



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUS SAN LUIS POTOSÍ

POSTGRADO EN

INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

**REVALORIZACIÓN Y REORIENTACIÓN DE RECURSOS LOCALES EN ZONAS
ÁRIDAS: CON ÉNFASIS EN EL ECOSISTEMA DE *Liometopum apiculatum* Mayr**

GUDELIA HIPÓLITO CRUZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRÍA EN CIENCIAS

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México

Septiembre de 2016

La presente tesis, titulada: **REVALORIZACIÓN Y REORIENTACIÓN DE RECURSOS LOCALES EN ZONAS ÁRIDAS: CON ÉNFASIS EN EL ECOSISTEMA DE *Liometopum apiculatum* Mayr**, realizada por la alumna **Gudelia Hipólito Cruz**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada y aceptada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS

INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

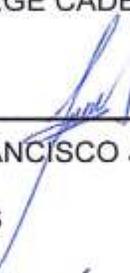
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



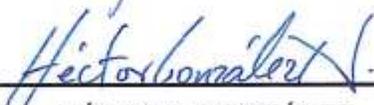
DR. JORGE CADENA INIGUEZ

DIRECTOR DE TESIS:



DR. FRANCISCO JAVIER MORALES
FLORES

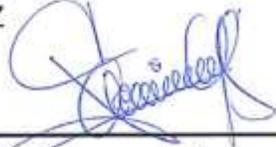
ASESOR:



DR. HÉCTOR GONZÁLEZ

HERNANDEZ

ASESOR:



DR. GILDARDO AQUINO PÉREZ

SALINAS DE HIDALGO, SAN LUIS POTOSÍ

SEPTIEMBRE DE 2016

REVALORIZACIÓN Y REORIENTACIÓN DE RECURSOS LOCALES EN ZONAS ÁRIDAS: CON ÉNFASIS EN EL ECOSISTEMA DE *Liometopum apiculatum* Mayr

Gudelia Hipólito Cruz, MC

Colegio de Postgraduados, 2016

RESUMEN

El presente trabajo consistió en caracterizar los elementos de un ecosistema de zonas áridas asociados a la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) para determinar los impactos de la intervención humana y proponer acciones de conservación y sustentabilidad en el mediano plazo en el ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas. La investigación considera cuatro capítulos; los resultados del estudio aportan argumentos que muestran una la necesidad de capacitación en la actividad en las comunidades rurales, con repercusiones en la actual situación social, económica y ambiental. Se identificaron seis grupos de recolectores de escamol y su impacto; se identificaron dieciseis elementos de competencia individuales en los recolectores de escamol y se identificaron 17 especies vegetales asociadas a la presencia de hormiga escamolera; el agave es el principal hospedante de anidación e infestación de insectos escama y piojos harinosos. Derivado de lo anterior se concluye que existe la necesidad de reforzar diversos aspectos de percepción cultural, social y económicos para la mejora de la recolecta de escamol mediante modelos de manejo integral de los elementos del ecosistema asociados a la hormiga escamolera.

Palabras Clave: hormiga escamolera, Altiplano Potosino-Zacatecano, manejo de recursos naturales, insectos comestibles, sustentabilidad.

REVALORIZACION AND REORIENTATION OF THE LOCAL RESOURCES IN ARID ZONES WITH EMPHASIS ON THE ECOSYSTEM OF *Liometopum apiculatum* Mayr

Gudelia Hipólito Cruz, MT
Colegio de Postgraduados, 2016

ABSTRACT

The present work consisted of characterizing the elements of an ecosystem of arid zones associated with the ant escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) to determine the impacts of the human intervention and to propose actions of conservation and sustentabilidad in the medium-sized term in the common land Tolosa, Pinos, Zacatecas. The investigation considers four chapters; the results of the study contribute arguments that show one the need for training in the activity in the rural communities, with aftereffects in the current social, economic and environmental situation. There were identified six groups of recollectors of escamol and its impact; sixteen individual competition elements were identified in the escamol recollectors and there were identified 17 vegetable species associated with the presence of ant escamolera; the agave is the main nesting hospedante and infestation scale insects and mealybugs. Derivative of the previous thing proposes to itself a line of investigation that will reinforce diverse aspects for the progress by means of models of integral handling of natural resources of the ant escamolera.

Key words: Escamolera ant, Zacatecas Highlands, management of natural resources, edible insects, sustainability.

A mis seres queridos,

Especialmente a mis padres:

Lucia Cruz Peralta y Noé Hipólito Félix

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a quienes participaron en la culminación de este trabajo de investigación, particularmente a:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca No. 337082 otorgada durante el transcurso del programa de Maestría, matrícula Colegio de Postgraduados: 1143606.

Al Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí y a su programa de Maestría en Ciencias en Innovación en Manejo de Recursos Naturales.

A los habitantes de las comunidades de Zacatecas y San Luis Potosí que participaron en el desarrollo de la investigación.

A la Empresa MOHUERT S.R.L. de C.V. “Recolector de insectos comestibles” que facilitó el contacto con los recolectores en campo.

A mis familiares y amigos por vivir esta aventura a mi lado.

A Dios, por todo.

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO I: TIPOLOGÍA DE RECOLECTORES DE ESCAMOL (<i>Liometopum apiculatum</i> MAYR), Y PRÁCTICAS DE RECOLECTA QUE IMPACTAN SU CONSERVACIÓN	7
1.1. Resumen	7
1.2. Abstract.....	7
1.3. Introducción	8
1.4. Materiales y Métodos.....	11
1.5. Resultados y Discusión.....	14
1.6. Conclusiones	23
1.7. Literatura citada	23
CAPITULO II: COMPETENCIAS EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS IDENTIFICADAS EN RECOLECTORES DE <i>Liometopum apiculatum</i> MAYR	26
2.1. Resumen	26
2.2. Abstract.....	26
2.3. Introducción	27
2.4. Materiales y métodos	28
2.5. Resultados y discusión	30
2.6. Conclusiones	38
2.7. Literatura citada	38
CAPITULO III: DIVERSIDAD GENÉTICA DE <i>Liometopum apiculatum</i> Mayr (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) COMO MEDIDA DE CONSERVACIÓN EN MÉXICO	40
3.1. Resumen.	40
3.2. Abstract.....	40
3.3. Introducción	40
3.4. Materiales y métodos.....	41
3.5. Resultados y discusión	41
3.6. Conclusiones	45
3.7. Literatura citada	45

CAPITULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL ECOSISTEMA RELACIONADOS CON <i>Liometopum apiculatum</i> Mayr	47
4.1. Resumen	47
4.2. Abstract.....	48
4.3. Introducción	48
4.4. Materiales y métodos.....	50
4.5. Resultados y discusión	52
4.6. Conclusiones	63
4.7. Literatura citada	64
CONCLUSIONES GENERALES.....	67
ANEXO I. ASPECTOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE <i>Liometopum apiculatum</i> Mayr EN ZONAS ÁRIDAS	69

Lista de Figuras

Figura 1. Modelo mental de la recolección de escamol.	12
Figura 2. Modelo mental modificado de la recolecta de insectos como recursos locales de utilidad.	14
Figura 3. Identificación de los tipos de recolectores de escamol en comunidades rurales del Altiplano Potosino-Zacatecano.	18
Figura 4. Conocimiento del mercado de escamol por los recolectores de escamol en el Altiplano Potosino-Zacatecano.	19
Figura 5. Tipología de recolectores de escamol.	21
Figura 6. Fases de la recolecta de escamol en el Altiplano Potosino-Zacatecano.	22
Figura 7. Competencias y actores involucrados en la recolección de <i>L. apiculatum</i> , en comunidades rurales de en el Altiplano Potosino Zacatecano.	29
Figura 8. Identificación de las competencias de los recolectores de escamol (<i>L. apiculatum</i>), para su aprovechamiento sustentable.	30
Figura 9. Competencias técnicas: ubicación del nido (A1 y A2); extracción que inicia con la apertura del nido (B1), obtención del escamol (<i>L. apiculatum</i>) (B2); limpieza de suelo en campo con cribado (C1); retiro de piedras (C2); depósito de la recolecta en equipo de traslado (C3); cierre del nido colocando un tronco y material externo para tapanlo (D-E).	32
Figura 10. Competencias de comportamiento expresadas como creación de una organización (A), actividad primaria del recolector: agricultura (B1) y ganadería (B2).	32
Figura 11. Competencias contextuales: A1: tamaño del escamol (<i>L. apiculatum</i>) que venden; B1-B3: color y olor.	33
Figura 12. Definición de número de variables de competencia a considerar (componentes principales) y varianza explicada en recolectores de (<i>L. apiculatum</i>).	34
Figura 13. Agrupación de recolectores de escamol y competencias identificadas en cada grupo.	35
Figura 14. Variación del volumen de recolecta de escamol (<i>Liometopum apiculatum</i>) en buenos y malos rendimientos por nido.	37
Figura 15. Árbol filogenético con base a un fragmento del gen CO1 para las diferentes poblaciones de <i>L. apiculatum</i> formando un cladograma monofilético con soportes de arranque de 100% y especies de referencia del mismo género. Los clados diferentes agrupan a especies de las subfamilias Formicinae, Ponerinae y Pseudomyrmicinae. El árbol se construyó usando el método estadístico UPGMA (Sneath et al. 1973) con un modelo de sustitución de nucleótidos basado en Kimura de dos parámetros (Kimura, 1980).	42

Figura 16. Ubicación del área de estudio en el estado de Zacatecas (A), Ejido Tolosa (B) y polígono de estudio mostrando parcelas muestreadas (C). 51

Figura 17. Diversidad de especies vegetales asociada a la presencia de *L. apiculatum*. 55

Figura 18. Influencia de las especies vegetales para la presencia de hormiga escamolera. 58

Lista de cuadros

Cuadro 1. Ubicación geográfica por tipo de insecto comestible según el orden de importancia (Ramos-Elorduy., et al 1998).	9
Cuadro 2. Datos de las localidades encuestadas.....	13
Cuadro 3. Aspectos considerados en el cuestionario usado para determinar la tipología de recolectores de escamol.	13
Cuadro 4. Correlación de variables que definen tipos de recolectores (matriz de correlación, alfa= 0.05).	16
Cuadro 5. Vectores que determinan la clasificación de recolectores de escamol.	17
Cuadro 6. Tipología de recolectores de escamol.	19
Cuadro 7. Fases, beneficios y prácticas de recolecta del escamol e impactos derivados de una mala aplicación de las prácticas identificadas.....	22
Cuadro 8. Datos de las localidades encuestadas para la identificación de competencias individuales en recolectores de escamol.	30
Cuadro 9. Competencias identificadas para el éxito de un proyecto productivo de escamol (<i>L. apiculatum</i>).....	36
Cuadro 10. Bases de los nucleótidos codificantes de proteínas en un fragmento COI en tres poblaciones de <i>L. apiculatum</i> y especies de referencia (GenBank).	43
Cuadro 11. : Distancias genéticas entre especies de hormiga escamolera (en negritas) y especies de referencia (GenBank).....	44
Cuadro 12. Familias, especies vegetales y abundancia poblacional en 945 ha de los componentes vegetales como parte del hábitat de <i>L. apicualtum</i> en el Ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas.	53
Cuadro 13. Especies vegetales asociados con la presencia de <i>L. apiculatum</i>	56
Cuadro 14. Especies vegetales (sp_1) e influencia (β_1) consideradas para la presencia de <i>L. apicualtum</i> basado en el modelo de regresión logística descrita arriba.	57
Cuadro 15. Datos relacionados con el origen de las especies de escamas relacionadas con la alimentación de <i>L. apiculatum</i> y número de ocurrencias.	61
Cuadro 16. Datos relacionados con el origen de las especies de cohinillas harinosas relacionadas con la alimentación de <i>L. apiculatum</i> y número de ocurrencias.	63

REVALORIZACIÓN Y REORIENTACIÓN DE RECURSOS LOCALES EN ZONAS ÁRIDAS: CON ÉNFASIS EN EL ECOSISTEMA DE *Liometopum apiculatum* Mayr

INTRODUCCIÓN GENERAL

En las áreas rurales de un gran número de países en desarrollo, la población humana satisface las necesidades de su familia mediante la producción de alimentos, el acarreo del agua y la recolección de leña y productos silvestres. La vasta y creciente deforestación, sumada al agotamiento de las fuentes de agua obliga al recolector a explorar áreas cada vez mayores, lo que exige distancias más largas, un mayor consumo de tiempo y energía, mayores cargas de trabajo y menor el tiempo disponible para realizar actividades productivas más rentables (FNUAP, 1995). En muchos países, la vida de la población rural depende por completo de la disponibilidad de los recursos naturales. Tanto en este medio, en la lucha por sobrevivir los pobladores, acentuando la erosión de los suelos, la destrucción de la flora y fauna, o de los recursos marinos y la disminución en la calidad del agua, o de los recursos marinos, entre otros. La degradación del medio ambiente afecta, sobre todo, a los miembros más vulnerables de las comunidades y a todos aquellos que viven en estrecha interdependencia con el entorno natural (FAO, 1998). En México, los grupos indígenas han sobrevivido haciendo un uso racional de los recursos naturales a su alcance, por ejemplo, la recolecta de los hongos silvestres en Santa Catarina Ixtepeji, de julio a septiembre, en la Sierra de Juárez en Oaxaca, donde se generan empleos para exportar hongo blanco del pino hacia Japón de julio a septiembre (García, 1993). Otro ejemplo sería la leña recolectada en Chiapas por niños, como fuente de energía (Misawa-Matsushima *et al.*, 2005). El copal extraído en la cuenca del Alto de Balsas y distribuido a estados como Morelos, Oaxaca, Chiapas y Mérida (Montúfar, 2007) y los insectos comestibles, utilizados en la cocina mexicana, apreciados como comida exótica, lujosa y cara en las ciudades, recurso que para las localidades en zonas áridas representa una fuente valiosa como alimento y generación extra de ingresos familiares (Ramos-Elorduy, 2004). Sin embargo, los insectos comestibles también son un ejemplo de recursos limitados, particularmente la recolecta del escamol (larvas de *Liometopum apiculatum* Mayr) en estados como, Hidalgo, Oaxaca, Estado de México, Michoacán y Tlaxcala, estados que destacan por su experiencia en la explotación de este

recurso natural por las diversas etnias (Del Toro *et al.*, 2009). Sin embargo, en 1983 se reporta la explotación inmoderada de escamol en el estado de Hidalgo (Ramos Elorduy *et al.*, 2006).

