

ALGUNOS FACTORES ECOLOGICOS QUE INFLUENCIAN LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE NIDOS DE HORMIGAS

(SOME ECOLOGICAL FACTORS INFLUENCING THE SPATIAL DISTRIBUTION OF ANT NESTS)

R. COVARRUBIAS*, R. FUEYO y J. IPINZA

ABSTRACT

The ant community is quantitatively studied along an altitudinal gradient, between 1640 and 3060 m (Andes Cordillera, Baños del Flaco, Chile).

By means of correlation tests, associations are obtained between the following ecological factors: altitude, plant cover, stone cover, soil texture, pH and the number of ant species or the number of ant nests. The altitudinal distributions of all above mentioned factors are analyzed in detail.

The minimal areas of the ant community corresponding to three quadrants were determined for each sampled altitude. For the different quadrants, the dimension of the minimal area is found to be positively correlated with the number of species.

Key Words: Ant nests. Altitudinal distribution. Ecological factors.

1. INTRODUCCION

Hay varias preguntas que pueden ser formuladas al estudiar la comunidad de hormigas en las gradientes altitudinales de la Cordillera de los Andes. Es así que se puede investigar qué especies se encuentran en un valle determinado, trabajo de corte exclusivamente taxonómico. También se podrá observar si se trata de especies exclusivas de esos ambientes o si sólo son las mismas presentes en otros ecosistemas colindantes o alejados, problemas corológicos y biogeográficos. Un conjunto de problemas de tipo ecológico aparecen al tratar de explicar los datos de distribución local encontrada; ¿qué factores determinan o influyen en la presencia de tales o cuales especies o bien en la presencia y número de sus nidos?, ¿los nidos de especies distintas tienden a presentarse juntos en grupos o separados?, ¿cuántos nidos se encuentran por unidad de área y de cuántas especies?, ¿estos datos varían con la altitud y cómo?, ¿hasta qué altitud se pueden encontrar hormigas?

Hemos tomado algunos de estos problemas realizando un muestreo de nidos de hormigas, en una gradiente altitudinal en la Cordillera de los Andes. El sitio elegido es el valle que se inicia

en "Baños del Flaco" (34°55' Lat. S; 70°25' Long. W.), en un rango de altitudes que va desde 1.640 hasta 3.060 m.s.n.m.

Todo el sector muestreado está situado sobre la línea de crecimiento de los árboles. Ecológicamente el lugar queda englobado en la Región bioclimática Andina (Di Castri y Hayek, 1976), se presenta un período estival árido en cuanto a precipitaciones, pero con humedad proveniente del deshielo. Las precipitaciones se concentran en invierno, tomando forma de nieve en su mayoría. Por todas estas características, se puede observar que el lugar es activo vegetativamente durante el verano.

Las formaciones vegetacionales encontradas en la gradiente, desde la parte más baja hasta el sitio más elevado, son las siguientes:

1. Estepa subandina, dominada por arbustos de los géneros *Acaena* y *Chuquiraga*
2. Estepa herbácea, dominada por gramíneas, formación denominada "pajonal".
3. Vegetación andina de subarbustos dominada por *Mulinum* y *Berberis*, mezclada con plantas en cojín de los géneros *Laretia* y *Azorella*. A lo largo del gradiente se encontraron algunas praderas de altura (vegas), que no se incluyeron en el presente estudio, el que comprende entonces sólo sistemas xerófilos.
4. En las estaciones más altas se encuentra sólo vegetación dispersa, inconspicua y disconti-

*Instituto de Entomología, Facultad de Ciencias, UMCE. Casilla 147. Santiago, Chile.

nua, conformando una región andina subdesértica.

Un inventario de las plantas más abundantes que se encontraron, directamente en relación con los nidos de hormigas, sin pretender un análisis exhaustivo, son los siguientes*:

Acaena digitata
 Acaena pinnatifida
 Senecio francisii
 Gramineae (4 especies)
 Chuquiraga oppositifolia
 Haplopappus Anthylloides
 Berberis empetrifolia
 Mulinum spinosum
 Laretia acaulis
 Calandrinia picta
 Calandrinia denticulata
 Arjona andina
 Perezia doniana
 Euphorbia colina
 Cerastium arvense
 Galium sp.

