

Variación Espacio-temporal de la Entomofauna de Coleópteros en el Oasis de Niebla de Alto Patache (20°49's; 70°09'w) y su Relación con Factores Geográficos *

ESTEBAN SAGREDO T.¹, HORACIO LARRAÍN B.², ALFREDO UGARTE P.⁴, PILAR CERECEDA T.³, PABLO OSSÉS M.³ Y MARTÍN FARÍAS S.³

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la distribución espacial y temporal de la entomofauna de coleópteros en el oasis de niebla de Alto Patache, Tarapacá, y su relación con factores geográficos, durante el período octubre 2001-enero 2002. Los resultados obtenidos muestran que la distribución espacial de los insectos responde a características geomorfológicas, micro-topográficas y de sustrato. Estas, favorecen básicamente la habitabilidad del espacio, por su capacidad de ofrecer refugio a las especies y, más significativamente aún, por favorecer la disponibilidad hídrica. Por otra parte, la distribución temporal de algunas especies está determinada por la variación de las condiciones meteorológicas.

ABSTRACT

This study analyze the spatial and temporal distribution of the beetles in the fog oasis of Alto Patache, Tarapacá, and its relations with the geographical factors, during the period October 2001-January 2002. The results obtained show that the spatial distribution of the insects responds to geomorphologic, micro-topographical and substratum. These basically favor the habitability of the space, due to its capacity to give shelter to species, and more important, for its hydrological availability. The temporal distribution of some species is determined by the meteorological conditions variation.

Palabras claves: *coleópteros / distribución espacio-temporal / oasis de niebla*
Key words: *beetles / spatial-temporal distribution / fog oasis*

* Proyecto FONDECYT N° 1010801 (años 2001-2003).

¹ Licenciado en Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile.

² Instituto de Estudios de Ciencia y Tecnología Andina IECTA.

³ Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile.

⁴ Instituto de Estudios Juan Ignacio Molina.

Es sabido que los ecosistemas zonas áridas del planeta suelen poseer una gran riqueza biológica, y presentan, además, un significativo grado de endemismo. Sin embargo, es igualmente reconocido su precario estado de conservación actual, y su gran fragilidad ecológica, los que se hacen patente por la reducción que han sufrido los recursos genéticos, y por la creciente insostenibilidad de sus ecosistemas (Izquierdo y Oltremari, 1996).

Esta afirmación parece ser particularmente válida para los *ecosistemas de oasis de niebla*¹ de la costa norte de Chile, los que se encuentran localizados en ambientes geográficamente muy restringidos y extremadamente frágiles, y poseen una flora y fauna que ha sido reconocida recientemente por su fuerte endemismo y primitivismo relictual (Cereceda et. al., 1999; Vidal y Flores, 2000; Marcuzzi, 2001, Muñoz y Schick et. al., 2002).

El presente estudio se centró en el oasis de niebla de Alto Patache (20°49' S; 70°09' W), situado a 65 km. al sur de Iquique, el que debido al aislamiento geográfico, y por las precipitaciones extremadamente escasas que presenta (en los últimos 20 años en Iquique se han detectado lluvias solo en 1983, 1984, 1987, 1992 y 1997) han permitido el desarrollo *in situ* de grupos de animales muy especializados (Larraín et. al., 1999; Larraín et. al., 2001; Larraín et. al., 2002).

A partir del año 2001, el Equipo de Estudios de Ecosistemas de Oasis de Niebla, a través del Proyecto FONDECYT N° 1010801, ha proseguido con la línea de estudio de la entomofauna del oasis de Alto Patache, iniciada en 1997, con el objetivo de realizar un aporte al conocimiento de la biodiversidad del área de estudio, y más específicamente conocer la variación espacio-temporal de la entomofauna de coleópteros en el oasis de niebla de Alto Patache, y su relación con factores geomorfológicos, micro-topográficos y elementos del clima, durante el período octubre 2001-Enero 2002.

Metodología

El Equipo de Estudios de Oasis de Niebla definió 3 microecosistemas en el oasis de niebla de Alto Patache, de acuerdo a sus características geomorfológicas y vegetacionales: ***Acantilado rocoso*** (Ar), ***Ladera sur*** (Ls) y ***Pampa interior*** (Pi). Cada microecosistema debe ser entendido como un subsistema particular dentro del oasis de neblina de Alto Patache.

En cada uno de estos microecosistemas se realizó el muestreo de insectos durante el período de estudio (20 de octubre 2001 al 19 de enero 2002), mediante dos tipos de trampas:

- *Trampa Agria*: Consiste en un frasco-trampa de vidrio, de boca ancha (5 cm) y poca profundidad (15 cm), provisto de un cebo semilíquido en su fondo, el que consta de una mezcla de avena, cerveza, y algo de agua.

- *Trampa Dulce*: Trampa de similares características a la anterior, pero con un cebo compuesto de malta, levadura y azúcar.

Se instaló un total de 12 trampas por microecosistema (seis agrias y seis dulces), las que fueron revisadas en 8 ocasiones durante el período de estudio. En estas campañas, se aprovechó de realizar en forma simultánea *colectas manuales*, a través del rastreo bajo piedras y pedruscos o plantas, en el área circundante.

Estas trampas fueron dispuestas en parejas (una agria y una dulce) en seis parcelas² de 4 m² cada una, ubicadas en proximidad absoluta una de la otra. Estas parcelas sirvieron para la caracterización geomorfológica y micro-topográfica de cada microecosistema, las que se centraron en la descripción de la cubierta superficial, y a la geoforma en que se emplazaba.

¹ Antecedentes sobre estudios de ecosistemas de oasis de niebla pueden ser encontrados en Muñoz-Schick et. al., 2001; Pinto, 2001a y Pinto, 2001b.

² Cabe destacar que estas parcelas fueron diseñadas inicialmente para un experimento de riego, para conocer la respuesta de la vegetación frente al influjo de agua; sin embargo, los resultados no mostraron relación alguna con el comportamiento de los insectos, razón por la cual la variable vegetación fue aislada.