El Altiplano zacatecano se caracteriza por una precipitación pluvial escasa y errática, lo que restringe la agricultura de temporal (Ibarra, 2004). En esta zona, las comunidades vegetales nativas son considerados como recursos naturales locales aprovechables. Así, destacan, por su abundancia en la región, las comunidades silvestres de maguey mezcalero (*Agave salmiana*) que ocupa cerca de 60,000 ha (Morales *et al.*, 2002). La sobreexplotación del maguey para obtener mezcal, o con fines ganaderos, ha ocasionado alteraciones ecológicas severas en estos ecosistemas (Martínez–Salvador *et al.*, 2005). El deterioro de las magueyeras ha causado la desaparición gradual de la flora y fauna asociadas, entre ellos la hormiga escamolera (*L. apiculatum*), por lo que se hace necesario replantear su aprovechamiento en forma racional e integral. Por ejemplo, podemos hablar de las especies de yuca y nopal, por poner otros ejemplos, que son utilizados como forraje para ganado. A la hora de sentar las bases, las condiciones de éxito a la hora sentar las bases orientadas a la toma de decisiones giran alrededor de las siguientes premisas. En primer lugar, un modelo de intervención con enfoque territorial que respeta, identifica y potencia recursos locales como la hormiga escamolera *L. apiculatum*, además se considerara como un método de intervención basado en investigación para promover sustentabilidad de un ecosistema con énfasis en esta hormiga y sus componentes. En segundo lugar, las competencias individuales en dirección de proyectos con énfasis en un aprovechamiento racional de recursos naturales de zonas áridas. De esta forma se podría llegar al aprovechamiento de los recursos genéticos, sin deteriorar los componentes del hábitat de la hormiga escamolera y consolidar las mejores recomendaciones para la reorientación y revalorización de recursos locales del territorio como instrumentos de reinserción social. El detonador de este aprovechamiento es la regional generación de innovaciones orientados a la reorientación de los recursos locales.

En la medida en que la sociedad, entienda la relación con la naturaleza, se mejorarán las posibilidades de proponer innovaciones inteligentes y hacer un uso racional de la vegetación y la fauna en zonas áridas. Así mismo se fortalecerá la relación entre el

medio físico-biótico y los pobladores rurales que lo habitan, así como la forma en que la comunidad rural se adaptan al medio. Lo anterior resulta de vital importancia para delinear estrategias en desarrollo de las comunidades marginadas del país. En ese sentido es imprescindible el conocimiento de los recursos locales en zonas áridas para incorporar, mediante el trabajo de investigación, participación de actores rurales, la revalorización y reorientación de sus recursos como generadores de ingresos estables.

Estructura de la investigación

La presente investigación considera cinco capítulos. En el Capítulo I se busca la agrupación de recolectores de escamol de la especie *L. apiculatum*, lo anterior con el propósito de proporcionarles una identidad, con base en las prácticas tradicionales de recolecta, que indiquen impactos en el mediano plazo en la mejora de este recurso local. En el Capítulo II se evidencian las competencias individuales de los recolectores de escamol, conocimiento que permitirá dar dirección de proyectos productivos con énfasis en *L. apiculatum*. En el capítulo III se confirma la diversidad genética de *L. apiculatum* y se considera la posibilidad de reintroducir la especie en zonas con antecedentes de sobreexplotación de escamol. Finalmente, en el Capítulo IV se identifican diferentes elementos del ecosistema y su relación con la presencia de *L. apiculatum* en un área de aprovechamiento de escamol. Los resultados del estudio aportarán argumentos que muestran una evidente necesidad de capacitación para el manejo de conservación de la recolecta de la hormiga escamolera en comunidades rurales, con claras repercusiones en la actual situación social, económica y ambiental de los pobladores, que dependen de los recursos naturales y de la sustentabilidad de los mismos.

Literatura citada

- Del Toro, I., J. A. Pacheco, and W. P. Mackay. 2009. Revision of the ant genus *Liometopum* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*. 53: 299-369.
- FAO. 1998. Censos agropecuarios y género-Conceptos y metodología. FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma.
- FNUAP. 1995. Estado de la Población Mundial 1995, FNUAP Fondo de Población de las Naciones Unidas. Nueva York. Para datos sobre mujer y escasez de agua y combustible, ver también Naciones Unidas, *World's Women 1995: Trends and Statistics*, Sales No. E.95.XVII.2, Nueva York, 1995.
- García M., J. 1993. Factibilidad de instalación de una planta productora de hongos comestibles en Temoaya, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Iberoamericana. México.
- Ibarra, D. A. 2004. Zacatecas tierra de la plata y el mezcal. Secretaría de Desarrollo Económico. Gobierno del Estado de Zacatecas. Zacatecas, México. 191 p.
- Martínez-Salvador, M., D. Valdez-Cepeda, H. Rubio-Arias, L.F. Beltrán-Morales, B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, and A. Ortega-Rubio. 2005. Distribution and density of maguey plants in the arid Zacatecas Plateau, Mexico. *J. Arid Environ.* 61: 525-534.
- Misawa-Matsushima T., B. Salvatierra-Izaba y A. Nazar-Beutelspacher. 2005. Fecundidad, migración y ambiente en comunidades indígenas de la Sierra Madre de Chiapas, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 2(2): 83-95.
- Montúfar A. 2007. Los copales mexicanos y la resina sagrada del tempo mayor de Tenochtitlán. Instituto Nacional de Antrología e Historia de México. Colección Científica. 116 p.
- Morales, C. N., G. F. Esparza, y J. H. Cervantes. 2002. Plan de desarrollo para la región agavera del sureste de Zacatecas. SE/ SEDEZAC/SEDAGRO/ Universidad Autónoma Chapingo. 88 p.
- Ramos-Elorduy, J. 2004. La etnoentomología en la alimentación, la medicina y el reciclaje. In: J. E. Llorente B., Juan J. Morrone, O. Yáñez Ordóñez, I. Vargas Fernández (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. IV: 329-413.
- Ramos-Elorduy, J., J. M. Pino, M. Conconi. 2006. "Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México". *Folia Entomológica Mexicana*. 45 (3): 291-318.

OBJETIVOS

General

Caracterizar ciertos componentes de un ecosistema de zonas áridas con énfasis en la hormiga escamolera *Liometopum apiculatum* y sus principales relaciones, con el fin de identificar componentes importantes del ecosistema, los efectos de la intervención humana y sugerir las acciones de revalorización, conservación y sustentabilidad en el mediano plazo.

Específicos

- i. Caracterizar a los recolectores de escamol (*Liometopum apiculatum*), y describir las prácticas de recolecta que sugieran impactos en el mediano plazo.
- ii. Identificar las competencias individuales en dirección de proyectos orientados a la recolecta de escamol (*Liometopum apiculatum*), con el fin de sugerir la profesionalización de los actores rurales.
- iii. Diversidad genética de *Liometopum apiculatum*, como medida de conservación en el Altiplano Potosino-Zacatecano.
- iv. Identificar los principales componentes del ecosistema relacionados con *Liometopum apiculatum*.

HIPÓTESIS

- i. El nivel de competencias individuales y tipo de recolector de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum*) impacta en la conservación y diversidad genética de la hormiga y la sustentabilidad de la recolecta como actividad económica.
- ii. Existe al menos un componente del ecosistema de zonas áridas que puede determinar la sustentabilidad de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum*) bajo intervención humana.

CAPÍTULO I: TIPOLOGÍA DE RECOLECTORES DE ESCAMOL (*Liometopum apiculatum* MAYR), Y PRÁCTICAS DE RECOLECTA QUE IMPACTAN SU CONSERVACIÓN

1.1. Resumen

El aprovechamiento de los recursos locales en ambientes restrictivos está siendo revalorizado debido a la creciente presión de la sociedad por definir alternativas de generación de ingresos. El escamol, que son las larvas de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) es un platillo gourmet que es apreciado en la cocina internacional; sin embargo, es obtenido con el esfuerzo de habitantes de zonas rurales marginadas y llevado a mercados concentrados en comercializar este producto sobre la base de elevadas ganancias pero con ínfimos precios pagados al recolector. En el presente estudio, utiliza una encuesta basada en enfoque de sistemas, donde se clasifican diversos tipos de recolectores de escamol en comunidades con clima semidesértico. Los resultados muestran que la recolección de escamol es una actividad masculina debido al esfuerzo físico bajo el sol, con una base de experiencia de al menos 5 años explorando terrenos ejidales o prestados con conocimiento de la venta del mercado y una percepción de lograr ingresos. Se identifican seis tipos de recolectores dependiendo de su visión de venta, el deseo de invertir en el negocio del escamol y el deseo de emprender un negocio de forma improvisada como motor de innovación. El interés de los recolectores por el escamol gira en torno a los beneficios económicos que dependen de la demanda del producto por intermediarios y que, pese a la incertidumbre en la solidez de la demanda, ha propiciado que los pobladores o recolectores no inviertan tiempo y dinero en ofertar el escamol a nuevos clientes potenciales (restaurantes, tiendas).

Palabras clave: *Liometopum apiculatum*, insectos comestibles, enfoque de sistemas.

1.2. Abstract

The use of natural local resources, in restrictive environments, is being revalued due to the growing pressure from society to define alternatives for income generation in rural families. The “escamol”, escamolera larvae and pupas of special of ant (*Liometopum apiculatum* Mayr), which is a gourmet dish appreciated in international cuisine; however,

it is obtained through the efforts of people in marginalized rural areas with a lot of physical effort. The product is focusing this product in market based on higher earnings to contrast and nominal prices paid to the collectors. In the present study, using survey based on a survey under systems approach, several “escamol” types of collectors in semi-desert communities are classified. Based on a poll, we concluded that results show that the collection of “escamol” is a male activity due to physical effort under the sun, with a 5-year experience exploring “ejidos” or lease lands focused on the market sale and a clear perception of income. Six types of collectors are identified, depending on sales point-of-view, the investment desire and the entrance in an improvised business are driving forces of these collectors. The interest of collectors by “escamol” focuses on the economic benefits that depend on product-demand by intermediaries and that despite the uncertainty in the volume of demand people do not invest time and money in offering the escamol to new potential customers (restaurants, retailers).

Keywords: *Liometopum apiculatum*, edible insects, systems approach.

1.3. Introducción

La población rural de un gran número de países en desarrollo satisface las necesidades de su familia mediante la utilización de recursos como la producción de alimentos, el acarreo del agua, la recolección de leña y diversos productos silvestres. Es común la sobreexplotación de las comunidades rurales, a los recursos naturales locales en su lucha por sobrevivir acentuando la erosión de los suelos y acelerando la merma de los recursos genéticos (fauna y flora silvestre) (FAO, 1998). En México, algunos grupos indígenas han sobrevivido haciendo un uso racional de los recursos naturales locales a su alcance de forma empírica, un recurso local aprovechado desde tiempos prehispánicos y como lo ha sido sobre la biodiversidad de insectos comestibles. Se han catalogado 549 especies de insectos que son recolectados en México principalmente en Hidalgo, Oaxaca, Estado de México y Chiapas (Costa-Nieto y Ramos-Elorduy, 2006). En el Cuadro 1 se presentan ejemplos de insectos comestibles, según el número de especies que lo conforman. El orden Coleoptera se distingue por ser el más diverso, lo que puede sugerir una alternativa de cambio a la comida clásica. Por lo anterior se considera que, ameritan la atención desde el punto de vista nutricional y con ella combatir la desnutrición.