Los suelos son litosoles, suelos esqueléticos en su mayoría, asociados con depósitos coluviales de perfil casi sin maduración. En algunos puntos se observaron depósitos de cenizas volcánicas (Peralta, 1976).

Algunos resultados ya han sido publicados previamente (Ipinza *et al.*, 1983) concluyendo el análisis taxonómico y datos sobre preferencias altitudinales de cada especie, frecuencia y densidad de nidos, abundancia relativa e índices sobre el tipo de distribución espacial.

Como la altitud es un factor complejo, que actúa directa o indirectamente sobre la biota, por lo tanto también sobre la taxocenosis de Formicidae, se ensaya aquí un esfuerzo para comprender el efecto de algunos factores ecológicos directos, que pueden ser de alguna importancia en la distribución de hormigas y sus nidos.

Las variables tomadas en consideración son el número de especies y el número de nidos de hormigas, probando la posible influencia de los factores pH y textura del suelo, porcentajes de cobertura vegetal y cobertura de piedras.

*Se agradece a la Dra. Carolina Villagrán por su ayuda en la determinación taxonómica de varias de las plantas incluidas en la lista.

En este trabajo también se dan valores descriptivos de la distribución especies/área, los cuales si bien han sido utilizados preferentemente en estudios botánicos (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Goodall, 1961) puede ser utilizado para aquellas formas de vida de posición fija, como nidos de hormigas; los datos de áreas mínimas calculados se proponen aquí solamente como estimaciones del área más pequeña en la cual la composición específica de la comunidad de hormigas estaría representada adecuadamente, dato de interés con fines de diseños muestrales.

Estamos conscientes de que muchas otras variables pueden tener influencias sobre la distribución de los nidos de hormigas, tales como la lista de todos los elementos microclimáticos, factores físicos y químicos, propiedades del suelo, y por supuesto, la influencia de otros componentes bióticos. Sin embargo se toman sólo los factores detallados, por las limitaciones de nuestro equipo de terreno y laboratorio.

Una descripción formal de cada sitio de muestreo ya ha sido entregada en publicaciones anteriores (Fueyo, 1980; Ipinza *et al.*, 1983).

2. METODOS

Se tomaron 3 muestras en cada una de las altitudes siguientes: 1.640, 1.940, 2.140, 2.340, 2.540, 2.740 y 3.060 metros sobre el nivel del mar. Todas las muestras se tomaron en lugares con igual exposición (S.O.) e inclinación (0-25°), cada muestra consistió en un cuadrante de 36 m² (6 × 6 m) que se investigó en forma de áreas progresivas a partir de 1 m². Cada área se examinó cuidadosamente en busca de nidos de hormiga, buscando bajo cada piedra, rama, revisando, además, bajo las diferentes plantas encontradas, su zona radicular y la hojarasca. Cada nido encontrado fue señalado con una banderola y se tomaron ejemplares de las hormigas correspondientes; estos individuos se colocaron en tubos rotulados, con alcohol 70°, fueron identificados posteriormente en el laboratorio, mediante la clave para obreras de Snelling y Hunt (1975). Se investigó detalladamente, entonces, un total de 21 cuadrantes. El pH se determinó en laboratorio, en dilución 1/1 en agua destilada, con un instrumento marca ORION. El análisis textural se realizó mediante el método clásico de sedimentación.

