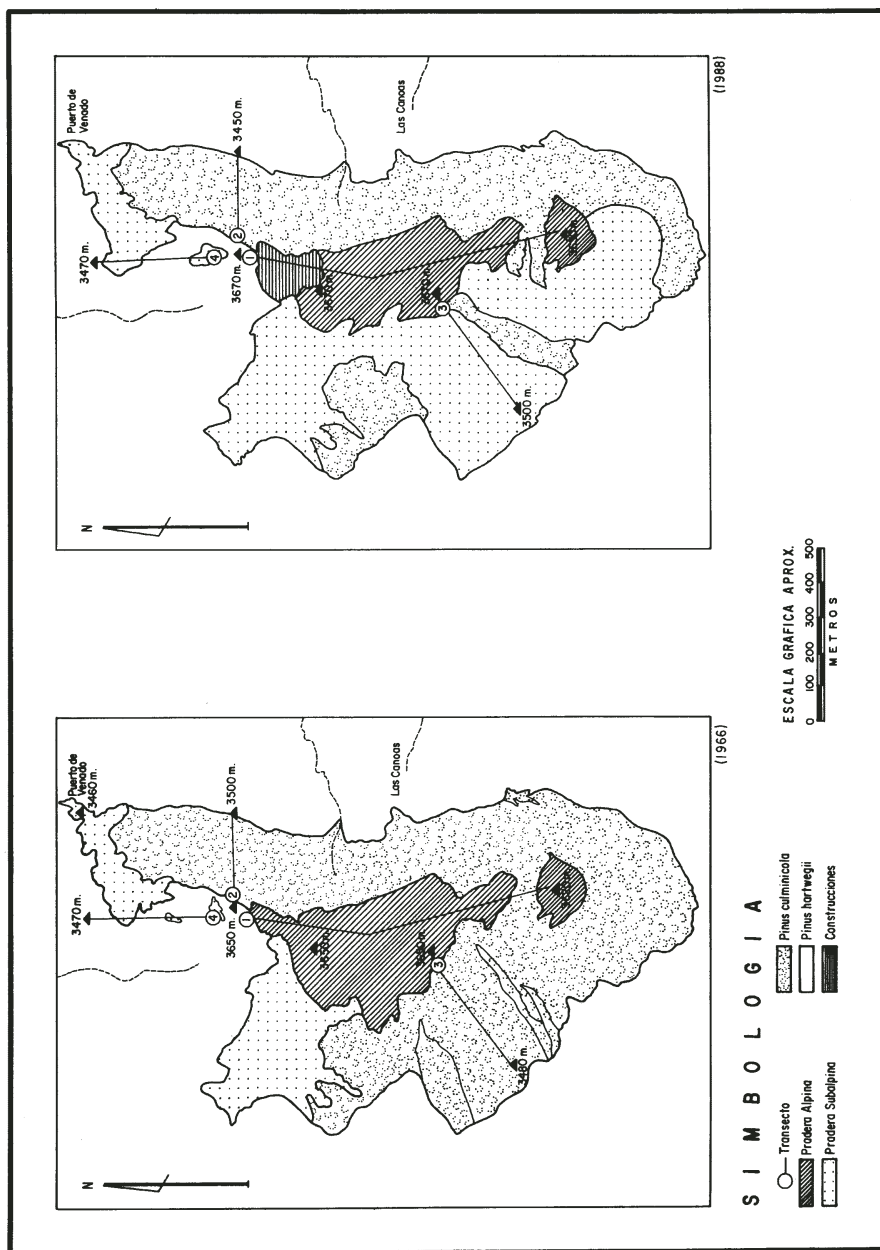


Fig. 2. Tipos de vegetación de la cima del Cerro Potosí.

transecto de 1 km mediante muestreo estratificado al azar (Muller-Dombois & Ellenberg, 1974), pero debido a que más de 25% de la longitud del transecto original ha sido ocupada por construcciones o empedrado, se levantaron 75 censos en lugar de 100, adjudicándose valores de cero a los 25 que cayeron en el área de las construcciones.

Para las comunidades de pradera subalpina, matorral de *P. culminicola* y bosque de *P. hartwegii* se aplicó el método de la línea de Canfield con el que se registraron datos de altura, cobertura y frecuencia, ya que el muestreo original de intercepción de punto no permitía el registro de cobertura. La ubicación de los transectos se esquematiza en la figura 2.

Los índices de diversidad de las comunidades fueron calculados con la fórmula de Shannon $H = - \sum (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$, utilizando las frecuencias absolutas como valores de comparación, por ser éste el único dato disponible para todas las comunidades en ambos muestreos.

La elaboración del mapa de los cambios ocurridos en las diferentes comunidades vegetales se llevó a cabo mediante observaciones de campo debido a las pequeñas dimensiones del área, utilizando, fotografías aéreas tomadas en 1970 (Compañía Mexicana Aerofoto, S.A.) como material de apoyo.

VEGETACION

Se reconocen cuatro comunidades vegetales: pradera alpina, pradera subalpina, matorral de *Pinus culminicola* y bosque de *P. hartwegii*, siguiendo la propuesta de Beaman y Andresen (op. cit.). La figura 2 muestra el área que cada comunidad ocupaba en 1966, así como su distribución actual.

1. La pradera alpina alberga el mayor número de especies endémicas. Sus principales componentes son: *Potentilla leonina*, *Arenaria* cf. *oresbia*, *Astragalus purpusii*, *Linum lewisii* y *Astranthium beamanii*, predominando las hemicriptófitas postradas, en su mayoría dicotiledóneas de crecimiento arrosado. Otras especies son dominantes en ciertas áreas, como *Bidens muelleri*, que se ve favorecida en los suelos pedregosos y muy someros, y *Trifolium schneideri* que forma pequeñas colonias en los afloramientos de roca madre. *Viola galeanaensis* se halla también restringida a grietas de rocas.

El cuadro 2 muestra la comparación entre los valores de frecuencia, cobertura y valor de importancia de los elementos de pradera alpina en 1966 y 1988. Los elementos dominantes de la comunidad muestran una distribución uniforme, excepto *Bidens muelleri* y, en términos generales, los valores de frecuencia son similares en ambos muestreos. La comparación con los resultados obtenidos en 1966 sugiere un incremento en la cobertura de las especies dominantes. Dadas las condiciones del área tal incremento no parece posible y las diferencias entre ambos registros se interpretan, al menos en parte, como resultado de la modificación en el tipo de muestreo. Posiblemente las diferencias se deben también a la cuantificación por separado de dos estratos, rasante y herbáceo superior o rasante y arbustivo, aunque es muy probable que en 1966 se hayan también sumado los resultados de ambos estratos.