Por ejemplo, el gusano rojo en productos como el mezcal (CDI, 2014), o redescubrir su uso, por ejemplo, la utilización del colorante carmín (cochinilla del nopal) en la industria alimenticia (Figueroa *et al.*, 2010) utilizado ampliamente en la industria textil.

Cuadro 1. Ubicación geográfica por tipo de insecto comestible según el orden de importancia (Ramos-Elorduy., et al 1998).

Tipo de insecto	Orden	Especie (Núm.)	Lugar de consumo
Escarabajos	Coleoptera	122	Hidalgo, Chiapas, Tlaxcala y Oaxaca
Avispas y hormigas	Hymenoptera	117	Hidalgo, Michoacán, Chiapas, Campeche y Oaxaca
Chinches	Hemiptera	92	Morelos, Puebla, Guerrero, México, Hidalgo y Oaxaca
Chapulines	Orthoptera	83	Oaxaca, Veracruz, Edo. de México
Mariposas	Lepidoptera	55	Puebla, Chiapas, Veracruz, Edo. de México, Tlaxcala, Puebla y Oaxaca

Del Toro *et al.* (2009) indican que la recolecta de escamol se realiza en distintas partes del país en los estados de Hidalgo, Oaxaca, Estado de México, Michoacán y Tlaxcala, que además destacan por su experiencia en la explotación y manejo de este recurso natural por las diversas etnias. Ejemplos del uso de recursos locales comparables con la recolecta de escamol son los siguientes: la recolecta de hongos silvestres en Santa Catarina Ixtepeji, en la Sierra de Juárez en Oaxaca donde se generan 80 empleos para exportar hongo blanco del pino, producto de que es exportado a Japón de julio a septiembre de cada año (García Pérez, 2000); en Chiapas, los niños contribuyen a la recolecta de leña como fuente de energía generando ahorros para los padres, que permiten que estos se ocupen en otras actividades productivas (Misawa-Matsushima *et al.*, 2005).

La recolecta de escamol es una actividad que se realiza desde la época prehispánica, la explotación inmoderada en el estado de Hidalgo fue registrada en los 80's, que derivó en lo anterior debido a que este producto representa una fuente valiosa como alimento y generación de ingresos extra (Ramos-Elorduy *et al.*, 2006). El precio del escamol alcanza los \$3,000 MN por kg para consumidores finales. En contraste los recolectores sólo obtienen \$200 MN por kg (Esparza-Frausto *et al.*, 2008). La recolecta inmoderada conlleva al riesgo de eliminación de este recurso, en los actuales estados donde se recolecta escamol como Zacatecas y San Luis Potosí, se ha informado el caso del gusano rojo y blanco del maguey, (Ramos-Elorduy *et al.*, 2006), así como el gusano cuchamá (Velázquez *et al.*, 2008) en Zapotitlán Salinas, Puebla. Según algunos informes de 2015, existen pocos estudios que evidencien los factores que afecten de forma negativa la presencia de la hormiga en el Altiplano Zacatecano, pero el riesgo persiste (Cruz-Labana *et al.*, 2014, Esparza-Frausto *et al.*, 2008, Velasco *et al.*, 2007). Por lo anterior, es importante conocer la diversidad entre y dentro de los sistemas empíricos de recolecta del escamol, así como los factores que determinan la práctica de la actividad como puede ser económico, político, comercial y cultural.

Para sondear los factores antes señalados se usan encuestas, enfocados en las características del recolector (su edad, educación, importancia del escamol en el ingreso), de la recolecta (búsqueda de nido, extracción de hormigas), de los canales de comercialización (destino de la venta, forma de comercializar) y para una denominación de origen (características distintivas, agregación de valor) lo que se presenta alrededor del escamol como recurso local para revalorizar su consumo por la sociedad. El objetivo de este estudio fue caracterizar los recolectores de escamol (*L. apiculatum* Mayr) y describir las prácticas de recolecta que tengan impactos en el mediano plazo. Para lograrlo se considera un enfoque sistémico del proceso de recolecta, la percepción del productor y el contexto ambiental, económico y socio cultural, de manera que se ofrece una visión estructurada de como analizar la variabilidad de actividades de generación de recursos sobre la base del aprovechamiento de este tipo de recursos locales.

1.4. Materiales y Métodos

Se definieron al azar cuatro localidades a encuestar en zonas semiáridas, donde la población percibe la recolecta de escamol como una alternativa que le genera ingresos. Para definir la tipología de recolectores se abordaron a través de tres pasos: 1) la construcción de un modelo mental usando el enfoque de sistema; 2) la aplicación de una encuesta para comprobar el modelo mental; y 3) la identificación de tipos de recolectores usando métodos estadísticos. Para el primer paso de establecieron tres niveles: 1) el nivel ecológico, en el que se contemplan aspectos como la naturaleza misma del hormiguero; 2) el nivel agroecológico, en el que se consideran aspectos relacionados con la recolección del escamol y 3) el nivel municipal, en el que se consideran características relacionadas con la sostenibilidad del negocio (

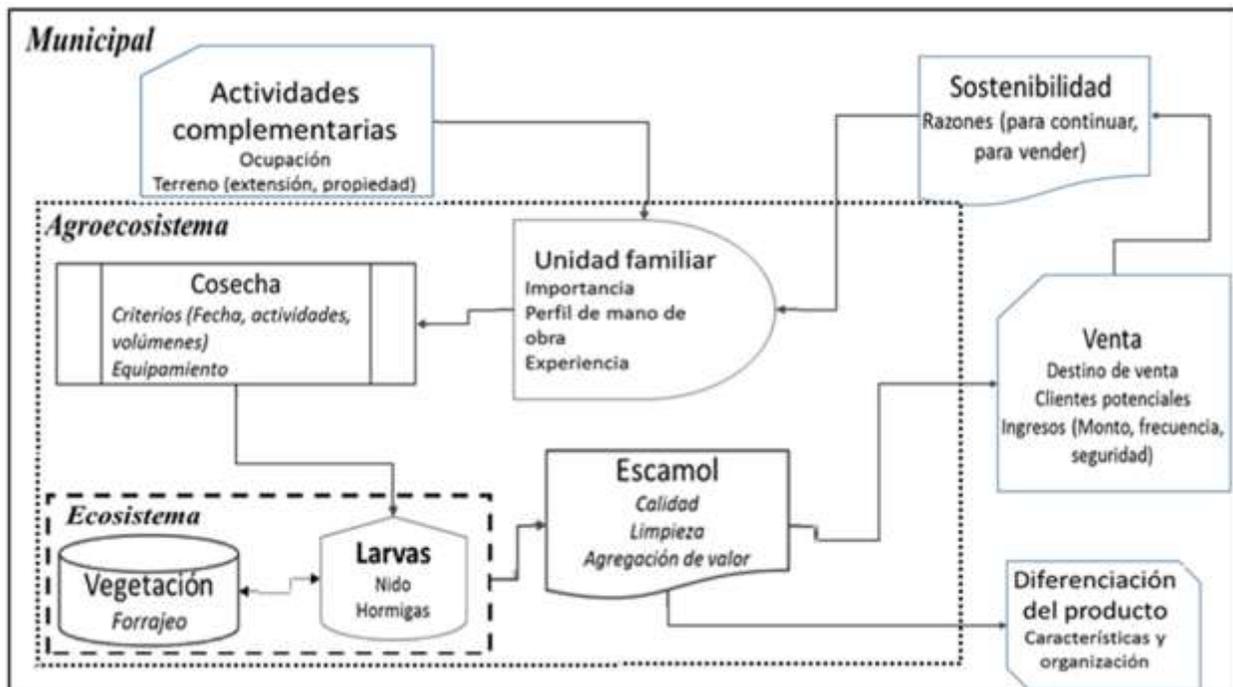


Figura 1). Los reactivos para identificar características específicas relacionadas con la recolecta de escamol, los recolectores y la venta y sostenibilidad de la actividad se muestran en el Cuadro 3.

Después de aplicadas las encuestas, se construyó la base de datos para realizar el análisis de las respuestas. Para ellos se empleó el principio de Pareto (Newman, 2005) que consiste en obtener conclusiones preliminares, bajo este esquema de análisis las

conclusiones están basadas en más de 80% de las respuestas fueran iguales, (p.e. sexo de los recolectores = hombres); para lograr lo anterior se llevo a cabo una selección de datos que cumplieran 80%, en caso contrario se dejó fuera fuera las variables que representaron <20% de los que encuestados. Esta depuración deja un número de variables pre-analizadas y modificará el modelo mental inicial (Figura 2).

Con las variables seleccionadas se realizó un análisis multivariado con 4 características básicas: matriz de correlación de Pearson para, el cual permite reducir la dependencia de variables oculta en un nivel mayor al 70%. Se identificaron supervariables (combinaciones lineales de las variables) y con este conjunto se llevo a cabo una agrupación y dendrograma basados en varianza interna mínima (Ward) para formar tipos de recolectores; la identificación de características propias de cada tipo de recolectores utilizando gráficos Box Plot y la descripción de los tipos de recolectores de escamol. Para los análisis estadísticos, se utilizaron Infostat (Di Rienzo, 2014) y el paquete Statistical Analysis System (SAS, 2014).

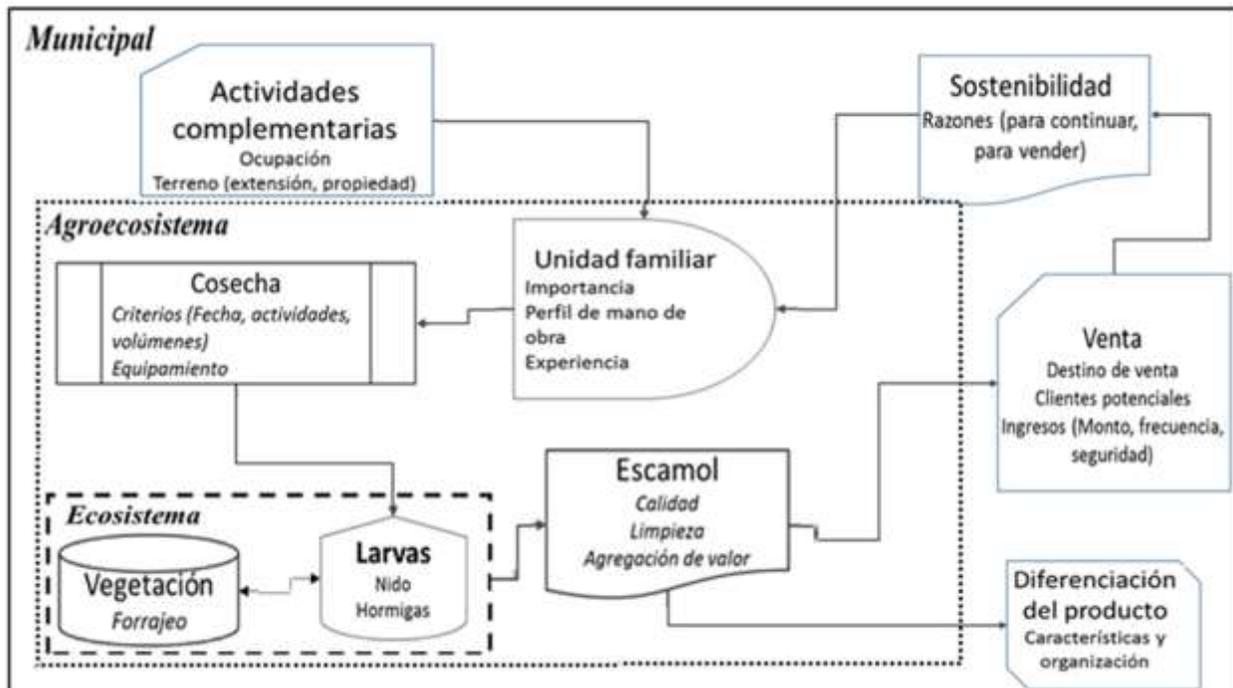


Figura 1. Modelo mental de la recolección de escamol.

La encuesta se realizó durante los meses de marzo y abril de 2015 a 45 pobladores en una superficie de 28,694 hectáreas que tienen a su disposición en zonas semidesérticas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Datos de las localidades encuestadas.