La cobertura de la vegetación se estimó mediante recuento de individuos y huinchas de medir. La cobertura de piedras se estimó por recuentos y por la adjudicación a una de las 4 categorías siguientes:

- Categoría 1: escasas
- Categoría 2: mediana cantidad
- Categoría 3: gran cantidad
- Categoría 4: suelo totalmente cubierto

En el caso de todas las correlaciones simples o múltiples utilizadas en el análisis que sigue*, considerando que se trata de variables que se alejan de la distribución normal, se utilizó el método no paramétrico de correlación de rango (Siegel 1958).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 *Especies encontradas*

Los nidos de hormigas que se encontraron en los diferentes muestreos correspondieron a 9 especies y una subespecie (Ipinza *et al.*, 1983) con el siguiente detalle:

1. *Camponotus chilensis* (Spinola) 1851
2. *Camponotus hellmichi* Menozzi, 1935
3. *Camponotus morosus* (F. Smith) 1858
4. *Camponotus morosus* spp.
5. *Brachymyrmex giardii* Emery, 1894.
6. *Pogonomyrmex odonatus* Kusnezov, 1949
7. *Solenopsis latastei* Emery, 1895
8. *Solenopsis germaini* Emery, 1895
9. *Araucomyrmex pogonius* Snelling, 1975
10. *Araucomyrmex antarcticus* (Forel) 1904

3.2 *Distribuciones altitudinales*

La figura 1 muestra las distribuciones altitudinales encontradas para el número de especies de hormiga, número de nidos, cubierta vegetal, cubierta de piedras y textura de suelo; los puntos señalados para cada variable en las diferentes altitudes, son los valores promedio de los tres cuadrantes correspondientes, para

una misma variable; los puntos han sido unidos por líneas sólo como ayuda visual.

En el caso del análisis textural se encontraron sólo tres categorías que en la figura 1 representamos, desde las más finas hasta las más gruesas como 1, 2 y 3; ellas son:

1. franco arcilloso
2. franco limoso
3. franco arenoso

La distribución altitudinal del número de nidos muestra dos secciones, ya que primero sube junto con la altitud, hasta los 2.140 m (valor modal), para luego decrecer hacia altitudes mayores.

La cobertura vegetal muestra valores parecidos entre 1.640 y 2.140 m; hacia mayores altitudes baja rápidamente, siendo mínima en las 2 altitudes mayores.

El número de especies tiene una tendencia a descender desde las menores hacia las mayores altitudes; sin embargo muestra un valor elevado como excepción, en los 2.140 m. Estos datos corresponden con los datos de Noodt *et al.* (1962), quienes describen para artrópodos de montaña, en general, que hacia las mayores altitudes los números de especies son bajos, pero que los números de "individuos" son más o menos constantes hasta los 2.000 m, descendiendo abruptamente hacia altitudes mayores. Si interpretamos los individuos de Noodt, como nidos, sus datos estarían de acuerdo con los nuestros, aun para el cambio de tendencias de los 2.000 m.

Los valores de cobertura de piedras suben regularmente hacia las mayores altitudes, alcanzando un máximo estable desde 2.540 m.

La textura de los suelos cambia primero hacia tipos más finos, desde los 1.640 hasta los 2.540 m; las estaciones más altas muestran tipos dominantes de arena gruesa.

En resumen, los números más altos de nidos de hormigas se encuentran asociados con números elevados de especies y de cobertura vegetal (2.140); además les corresponden valores intermedios de cobertura de piedras y de textura de suelos. Los valores más altos de cobertura de piedras encontrados en conjunto con texturas de suelo más gruesas, presentan valores bajos de número de especies y de número de nidos de hormigas, en conjunto con bajas coberturas vegetacionales.

*Se agradece a la Sra. Irene Trufello por su valiosa colaboración en la realización de los análisis multivariados de este trabajo.