Por otra parte, y en forma paralela a la captura de insectos mediante trampas, fueron registradas las variables meteorológicas de temperatura (atmosférica y edáfica) y humedad atmosférica, las que fueron medidas en un punto neutral en la cima del oasis de Alto Patache. Esto se vio posibilitado por la distribución de los puntos de muestreo, los que se encuentran a una altitud similar, no superando la distancia que los separa los 170 metros, asumiéndose por lo tanto, la variación de estos parámetros como mínima entre ellos.

Los datos fueron medidos con instrumentos electrónicos de registro continuo marca Dickson, información que se hizo coincidir con los períodos de captura de insectos a través de promedios.

Finalmente, la neblina fue analizada desde el punto de vista de su aporte hídrico al ecosistema. Para esto se midió la cantidad de agua colectada en un equipo SFC (Standard Fog Collector de Schemenauer y Cereceda, 1993), en un punto neutral del oasis, localizado en el punto más alto de éste. Este dato fue llevado a un promedio diario de colecta de agua durante los períodos de captura de insectos.

Área de estudio

Alto Patache (20°49'S; 70°09'W), tal como ya se mencionó, corresponde a un oasis de neblina de tipo relictual, emplazado en el mega acantilado costero del Norte Grande de Chile entre los 450 y 760 msnm, sobre un promontorio rocoso granítico que se desprende de la Cordillera de la Costa.

Ubicada en la franja costera, el área de estudio presenta un régimen climático caracterizado por la extrema aridez.³ Esta condición, sin embargo, se ve atenuada por la presencia casi constante de neblina costera, denominada en Chile como "camanchaca" (Weischet, 1966; Muñoz-Schick et. al., 2001), cuya productivi-

dad media entre julio de 1997 y julio del 2000 bordeó, en el área de estudio, los 8 L/m²/día, alcanzando su máximo desarrollo (captación máxima) en los meses de invierno y primavera (Cereceda, 1999).

Alto Patache, de este modo, queda inscrito dentro del tipo climático denominado *Desértico seco con nublados abundantes* (Köppen), y resulta ser un espacio climático particular, con presencia de gran nubosidad estratificada de baja altura (arrastrada por vientos predominantes del S y SW), con una baja variación de las temperaturas diarias anuales, y con una alta humedad del aire (valores sobre el 80% durante todo el año, Cereceda et. al, 2001) junto con escasas precipitaciones (Hernández, 1999).

La presencia constante de neblinas costeras, interceptadas por el farellón costero, generan entre los 750 y 800 m de altitud un microclima particularmente húmedo, lo que favorece el desarrollo de variadas especies animales y vegetales (Pinto et. al., 2001b).

De este modo, asociado a la "camanchaca" se desarrollan los "oasis de niebla", un tipo de vegetación baja, cuyas comunidades representan islas separadas por un hábitat hiperárido desprovisto de vegetación (Rundel et. al., 1991 cit. por Muñoz-Schick et. al., 2001), y con una fauna asociada con características muy especializadas (Larraín et. al., 2001).

Cabe destacar la presencia en el área de estudio de 46 especies de insectos, distribuidas en 21 familias y 8 órdenes (Larraín et. al., 2001), destacándose el grupo de los Tenebrionidae como el predominante en número de individuos como de especies, varias de las cuales han resultado ser endémicas del oasis y especies nuevas para la ciencia (Larraín, 1999; Marcuzzi, 2001; Vidal y Flores, 2000).

Resultados

A continuación se exponen los resultados obtenidos en relación a la caracterización

³ El promedio de precipitación de los últimos 30 años, tomados en las estaciones meteorológicas de Iquique y Diego Aracena en Chucumata (58 msnm) corresponde a 0.2 mm, siendo la moda un valor de 0 mm.

geomorfológica y micro-topográfica de los microecosistemas, al análisis de las condiciones meteorológicas del período de estudio, y al muestreo de insectos.

Caracterización de los Microecosistemas

A continuación se presenta una descripción geomorfológica y micro-topográfica de los microecosistemas estudiados:

Acantilado rocoso (Ar):

Este microecosistema se ubica a una altitud de 760 msnm, en la parte superior del acantilado costero, sobre una estribación de la cordillera de la Costa. Con una exposición 250° Az (SWW), y una pendiente media de 35°-45°, el sector recibe los vientos y la niebla, encajonados por pequeñas quebradas.

Este ambiente, inserto dentro de dicha unidad geomorfológica, se emplaza sobre una gran extrusión de roca granítica que forma un sistema escalonado, compuesto de paredes verticales rocosas y terrazas sedimentarias (pequeños paños planos cubiertos de sedimentos de no más de un metro de ancho).

Es sobre estas últimas donde se localizaron las parcelas de muestreo, en un sustrato de textura arenosa franca, con una pedregosidad superficial variable entre las parcelas, encontrándose incluso algunas con pedregosidad casi nula. La pedregosidad es heterométrica, y va desde guijarros (> 2mm), guijones, a incluso pequeños bloques de hasta 40 cm, todos ellos fragmentos graníticos desprendidos de las paredes rocosas, a causa de la intemperización.

Ladera sur (Ls):

Este microecosistema se ubica a una altitud de 740 msnm, en la cima del acantilado costero, con una pendiente de 30°. Presenta una exposición de 200° Az (SSW), la que enfrenta a los vientos dominantes, los que no encuentran barrera alguna a su desplazamiento, con la excepción de la propia superficie del suelo (a diferencia del sector anterior, donde los vientos eran interceptados por paredes rocosas).

El sustrato arenoso franco presenta un 45%

de pedregosidad superficial. De este porcentaje, un 39% corresponde a guijarros de 5 mm, un 5% a guijarros de 25 mm, y solo el 1% equivale a guijones mayores a 50 mm.

Pampa interior (Pi)

Corresponde a una zona plana, levemente basculada hacia el norte (bolsón sedimentario lenticular) que se yuxtapone al oeste del acantilado costero, a una altitud de 750 msnm.