Estado	Municipio	Localidad encuestada	Número de muestra	Superficie representada (ha)
San Luis Potosí	Salinas de Hidalgo	San Juan Sin Agua	7	13,000
Zacatecas	Pinos	Tolosa	18	13,740
	Pinos	El Tecomate	9	600
	General Pánfilo Natera	Aurelio Pamanes	11	1,354
Total			45	2,8694

Cuadro 3. Aspectos considerados en el cuestionario usado para determinar la tipología de recolectores de escamol.

Rubro	Variables consideradas alrededor del escamol
Nido	Percepción de la migración del nido
Unidad familiar	Género, edad, escolaridad, localidad de origen, tiempo de habitar en la localidad y años de experiencia, importancia en la generación de ingresos familiares.
Cosecha	Período de recolecta, cantidades obtenidas, empleo de mano de obra adicional, actividades del nido (ubicación, picado como indicador de madurez, extracción y cierre del nido, tapón y uso de materiales para tapar el nido).
Escamol	Separación de tamaño de larvas, prácticas de limpieza, uso de tecnología para conservación.
Venta	Destino inmediato del producto (intermediario o consumidor), monto de ingresos por venta, frecuencia de entrega, seguridad de recibir pago.
Sostenibilidad	Identificación y ubicación geográfica de clientes potenciales, razones para la venta fuera de la comunidad, razones para continuar realizando la recolecta.
Diferenciación del producto	Percepción de características distintivas (color, sabor, tamaño, época, demanda), intereses en la creación de una organización.

Actividades complementarias del recolector	Actividad principal de generación de ingresos del recolector, tipo de tenencia y superficie de los terrenos usados en la recolección de escamol.
--	--

1.5. Resultados y Discusión

a) Propuesta sistémica de análisis de la recolecta de escamol

La Figura 2 muestra la propuesta de análisis de la recolecta de escamol, donde se señalan las variables que fueron respondidas, así como las variables que se consideraron como clasificatorias. El modelo mental se basó en responder las fases de proceso de obtención del escamol, además de indicar qué variables pueden ser parte de una propuesta de estandarización para la recolecta óptima del escamol.

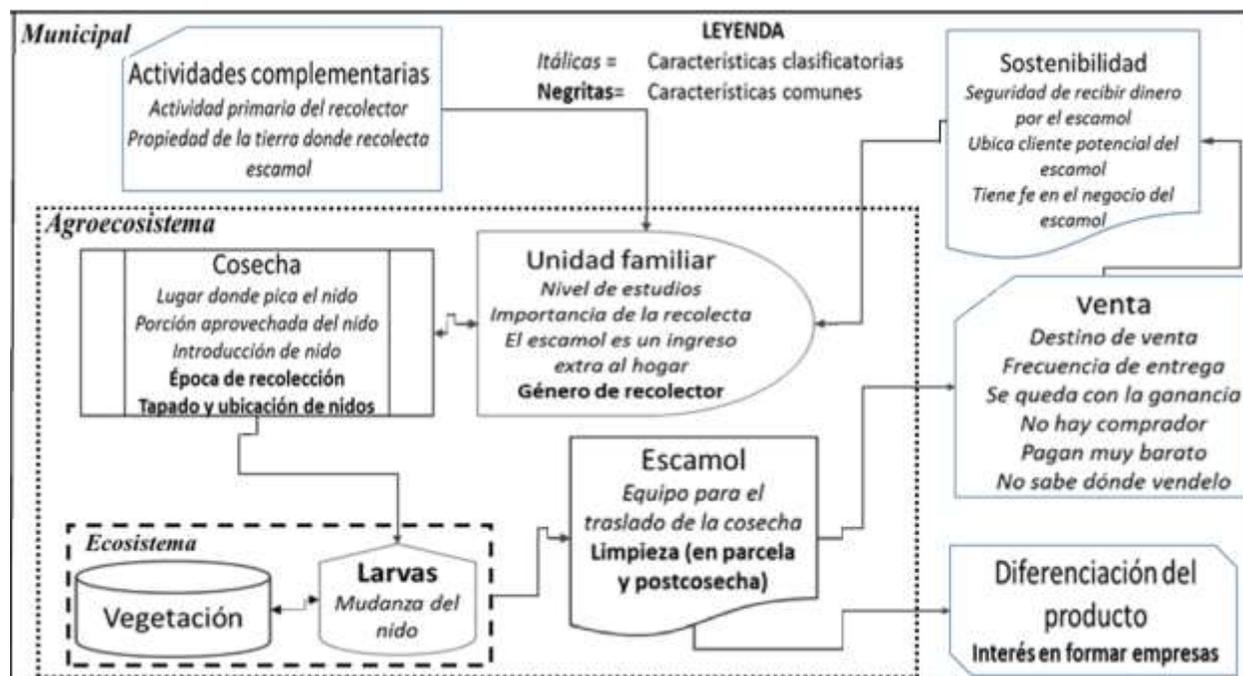


Figura 2. Modelo mental modificado de la recolecta de insectos como recursos locales de utilidad.

De las 43 respuestas planteadas inicialmente, siete respuestas tuvieron un comportamiento definitivo: la época de recolección de escamol es realizada durante dos meses (marzo y abril); los recolectores expresaron el interés en formar empresas alrededor del escamol (100%); realizan limpieza del escamol al momento de recolectar

(100%) y limpieza adicional al regresar de la recolecta ya en casa, lo que es realizado por mujeres (93%); los recolectores son de sexo masculino de 39 años de edad y que además, son agricultores (73 %), ganaderos (13 %), o empleados/jornaleros (11 %); tapan el nido al terminar la cosecha de escamol (98%) y ubican el nido a cosechar prácticamente de memoria (87%); el 97% de los recolectores respondió que la actividad se realiza por parejas de recolectores (97%) y al final de la jornada la recolecta es dividida en partes iguales. Por otro lado, 17 respuestas carecieron de una respuesta significativa (menos de 20% de los encuestados, manifestaron una opinión) y quizá deben ser analizadas con mayor profundidad en otros sitios o definitivamente ser descartadas como dudas de investigación. Por ejemplo, la variable asociada al uso y pago de ayudantes y el esfuerzo individual en la cosecha, lo que implica el uso de mano de obra familiar, los recolectores no consideran que el escamol que recolectan tienen características diferenciadoras (tamaño, color, olor, época y volúmenes de demanda), no le dan importancia a los aspectos negativos de la venta de escamol (seguridad de venta, recompensa por el esfuerzo de vender o el desconocimiento de lugares de venta). En la visión a 5 años, los recolectores tampoco consideran que el mercado sea incierto, que exista menos escamol y que requiera una inversión. En total se obtuvieron 19 reactivos con una representación entre 20% y 80%, que son la base del análisis estadístico para identificar tipos de recolectores.

b) Definición de tipos de recolectores de escamol

De las 19 variables restantes se procedió a identificar aquellas que pueden definir los grupos de recolectores: El Cuadro 4 muestra la matriz de correlación de Pearson y en negritas se muestran los pares de variables con mayor correlación (valores mayores a 0.7). Se determinó el uso de las 19 variables para identificar tipos de recolectores.

Cuadro 4. Correlación de variables que definen tipos de recolectores (matriz de correlación, alfa= 0.05).

Variable	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
A	1.00																		
B	-0.26	1.00																	
C	-0.23	0.38	1.00																
D	0.20	-0.04	0.13	1.00															
E	-0.17	0.34	0.41	-0.21	1.00														
F	0.26	0.29	0.12	-0.24	0.19	1.00													
G	-0.44	0.42	0.25	-0.29	0.56	0.06	1.00												
H	-0.27	0.30	0.13	-0.35	0.67	0.09	0.59	1.00											
I	0.10	-0.39	-0.22	0.01	0.01	-0.25	-0.18	0.30	1.00										
J	-0.22	0.01	0.20	0.18	-0.20	-0.25	0.09	0.14	-0.17	1.00									
K	-0.18	0.11	0.35	-0.51	0.42	0.24	0.41	0.43	0.07	-0.21	1.00								
L	-0.07	0.09	0.22	-0.50	0.34	0.35	0.17	0.04	-0.24	-0.45	0.56	1.00							
M	-0.01	-0.33	0.08	-0.41	-0.01	0.06	-0.27	-0.09	0.22	-0.35	0.33	0.49	1.00						
N	0.15	-0.17	-0.36	0.67	-0.52	-0.26	-0.51	-0.32	0.21	0.22	-0.76	-0.70	-0.42	1.00					
O	-0.09	-0.28	-0.37	0.04	-0.04	-0.50	0.11	0.18	0.39	0.08	-0.14	-0.48	-0.26	0.22	1.00				
P	-0.21	-0.05	-0.12	0.02	-0.16	-0.02	0.02	-0.18	-0.09	-0.14	0.04	0.34	0.00	0.05	0.00	1.00			
Q	0.17	0.10	0.10	-0.51	0.53	0.33	0.27	0.45	-0.06	-0.34	0.50	0.54	0.38	-0.62	-0.30	-0.24	1.00		
R	0.01	-0.31	0.02	0.53	-0.11	-0.08	-0.15	-0.24	-0.09	0.06	-0.23	-0.32	-0.16	0.35	0.04	0.13	-0.32	1.00	
S	0.11	0.00	0.03	0.67	-0.56	-0.16	-0.41	-0.70	-0.33	0.25	-0.52	-0.35	-0.48	0.59	0.02	0.11	-0.70	0.31	1.00

A= Nivel de Estudios; B= Importancia de la recolecta; C. Lugar donde pica el nido; D= Porción aprovechada del nido; E= Introduce nido; F= Mudanza del Nido; G= Equipo traslado de escamol; H= Destino de la venta del escamol; I= Frecuencia de entrega; J= Seguridad de recibir dinero por el escamol; K= Se queda con la ganancia del escamol; L= No hay comprador para escamol; M= Pagan muy barato el escamol; N= No sabe dónde vender el escamol; O= Ubica cliente potencial del escamol; P= Tiene fe en el negocio del escamol; Q= El escamol es un ingreso extra al hogar; R= Actividad primaria del recolector; S= Propiedad de la tierra donde recolecta escamol.

El análisis de componentes principales señala que se alcanza una varianza de 0.78 de un total del 1.00 al considerar seis componentes principales (Cuadro 5) utilizando 13 de las 19 variables para agrupar a los recolectores; con cinco variables en el primer componente, dos variables en el segundo y tercer componente y el resto de los componentes (4, 5 y 6) solo requieren de una variable (Cuadro 5). Por lo tanto, para el primer criterio (CP01) de clasificación, el recolector no sabe dónde vender el escamol (0.37), la propiedad de la tierra donde recolecta el escamol (0.33) y en sentido inversamente proporcional que el escamol representa un ingreso extra (-0.33) y que se queda con la ganancia del escamol (-0.32) y finalmente la porción aprovechada del nido (0.30).

Cuadro 5. Vectores que determinan la clasificación de recolectores de escamol.

Variables	CP01	CP02	CP03	CP04	CP05	CP06
A. Nivel de Estudios	0.08	0.31	-0.02	-0.51	-0.05	-0.14
B. Importancia de la recolecta	-0.13	-0.34	-0.29	-0.13	-0.28	-0.04
C. Lugar donde pica el nido	-0.13	-0.22	-0.30	-0.01	0.51*	0.21
D. Porción aprovechada del nido	0.30*	-0.12	-0.14	-0.14	0.35	-0.22
E. Introduce nido	-0.29	-0.23	0.04	-0.16	0.23	-0.29
F. Mudanza del Nido	-0.16	0.12	-0.30	-0.31	-0.17	-0.23
G. Equipo traslado de escamol	-0.23	0.40*	0.04	0.12	-0.10	-0.17
H. Destino de la venta del escamol	-0.25	-0.31	0.29	-0.15	0.02	-0.09
I. Frecuencia de entrega	0.02	0.11	0.49*	-0.07	0.21	-0.07
J. Seguridad de recibir dinero por el escamol	0.13	-0.34	0.00	0.02	0.05	0.50*
K. Se queda con la ganancia del escamol	0.32*	0.01	0.02	0.15	0.19	-0.01
L. No hay comprador para escamol	-0.30	0.24	-0.23	0.24	-0.02	-0.09
M. Pagan muy barato el escamol	-0.17	0.41*	0.07	0.15	0.28	0.28
N. No sabe dónde vender el escamol	0.37*	-0.03	0.06	-0.12	-0.05	-0.12
O. Ubica cliente potencial del escamol	0.12	-0.15	0.46*	0.14	-0.11	-0.15
P. Tiene fe en el negocio del escamol	0.03	0.08	-0.12	0.57*	-0.13	-0.42
Q. El escamol es un ingreso extra al hogar	0.33*	0.13	0.03	-0.26	0.01	-0.03
R. Actividad primaria del recolector	0.19	-0.03	-0.07	0.06	0.51	-0.39

Variables	CP01	CP02	CP03	CP04	CP05	CP06
S. Propiedad de la tierra donde recolecta escamol	0.33*	-0.05	-0.30	0.06	-0.03	0.03
Varianza acumulada	0.30	0.44	0.57	0.65	0.72	0.78
Varianza individual	0.30	0.14	0.43	0.22	0.49	0.29

La formación de grupos de recolectores de escamol mediante conglomerados, se hizo por el método de Ward (SAS, 2014) y permitió identificar a seis tipos de recolectores (Figura 3). Cada tipo de recolector refleja los intereses en torno al escamol a través de los cuadrantes A, B, C y D. La dispersión de los datos muestra un 43% de explicación de la dispersión de los recolectores de escamol. La mayor explicación de los tipos de recolectores (CP01) se basa en que esta actividad es un ingreso extra al hogar y la posibilidad de quedarse con la ganancia es excluyente con el desconocimiento de donde vender el escamol y el uso de terrenos ejidales. En segundo lugar, se muestra la percepción de un pago muy bajo del escamol opuesto al equipamiento utilizado para trasladar el escamol.