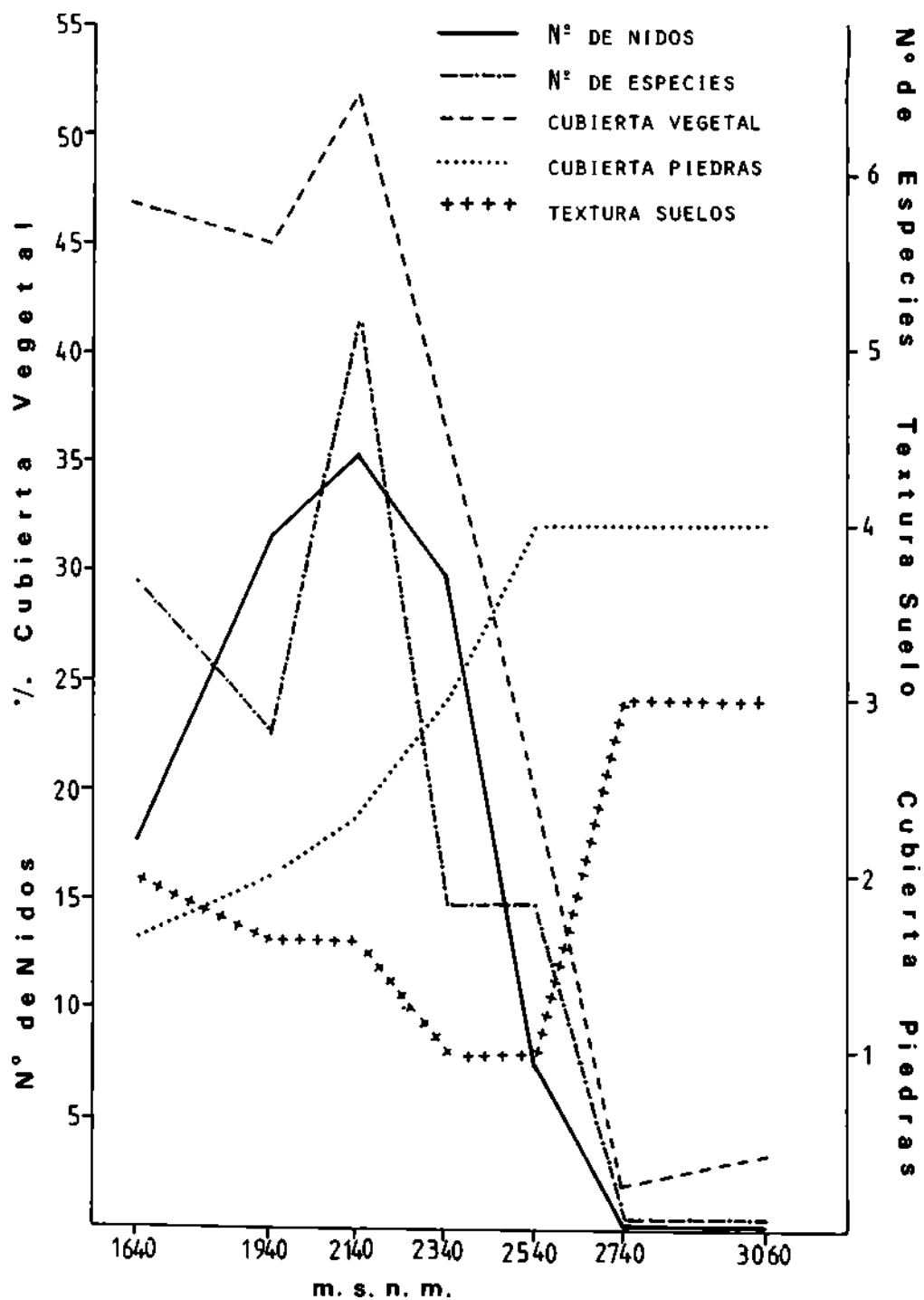


Figura 1. Distribución de factores correlacionados significativamente con la altitud.
 Textura suelo: categorías 1 al 3.
 Cubierto de piedras: categorías 1 al 4.
 Cubierto vegetal: %.
 Abscisas: metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

3.3 Correlaciones entre variables

Para cuantificar las tendencias descritas en 3.2 y para tratar de evidenciar y jerarquizar las posibles asociaciones entre los factores en juego, se realizó un análisis de correlación múltiple, tomando los 21 cuadrantes como muestras independientes. La altitud no fue incluida como variable a causa de su naturaleza compleja, actuando más bien indirectamente mediante otros factores ecológicos reales, en el sentido de Dajoz (1971); a título de ensayo, se realizaron también correlaciones simples entre la altitud y cada uno de los otros factores.

En un primer análisis, el número de especies de hormiga fue definido como variable dependiente, para ser contrastada con las variables siguientes: número de nidos, cobertura vegetal, cobertura de piedras, textura y pH del suelo.