El sustrato arenoso, presenta una cubierta pedregosa que cubre cerca del 90% de la superficie. De este, el 75% corresponde a guijarros menores a 3 mm, y un 15% a guijones que van entre 50 y 100 mm.

Las parcelas de muestreo se ubican a 58 metros lineales del borde del acantilado, sobre una recta (252° Az, SWW) por la cual se desplazan, rasantes, los vientos y la humedad de la neblina provenientes del SW.

Caracterización Climática del Período de Estudio

Durante el período transcurrido entre el 20 de octubre del 2001 y el 19 de enero de 2002, se controlaron las variables meteorológicas: temperatura ambiental, temperatura del suelo, humedad relativa y agua de niebla. Antes de la presente investigación solo existían datos sistemáticos de agua de niebla colectada, mientras que las otras variables meteorológicas no habían sido registradas en el área de estudio, por lo que se hace imposible su comparación con períodos precedentes.

En este apartado solo se presentarán los resultados promedios de las variables estudiadas obtenidos para los períodos entre colectas, ya que en este caso su importancia radica únicamente en su relación con la entomofauna, análisis que será realizado posteriormente. En el Cuadro n° 4 se entregan los valores medidos para las variables analizadas.

Entomofauna de Coleópteros

Durante el período de estudio, transcurrido entre el 20 de octubre del 2001 y el 19 de enero del 2002, las trampas fueron revisadas en ocho ocasiones, las que fueron compiladas en un total de cinco colectas, que se calendarizan en el Cuadro n° 1.

CUADRO N° 1
CALENDARIO DE REVISIÓN DE TRAMPAS

COLECTA	FECHA	DÍAS
Colecta 1	20 de Octubre del 2001 al 31 de Octubre del 2001	11
Colecta 2	31 de Octubre del 2001 al 24 de Noviembre del 2001	24
Colecta 3	24 de Noviembre del 2001 al 20 de Diciembre del 2001	26
Colecta 4	20 de Diciembre del 2001 al 04 de Enero del 2002	15
Colecta 5	04 de Enero del 2002 al 19 de Enero del 2002	15

Durante los 91 días de trampeo se colectaron un total de 5.881 individuos, distribuidos en 13 especies de coleópteros, 11 géneros y 6 familias distintas (Cuadro n° 2).

CUADRO N° 2
COLEÓPTEROS COLECTADOS EN ALTO PATACHE (20/10/01 AL 19/01/02)

Familia	Género	Especies
Tenebrionidae	<i>Psammotichus</i>	<i>larraini</i>
	<i>Scotobius</i> ⁴	<i>larraini</i>
		<i>patachensis</i>
	<i>Nycterinus</i>	<i>Borealis</i>
	<i>Thinobatis</i>	<i>sp</i>
	<i>Entomochilus</i>	<i>sp</i>
Carabidae	<i>Entomochilus</i>	<i>sp</i>
	<i>Calosoma</i>	<i>rufipennis</i>
	<i>Indet.</i>	<i>Indet.</i>
Bostrichidae	<i>Indet.</i>	<i>ndet.</i>
Dermestidae	<i>Indet.</i>	<i>Indet.</i>
Histeridae	<i>Indet.</i>	<i>Indet.</i>
Anobidae	<i>Acustotheca</i>	<i>sp</i>

Fuente: Datos de terreno. Proyecto FONDECYT N° 1010801.

⁴ Recientemente (Marcuzzi, 2000) se ha identificado dos especies de *Scotobius* spp presentes en el oasis de niebla de Alto Patache, denominándolas *S. larraini* y *S. patachensis*. Ambas son tan similares, que no nos es posible aún distinguirlas con precisión para los efectos del análisis.

Cabe señalar que las trampas fueron instaladas sólo en 3 sectores de especial interés del oasis de neblina, por lo que los resultados expuestos no pretenden representar la totalidad de la entomofauna del oasis de Alto Patache.

Se puede apreciar la amplia dominancia de la familia Tenebrionidae, tanto en número de géneros y especies, como en número de individuos. Un 98% de los coleópteros colectados pertenecen a dicha familia.

Cabe destacar que las familias Dermestidae y Bostrichidae nunca antes habían sido colectadas en el área de estudio.

Las especies más representativas del oasis fueron: *Psammotichus larraini*, *Nycterinus borealis*, *Scotobius patachensis*, *S. larraini* y *Thinobatis sp*, tal como se aprecia en el Cuadro N° 3.

Los gráficos siguientes (Figura n° 1 y 2), muestran la distribución de la concentración de estas especies en el período de estudio, así como la proporción de la entomofauna del oasis que representaron.

Es importante destacar que los resultados expuestos en la Figura n° 1, corresponden a la tasa de colecta de insectos, o sea, el número de insectos colectados por día durante el período.

En los gráficos se observa que mientras *P. larraini*, *N. borealis*, *S. larraini* y *S. patachensis* presentaron una tendencia al aumento durante el período de estudio, *Thinobatis sp.* presentó la tendencia opuesta, esto es, la disminución paulatina del número de sus individuos.

El mayor incremento de individuos lo presentó *P. larraini*, entre la colecta 2 y la colecta 3, donde casi se triplicó su tasa de colecta, sin embargo, la especie que mantuvo un crecimiento constante, sin ningún descenso en su tasa de colecta, fue *Scotobius spp* (*S. larraini* y *S. patachensis*). Por otro lado, la disminución de *Thinobatis sp.* se llevó a cabo de una forma muy abrupta, desapareciendo totalmente dicha especie ya en la cuarta colecta.