Por basarse en cifras relativas, los Índices de Valor de Importancia de las especies dominantes son muy similares en ambos muestreos (levemente menores en la actualidad), excepto el de *Astragalus purpusii*, que se incrementó en casi 25%. Es significativo el hecho

Cuadro 2. Comparación de la frecuencia, cobertura y valor de importancia (V.I.) registrados para pradera alpina en 1966 y 1988.

ESPECIES	Frec. % (1966)	Frec. % (1988)	Cobertura % (1966)	Cobertura % (1988)	V.I. (1966)	V.I. (1988)
<i>Potentilla leonina</i>	81	80	8.63	12.84	33.54	32.30
<i>Arenaria cf. oresbia</i>	82	80	4.84	6.38	23.14	21.04
<i>Astragalus purpusii</i>	72	70.66	1.36	4.16	12.31	16.02
<i>Bidens muelleri</i>	54	38.56	4.31	6.10	18.36	15.43
<i>Senecio loratifolius</i>	11	24	1.59	5.31	5.71	12.23
<i>Linum lewisii</i>	69	58.66	0.93	1.85	10.77	10.49
<i>Senecio carnerensis</i>	7	49.33	0.25	2.20	1.52	9.94
<i>Astranthium beamanii</i>	42	49.33	0.55	2.07	6.39	9.72
<i>Lupinus cacuminis</i>	32	28	2.76	2.95	11.45	8.61
<i>Poa mulleri</i>	—	49.33	—	1.14	—	8.10
<i>Trisetum spicatum</i>	62	51.99	0.83	0.90	9.65	7.85
<i>Castilleja bella</i>	13	50.66	0.20	0.58	2.10	7.29
<i>Festuca hephaestophila</i>	55	36	1.28	0.60	10.79	5.93
<i>Hymenoxys insignis</i>	7	16	3.04	2.20	2.38	5.81
<i>Senecio hintoniorum</i>	26	26.33	0.36	0.585	4.08	4.31
<i>Senecio coahuilensis</i>	7	9.33	0.50	1.40	2.22	3.59
<i>Pinus culminicola</i>	11	4	2.35	1.50	7.82	3.11
<i>Achillea lanulosa</i>	7	12	0.09	0.80	1.08	2.87
<i>Euphorbia beamanii</i>	—	8	—	0.80	—	2.38
<i>Festuca aff. rubra</i>	—	2.66	—	0.70	—	1.55
<i>Sedum sp.</i>	8	12	0.09	0.025	1.20	1.52
<i>Thlaspi mexicanum</i>	41	10.66	0.43	0.08	6.05	1.46
<i>Phacelia platycarpa</i>	26	5.33	0.31	0.40	3.94	1.36
<i>Grindelia inuloides</i>	38	8	1.74	0.03	9.34	1.04
<i>Juniperus sabinoides f. sabinoides</i>	2	2.66	0.60	0.40	1.90	1.03
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	—	2.66	—	0.30	—	0.85
<i>Delphinium valens</i>	1	1.33	0.30	0.30	0.95	0.68
<i>Gentianella amarella</i>	—	5.33	—	0.0	—	0.66
<i>Erysimum capitatum</i>	3	2.66	0.03	0.20	0.39	0.58
<i>Stellaria cuspidata</i>	3	1.33	0.06	0.20	0.52	0.51
<i>Campanula rotundifolia</i>	8	2.66	0.08	0.10	1.17	0.50
<i>Arracacia schneideri</i>	—	1.33	—	0.10	—	0.33
<i>Ribes ciliatum</i>	—	1.33	—	0.10	—	0.33
<i>Draba helleriana</i>	32	2.66	0.35	0.0	4.77	0.33
<i>Bromus carinatus</i>	1	1.33	0.01	0.03	0.15	0.21
<i>Gnaphalium sp.</i>	2	1.33	0.02	0.0	0.30	0.16
<i>Trifolium sp.</i>	9	—	0.15	—	1.47	—
<i>Sisyrinchium schneideri</i>	5	—	0.05	—	0.73	—
<i>Blepharoneuron tricholepis</i>	3	—	0.06	—	0.52	—
<i>Penstemon leonensis</i>	2	—	0.02	—	0.30	—
<i>Smilacina stellata</i>	2	—	0.02	—	0.30	—
<i>Allium sp.</i>	1	—	0.01	—	0.15	—
<i>Cerastium brachypodium</i>	1	—	0.01	—	0.15	—

de que esta especie es uno de los pocos elementos de pradera alpina que se desarrollan con éxito en el área alrededor de las construcciones.

Dos especies de la pradera subalpina incrementaron notoriamente su valor de importancia dentro de la pradera alpina: *Senecio loratifolius* duplicó su valor, mientras que *S. carnerensis* lo incrementó 6.5 veces, siendo, con mucho, la especie que presenta mayor diferencia entre los datos de ambos muestreos, con excepción de las que sólo fueron registradas en uno u otro de éstos. La capacidad de *S. carnerensis* para adaptarse a las condiciones de perturbación se evidencia también en su venturoso desarrollo como especie ruderal, siendo el elemento más conspicuo a la orilla de caminos en la cima.

Thlaspi mexicanum, *Grindelia inuloides* y *Draba helleriana* parecen haber reducido su cobertura y su frecuencia, situación difícil de explicar en el caso de *Grindelia* por ser un elemento que en otras partes parece adaptarse bien a condiciones de perturbación.

Entre las especies que fueron cuantificadas para la pradera alpina en 1988 pero no en 1966, destaca *Poa mulleri* la cual, aunque de baja cobertura, presenta una frecuencia de casi 50 %, reflejando una amplia distribución en la comunidad. Esta gramínea fue citada (como *Poa annua*) por Muller (1939) como una de las especies más importantes de la pradera alpina, pero no figura en los muestreos de Beaman y Andresen (op. cit.). En la actualidad *Poa mulleri* se manifiesta como una especie bien distribuida, tanto en la pradera alpina como en las otras comunidades de la cima. *P. annua* por su parte, se restringe a densas colonias en una zona muy perturbada en el ecotono entre la pradera alpina y los elementos de *Pinus hartwegii* que alcanzan la cima, y es probable que su introducción en el área haya coincidido con la edificación de las construcciones.

Otros elementos registrados únicamente en el muestreo reciente son *Euphorbia beamanii*, *Festuca* aff. *rubra* y *Gentianella amarella*, lo que dada la preferencia de la primera especie por sitios perturbados refleja las condiciones del área. En los sitios de mayor disturbio alrededor de las construcciones prosperan *Senecio carnerensis*, *Erodium cicutarium*, *Phacelia platycarpa*, *Astragalus purpusii*, *Hymenoxys insignis*, y en menor proporción *Androsace septentrionalis*, *Astranthium beamanii* y *Sedum* sp.