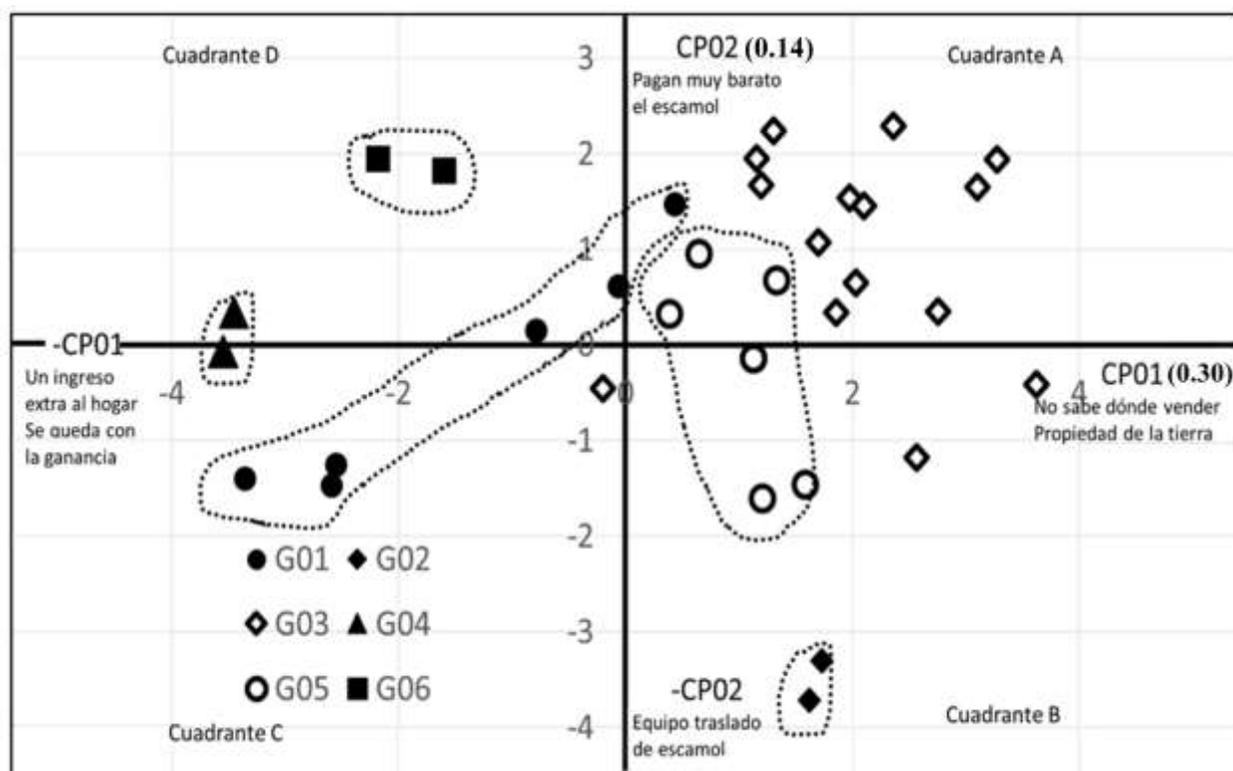


Figura 3. Identificación de los tipos de recolectores de escamol en comunidades rurales del Altiplano Potosino-Zacatecano.

Los grupos 5, 3, y 1 están orientados a saber dónde vender el escamol (Figura 4), por lo que la percepción de dónde vender el escamol se convierte en una acción estratégica en cadenas de valor para poder mover su producto.

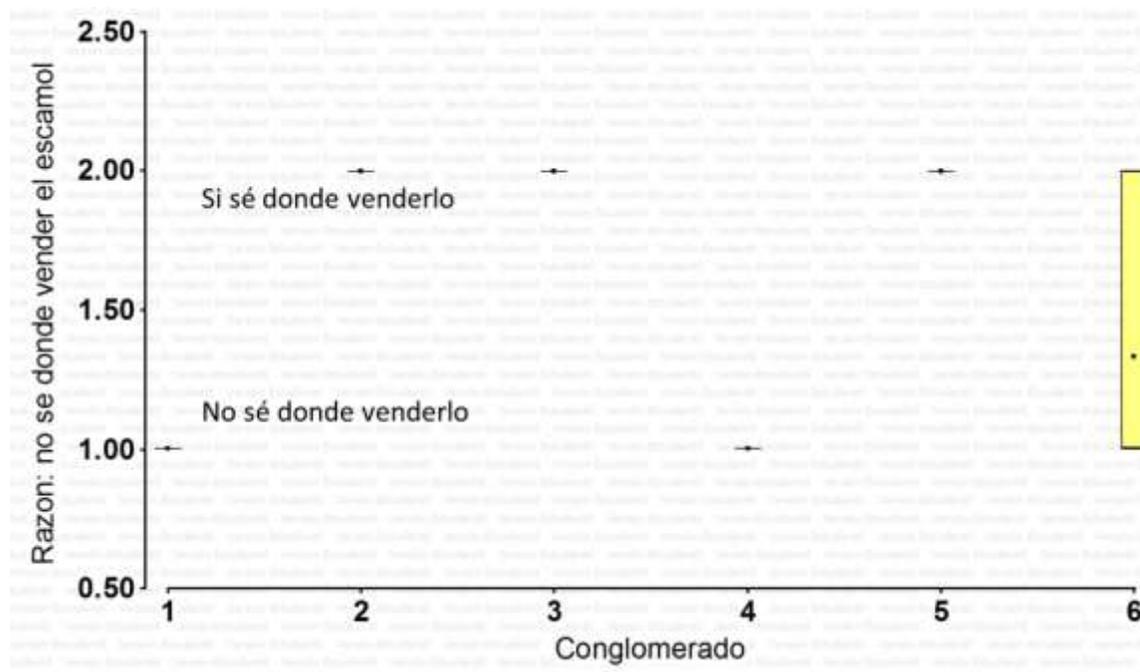


Figura 4. Conocimiento del mercado de escamol por los recolectores de escamol en el Altiplano Potosino-Zacatecano.

En el Cuadro 6 se señalan las características de cada grupo de recolector y cuya expresión es un árbol de familias según los intereses y prácticas de los recolectores de escamol (Figura 7).

Cuadro 6. Tipología de recolectores de escamol.

Característica	1 ventajista	2 mediador	3 tradicional	4 no preparado	5 visionario	6 desinformado
Sabe dónde vender el escamol	No	Si	No	No	No	No
Propiedad de la tierra donde recolecta escamol	Prestado	Ejidal	Ejidal	Rentado	Prestado	Rentado
El escamol es un ingreso extra al hogar	Si	Si	Si	No	Si	No
El recolector se queda con la	No	Si	Si	No	Si	No

Característica	1 ventajista	2 mediador	3 tradicional	4 no preparado	5 visionario	6 desinformado
ganancia del escamol						
Porción aprovechada del nido	Todo	Parte	Parte	Todo	Todo	Todo
Al recolector le pagan muy barato el escamol	Pagan bien	Pagan barato	Pagan bien	Pagan bien	Pagan bien	Pagan bien
Equipo utilizado en el traslado del escamol	Bote	Bote	Hielera- Cubeta	Bote	Cubeta	Cubeta
Buenos Ingresos (SMG)	1.7	2.8	2.0	1.4	5.1	1.7
Malos Ingresos (SMG)	0.6	0.9	0.5	0.2	1.4	0.4
Ubicación	A	B	C.	D	E	F
No. de recolectores	6	5	15	9	7	5

A= Aurelio Pamanes y Tolosa, Zac., B= San Juan Sin Agua, S.L.P., C= Tolosa, Zac., D=El tecomate, Zac., E= Aurelio Pamanes, Zac y San Juan Sin Agua S.L.P., y F= Aurelio Pamanes, Zac.

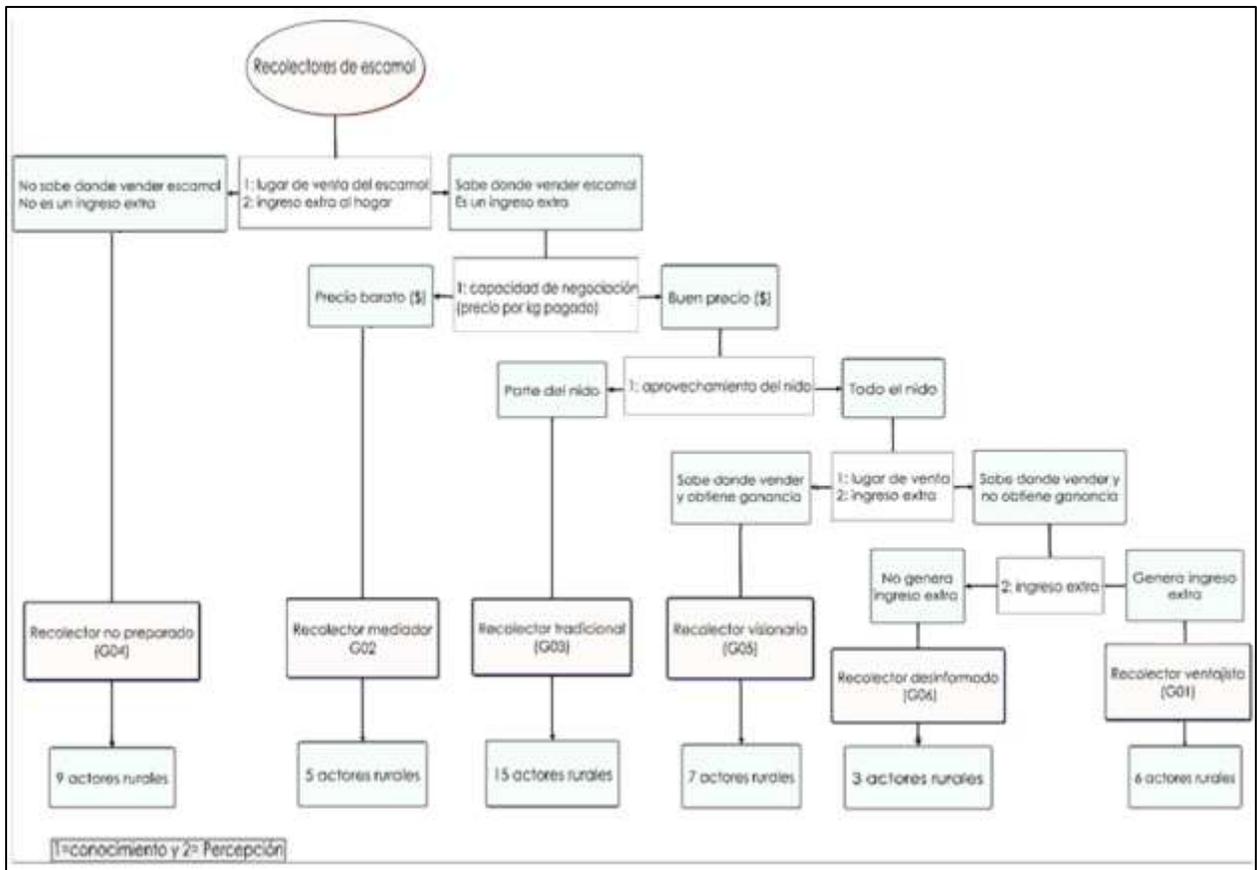


Figura 5. Tipología de recolectores de escamol.