Tal como los datos de las colectas lo han revelado, se aprecia en la figura 2 la dominancia durante todo el período de estudio de *P. larraini*,

CUADRO N° 3
NÚMERO DE INDIVIDUOS POR ESPECIE COLECTADOS EN ALTO PATACHE ENTRE EL 20/10/01 Y EL 19/01/02

	<i>Psammotichus larraini</i>	<i>Nycterinus borealis</i>	<i>Scotobius</i> spp.	<i>Entomochilus</i> sp.1	<i>Thinobatis</i> sp.	<i>Calosoma rufipennis</i>	<i>Carabidae</i> indet	Bostrichidae	Dermeestidae	<i>Acustotheca</i> sp.	Histeridae	<i>Entomochilus</i> sp. 2	Total Parcela	Porcentaje Parcela
Ar	3455	659	392	9	43	42	11	0	3	1	0	1	4616	0,78
Ls	916	23	103	4	156	17	8	0	5	2	0	0	1234	0,21
Pi	7	0	4	1	0	3	2	13	0	0	1	0	31	0,01
Total	4378	682	499	14	199	62	21	13	8	3	1	1	5881	1,00
% Total	74	12	8	0	3	1	0	0	0	0	0	0		

Fuente: Datos de terreno. Proyecto FONDECYT N° 1010801.

seguido muy de lejos por *N. borealis*, y a partir de la segunda colecta por *S. larraini* y *S. patachensis*. Tanto *Thinobatis* sp., como el resto de los coleópteros, se vieron disminuidos proporcionalmente frente a sus congéneres.

En relación a la distribución espacial de los coleópteros dentro del oasis de niebla de Alto

Patache, esta parece estar bien diferenciada. El 78% de los individuos colectados se localiza en el sector Acantilado rocoso (Ar); el 21% en la Ladera sur (Ls), mientras que solo el 1% restante se ubica en la Pampa interior (Pi).

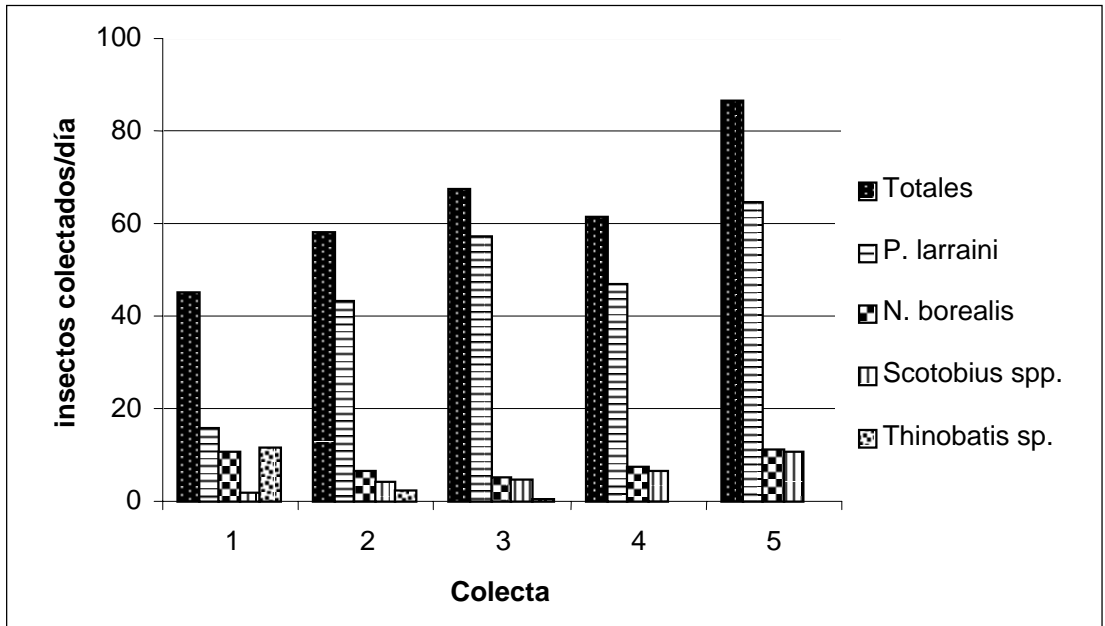
Por otra parte, a nivel de especies la distribución espacial tampoco es uniforme, sino más bien diferenciada.

CUADRO N° 4
VALORES PROMEDIOS DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

	Temp. ambiental (°C) Promedio			Temp. del suelo (°C) Promedio			Humedad relativa (%) Promedio			Agua de neblina (l/m2/día)
	Temperatura media	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Temperatura media	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Humedad relativa media	Humedad relativa mínima	Humedad relativa máxima	
Colecta 1	16,93	8,92	32,88	11,69	8,84	17,92	82,18	64,11	98,36	17,96
Colecta 2	17,74	9,01	36,64	12,17	9,24	16,14	79,82	66,86	95,10	4,85
Colecta 3	18,46	10,94	36,52	14,24	11,05	18,64	80,62	62,92	93,33	2,65
Colecta 4	21,35	12,37	42,66	15,40	11,97	20,10	79,73	62,20	92,49	3,89
Colecta 5	25,24	14,60	40,89	16,45	12,47	21,38	72,58	56,45	87,06	0,82
Periodo	19,94	11,17	37,92	13,99	10,71	18,84	78,99	62,51	93,27	6,03

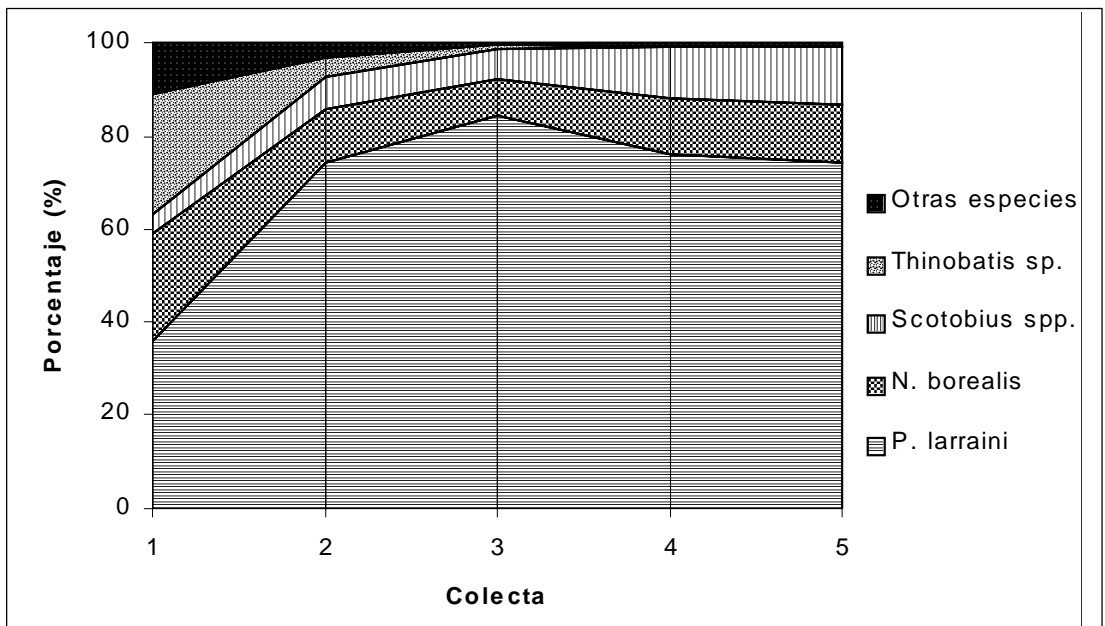
Fuente: Proyecto FONDECYT N° 1010801.