En la tabla 1 aparece la matriz básica de co-

rrrelaciones obtenida con los valores de r . En una última línea agregada a la matriz, se entregan los valores de r obtenidos para las correlaciones simples entre la altitud y el resto de los factores, los cuales son significativos en casi todos los casos, a excepción del pH.

Podemos observar en una primera instancia, que el número de especies muestra correlaciones significativas, positivamente con el número de nidos y con la cobertura de plantas, negativamente con la textura del suelo. El número de nidos, además del número de especies, ya citado, presenta significación en correlaciones positivas con la cobertura de plantas y el pH del suelo; correlaciones negativas con categoría de piedra y de textura de suelos. La cobertura de plantas está correlacionada negativamente con las categorías de cobertura de piedras y de textura, lo que nos parece bastante lógico. Además la categoría de cobertura de piedras presenta

Tabla 1
MATRIZ DE CORRELACIONES DEL ANALISIS MULTIVARIADO.
VALORES DE R DE SPEERMAN. EN LA ULTIMA LINEA SE AGREGAN VALORES DE R,
DE CORRELACIONES SIMPES ENTRE LA ALTITUD Y EL RESTO DE LOS FACTORES

	Nº Especies	Nº Nidos	% Cobertura plantas	Categoría Cobertura piedras	Categoría Textura	pH Suelo
Nº Especies		0,835 SS	0,672 SS	-0,365 NS	-0,466 S	0,339 NS
Nº Nidos			0,703 SS	-0,462 S	-0,452 S	0,419 S
% Cobertu- ra plantas				-0,719 SS	-0,399 S	0,249 NS
Categoría cobertura piedras					0,377 S	-0,044 NS
Categoría textura						-0,101 NS
Altitud (correla- ciones sim- ples)	-0,60 SS	-0,63 SS	-0,84 SS	0,96 SS	0,41 S	-0,1 NS

Significación: SS = para = 0,01

S = para = 0,05

NS = no significativo

una correlación significativa con la de textura de suelos.

Resumiendo estos aspectos e interpretándolos como tendencia, se espera que una mayor densidad de nidos corresponda a un mayor número de especies, bajo una mayor cobertura de plantas, en suelos de texturas más finas y cubiertos con menos piedras.

El valor obtenido para r múltiple es 0,86, significativo para $p = 0,01$. El valor de r^2 es 0,74, por lo que el conjunto de variables independientes explica en este último valor porcentual, la variabilidad del número de especies. Los valores relativos de las variables más relevantes son los siguientes: número de nidos = 55,7; cobertura plantas = 21,24 y textura del suelo = 5,71.

En un segundo análisis, el número de nidos de hormiga se tomó como variable dependiente, siendo las variables independientes, número de especies, cobertura vegetal, cobertura de piedras, textura y pH del suelo. En este caso el valor de r múltiple fue 0,87, significativo al nivel 0,01. El valor de r^2 fue 0,74 y el peso relativo de las variables fue, en orden de importancia, número de especies = 51,34; cobertura de plantas = 11,18; cobertura de piedras = 4,58; pH del suelo = 6,78; textura del suelo = 2,19.

El número de especies y el número de nidos son interdependientes, con elevadas correlaciones positivas; el sentido lógico nos indica que el segundo sea función del primero. También se esperan mayores números de especies de hormigas a mayores coberturas vegetacionales y más finas texturas de suelo.

El número de nidos, además de independencia del número de especies también es dependiente, positivamente, de una mayor cobertura vegetal y negativamente de la cobertura de piedras. El pH del suelo tiene poco peso en el número de nidos; a texturas más gruesas corresponde un menor número de nidos.

En general, entonces, en el ecosistema andino estudiado, el test de correlación sugiere, como tendencias, que a mayores coberturas de vegetales y texturas de suelo más finas, corresponden números más elevados de especies y de nidos de hormiga. Se esperan números bajos de nidos a mayores coberturas de piedras; a pH

más altos corresponden números de nidos más elevados.