Entre los elementos que fueron registrados para la pradera alpina hace 27 años: *Trifolium*, *Sisyrinchium*, *Penstemon* y *Cerastium* existen pero no se localizan dentro de los cuadros de muestreo en este trabajo; *Smilacina* no se observó en la pradera alpina aunque sí en otras comunidades del área, mientras que *Blepharoneuron tricholepis* y *Allium* sp. no se encontraron en ningún sitio de la cima.

Esta comunidad se ha visto seriamente afectada por el disturbio, principalmente por instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, lo que ha reducido en aproximadamente 30% el área que ocupaba hace 27 años. Otros agentes de perturbación son el pastoreo y la explotación de una pequeña mina de manganeso (Fig. 1).

2. La pradera subalpina está conformada por herbáceas erectas. Parece ser la comunidad menos afectada por el disturbio, ya que ha incrementado su área invadiendo parte de la superficie anteriormente ocupada por pradera alpina y toda la zona que fue destruida por incendio del matorral de *Pinus culminicola* (Fig. 2). Entre sus componentes sobresalen: *Helenium integrifolium*, *Senecio loratifolius*, *Lupinus cacuminis*, *Penstemon leonensis*, *Delphinium valens* y *Euphorbia beamanii* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de frecuencias en pradera subalpina, matorral de *Pinus culminicola* y bosque de *Pinus hartwegii* en 1966 y 1988.

ESPECIES	P.S. (Transecto 4)		M.P.c. (Transecto 2)		P.S.s. (Transecto 3)		B.P.h. (Transecto 4)	
	1966	1988	1966	1988	1966	1988	1966	1988
<i>Achillea lanulosa</i>	15	6	3	4	*	1	19	10
<i>Agastache palmeri</i>	*	*	*	1	*	*	*	*
<i>Ageratina potosina</i>	*	*	*	*	*	1	*	*
<i>Arenaria cf. oresbia</i>	6	*	4	*	2	4	*	*
<i>Arracacia schneideri</i>	*	*	6	11	3	1	*	*
<i>Astragalus purpusii</i>	*	*	*	*	1	4	*	*
<i>Astranthium beamanii</i>	12	9	2	*	*	*	*	4
<i>Bromus carinatus</i>	*	*	*	*	1	*	*	*
<i>Campanula rotundifolia</i>	*	*	*	1	*	*	*	*
<i>Castilleja bella</i>	*	*	1	1	*	*	*	3
<i>Cerastium brachypodium</i>	6	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cirsium aff. ehrenbergii</i>	3	*	3	1	1	*	*	*
<i>Delphinium valens</i>	3	6	1	1	2	2	1	4
<i>Draba helleriana</i>	*	*	*	*	2	*	*	*
<i>Erysimum capitatum</i>	*	*	4	2	*	1	*	1
<i>Euphorbia beamanii</i>	3	6	*	6	*	9	*	3
<i>Festuca hephaestophila</i>	*	9	*	*	*	*	*	1
<i>Festuca aff. rubra</i>	6	6	*	2	*	3	1	1
<i>Fragaria mexicana</i>	*	*	*	*	*	*	1	*
<i>Geranium crenatifolium</i>	*	*	-	2	*	*	*	*
<i>Geranium spp.</i>	*	*	5	-	*	*	3	*
<i>Geranium seemannii</i>	*	*	-	4	*	1	*	*
<i>Gnaphalium sp.</i>	*	*	1	*	*	1	*	*
<i>Grindelia inuloides</i>	*	*	6	4	9	4	*	*
<i>Helenium integrifolium</i>	27	22	*	1	*	*	4	12
<i>Helianthella quinquenervis</i>	15	*	*	*	*	*	*	*
<i>Holodiscus dumosus</i>	*	*	4	*	*	*	*	*
<i>Hymenoxys insignis</i>	*	*	1	1	3	2	*	*
<i>Linum lewisii</i>	*	*	1	*	*	*	*	*
<i>Lupinus cacuminis</i>	*	*	3	11	4	11	*	*
<i>Penstemon barbatus</i>	*	*	*	1	*	*	*	*
<i>Penstemon leonensis</i>	*	*	*	8	*	5	*	*
<i>Phacelia pinnata var. robusta</i>	*	*	2	3	*	*	*	*
<i>Phleum alpinum</i>	*	*	*	*	*	*	*	1
<i>Pinus culminicola</i>	*	*	49	31	74	1	*	*
<i>Pinus hartwegii</i>	*	19	2	4	*	*	51	38
<i>Poa mulleri</i>	*	*	*	*	*	4	*	12
<i>Polemonium pauciflorum</i>	*	*	2	*	*	*	*	*
<i>Potentilla leonina</i>	*	*	*	*	*	4	*	3
<i>Ranunculus peruvianus</i>	9	6	*	2	*	*	10	6
<i>Ribes ciliatum</i>	3	*	2	2	1	1	1	*
<i>Salvia microphylla</i>	*	*	*	2	*	1	*	*
<i>Senecio coahuilensis</i>	*	6	11	4	13	6	1	3
<i>Senecio carnerensis</i>	6	*	2	*	24	4	19	*
<i>Senecio hintoniorum</i>	*	*	*	*	*	6	*	*

ESPECIES	P.S. (Transecto 4)		M.P.c. (Transecto 2)		P.S.s. (Transecto 3)		B.P.h. (Transecto 4)	
	1966	1988	1966	1988	1966	1988	1966	1988
<i>Senecio</i> sp.	*	*	2	*	1	*	*	*
<i>Senecio loratifolius</i>	*	19	*	12	*	3	*	13
<i>Smilacina stellata</i>	*	*	6	*	4	*	*	*
<i>Solanum verrucosum</i>	*	*	*	3	*	*	*	*
<i>Stellaria cuspidata</i>	*	9	*	10	20	*	5	7
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	*	*	9	1	3	*	*	*
<i>Tauschia madreensis</i>	15	*	*	*	*	*	12	13
<i>Thlaspi mexicanum</i>	*	*	*	*	2	*	*	*
<i>Trisetum spicatum</i>	*	*	*	*	3	*	*	3
Zacate	33	*	*	*	16	*	40	*
Arbusto	*	*	3	*	*	*	*	*

* No se encontró en el transecto.

P.S. = Pradera subalpina

P.S.s. = Pradera subalpina secundaria

M.P.c. = Matorral de *Pinus culminicola*

B.P.h. = Bosque de *Pinus hartwegii*

Senecio loratifolius, *Euphorbia beamanii* y *Lupinus cacuminis* muestran un incremento en su distribución, el último de ellos especialmente en el área de pradera subalpina derivada de matorral, donde la desaparición de *Pinus culminicola* favoreció el desarrollo de las especies heliófilas de la pradera.

Por el contrario, muchos de los elementos registrados en 1966 parecen haber reducido su frecuencia, principalmente *Tauschia madreensis*, algunas gramíneas y *Helianthella quinquenervis*, y es probable que esta última especie haya desaparecido del área, ya que no fue observada en ninguna de las comunidades.