Prácticas de recolecta

Los mercados de los insumos comestibles de origen natural exigen cierta calidad, lo cual obliga a los recolectores de escamol a la adopción de una propuesta eficiente de volúmenes de recolecta de escamol y de calidad. Estos procedimientos deben considerar las actividades que se realizan para la obtención de en campo del escamol (Figura 6), hasta la venta del producto. Su correcta aplicación y adopción no depende solamente de la implementación de iniciativas del gremio, ni de programas gubernamentales, sino de la participación comprometida de los recolectores, acopiadores y comercializadores. En el Cuadro 7 se identifican las principales prácticas de recolecta del escamol se mencionan, los beneficios obtenidos de los recolectores al aplicarlas debidamente, así como consecuencias relacionados con su mala implementación (Cuadro 7).



Figura 6. Fases de la recolección de escamol en el Altiplano Potosino-Zacatecano.

Cuadro 7. Fases, beneficios y prácticas de recolección del escamol e impactos derivados de una mala aplicación de las prácticas identificadas.

Fase	Actividad	Practica requerida pro la actividad	Consecuencia por no realizar la practica de forma adecuada
1	Reconocimiento del nido a recolectar	Habilidad del recolector	Disminución de la cantidad recolectada al final de la jornada (250g-1800g).
2	Picar al nido con una varilla.	Indica si hay escamol, indica donde rascar.	Puede provocar el acarreo de las larvas por las hormigas a galerías secundarias del nido.
2	Limpieza superficial del área de nido.	Facilita el rascado y extracción del escamol.	Degradación de la cobertura vegetal preferida por la hormiga en el área de nido.
2	Rascado del nido.	Obtención del escamol con piedras y tierra.	Desestabilización del área de anidación.
3	Cribado del escamol.	Obtención de escamol "limpio".	Área de anidación propensa a derrumbe gradual.
3	Depósito del escamol en hielera, cubeta o bote.	Preservación del escamol durante la jornada.	Generalmente no cuentan con hielo, a temperaturas altas puede descomponerse el escamol (se agría).
2	Cerrar el nido cosechado.	Conservación del nido en su sitio original.	Reducción en la población de hormigas en el área de anidación por contacto directo con aire y sol. Migración del nido.
2	Cubrir el nido cosechado.	Conservación del nido en su sitio original.	Cambios en la cobertura vegetal preferido por la hormiga en el área de nido. Migración del nido.
2	Traslado del escamol.	Calidad de entrega del escamol.	Entre mayor es el tiempo que transcurra el escamol en campo, mayor es el riesgo de que se reviente o se agríe.
4	Lavado con agua.	Calidad de entrega del escamol.	El agua no es potable, por lo que hay problemas de higiene que impactan la calidad del producto que procede de pozos o presas.
4	Ecurrir escamol lavado en un colador.	Calidad de entrega del escamol.	El secado disminuye peso del escamol al momento de entrega.
4	Volteado del escamol para que se seque.	Calidad de entrega del escamol.	No secar el escamol provoca el adelgazamiento de cutícula del escamol y que éste se reviente.
4	Congelado del escamol.	Calidad de entrega del escamol.	Sin presentación de calidades. La forma actual de entrega del escamol es a granel.

Derivado de lo anterior, es posible diseñar un esquema de buenas practicas para la recolección del escamol, así como establecer las ventajas de dichas prácticas. Las cuales, además de asegurar el aprovechamiento del recurso natural dan la seguridad al consumidor del origen del recurso, dichas prácticas deben tener las siguiente

socnsideraciones u objetivos: 1) Mejorar las condiciones higiénicas del producto al momento de realizar la limpieza (agua de calidad), 2) Prevenir y minimizar el rechazo del producto en el mercado debido a residuos (restos de hormiga o tierra fina), 3) Reducir el riesgo de la presencia de tóxicas (propias del insecto o de hongos relacionados) o características inadecuadas en sabor (agrío) o mal aspecto para el consumidor (pupa gris-negra), 4) Minimizar las fuentes de contaminación de los productos (unas largas, cabello de los recolectores, pelos o setas de insectos), al implementar normas de higiene durante la recolección de la del escamol. Lo anterior abre mayores posibilidades de comercializar el escamol a mercados exigentes (tipo gourmet).

1.6. Conclusiones

Derivado de esta tipología se concluye que el interés de los recolectores por la obtención del escamol gira en torno a los beneficios económicos, que a su vez dependen de la demanda del producto por intermediarios, principalmente, ya que no se cuenta con clientes potencialmente ubicados (restaurantes, tiendas). La recolecta de escamoles es una actividad complementaria a las actividades agrícola, ganadera, empelado o jornalero. Se distinguen patrones que diferencian a un grupo de otro según su interés económico, como por ejemplo inversión en salir a vender y le interesa vender; político, como el tipo de tenencia de la tierra y el comercial, relacionado con la frecuencia de entrega del producto. Por otra parte, son necesarias las prácticas estandarizadas de recolecta del escamol con el fin de optimizar el recurso, provocar el menor disturbio posible en el área de nido y de obtener el mejor rendimiento y calidad para abastecer el mercado actual y los potenciales. Además, se deberá tener en cuenta la sostenibilidad del nido de hormiga escamolera recolectado, donde la tasa de regeneración de la colonia de la hormiga no exceda la de la recolección de escamol y que el disturbio o deterioro del hábitat no exceda la capacidad de recuperación de la hormiga escamolera.

1.7. Literatura citada

CDI. 2014. Bebidas tradicionales de los pueblos indígenas de México. Mezcal. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. En línea en: http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=2887:bebidas-tradicionales-de-los-pueblos-indigenas-de-mexico-&catid=65 (mayo/2015).

- Costa-Nieto, E. y J. Ramos-Elorduy. 2006. Los insectos comestibles de Brasil: etnicidad, diversidad e importancia en la alimentación. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*. 30: 423-442.
- Cruz-Labana J. D., L. A. Tarango-Arámbula, J. L. Alcántara-Carbajal, J. Pimentel-López, S. Ugalde-Lezama, G. Ramírez-Valverde y S. L. Mendez-Gallegos. 2014. Habitat use by the "escamolera" ant (*Liometopum apiculatum* mayr) in central Mexico. *Agrociencia*. 48 (6): 569-582.
- Del Toro, I., J. A. Pacheco, and W. P. Mackay. 2009. Revision of the ant genus *Liometopum* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*. 53: 299-369.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, C.W. Robledo. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Esparza-Frausto G., F. J. Macías-Rodríguez; M. Martínez-Salvador, M. A. Jiménez-Guevara, S.de J. Méndez-Gallegos. 2008. Insectos comestibles asociados a las magueyeras en el ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas, México. *Agrociencia* 42(2): 243-252.
- FAO. 1998. Censos Agropecuarios y Género-Conceptos y Metodología. FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma.
- Figuroa A. G., G. M. L. Ruíz A., L. R. Vargas, G. S. González. 2010. Aplicación de productos derivados del insecto *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera, Dactylopidae). *Acta Universitaria*. Universidad de Guanajuato. 20 (3): 51-55.
- García Pérez V. P. 2000. La región de la Sierra Juárez. Las propiedades comunales y el desarrollo sustentable, World Wildlife Fund (WWF), Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), Programa de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales de México (PROCYMAF), Oaxaca, México.
- Misawa-Matsushima T., B. Salvatierra-Izaba y A. Nazar-Beutelspacher. 2005. Fecundidad, migración y ambiente en comunidades indígenas de la Sierra Madre de Chiapas, México. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*. 2(2): 83-95.
- Newman M. E. J. 2005. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. *Contemporary Physics* 46: 323-351.
- Ramos-Elorduy, J., M. M. Pino y S. C. Cuevas. 1998. Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 69(1): 65-104.
- Ramos-Elorduy, J., J. M. Pino y M. Conconi. 2006. "Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México". *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3): 291-318.

SAS. 2014. Base SAS 9.4 Procedures Guide, Third Edition. SAS Institute Inc. Cary, N.C. 2194 p.

Velasco C. C., M. del C. Corona-Vargas y R. Peña-Marínez. 2007. *Liometopum apiculatum* (Formicidae: Dolichoriderinae) y su relación trofobiotica con Hemiptera Sternorrhynca en Tlaxco, Tlaxcala, México. Acta Zoológica Mexicana. 23(2): 31-42.

Velázquez S., Idolina; A. Porras M.; L. A. Touron V. 2008. "Estrategia de desarrollo sustentable para generar alimento y empleo: el gusano cuchamá en Zapotitlán Salinas, Puebla, México". Argumentos, num. 21(56): 119-135.

CAPITULO II: COMPETENCIAS EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS IDENTIFICADAS EN RECOLECTORES DE *Liometopum apiculatum* MAYR

2.1. Resumen

La revalorización de recursos naturales se debe a la creciente presión social por generar proyectos productivos rentables sobre todo en regiones limitadas agroecológicamente. Se realizó una intervención social en cuatro comunidades del altiplano Potosino Zacatecano, que manejan 28,694 ha-1, para identificar competencias que influyen en el éxito de recolecta de larvas de hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr) como actividad económica. Se analizó el comportamiento de recolectores, para identificar competencias actuales y requeridas para sugerir estandarización de procesos en la cadena de valor. Se identificaron seis tipos de recolectores de acuerdo a su orientación de recolección en el largo plazo. Los perfiles reflejaron competencias técnicas (productividad de nidos, volúmenes de recoleta, recursos requeridos para extracción y estándares de calidad de escamol); de sobrevivencia del negocio (saber dónde comercializar) y de orientación a resultados (administración de recursos obtenidos, desarrollo de cultura de recolecta, y lograr precio por kilogramo aceptable contra su esfuerzo). El interés del recolector es seguir aprovechando el recurso en torno a proyectos planificados, mejorar la presentación y cumplimiento de requisitos de inocuidad como competencia que diferencié su producto en el mercado.

Palabras clave: Hormiga, insectos comestibles, conocimiento local, cadena de valor.

2.2. Abstract

Exploit natural resources for revaluation is due to the increasing social pressure to design profitable and productive alternatives for people living in limited agro-ecological regions. Social intervention in four communities in arid areas of Zacatecas and San Luis Potosi, Mexico, was carried in order to identify competencies in project management, by collecting "escamol" ant's larvae (*Liometopum apiculatum* Mayr). Surveys were applied to people that gatherers the ant's larvae, aimed to identify current skills and processes required to standardize the chain value, allowing sustainability of the business. Six types of collectors were identified (opportunist, social, conservative, improvised perspective, ignorant) from business orientation in the long term to quick and easy form to earn money;

The types of “escamol” collectors mirror technical competences (nest productivity, collected volumes, equipment required for larvae extraction, quality standards), behavioral competences (where to trade “escamol”) and business orientation (earnings administration, collector’s culture attitude, and competitive market prices for “escamol”). The interest of the collectors is taking advantage from “escamol” focusing on designing planned projects, diverse larvae presentations and consumer’s compliance with safety hygienic requirements in a competitive market context.

Keywords: escamolera ant, edible insects, local knowledge, chain of value.

2.3. Introducción

La revalorización de actividades rurales para aprovechar recursos naturales se debe a la creciente presión social por generar proyectos productivos rentables por los habitantes de regiones agroecológicamente limitadas (Charvat, 2003). En comunidades del Altiplano Potosino-Zacatecano de México, se ha aumentado el nivel de integración entre el conocimiento tradicional y recursos endógenos con el fin de formar proyectos de aprovechamiento de recursos locales como una fuente generadora de beneficios económicos, alimenticios y desarrollo social (Reed, 2008). Un recurso natural aprovechable en zonas de baja precipitación pluvial son las larvas de la hormiga escamolera (*L. apiculatum*). El valor de mercado de este producto y sus perspectivas para generar empleos justifican el estado de este insecto en las condiciones de recolecta que permitan la mejora de las condiciones de calidad que cumplan con las exigencias del mercado (Barrena y Sánchez, 2013). Sin embargo, en la sociedad los efectos en la sociedad del éxito de un proyecto productivo, como el del escamol, son el resultado del conocimiento tradicional, la necesidad de generar una fuente de ingresos económicos y perspectiva inconsciente de organización permanente, integrando la identificación de competencias individuales de los actores rurales involucrados (Maja-Marija *et al.*, 2013). Las competencias en el desempeño de un proyecto, o una tarea, son un factor clave para lograr buenos resultados y por ende el éxito en proyectos productivos. En contraste omitir el estudio de estas competencias puede ser causa para no alcanzar el éxito (Cooke-Davies, 2002). Con base en lo anterior, se identificaron las competencias individuales en la dirección de los proyectos orientados a la recolecta de

escamol, considerando el antecedente histórico de explotación con fines comerciales con el fin de proponer mejoras al proceso de organización, beneficiado, presentación de producto y comercialización.