FIGURA N° 1
DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE COLEÓPTEROS EN ALTO PATACHE



Fuente: Datos de terreno. Proyecto FONDECYT N° 1010801.

FIGURA N° 2
DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PROPORCIÓN DE COLEÓPTEROS EN ALTO PATACHE



Fuente: Datos de terreno. Proyecto FONDECYT N° 1010801.

La especie con una distribución espacial más localizada es *N. borealis*, siendo 97% de sus individuos colectados en el Acantilado rocoso. Le sigue *P. larraini*, *S. patachensis* y *S. larraini* con un 79% de sus individuos colectados en el Acantilado rocoso. *C. rufipennis* y *Entomochilus sp.* siguen el mismo patrón de distribución, pero más atenuado.

Los Carabidae restantes (una sola especie aún no identificada, de color negro brillante y de solo 0,7-0,8 cm de largo), presentan una distribución menos diferenciada, encontrándose en los tres microecosistemas: un 58% en el acantilado rocoso, un 32% en la ladera sur, y un 10% en la pampa interior.

La especie *Thinobatis sp.* es la única que se localiza preferentemente en la Ladera sur en un 78%.

Análisis de la información

Antes de iniciar el análisis, se consignarán dos hechos que deben ser considerados al momento de validar el análisis y las conclusiones del estudio.

La colecta sistemática de la información se transformó, en el transcurso del estudio, en una de las principales limitantes de la investigación, tanto por el aislamiento del área de estudio, como por su accesibilidad. Esto se tradujo en que la revisión de las trampas se llevó a cabo en intervalos de tiempo desiguales, lo que pudo alterar los resultados debido a que mientras mayor era el intervalo de tiempo transcurrido entre las revisiones de trampas, la información meteorológica, que debía coincidir temporalmente con la duración de las colectas, se hizo más generalizada.

Otro aspecto sujeto a discusión se refiere a la sensibilidad de las diferentes especies de coleópteros a los cebos utilizados, temática aún desconocida, razón por la cual se optó por analizar las especies de forma independiente, evitando en lo posible hacer comparaciones entre ellas.

Relación Entomofauna-Geomorfología

Tal como se señaló en el párrafo precedente, los tres microecosistemas presentan características geomorfológicas particulares, muy claramen-

te diferenciadas. Estas diferencias se manifiestan también en una diferente distribución espacial de los insectos. En efecto, el acantilado rocoso (Ar), sector donde se colectó el 78% del total de los insectos, presenta una mayor concentración de la neblina proveniente del SW. Por el hecho de emplazarse sobre una estribación de la cordillera costera, con una exposición muy favorable (250° Az) y a través de sistemas de talwegs y paleo-quebradas, la neblina asciende por la ladera del acantilado costero, encontrando en su avance paredes rocosas verticales que retienen el agua de la masa nubosa. De este modo, el sector del acantilado rocoso es claramente el sector dotado de la mayor disponibilidad hídrica del oasis. Esto genera la mayor concentración de vegetación arbustiva y herbácea, así como gran abundancia de líquenes que sirven de alimento a los insectos. Además, se traduce en la presencia de agua meteórica en el suelo, la que puede ser consumida por los coleópteros durante las horas nocturnas. Según nuestra experiencia, nunca se ve ejemplares de Coleóptera vagando aquí durante el día, lo que, por lo demás, es típico del comportamiento de la entomofauna de las zonas desérticas sujetas a una altísima insolación y a fuerte vientos diurnos.

Por otra parte, la existencia de minúsculas terrazas sedimentarias, de textura fina, situadas entre macizos rocosos, y con orientación perpendicular al flujo del viento y la neblina, permite el desarrollo de vegetación in situ y el cómodo desplazamiento de los insectos ápteros para acceder a ella.

La presencia de abundante pedregosidad, granulométricamente igual o superior a los guijones, favorece notablemente la habitabilidad del lugar, ya que bajo los pedruzcos o guijarros pueden los insectos refugiarse durante el día, tanto de las temperaturas extremas como de los vientos, lo que les permite vivir in situ.

A diferencia del microecosistema anterior, la ladera sur (Ls), dotada de una excelente exposición a los vientos dominantes (200° Az), pero muy escasa en rocas o guijarros de refugio, presentó solo el 21% de la entomofauna coleopterológica. Este sector, emplazado en la cima del acantilado, a pesar de enfrentar a los vientos dominantes, no se localiza sobre talwegs que canalicen el flujo rasante de la neblina.

Por otra parte, la neblina que accede al sector de las parcelas de la ladera sur, no encuentra obstáculo alguno que la retenga, por lo cual la humedad no es mayormente suministrada a este microecosistema. El porcentaje de agua retenido, sin embargo, se debe básicamente a la fuerte pendiente que permite una mayor área de contacto entre la masa nubosa y la cubierta del suelo, lo que se refleja en la presencia de líquenes en su superficie. Además, al presentar sólo un 1% de su pedregosidad mayor a los 50 mm, este hábitat no presenta refugio alguno a los insectos, como se ha señalado.