3. El matorral de *Pinus culminicola* es una comunidad densa y baja en la que el pino enano es el único dominante (Fig. 3). En la actualidad forma una franja continua en el declive oriental y sur del área y en dos manchones aislados al suroeste y oeste. Dos amplias zonas al oeste y sur han sido destruidas por incendio y están ahora ocupadas por pradera subalpina (Fig. 2).

Otros arbustos se presentan en forma aislada en el matorral: *Holodiscus dumosus*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Ribes ciliatum*, y en menor proporción *Rubus* aff. *macvaughianus*, *Garrya ovata* y *Juniperus sabinooides*, el último únicamente en zonas de matorral abierto y muy bajo colindantes con la pradera alpina, mientras que *Garrya* se restringe a porciones marginales del matorral en áreas más bajas.

Donde la comunidad se vuelve densa prosperan a la sombra *Arracacia schneideri*, *Smilacina stellata*, *Polemonium pauciflorum*, *Lithospermum oblongifolium* y otras, siendo *Arracacia* la herbácea más conspicua durante el invierno. Tres especies de líquenes son abundantes sobre *Pinus culminicola*. En claros del matorral destacan *Stachys vulnerabilis*, *Salvia microphylla*, *Verbena bipinnatifida*, *Geranium* spp. y *Penstemon* spp. Una especie de *Lycoperdon* se desarrolla en forma aislada en esta comunidad y en la pradera subalpina.



Fig. 3. Matorral de *Pinus culminicola*. Pradera subalpina en extremo superior derecho.

Una asociación común en el ecotono con la pradera subalpina es la de *Pinus culminicola* rodeado por *Senecio loratifolius* y *Lupinus cacuminis*. En las áreas de matorral abierto se presenta una diversidad florística relativamente alta, la cual disminuye conforme la comunidad se torna más densa.

Los resultados de los muestreos indican una total eliminación de *P. culminicola* en el transecto No. 3, ubicado en la zona afectada por incendio (Cuadro 3).

Otros elementos característicos del matorral redujeron también su frecuencia, como *Stellaria cuspidata* y *Symphoricarpos microphyllus*, mientras que varias herbáceas se vieron favorecidas por la insolación y ocuparon la zona, principalmente *Lupinus* y *Euphorbia* y en menor proporción *Penstemon* y algunas especies de *Senecio* de la pradera subalpina, así como *Astragalus* y *Potentilla* de la alpina.

Aunque en forma menos drástica, también en la zona no afectada por incendio el matorral ha sufrido modificaciones. Un perfil esquemático de la altura y densidad de *P. culminicola* en el transecto No. 2 (Fig. 4) muestra que esta especie ha incrementado su tamaño y densidad entre los 3650 y 3580 m de altitud, pero en el resto del transecto, hasta los 3450 m, ha disminuido notoriamente, encontrándose amplios claros en los que el pino ha sido eliminado debido a la construcción del camino de acceso a la cima.

El cuadro 3 muestra una disminución en las frecuencias de los elementos arbustivos de esta comunidad y un incremento en las de *Senecio loratifolius*, *Lupinus cacuminis*, *Stellaria cuspidata*, *Euphorbia beamanii* y *Penstemon leonensis*.

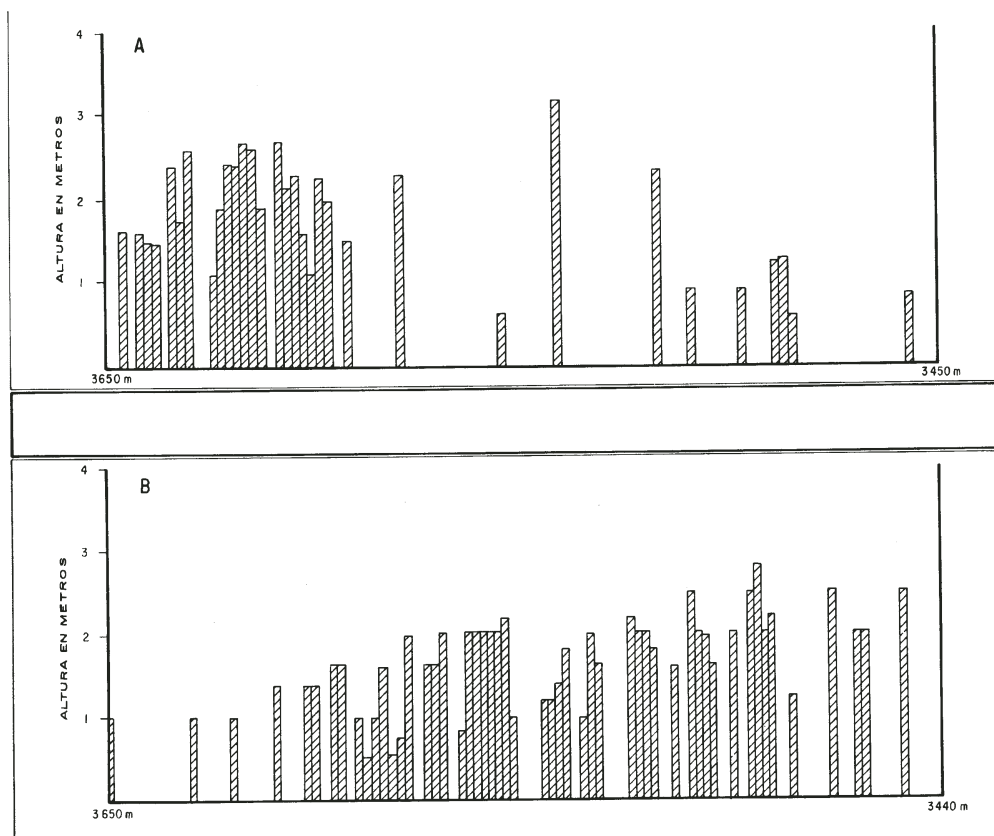


Fig. 4. Perfil esquemático de la altura y densidad de *Pinus culminicola* en el transecto N° 2. A: en 1988 y B: en 1966.

4. El bosque de *Pinus hartwegii* alcanza la cima por el noreste con algunos individuos aislados, de fuste corto y copa deformada con "efecto de bandera" debido a la intensidad de los vientos. Al reducirse la altitud se incrementa la densidad de los árboles y se manifiesta el bosque propiamente dicho, con algunos claros amplios de pradera subalpina en sitios planos, en apariencia con drenaje deficiente (Fig. 5).

La comparación entre los datos de 1966 y 1988 para esta comunidad (Cuadro 3) indica una disminución de cerca de 20% en la frecuencia de *P. hartwegii* y variable para algunos elementos del sotobosque, como *Achillea lanulosa*, *Ranunculus peruvianus* y especialmente para *Senecio carnerensis* y varias gramíneas. Por otra parte algunas herbáceas se vieron favorecidas, principalmente *Senecio loratifolius* y *Helenium integrifolium*.