2.4. Materiales y métodos

Para alcanzar el objetivo establecido, se aplicaron encuestas estructuradas a personas dedicadas a recolectar escamoles en cuatro comunidades de Pinos, Zacatecas y Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. Se consideró un enfoque integral para identificar competencias técnicas, de comportamiento (actitudes de los recolectores), y contextuales relevantes para el negocio del escamol a partir de la mejora de las habilidades de los recolectores (Figura 1) (IPMA, 2006). De las 46 competencias indicadas por IPMA (2006), se consideraron 17 elementos de competencia que suceden durante la recolecta de escamol como elementos transversales para el éxito del aprovechamiento sustentable de este recurso natural, tales como, las competencias técnicas, que están vinculadas a la gestión de los recursos naturales como las siguientes a) prácticas de recolecta y conservación del nido; período de recolecta y cosecha, cantidades obtenidas, ubicación y migración del nido con las temporadas de aprovechamiento, picado, extracción, cierre, y material para tapar el nido. b) sobre la familia; años de experiencia y escolaridad del recolector, años de pertenencia en la comunidad, importancia de la actividad en economía familiar y la generación de empleos. Las competencias de comportamiento, están ligadas a liderazgo e influencia en miembros de la comunidad, como es: c) cumplimiento de estándares de calidad; tamaño, limpieza y tecnología de conservación del escamol, creación de una organización permanente, principal actividad económica del recolector, propiedad legal de las áreas de aprovechamiento de la larva y superficie; y finalmente. Las competencias contextuales, están orientadas a d) la sostenibilidad del negocio en el largo plazo como alternativa rentable; venta fuera de la comunidad y continuidad de la actividad, identificación de clientes potenciales, diferenciación de factores de calidad comercial (color, sabor, tamaño y demanda), frecuencia de entrega, destino inmediato y seguridad de recibir un pago.

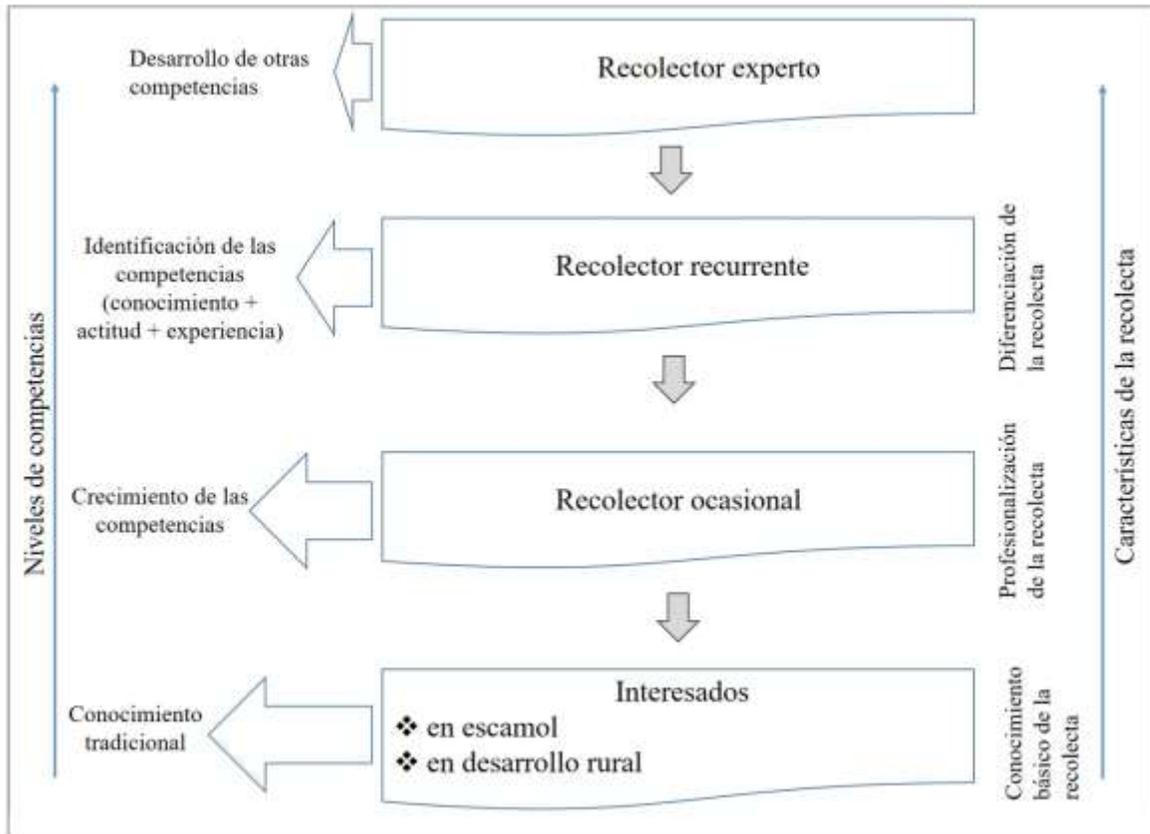


Figura 7. Competencias y actores involucrados en la recolección de *L. apiculatum*, en comunidades rurales de en el Altiplano Potosino Zacatecano.

El tamaño de muestra fue de la población 45 actores rurales que aprovechan una superficie de recolecta de 28,694 ha y donde de manera natural existe el escamol, durante marzo y abril de cada año (Cuadro 8). Las competencias expresadas por los recolectores se procesaron mediante análisis multivariados para identificación de valores propios (Eigenvalues) que determinan la clasificación de recolectores de escamol mediante el análisis de componentes principales; y la construcción de grupos basados en varianza interna mínima (Ward), utilizando Infostat (Di Rienzo, 2014) y Statistical Analysis System (SAS, 2014).

De 41 características del negocio del escamol, nueve tuvieron un comportamiento definido: Vinculadas a la gestión de recursos: La época de recolección se realiza durante marzo y abril; se trata de recolectores masculinos maduros (39 años de edad) que no usan jornales debido a que la recolecta se realiza con mano de obra familiar (98%). Los recolectores de escamol recuerdan de memoria la ubicación de los nidos (87%), trabajan en parejas con actividades complementarias (97%), realizan una primera limpieza del escamol al momento de recolectarlo (retiran piedras que lastimen las larvas, quitan exceso de suelo que demerita la calidad del producto y después tapan el nido de hormigas para favorecer su recuperación) 98% (Figura 9). Al llegar las larvas al domicilio familiar (93%), las esposas realizan un segundo lavado más profundo y delicado. Al final de la jornada, las parejas de recolecta de escamol se reparten al 50% el producto y el ingreso de la venta (100%). Respecto a la orientación y sostenibilidad del negocio del escamol: más de 80% de los entrevistados manifestaron un interés en formar empresas del escamol como organización permanente que dé certidumbre en los ingresos, independientemente de sus actividades como agricultores (73%), ganaderos 13% y jornaleros 11% (Figura 10).



Figura 9. Competencias técnicas: ubicación del nido (A1 y A2); extracción que inicia con la apertura del nido (B1), obtención del escamol (*L. apiculatum*) (B2); limpieza de suelo en campo con cribado (C1); retiro de piedras (C2); depósito de la recolecta en equipo de traslado (C3); cierre del nido colocando un tronco y material externo para tapanlo (D-E).

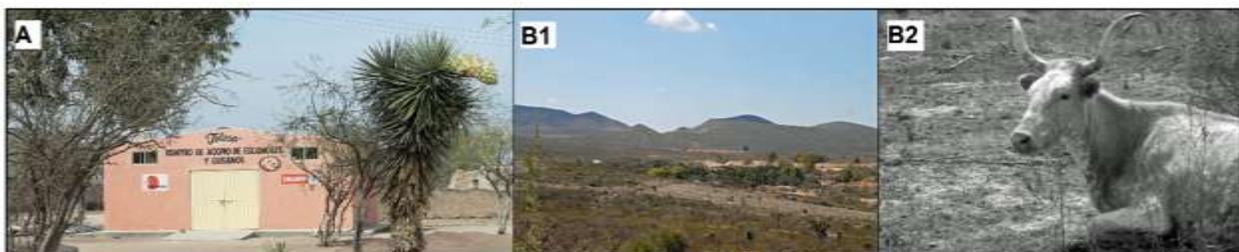


Figura 10. Competencias de comportamiento expresadas como creación de una organización (A), actividad primaria del recolector: agricultura (B1) y ganadería (B2).

Trece características de la recolecta carecieron de respuesta significativa (menos de 20% de los encuestados manifestaron una opinión), ligada a liderazgo e influencia en miembros de la comunidad. Los recolectores no consideran que el escamol recolectado tenga características diferenciadoras como tamaño, color y olor (Figura 11), volúmenes

y época de demanda; no le dan importancia a la seguridad de venta, ni a la recompensa por realizar el esfuerzo de vender o desconocer lugares de venta; tampoco consideran que el mercado sea incierto o que exista descenso en el volumen de escamol recolectado, y que requiera una inversión en el negocio (adquisición de tecnología o infraestructura).

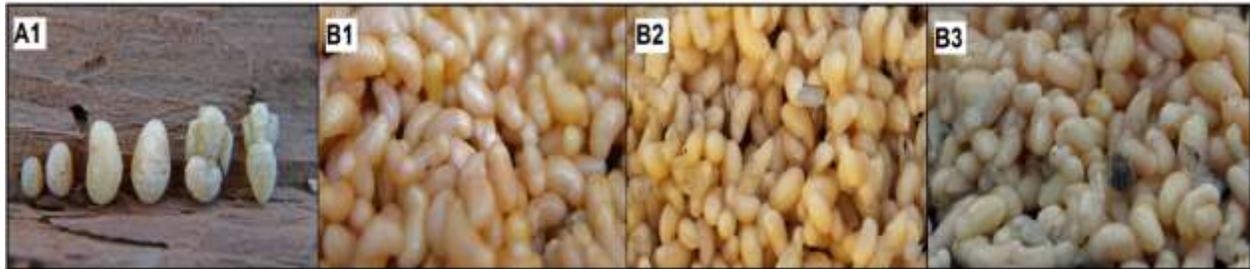


Figura 11. Competencias contextuales: A1: tamaño del escamol (*L. apiculatum*) que venden; B1-B3: color y olor.

En resumen, se analizaron 19 características relacionadas con la recolecta de escamol definidas por la mayoría de los encuestados, y representan una base para el desarrollo rural de pobladores con recursos escasos dentro del contexto territorial.

Definición de tipos de recolectores

El análisis de componentes principales de las características de la recolección mostró una varianza de 0.78 (de un total de 1) al considerar seis componentes principales (Figura 12) utilizando 12 variables (Cuadro 3). De las 19 variables analizadas se eliminaron siete, considerando únicamente las siguientes: 1) nivel de estudios del recolector, 2) importancia de la recolecta en sus ingresos económicos, 3) lugar donde pica el nido para conocer el momento de recolección, 4) práctica de introducir materiales naturales para favorecer la ovoposición, 5) movilidad del nido de su sitio original, 6) frecuencia de entrega de escamol a intermediarios, 7) no existe compromiso con un comprador permanente, 8) pago barato por kilogramo, 9) desconoce puntos de venta, 10) desconoce nuevos clientes, 11) tiene fe en el negocio y 12) la recolecta no es su actividad primaria.

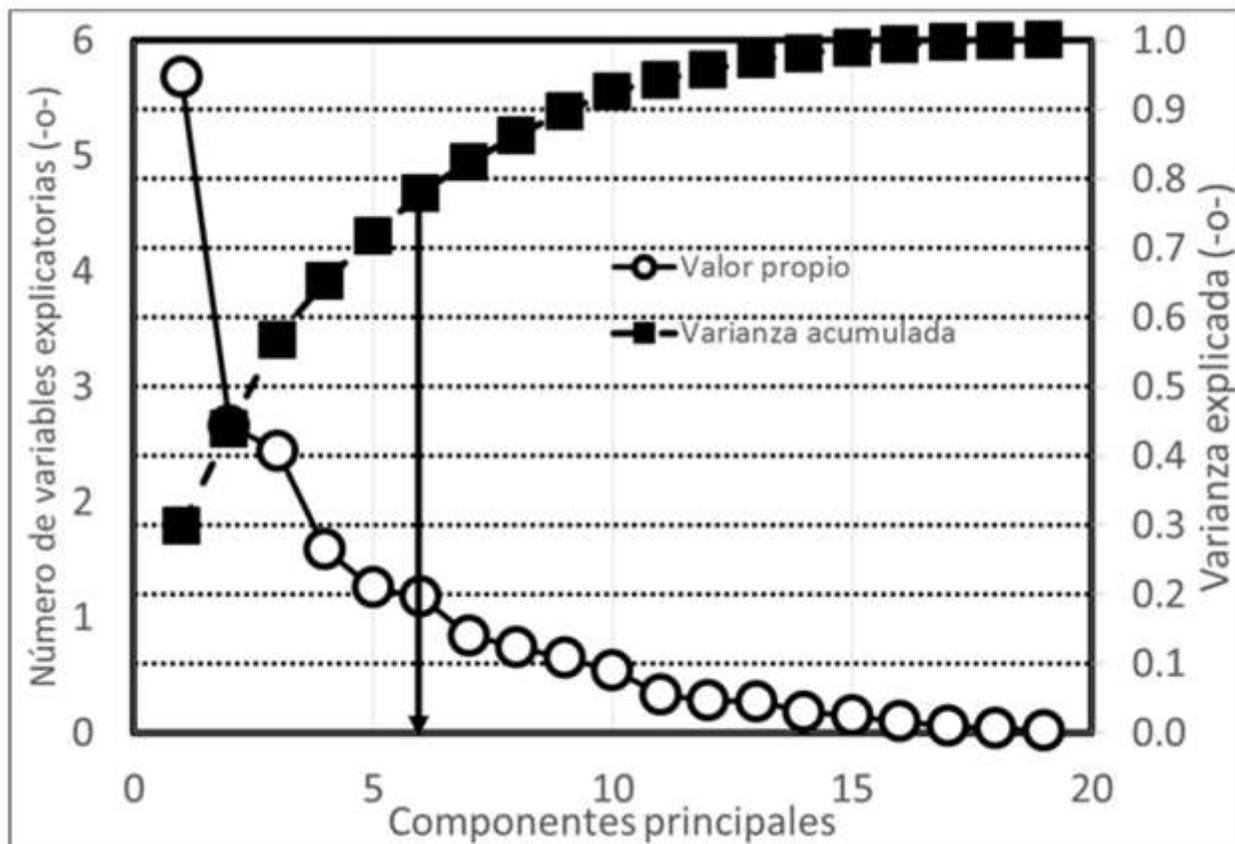


Figura 12. Definición de número de variables de competencia a considerar (componentes principales) y varianza explicada en recolectores de (*L. apiculatum*).