3.4. Distribuciones acumulativas del número de especies en función del área.

Para el grupo muestral de cada altitud, se calcularon los números de especies de hormigas, correspondientes a las áreas progresivas, desde 1 hasta 36 m²; los valores promedio obtenidos se ilustran en la figura 2, para cada una de las 5 altitudes que efectivamente presentaron nidos de estos insectos. En cada curva se incluye una flecha, que corresponde al punto de inflexión, sugerido para delimitar las áreas mínimas. En la tabla 2 se entregan los valores promedio de las áreas mínimas obtenidas, por altitud; se puede observar que las áreas mínimas varían en forma compleja en la gradiente altitudinal, teniendo valores más altos en 1.640, 2.540 y 2.140 m; este último valor corresponde al área mínima más amplia.

Los valores de área mínima entregados pueden ser útiles en determinar las dimensiones de áreas de muestreo, en trabajos sobre la taxocenosis de formícidos, en el diseño experimental de futuras investigaciones en ecosistemas montañosos. No damos ninguna otra interpretación de área mínima, esto es, sólo un área tal, en la cual se espera que se halle representada una proporción consistente de las especies del lugar. Es bien conocido que ampliando el área muestral indefinidamente, se terminará por encontrar otras especies, aunque en números menores, en la medida que se trabaje dentro de un universo muestral estadístico homogéneo.

No se encontraron otros estudios sobre la taxocenosis de hormigas, que hayan aplicado el concepto de área mínima, por lo que no es posible comparar nuestros resultados; sin embargo, aun podrían compararse con las áreas mínimas de estudios vegetacionales. El tipo de formación vegetal en el que se realizó el presente estudio podría ser equivalente al de Páramo con arbustos bajos, citado por Mueller-Dombois y Elleberg (1974) para los cuales el rango de áreas mínimas varía entre 10 y 25 m²; este rango coincide, en cierta medida, con los obtenidos para nidos de hormigas, aunque no habría razones especiales para obtener áreas mínimas similares en taxocenosis diferentes.