Fig. 5. Bosque de *Pinus hartwegii*.

FLORA

La flora alpina y subalpina de la cima del Cerro Potosí está considerada como relativamente rica, dadas las pequeñas dimensiones del área y las condiciones extremas del medio físico. En este trabajo fueron registradas 95 especies de 77 géneros y 36 familias de plantas vasculares, de las que las compuestas y las gramíneas son las mejor representadas. En la lista 1 se presentan las especies encontradas durante este trabajo, se señalan las comunidades en las que fueron registradas, y se asigna una clasificación tentativa de acuerdo con las categorías del Libro Rojo de datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) a las que cada una pertenece.

Se encontró que 11 especies pueden ser consideradas en peligro de extinción, otras 8 en las categorías de vulnerables y raras, y 13 como indeterminadas o insuficientemente conocidas, lo que constituye un tercio del total de la flora.

De las 81 especies enumeradas en 1966, 10 no se detectaron durante el presente estudio. *Onosmodium dodrantale*, *Geranium potosinum*, *Trifolium* sp. y *Eupatorium* sp. fueron incluidas con duda por Beaman y Andresen (op. cit.) para la cima, ya que sólo se habían colectado abajo de los 3500 m, y es probable que no sean especies típicamente subalpinas. *Antennaria parvifolia* y *Senecio madrensis* se citaron con base en colectas de Schneider, y cuando menos en el caso de la primera es posible que se encuentre en el área pero no fue detectada debido a su pequeño tamaño.

Lista 1. Lista florística de la cima del Cerro Potosí.

	P.A.	P.S.	M.P.c.	B.P.h.	A.I.	C
BORAGINACEAE						
<i>Hackelia leonotis</i> I.M. Johnst.	X	X	X			V
<i>Lithospermum oblongifolium</i> Greenm.		X				n.t.
CAMPANULACEAE						
<i>Campanula rotundifolia</i> L.	X	X	X	X		n.t.
CAPRIFOLIACEAE						
<i>Symphoricarpos microphyllus</i> HBK.	X		X			n.t.
CARYOPHYLLACEAE						
<i>Arenaria</i> cf. <i>oresbia</i> Greenm.	X	X	X	X		K
<i>Cerastium brachypodum</i> (Engelm. ex A. Gray) Robins.	X	X				n.t.
<i>Silene laciniata</i> Cav.			X			n.t.
<i>Stellaria cuspidata</i> Willd.	X	X	X	X		n.t.
COMPOSITAE						
<i>Achillea lanulosa</i> Nutt.	X		X	X	X	n.t.
<i>Ageratina potosina</i> B.L. Turner			X			E
<i>Astranthium beamanii</i> DeJong	X	X	X	X	X	E
<i>Bidens muelleri</i> Sherff	X	X				I
<i>Cirsium</i> aff. <i>ehrenbergii</i> Sch. Bip.			X		X	n.t.
<i>Erigeron potosinus</i> Standley		X		X		R
<i>Gnaphalium</i> aff. <i>liebmannii</i> Sch. Bip. ex Klatt			X	X		n.t.
<i>Gnaphalium</i> sp.	X	X	X	X	X	E
<i>Grindelia inuloides</i> Willd.	X	X	X		X	n.t.
<i>Helenium integrifolium</i> (HBK.) Benth. & Hook. ex Hemsl.		X		X		n.t.
<i>Hymenoxys insignis</i> (A. Gray) Cockerell	X	X			X	I
<i>Senecio carnerensis</i> Greenm.	X	X	X		X	n.t.
<i>Senecio coahuilensis</i> Greenm.	X	X	X		X	K
<i>Senecio hintoniorum</i> B.L. Turner	X	X				R
<i>Senecio loratifolius</i> Greenm.	X	X	X	X	X	n.t.
<i>Taraxacum officinale</i> Weber in Wigg.	X	X	X	X	X	n.t.
CRASSULACEAE						
<i>Sedum</i> sp.	X	X	X	X	X	K
<i>Villadia</i> sp.	X	X				E
CRUCIFERAE						
<i>Draba helleriana</i> Greene	X	X	X	X	X	n.t.
<i>Erysimum capitatum</i> (Dougl.) Greene	X	X	X	X	X	n.t.
<i>Thlaspi mexicanum</i> Standl.	X	X		X		K
CUPRESSACEAE						
<i>Juniperus sabinoides</i> (HBK.) Nees f. <i>sabinoides</i>	X	X				n.t.

P.A. = Pradera alpina

P.S. = Pradera subalpina

M.P.c. = Matorral de *Pinus culminicola*B.P.h = Bosque de *Pinus hartwegii*

A.I. = Area incendiada

* Únicamente como ruderal

C = Categorías del Libro Rojo de datos de la UICN :

E = En peligro

V = Vulnerable

R = Rara

I = Indeterminada

K = Insuficientemente conocida

n.t. = ni rara, ni amenazada

	P.A.	P.S.	M.P.c.	B.P.h.	A.I.	C
CYPERACEAE						
<i>Carex bella</i> Bailey		X			X	n.t.
<i>Carex peucophila</i> Holm		X			X	n.t.
EUPHORBIACEAE						
<i>Euphorbia beamanii</i> M.C. Johnst.	X	X	X	X	X	n.t.
FUMARIACEAE						
especie no identificada	X					K
GARRYACEAE						
<i>Garrya ovata</i> Benth.			X			n.t.
GENTIANACEAE						
<i>Gentianella amarella</i> (L.) Boerner	X	X				n.t.
GERANIACEAE						
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hérit.	X					n.t.
<i>Geranium crenatifolium</i> H.E. Moore	X	X	X	X	X	n.t.
<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	X	X	X	X	X	n.t.
GRAMINEAE						
<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv.	X	X			X	n.t.
<i>Agrostis scabra</i> Willd.				X		n.t.
<i>Bromus carinatus</i> Hook.	X					n.t.
<i>Bromus porteri</i> Nash			X			n.t.
<i>Calamagrostis purpurascens</i> R. Br.			X			n.t.
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.				X		n.t.
<i>Festuca amplissima</i> Rupr. ex Fourn.				X		n.t.
<i>Festuca hephaestophila</i> Nees in Steud.	X	X	X	X	X	n.t.
<i>Festuca</i> aff. <i>rubra</i> L.	X	X	X	X	X	n.t.
<i>Phleum alpinum</i> L.				X		n.t.
<i>Poa annua</i> L.	X			X		n.t.
<i>Poa fendleriana</i> (Steud.) Vasey	X					n.t.
<i>Poa mulleri</i> Swallen	X	X	X	X	X	E
<i>Trisetum spicatum</i> (L.) Richt.	X	X	X	X	X	n.t.
<i>Trisetum viride</i> (HBK.) Kunth			X			n.t.
HYDROPHYLLACEAE						
<i>Phacelia pinnata</i> var. <i>robusta</i> (Brand.) McBr.			X			K
<i>Phacelia platycarpa</i> (Cav.) Spreng.	X	X				n.t.
IRIDACEAE						
<i>Sisyrinchium schaffneri</i> Wats.	X			X		n.t.
LABIATAE						
<i>Agastache palmeri</i> (B.L. Robins.) Standl. var. <i>leonensis</i> R.W. Sanders			X	X	X	K
<i>Salvia microphylla</i> HBK. var. <i>neurepia</i> (Fern.) Epl.			X			n.t.
<i>Stachys vulnerabilis</i> Rzedowski & Calderón	X	X	X	X	X	V
LEGUMINOSAE						
<i>Astragalus purpusii</i> M.E. Jones	X	X				K
<i>Astragalus</i> sp.		X				n.t.
<i>Lupinus cacuminis</i> Standl.	X	X	X	X	X	V
<i>Trifolium schneideri</i> Standl.	X					E
<i>Vicia americana</i> Muhlenberg ex Willdenow ssp. <i>mexicana</i> C.R. Gunn				X		K
LILIACEAE						
<i>Smilacina stellata</i> (L.) Desf.			X			n.t.
<i>Zigadenus</i> aff. <i>virescens</i> (HBK.) Macbr.			X			n.t.