Solo el 1% de las capturas de insectos del orden Coleóptera, se emplaza en la pampa interior. El hecho de que las parcelas de muestreo hayan sido instaladas en este sitio, en una meseta plana alejada decenas de metros del acantilado, trae consigo notables consecuencias. En primer lugar, recibe una mayor insolación durante el día, y por lo tanto, presenta una menor humedad ambiental. El efecto de la neblina se ve igualmente afectado, debido a que esta nunca se enfrenta directamente a la topografía, sino que pasa por encima de ella. Además, al estar situadas las parcelas a casi 60 m de distancia del borde del

acantilado, el aporte de agua por parte de la neblina se reduce considerablemente, por la consiguiente evaporación del agua meteórica en el trayecto. Esta sequedad se refleja inmediatamente en la ausencia casi total de líquenes, especies que sirven en muchos casos como alimento para los insectos.

Relación Entomofauna-Variables Meteorológicas

En el Cuadro nº 5 se presentan los coeficientes de correlación (r) obtenidos de una correlación producto-momento o de Pearson, con una significación de 95% en una prueba de dos colas.

En negritas aparecen los coeficientes de correlación significativos, o sea, aquellos que expresan una correlación válida.

Temperatura Ambiental:

Se puede aquí observar que solo un género (con dos especies representadas) presenta una relación significativa con la variable. En efecto, *S. larraini* y *S. patachensis* se relacionan directamente tanto con la temperatura del suelo promedio,

CUADRO Nº 5
RELACIÓN VARIABLES METEOROLÓGICAS-PRESENCIA DE INSECTOS⁵

	Temp. Ambiental Media (°C)			Temp. del Suelo Media (°C)			Humedad Relativa Media (%)			Neblina l/m ² /día
	Periodo	Mínima	Máxima	Periodo	Mínima	Máxima	Periodo	Mínima	Máxima	
Total de insectos	0,876	0,887	0,654	0,866	0,837	0,709	-0,911	-0,818	-0,977	-0,831
Número de especies	-0,705	-0,837	-0,576	-0,861	-0,871	-0,926	0,490	0,839	0,681	0,430
I. Shannon-Weaver	-0,506	-0,602	-0,687	-0,724	-0,753	-0,399	0,440	0,357	0,710	0,960
<i>Psammotichus larraini</i>	0,713	0,765	0,691	0,819	0,817	0,545	-0,719	-0,594	-0,890	-0,968
<i>Nycterinus borealis</i>	0,402	0,283	-0,047	0,094	0,025	0,410	-0,440	-0,523	-0,164	0,414
<i>Scotobius</i> spp.	0,986	0,961	0,814	0,922	0,889	0,821	-0,946	-0,871	-0,986	-0,745
<i>Entomochilus</i> sp.	-0,540	-0,631	-0,661	-0,738	-0,759	-0,422	0,502	0,410	0,750	0,967
<i>Thinobatis</i> sp.	-0,612	-0,663	-0,811	-0,766	-0,785	-0,434	0,544	0,389	0,776	0,986
<i>Calosoma rufipennis</i>	-0,655	-0,728	-0,806	-0,828	-0,847	-0,529	0,569	0,483	0,814	0,977
<i>Carabidae</i> indet.	-0,698	-0,772	-0,857	-0,869	-0,889	-0,594	0,579	0,525	0,829	0,955

como con la temperatura del suelo mínima promedio. O sea, se piensa que son las temperaturas bajas las que moderan el número de individuos de la especie. Las restantes especies no parecen verse afectadas por la variable analizada.

Temperatura del Suelo:

Se considera muy interesante observar cómo el número de especies se puede relacionar con la temperatura ambiental; no ocurriendo lo mismo con el número de individuos por especie. Los datos recabados nos informan que a medida que la temperatura máxima promedio del período disminuye, el número de especies colectadas aumenta, y viceversa. Por otra parte, se reafirma la respuesta de *S. larraini* y *S. patachensis* frente a la variable térmica, relacionándose nuevamente en forma directa con las temperaturas promedio y temperatura mínima promedio del período, pero esta vez del suelo.

También se vislumbra una correlación significativa entre el Carabidae (no identificado aún) y las temperaturas mínimas promedio, sin embargo, por ser un dato aislado, no será considerado.

Humedad Relativa:

En relación a este parámetro encontramos aquí dos casos interesantes: *Scotobius spp* y *P. larraini*.

El primero, nos muestra que *S. planicosta* se correlaciona en forma inversa a la humedad relativa, tanto a la promedio del período, como a la máxima promedio. Considerando la estrecha relación existente entre la temperatura y la humedad relativa, esto concuerda con la respuesta de la especie a las temperaturas, ya que al relacionarse de forma inversa con humedades máximas, lo que estaría afectando a *Scotobius spp* serían más bien las temperaturas extremas bajas.

Algo similar ocurre con *P. larraini*, cuyo número de individuos reacciona negativamente frente al aumento de la humedad relativa máxima promedio. Este, a pesar de ser un dato aislado, guarda relación con el coeficiente de correlación de la neblina, por lo cual será considerado.

Neblina:

Haciendo honor a la clasificación de Alto Patache como un "oasis de neblina", los datos obtenidos de la correlación, muestran que, en general, la presencia de insectos está determinada en mayor o menor grado por la presencia o ausencia de neblina (medida como agua colectada).

De las 7 especies que fueron encontradas al menos en el 75% de las colectas, 5 de ellas presentan un coeficiente de correlación r significativo, en relación a la variable analizada.

Las especies *Entomochilus sp*, *Thinobatis sp*, *Calosoma rufipennis* y Carabidae indeterminado, se correlacionan en forma directa con la niebla; mientras que *Psammotichus larraini* lo hace de forma inversa (dato que a continuación será discutido).

Por otra parte se verifica que las especies *Nycterinus borealis* y *Scotobius spp*. según la información recopilada en las trampas, no presentarían correlación alguna con la cantidad de agua de niebla colectada en los SFC. Sin embargo, información levantada en terreno, a través de visitas nocturnas a las parcelas de muestreo, entregan otra información (Cuadro N° 6).