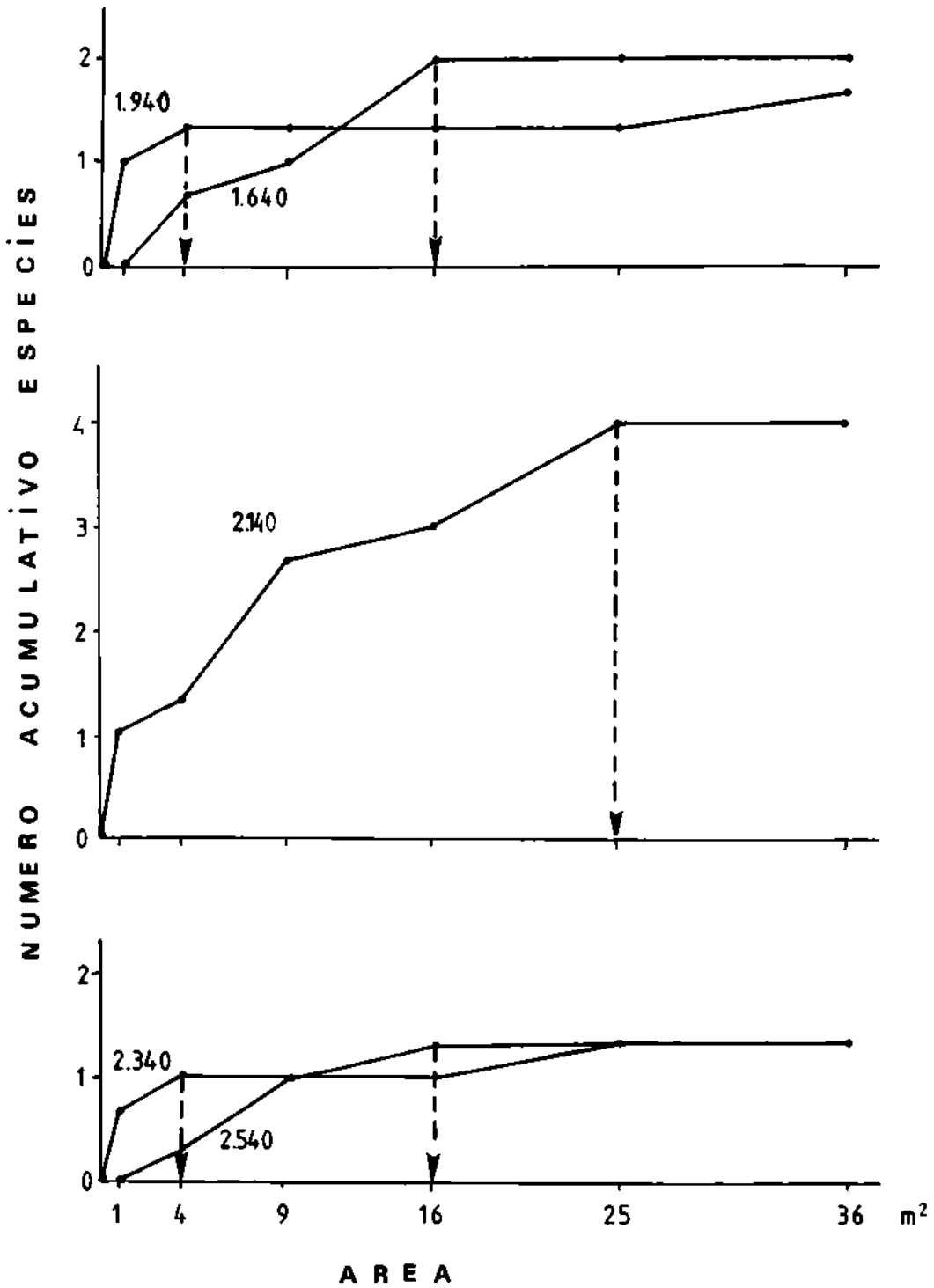


Figura 2. Curvas de especies/área en cinco altitudes diferentes. Las flechas señalan el área mínima. Los números asociados a las curvas expresan la altitud (metros sobre el nivel del mar).

3.5. Relaciones entre los valores de área mínima y números de especies.

Pensamos que era interesante tratar de aclarar si, cuando se agrega una especie a una comunidad, esta nueva especie se mezcla al conjunto tomando una parte del área común, o sea manteniendo el área mínima, o si, por el contrario, esta área entonces aumenta. Con nuestros datos sobre nidos de hormigas esperamos obtener alguna información al respecto, para lo cual se realizó una prueba de correlación, entre el número de especies y las áreas mínimas de cada uno de los cuadrantes. El resultado es una correlación positiva, significativa para $\alpha = 0,01$. En la figura 3 se muestran los puntos de la correlación y la correspondiente línea de regresión, cuya ecuación es $y = 0,950 + 0,096X$.

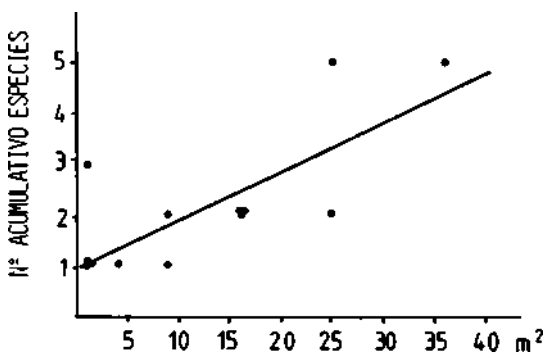


Figura 3. Regresión entre el número de especies y el área mínima.

Los valores absolutos de un área mínima dada, son función de los factores de escala usados, los que dependen a su vez del tamaño de las unidades estudiadas (individuos, colonias, nidos) y de su dispersión en un área. Además, aun cuando se estudien los mismos tipos de unidad y de factor de escala, el área mínima dependerá del tipo de distribución espacial de las unidades en estudio. Como son posibles muchos tipos de arreglos espaciales de las unidades, las áreas mínimas pueden variar en consecuencia a valores diferentes. Lo dicho se traduce en que un mismo valor de área mínima se puede obtener para diferentes números de especies. Entonces, una correlación positiva como la encontrada para nidos de hormigas, no es necesariamente esperada, ya que sería posible encontrar más

especies en un sitio dado en estudio, sin incrementar el área mínima o aun reduciéndola.