	P.A.	P.S.	M.P.c.	B.P.h.	A.I.	C
LINACEAE						
<i>Linum lewisii</i> Pursh	X	X	X	X	X	n.t.
LOGANIACEAE						
<i>Buddleia cordata</i> HBK. ssp. <i>tomentella</i> (Standl.) Norman			*			n.t.
LORANTHACEAE						
<i>Arceuthobium vaginatum</i> (Willd.) Presl ssp. <i>vaginatum</i>				X		n.t.
ONAGRACEAE						
<i>Epilobium ciliatum</i> Raf. ssp. <i>ciliatum</i>				X		n.t.
PINACEAE						
<i>Pinus culminicola</i> Andresen & Beaman	X	X	X	X	X	V
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	X	X	X	X	X	n.t.
POLEMONIACEAE						
<i>Polemonium pauciflorum</i> Wats.		X	X		X	n.t.
PRIMULACEAE						
<i>Androsace septentrionalis</i> L. var. <i>puberulenta</i> (Rydb.) Knuth	X	X				n.t.
RANUNCULACEAE						
<i>Aquilegia elegantula</i> Greene			X	X		n.t.
<i>Delphinium valens</i> Standl.		X		X	X	I
<i>Ranunculus peruvianus</i> Pers.	X	X		X		n.t.
ROSACEAE						
<i>Fragaria mexicana</i> Schl.	X	X		X		n.t.
<i>Holodiscus dumosus</i> (Nutt.) Heller			X			n.t.
<i>Potentilla leonina</i> Standl.	X	X	X	X	X	E
<i>Rubus</i> aff. <i>macvaughianus</i> Rzedowski & Calderón			X			R
SAXIFRAGACEAE						
<i>Heuchera mexicana</i> Schaffner		X	X			n.t.
<i>Ribes ciliatum</i> Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.	X		X		X	n.t.
SCROPHULARIACEAE						
<i>Castilleja bella</i> Standl.	X	X	X	X	X	E
<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.			X			n.t.
<i>Penstemon barbatus</i> (Cav.) Roth			X			n.t.
<i>Penstemon leonensis</i> Straw	X	X	X	X	X	I
SOLANACEAE						
<i>Solanum verrucosum</i> Schl.	X	X	X		X	n.t.
UMBELLIFERAE						
<i>Arracacia schneideri</i> Math. & Const.	X	X	X			R
<i>Arracacia tolucensis</i> (HBK.) Hemsl.			X			E
<i>Tauschia madrensis</i> Coult. & Rose	X			X		n.t.
URTICACEAE						
<i>Urtica</i> sp.			X			E
VERBENACEAE						
<i>Verbena bipinnatifida</i> Nutt.			X			n.t.
VIOLACEAE						
<i>Viola galeanaensis</i> M.S. Baker	X			X		E

Una situación diferente se presenta para *Blepharoneuron tricholepis* y *Allium* sp. de la pradera alpina, *Helianthella quinquenervis* de la subalpina y *Senecio* sp. del matorral de *Pinus culminicola*, las cuales fueron inutilmente rastreadas durante este trabajo y es probable que hayan reducido sus poblaciones o incluso desaparecido del área.

Por otra parte, en el presente trabajo se aportan 24 especies, 12 géneros y 6 familias no registradas anteriormente para el área. Muchas de estas especies se encuentran como elementos naturales de las comunidades y es prácticamente seguro que han permanecido en la zona desde hace mucho tiempo; en algunos casos es verosímil que no fueron detectadas antes debido a que forman colonias aisladas, restringidas a microambientes muy específicos, como *Aquilegia elegantula*, *Rubus* aff. *macvaughianus*, y *Heuchera mexicana*, entre otros. Pero también existen elementos que en los últimos años han arribado a la zona favorecidos por la perturbación, como *Erodium cicutarium*, *Poa annua*, *Arceuthobium vaginatum*, *Solanum verrucosum* y *Buddleia cordata* ssp. *tomentella*.

DISCUSION

La comparación entre las áreas ocupadas por cada comunidad en 1966 y 1988 revela que la pradera alpina y el matorral de *Pinus culminicola* han sufrido una considerable reducción, en el primer caso debido principalmente a disturbio antropogénico y en el segundo a un incendio de origen desconocido. Es evidente que *P. culminicola* no es una especie resistente al fuego, ya que no presenta el menor indicio de regeneración y aparentemente tampoco de repoblación a partir de los individuos de las áreas marginales de la parte no afectada del matorral, a pesar de que han transcurrido por lo menos 18 años de la fecha en que el fuego devastó la zona.

Beaman y Andresen (op. cit.) encuentran el área cubierta por una pradera alpina "precariamente pequeña" y concluyen que si por razones climáticas *Pinus hartwegii* o *P. culminicola* se tornaran dominantes en la cima, probablemente se extinguirían varias especies alpinas intolerantes a la sombra. Los mismos autores opinan que el estado decadente de *P. hartwegii* en la cima sugiere que las condiciones climáticas actuales pueden estar permitiendo una leve expansión de la pradera alpina.

El área del bosque de *P. hartwegii* parece estarse contrayendo en su parte superior, mientras que la pradera subalpina incrementó su área, comportándose en la cima y en el declive oeste y sur como comunidad disclímax al ocupar parte de la superficie dejada por las comunidades afectadas por disturbio.