En el cuadro anterior, se aprecia con claridad la diferencia con la información dada por las capturas en trampas.

CUADRO N° 6
RELACIÓN NÚMERO DE INSECTOS/ HORAS DE NEBLINA

Fecha	Número de insectos			Neblina
	<i>Psammotichus larraini</i>	<i>Nycterinus borealis</i>	<i>Scotobius spp</i>	Horas de presencia
24-01-02	5	105	2	1,5
25-01-02	2	5	1	0
26-01-02	6	5	2	0
27-01-02	17	53	2	3
28-01-02	16	99	10	4

Fuente: Datos de terreno.

Aquí puede detectar claramente, que sí existe una relación directa entre el número de individuos de *N. borealis* y la presencia de neblina. Por otra parte, la presencia de *P. larraini*, no parece estar relacionada de manera inversa con la presencia de neblina.

Finalmente, nuestra información recogida directamente en terreno, nos confirma la inexistencia de una correlación entre la neblina y el número de individuos de *Scotobius spp.*

Para terminar, cabe consignar que las diferencias observables en la fauna entomológica detectada en los distintos microecosistemas, concuerdan con la presencia de neblina, y con el agua captada en ellos. En efecto, el sector del Acantilado rocoso (Ar), que encajona los vientos dominantes y retiene gran cantidad del agua meteórica de la neblina en sus paredes rocosas, presenta más del 78% de los coleópteros capturados en el oasis; la Ladera sur, que enfrenta los vientos predominantes, y por ende, recibe gran cantidad de neblina, pero carece de elementos para captar el agua, ostenta sólo el 21% de la entomofauna coleopterológica del oasis. La Pampa interior, en cambio, al encontrarse alejada del borde del acantilado en casi 60 m. lineales, y estando expuesta a una mayor insolación, produce la rápida evaporación de las gotitas de agua de la neblina que entran en contacto con la superficie o que están suspendidas en su cercanía. Este microecosistema sirve como residencia a sólo el 1% de los coleópteros capturados en Alto Patache.

Conclusiones

El presente trabajo, cuyo objetivo ha sido conocer la respuesta de la entomofauna de Coleópteros frente a la variación de las condiciones medioambientales, fue realizado en una área de reducidas dimensiones dentro del oasis de neblina de Alto Patache, y durante un período de tiempo muy breve (octubre 2001-enero 2002). Por esta razón, y a causa de algunas limitantes detectadas en el transcurso de ella, este trabajo debe ser considerado solo como un primer acercamiento al tema, y pretende servir como orientación y acicate para futuros estudios de carácter ecológico en el área. Sin duda, el área y el comportamiento de la entomofauna en ella, es de particular interés para futuros estudios.

El oasis de neblina de Alto Patache, aunque geográficamente se encuentra inserto dentro de la Sub-Región de Desierto Costero, se aleja ostensiblemente de la definición biológica de "desierto".

Tan sólo con el muestreo de insectos del orden coleóptera, en tres microecosistemas del oasis, demuestra claramente la afirmación precedente. En 91 días de captura de insectos, se colectaron más de 5.800 coleópteros, distribuidos en 13 especies y 6 familias, demostrándose así que este grupo animal es, de lejos, el más numeroso del área de estudio.

A continuación se presentan las conclusiones que se obtuvieron en relación a la distribución espacial y temporal de los coleópteros del área de estudio.

En el transcurso de la investigación, se logró determinar que tanto la distribución espacial como temporal de estos insectos en el interior del oasis se encuentra regulado por las condiciones medioambientales imperantes.

Así, los coleópteros del área de estudio se distribuyen de una manera muy selectiva en el interior del oasis, lo que puede ser explicado básicamente por factores geomorfológicos y micro-topográficos, en función de la neblina.

La geoforma en que se emplaza el microhábitat de los insectos parece ser de vital importancia, ya que permite o inhibe la habitabilidad del ambiente a través de favorecer o disminuir la disponibilidad hídrica. Es por esto que, en términos generales, la concentración de insectos se ve favorecida por aquellos sistemas que permitan encajonar los vientos dominantes y, por ende, la neblina, lo que debe estar necesariamente acompañado por la presencia de una micro-topografía favorable, la que permita la retención del agua atmosférica.

Así, las características geomorfológicas y micro-topográficas propias del Acantilado rocoso, con su sistema de terrazas ubicadas sobre una pequeña quebrada, resultan óptimas, ya que la neblina concentrada por estas depresiones se encuentra con paredes rocosas verticales que retienen el agua, lo que genera la concentración de los coleópteros, tanto en número de individuos como de especies.

Esto es válido para todas las especies de coleópteros, en mayor o menor grado, siendo *Nicterinus borealis* la especie más representativa de la condición. La única excepción parecería corresponder a *Thinobatis sp.*, un coleóptero muy pequeño (3,5- 4,5 mm de longitud) que tal vez por razones de competencia, en la que por su tamaño puede verse desfavorecido, o por especificidad alimenticia, ha elegido como hábitat el microecosistema de la Ladera sur para su hábitat preferencial, aunque las razones no han sido demostradas.

El otro factor que regula la distribución espacial de los insectos es la pedregosidad superficial, la que al presentar una granulometría igual o superior a los guijones, ofrece refugio y cobijo a los insectos de los elementos climáticos adversos como temperatura, luz y vientos intensos.

Por su parte, la distribución temporal de los coleópteros parece estar controlada por las condiciones meteorológicas, básicamente neblina y temperatura, estímulos frente a los cuales no existe una respuesta uniforme de todas las especies de coleópteros.

Con el análisis realizado, se puede establecer la estrecha relación existente entre la neblina y la concentración de insectos. *N. borealis*, *Entomochilus sp.*, *Thinobatis sp.*, *Calosoma rufipennis* y el pequeño Carabidae indeterminado, cinco de las siete especies de coleópteros que aparecen en al menos el 75% de las colectas, se relacionan directamente con la cantidad de agua de neblina colectada en el oasis, lo que debe interpretarse como una relación directa con la disponibilidad hídrica.