La distribución relativa de las unidades sésiles de las especies en una comunidad natural, probablemente no es debida sólo a factores aleatorios y quizás tampoco esté cambiando constantemente; en muchos casos, podrá mostrar estructuras más o menos definidas, es decir mostrar una forma espacial típica, a la cual se habrá llegado por mecanismos de adaptación o coevolución en un sistema. Solamente en los casos en que lo propuesto más arriba se cumple, entonces será de interés definir un área mínima, como un hecho típico de la comunidad, útil para representar una dimensión propia de ella.

El resultado anterior sugiere que para la comunidad de hormigas estudiadas, el área mínima es proporcional directamente al número de especies, es decir que, respecto a la hipótesis enunciada al principio de este subcapítulo, todo pasa como si cada especie agregada, adicionara superficie al área mínima del grupo. Entre los datos promedio presentados, en tabla 2, se encuentra sólo una excepción para los 2.500 m.s.n.m.

Tabla 2
VALORES PROMEDIO DE AREAS MÍNIMAS Y DE NÚMERO DE ESPECIES, PARA LOS CUADRANTES DE LAS DIFERENTES ALTITUDES.

Altitud (Sobre nivel del mar)	Área mínima (m²)	Número promedio de especies
1.640	16	2,00
1.940	4	1,66
2.140	25	4,00
2.340	4	1,33
2.540	16	1,33

4. CONCLUSIONES

1. Para la taxocenosis de Formicidae en la gradiente altitudinal, se encuentra un cierto número de correlaciones significativas entre las siguientes variables: número de especies, número de nidos, altitud, cubierta vegetal, categoría de cubierta de piedras, pH del suelo, los que están asociados en un cierto orden jerárquico, que se entrega.

El conjunto de interrelaciones sugiere un efecto de acción conjunta y complejo sobre las variables, número de especies y número de nidos de hormiga.

2. Se encuentra una correlación positiva, significativa entre el área mínima y el número de especies en la taxocenosis de hormigas, dato que permite efectuar hipótesis, acerca de la distribución espacial de esa parte de la comunidad.

5. REFERENCIAS

- DAJOZ, R. 1971. *Précis d'Ecologie*. Ed. Dunod, París, 434 pp.
- DI CASTRI, F. y HAYEK, E. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Ed. Universidad Católica, Santiago, Chile. 128 pp.
- IPINZA, J.; COVARRUBIAS, R. y FUEYO, R. 1983. Distribución altitudinal de Formicidae en la Cordillera de los Andes. *Folia Entomológica Mexicana*. 55: 103-128.
- FUEYO, R. 1980. Distribución altitudinal de formícidos en la zona cordillerana de la sexta región. Tesis, Universidad de Chile. 1-83.
- GOETSCH, W. 1983. Formicidae chilensis. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*. 7: 11-28.
- GOODALL, D.W. 1961. Objective methods for the classification of vegetation. *Patterns and Minimal Area*. *Australian J. Bot.* 9(2): 162-196.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLEMBERG, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York-London-Sidney-Toronto, Edit. John Wiley and Sons. 547 pp.
- NOODT, W.; SAIZ, F. y JUHL, H. Corte ecológico transversal de Chile con consideración de los artrópodos terrestres. *Inv. Zool. Chilenas*. 8: 65-117, 1962.
- PERALTA, M. 1976. *Uso, clasificación y conservación de suelos*. SAG. Santiago, Chile. 340 pp.
- SIEGEL, S. 1956. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. Tokyo, Edit. Mc Graw Hill. Kogakusha, LTD, 312 pp.
- SNELLING, R. y HUNT J. 1975. The ants of Chile. (Hymenoptera: Formicidae) *Rev. Chilena Ent.* 9: 63-129.