El retroceso aparente del bosque de *P. hartwegii* de la parte superior del cerro puede deberse a la prevalencia en la actualidad de condiciones climáticas poco favorables. Lauer y Klaus (1975) observaron en el Pico de Orizaba un retroceso similar de esta especie hacia las partes más bajas.

Entre los factores que afectan la altitud del límite de la vegetación arbórea están, según Daubenmire (1954), citado por Beaman (1962), el exceso o deficiencia de la luz, insuficiencia de dióxido de carbono, profundidad de la nieve, viento, desecación en invierno y escasez de calor, considerándose a este último como el más importante. En El Potosí el efecto tanto mecánico como desecante de los vientos parece ser el factor que impide

el desarrollo del bosque en la cima y es muy probable que si este cerro tuviera mayor altitud, *P. hartwegii* y *P. culminicola* se encontrarían también más arriba.

La elevación media del límite de la vegetación arbórea en el Iztaccíhuatl y el Popocatepetl es de 4021 y 3909 m respectivamente (Beaman, 1962), y en el Pico de Orizaba existen árboles aislados en áreas favorablemente localizadas hasta a 4250 m (Lauer y Klaus, op. cit.). Es posible que la diferencia entre las condiciones climáticas (isotermales en esas áreas y de clima más extremo en El Potosí), aunadas a la escasez de suelo, sean también en parte responsables de la presencia de la vegetación alpina a una altitud relativamente baja.

Las modificaciones en composición y estructura de las comunidades fueron discutidas al describirse cada una de ellas. Las formas biológicas prevalentes son las hemicriptófitas y caméfitas. Las geófitas y fanerófitas son muy escasas y las terófitas, no registradas anteriormente para el área, están representadas por *Poa annua* y una Fumariaceae no identificada muy pequeña y de rápida floración y fructificación, características que coinciden con el patrón descrito por Billings (1973) para las anuales de sitios árticos y alpinos.

La pradera alpina resultó tener el mayor índice de diversidad, debido tanto a su riqueza en especies como a la uniformidad en la distribución de sus valores de frecuencia. La pradera subalpina parece haber reducido su diversidad, mientras que la pradera subalpina secundaria (matorral de *Pinus culminicola* en 1966), y en menor proporción el bosque de *P. hartwegii* la incrementaron (Cuadro 4).

Cuadro 4. Riqueza específica (R.E.) e Índices de diversidad de Shannon (H'_s) en comunidades de la cima del Cerro Potosí.

	R.E. 1966	R.E. 1988	H'_s 1966	H'_s 1988
Pradera alpina	36	36	3.01	3.01
Pradera subalpina	15	12	2.42	2.08
Pradera subalpina "secundaria" (matorral de <i>Pinus culminicola</i> en 1966)	21	24	2.16	2.50
Matorral de <i>Pinus culminicola</i>	26	29	2.56	2.48
Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	14	19	1.97	2.18

La riqueza específica se consideró tomando en cuenta únicamente elementos que fueron registrados en los muestreos. Si se toma en cuenta el total de especies observadas en cada comunidad las praderas alpina y subalpina y el matorral resultan ser las de mayor riqueza florística, con más de 50 especies cada una, seguidas de cerca por el bosque de *P. hartwegii*. Para la pradera subalpina secundaria se observa con solamente 35, pero debido a que una alta proporción de éstas fueron registradas en los muestreos, la

diversidad de esta comunidad resultó relativamente alta. La riqueza florística considerada en forma independiente de la uniformidad es baja en la pradera subalpina secundaria, debido a que son aún pocas las especies que han logrado establecerse en el área después de la desaparición de la vegetación original.

El análisis de las relaciones geográficas de la flora de la cima de el Cerro Potosí, tomando en cuenta las adiciones y cambios ocurridos desde 1961 y el conocimiento algo más preciso de las distribuciones de varias especies, revela que de 95 especies, 32.62% se conocen solamente de la Sierra Madre Oriental, de las cuales 15 (casi la mitad) son endémicas del Cerro Potosí (Cuadro 5). En 1966 se consideró como restringidas a esta área a 13 especies, pero 4 de ellas son diferentes de las que se estiman como tales en este trabajo.

Cuadro 5. Relaciones geográficas de la flora de la cima del Cerro Potosí.

	Géneros	%	Especies	%
Endémicas al Cerro Potosí	0	0	15	15.78
Sierra Madre Oriental	0	0	16	16.84
Norte de México	0	0	4	4.21
Norte y centro de México	0	0	5	5.26
México	0	0	7	7.36
México y sur de Estados Unidos	1	1.32	16	16.84
México a Centro América	0	0	9	9.47
Norteamérica	3	3.95	6	6.31
América	9	11.84	4	4.21
Hemisferio Norte	16	21.05	6	6.31
Semicosmopolita	27	35.53	5	5.26
Cosmopolita	20	26.32	0	0
Distribución no determinada	0	0	2	2.11

El 9.99% del total de especies encontradas se conoce del norte y centro de México (además de las ya mencionadas de la Sierra Madre), 17.77% se distribuyen en México y el sur de E.U.A. 16.66% en México y Centroamérica, 17.77% presentan otro tipo de distribución y solamente 5.55% son semicosmopolitas, principalmente de regiones templadas y frías. Por el contrario, gran parte de los géneros del área son de amplia distribución: 62% cosmopolitas o semicosmopolitas y 21% del hemisferio boreal, a diferencia de lo encontrado hace 27 años, en que los géneros se consideraron principalmente de distribución norteamericana o del hemisferio norte, y unos pocos

semicosmopolitas. Del resto de los géneros, 11.84% son americanos, 3.95% se restringen a Norteamérica y solamente *Astranthium* (1.32%) es endémico a México y el sur de Estados Unidos.

El porcentaje de endemismos locales a nivel de especie es levemente menor al registrado en 1966, pero de cualquier manera sigue siendo alto. Varias especies se conocen ahora de otros picos de la Sierra Madre Oriental, confirmando la hipótesis de Beaman y Andresen (op. cit.) de que la flora alpina pudo estar más ampliamente distribuida en el pasado sobre montañas vecinas durante períodos más fríos o más secos.

Usando el índice de similitud de Sorensen (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974) se analizaron las afinidades con algunas floras alpinas y una ártica (Cuadro 6). Las floras alpinas comparadas son las de el Popocatepetl e Iztaccíhuatl hacia el sur, con base en los inventarios preliminares de Beaman (1965), realizados entre los 3700 y 4300 m de altitud. Hacia el norte se tomaron como base las de un sitio de 6 x 12 millas entre los 10000 y 11000 pies de altitud en las Montañas Rocallosas en la frontera entre Wyoming y Montana, E.U.A. (Johnson y Billings, 1962) y un área de 130 x 65 km en las Rocallosas del sur, en Colorado (Hartman y Rottman, 1988). Se compara también la flora del declive ártico de Alaska (Wiggins y Thomas, 1962).