Las especies mencionadas, parecen padecer de requerimientos hídricos muy severos, por lo que la presencia de neblina es vital para su existencia, ya que consumen el agua que es retenida en la vegetación, a través de su consumo directo o, tal vez, aprovechando el agua absorbida por los líquenes y plantas de las cuales se alimentan.

Diferente, por otra parte, es el caso de *Scotobius spp.* (*S. larraini* y *S. patachensis*), que parecen ser los únicos coleópteros de Alto Patache cuya vida se encuentra controlada por las condiciones térmicas del medio. Gracias al análisis realizado, se piensa que la especie se ve afec-

tada por las temperaturas bajas, respondiendo a ellas con la inactividad, ocultamiento en galerías subterráneas hechas bajo piedras, o latencia.

En consecuencia, se ha podido comprobar que los insectos del orden Coleóptera presentan una distribución espacial que responde a las características geomorfológicas, micro-topográficas y de pedregosidad superficial del medio. Estas favorecen básicamente la habitabilidad del espacio al ofrecer refugio a las especies y, de modo especial, permiten una constante disponibilidad hídrica.

Por otra parte, la distribución temporal de la entomofauna coleopterológica se encuentra determinada por la variación de las condiciones meteorológicas, a las que las diferentes especies responden de manera diferenciada. La única situación generalizada señala la relación directa existente entre la concentración numérica de algunas especies y la presencia de neblina.

Bibliografía

CERECEDA, P., LARRAIN H., LÁZARO P., OSSES P., SCHEMENAUER R. y FUENTES L. Campos de tillandsias y niebla en el desierto de Atacama. *Revista de Geografía Norte Grande*, 1999, N° 26, p. 3-13.

CERECEDA, P., LARRAÍN H., LÁZARO P., OSSES P., GARCÍA J. y V. HERNÁNDEZ. El factor clima en la floración del desierto en los años "El Niño" 1991 y 1997. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2000, N° 27, p. 37-52.

CERECEDA, P., OSSES P., LARRAÍN H., LÁZARO, PINTO R. y SCHEMENAUER R. Penetración continental de la niebla de advección en Tarapacá, Chile. *Actas VIII Encuentro de Geógrafos de América Latina (EGAL)*, 2001 Publicado en CD. Santiago de Chile.

HERNÁNDEZ, V. Estudio biogeográfico de la loma Punta Patache, Iquique, I Región de Tarapacá. Seminario de Grado Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, 1999.

IZQUIERDO, J. y OLTREMARI, J. Conservación y uso sostenible de la biodiversidad en zonas áridas y semiáridas de América Latina y el Caribe. In SIMONETTI, J. (ed.) FAO 1996. Conservación y uso sostenible de la biodiversidad en zonas áridas y semiáridas de América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

LARRAÍN, H., UGARTE A., LÁZARO P., CERECEDA P. Y SCHEMENAUER R. Evolución anual de la entomofauna de Coleópteros (Fam Tenebrionidae y Carabidae), en el sitio Alto Patache, sur de Iquique, Chile. Ponencia en XXI Congreso de Entomología Chilena, 1999. Universidad de Tarapacá, Arica.

LARRAÍN, H., UGARTE A., PINTO R., CERECEDA P., LÁZARO P., OSSES P. y SCHEMENAUER R. Three years of zoological records at the fog-site in Alto Patache, South of Iquique, Northern Chile, during "El Niño" and "La Niña" events (1997-2000). Proceedings Second Conference on Fog and Fog Collection, St. John's, Canadá. 2001, p. 297-300.

LARRAÍN, H., UGARTE A., SAGREDO E., CERECEDA P. y OSSES. Zonificación topográfica y biogeográfica de la fauna de Tenebrionidae (Coleoptera) en microhabitats del oasis de niebla de Alto Patache, sur de Iquique, Ponencia en XXIV Congreso Nacional de Entomología, 2002, Santiago.

MARCUZZI, G. New species of tenebrionid beetles from Central And South America *Annali del Museo Civico di Storia Naturale G. Doria*, 2001, Vol. XCIII, Genova (Italia), 30 Maggio, p. 269-291.

MUÑOZ-SCHICK, M., PINTO R. y A. MOREIRA. Oasis de Neblina en los cerros costeros del sur de Iquique, región de Tarapacá, Chile, durante el evento El Niño 1997-1998. 2001, *Rev. Chilena de Historia Natural*, 2001, n° 74, p. 389-405. Santiago de Chile.

PINTO, R., LARRAÍN H., CERECEDA P., LÁZARO P., OSSES P. y SCHEMENAUER R. Monitoring fog-vegetation communities at a fog-site in Alto Patache, South of Iquique, Northern Chile, during "El Niño" and "La Niña" events (1997-2000), 2001a. Proceedings Second Conference on Fog and Fog Collection, St. John's, Canadá, p. 293-296.

PINTO, R., LARRAÍN H., CERECEDA P., LAZARO P. y OSSES. Respuesta de la flora y fauna al influjo de la neblinas costeras (camanchacas), en períodos de "El Niño" (1997-1998) y "La Niña" (1998 -2000) en la costa sur de Iquique, Norte de Chile. In *Acta VIII Encuentro de Geógrafos de América Latina (EGAL)*. 2001b. Publicado en CD., Santiago de Chile.

SCHEMENAUER, R. y CERECEDA, P. A proposed standard fog collector for use in high elevations regions. *Journal of Applied Meteorology*, 1993, N° 33, p. 1-10.

VIDAL, P. y FLORES, G. Descripción de nuevas especies de Physogasterini de Chile (Coleoptera: Tenebrionidae). *Contribuciones Académicas Ocasionales* 2000, 1-12.

WEISCHET, W., Las condiciones climáticas del desierto de Atacama como desierto extremo de la Tierra. *Revista de Geografía Norte Grande*, 1975, Vol. I, N° 3-4, p. 363-373