Cuadro 6. Coeficientes de similitud entre la flora de la cima del Cerro Potosí y otras floras alpinas y una ártica.

	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Popocatepetl (Beaman, 1965)	55.5	39.4	8.8
Iztaccíhuatl (Beaman, 1965)	61	43.5	5.7
Sur de las Rocallosas (Hartman y Rottman, 1988)	69	46.3	4.7
Norte de las Rocallosas (Johnson y Billings, 1962)	69	29.8	3.6
Alaska (Wiggins y Thomas, 1962)	57	31.4	2.2

De la comparación se deduce que: a) la de el Cerro Potosí es una flora altamente diversificada a nivel de familia; b) a ese nivel la afinidad es notoriamente mayor con las dos áreas de las Rocallosas que con las áreas comparadas hacia el sur; c) en cuanto a los géneros, la mayor relación es con el sur de las Rocallosas, seguida por el Iztaccíhuatl y el Popocatepetl; d) respecto a las especies hay más similitud con el Popocatepetl, y e) existe una sorprendentemente alta afinidad con las familias de la flora ártica comparada.

El origen reciente y la derivación local de la flora del Cerro Potosí se confirma por su estrecho parentesco con la de áreas más bajas, lo que ya fue puesto de manifiesto por Beaman y Andresen (op. cit.), quienes consideran que la alta frecuencia de endemismos

en la cima podría ser parcialmente explicada por la posibilidad de que la especiación hubiera ocurrido por selección catastrófica. A los ejemplos que estos autores citan de afinidad local de las especies pueden agregarse *Stachys vulnerabilis*, aparentemente relacionada con *S. langmaniae*, de bosques mixtos (Rzedowski y Calderón, 1988) así como *Ageratina potosina* y *Senecio hintoniorum*, ligadas a *A. oreithales* (Greenm.)Turner y *S. bellidifolius* HBK., respectivamente.

En menor medida la flora local parece también haber evolucionado a partir de elementos migratorios, como indica la estrecha relación entre *Potentilla leonina*, la especie dominante en pradera alpina, con *P. concinna* Richardson, de las Montañas Rocallosas y la Gran Cuenca. Martin y Harrell (1957) postulan que la flora templada del noreste de México llegó antes del Plioceno argumentando que en el Pleistoceno los períodos fríos fueron también secos y que en esta región los intervalos húmedos no coincidieron con las fases de máximos glaciares. Aunque la precipitación en la cima del Cerro Potosí es relativamente alta, su flora alpina y subalpina presenta obvias adaptaciones a la xerofitía debido a sequía fisiológica. Estas adaptaciones pueden haber permitido el arribo de plantas durante los períodos fríos y secos en el Pleistoceno.

Para determinar si un taxon está en peligro o amenazado de extinción el primer factor considerado es la destrucción, modificación o reducción presente o potencial de su habitat (La Verne Smith, 1980). Los cambios ocurridos a lo largo de 27 años en esta pequeña área, aunados al alto porcentaje de endemismos, repercuten en inminente peligro de extinción para varias especies. En las zonas adyacentes son pocos los taxa con características genéticas que les permitan la posibilidad de ocupar los nichos que dejan las especies que desaparecen en la cima y la necesidad de protección de la zona puede sustentarse tanto en razones de índole ecológica como práctica, ya que la reducción en la cubierta vegetal acarrea un efecto de cascada que repercute en la estabilidad del suelo y en el balance hídrico de las zonas bajas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Biol. Martha González E. su apoyo durante las colectas y muestreos cuantitativos de vegetación, así como por la toma de fotografías. Al Dr. J. Rzedowski por su ayuda en la resolución de algunas dudas y al personal que labora en la estación de microondas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por sus atenciones y hospitalidad.

LITERATURA CITADA

- Andresen, J. W. & J. H. Beaman. 1961. A new species of *Pinus* from Mexico. *J. Arnold Arboretum* 42: 437-441.
- Anónimo. 1977. Carta Edafológica. Galeana G14 C 56. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.
- Beaman, J. H. 1959. A preliminary checklist of the vascular alpine flora of Mexico. 6 pp.(en mimeógrafo).
- Beaman, J. H. 1962. The timberlines of Iztaccihuatl and Popocatepetl. *Mexico. Ecology* 43(3): 377-395.
- Beaman, J. H. 1965. A preliminary ecological study of Popocatepetl and Iztaccihuatl. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 29: 63-75.
- Beaman, J. H. & J. W. Andresen. 1966. The vegetation, floristics and phytogeography of the summit of Cerro Potosi, Mexico. *Amer. Midl. Natur.* 75(1): 1-33.

- Billings, W. D. 1973. Arctic and alpine vegetations: similarities, differences, and susceptibility to disturbance. *BioScience* 23(12): 697-704.
- Delgadillo, M. C. 1971. Phytogeographic studies on alpine mosses of Mexico. *The Bryologist* 73(3): 331-346.
- García, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 3a edición. México, D.F. 252 pp.
- Hartman, E. L. & M. L. Rottman. 1988. The vegetation and alpine vascular flora of the Sawatch Range, Colorado. *Madroño* 35(3): 202-225.
- Johnson, P. L. & W. D. Billings. 1962. The alpine vegetation of the Beartooth Plateau in relation to cryopedogenic processes and patterns. *Ecological Monographs* 32(2): 105-135.
- La Verne Smith, S.E. 1980. Laws and information needs for listing plants. *Rhodora* 82(829):192-199.
- Lauer, W. & D. Klaus. 1975. Geocological investigations on the timberline of Pico de Orizaba, Mexico. *Arctic and Alpine Research* 7(4):315-330.
- Martin, P. S. & B.E. Harrell. 1957. The Pleistocene history of temperate biotas in Mexico and Eastern United States. *Ecology* 38(3): 468-480.
- Muller, C. H. 1937. Plants as indicators of climate in northeast Mexico. *Amer Midl. Natur.* 18:986-1000.
- Muller, C. H. 1939. Relations of the vegetation and climatic types in Nuevo Leon, Mexico. *Amer. Midl. Natur.* 21: 687-729.
- Mueller-Dombois & H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 547 pp.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, S. A. México, D.F. 431 pp.
- Rzedowski, J. & G.C. de Rzedowski. 1988. Tres especies nuevas de *Stachys* (Labiatae) de México. *Acta Bot. Mex.* 3: 1-5.
- Sánchez, S. R., G. J. López y J. M. Espinoza R. 1987. Cambios en la comunidad de *Pinus culminicola* Andresen y Beaman en el Cerro Potosí N. L. México. Resumen de ponencia. X Congreso Mexicano de Botánica. Guadalajara, Jal.
- Wiggins, I. L. & J. H. Thomas. 1962. A flora of the Alaskan arctic slope. Univ. of Toronto Press. Toronto 425 pp.