El dendrograma de formación de grupos identificó seis tipos de recolectores (73% de confiabilidad) utilizando siete variables de competencia clasificatorias (Cuadro 3): porción aprovechada del nido de hormiga escamolera (todo el nido o una parte), equipamiento para el traslado de escamol (hielera para conservación y cubeta o bote para colecta), destino (intermediario o venta directa), fijación del precio por el escamol (pago inmediato contra entrega o pago diferido), el beneficiario de la venta del escamol (recolector o un grupo de recolectores), utilidad del ingreso para la familia (ingreso extra o único ingreso), tenencia de la tierra donde recolecta (ejido, prestados, rentados). Las relaciones de similitud entre los recolectores de escamol (Figura 13) donde se identifican los actores con mayores posibilidades de éxito como negocio (recolectores conservadores, grupo03), los recolectores con perspectiva, los que desconocen el negocio y los oportunistas que consideran que el precio del escamol es adecuado

(grupos05, 06 y 01); los recolectores sociales hacen uso de recursos en terrenos ejidales (grupo02). A diferencia de la mayoría de los recolectores, los improvisados no obtienen ingresos extras que les motive a dar continuidad al negocio del escamol (grupo04).

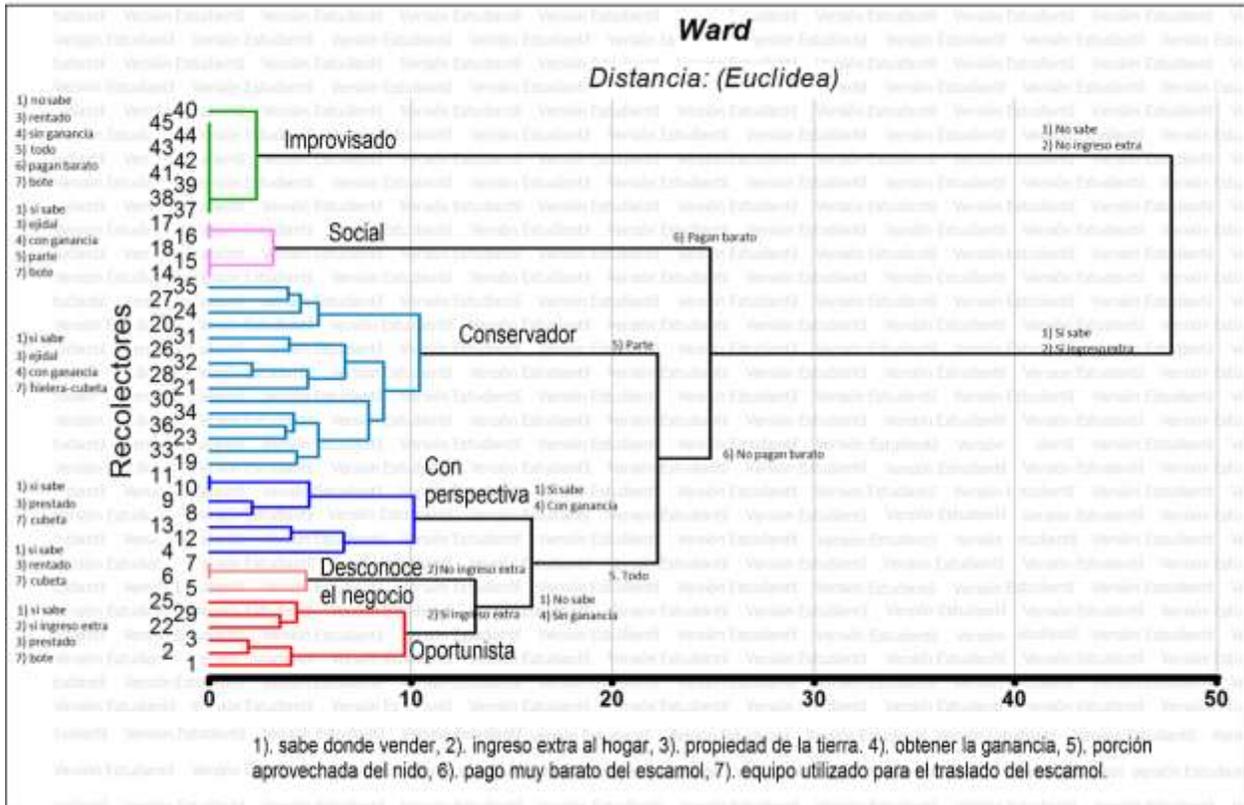


Figura 13. Agrupación de recolectores de escamol y competencias identificadas en cada grupo.

Competencias identificadas

Los resultados sugieren correspondencia entre las características de recolecta de escamol como actividad rural con las indicadas en dirección de proyectos (IPMA 2006), y se muestra su existencia para cada grupo de recolector (Cuadro 9). Las competencias identificadas son las siguientes:

- a. **Liderazgo:** los recolectores deben asegurar el usufructo de tierras ajenas o comunitarias a través de pago o permisos de autoridades (comisariado ejidal), ya sea en forma individual o en grupo.

Característica	ICB3:Competencia	Elemento	Tipo de recolector						
			1	2	3	4	5	6	
Equipo utilizado	Técnica	Calidad							☑
Porción aprovechada del nido	Técnica	Alcance y entregables	☑			☑	☑	☑	☑

☑ Se identificó la competencia. 1 oportunista, 2 social, 3 conservador, 4 improvisado, 5 con perspectiva, 6 desconoce el negocio.

Los ingresos generados por esta actividad temporal señalan un indicador de rentabilidad de la recolecta (Figura 14), que ejerce presión y puede agotar el recurso debido a falta de regulación sobre la especie y áreas de aprovechamiento (Ramos-Elorduy *et al.*, 2006).

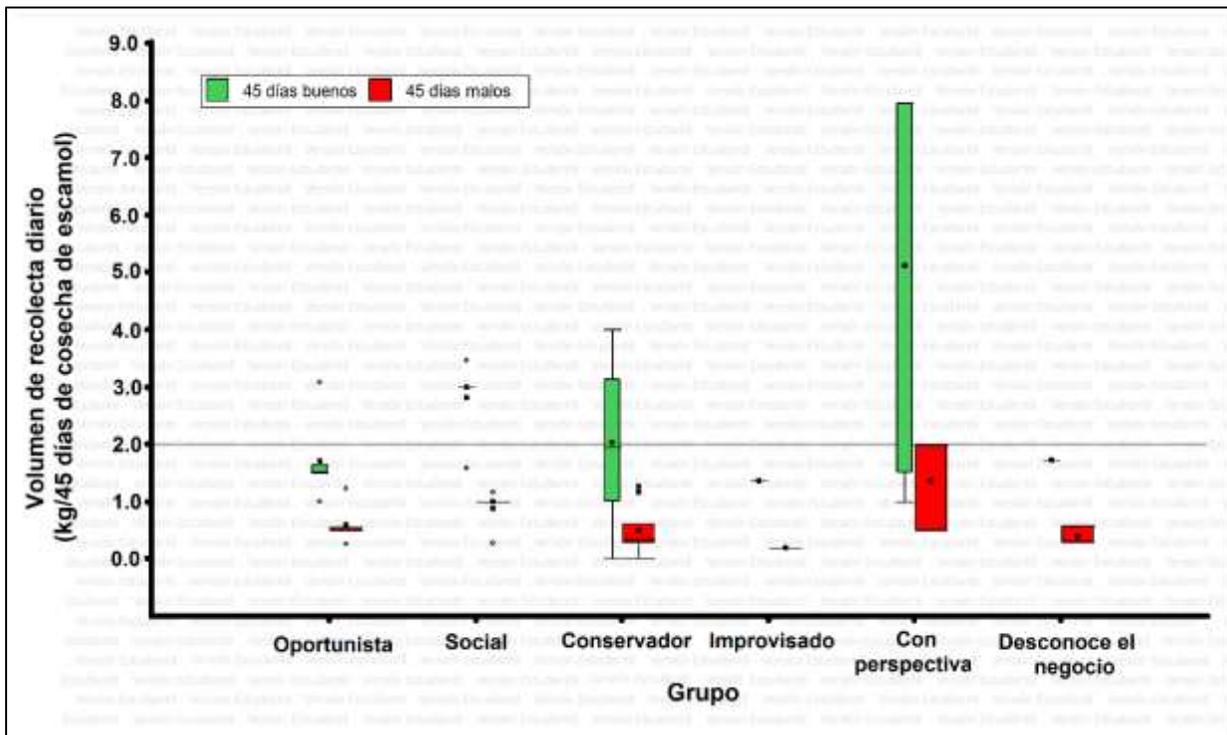


Figura 14. Variación del volumen de recolecta de escamol (*Liometopum apiculatum*) en buenos y malos rendimientos por nido.

2.6. Conclusiones

Las competencias que identifican a los recolectores para gestionar, empoderarse y profesionalizarse en la actividad del recurso local comprende cuatro aspectos: 1) entender los cambios ambientales que afecten la productividad de la hormiga escamolera, 2) tomar decisiones sobre el manejo de los nidos de hormiga, 3) fortalecer la conservación del hábitat de la hormiga escamolera en el largo plazo; y 4) decidir los volúmenes de extracción de larvas basado en la demanda de los consumidores. El tipo de recolector que desarrolle el mayor número de competencias estará mejor preparado para adquirir presencia en comercio del escamol y lograr una recolecta de mayor calidad con diferenciación en el mercado. Todas las competencias identificadas hacen viable la orientación de la recolecta para dar oportunidad a más actores rurales de insertarse en nuevos mercados que proporcionará a los beneficiarios, seguridad de auto-emplearse en su comunidad. El primer paso para formular proyectos productivos para el aprovechamiento de recursos naturales de zonas áridas es identificar las competencias en el éxito del negocio, como es el caso de la recolecta del escamol en las comunidades del Altiplano Potosino Zacateno.

2.7. Literatura citada

- Barrena R. y M. Sánchez. 2013. Neophobia, personal consumer values and novel food acceptance. *Food Quality and Preference*. 27: 72–84.
- IPMA. 2006. ICB-IPMA Competence baseline, versión 3.0. International Project Management Association. The Netherlands. 199 p.
- Charvat J. 2003. *Project Management Methodologies: Selecting, Implementing and Supporting Methodologies and Processes for Projects*. Wiley, New York 264 p.
- Cooke-Davies T. 2002. The “real” success factors on projects. *International Journal of Project Management*. 20: 185-190.
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada, C.W. Robledo. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Maja-Marija N., Vukomanović M., Radujković M. 2013. The Impact of ICB 3.0 Competences on Project Management Success. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 74: 244-254.

Ramos-Elorduy, J., Pino J.M., Conconi M. 2006. Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana*. 45(3): 291-318.

Reed S. M. 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*. 141: 2417-2431.

SAS. 2014. *Base SAS 9.4 Procedures Guide, Third Edition*. SAS Institute Inc. Cary, N.C. 2194 p.

CAPITULO III: DIVERSIDAD GENÉTICA DE *Liometopum apiculatum* Mayr (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) COMO MEDIDA DE CONSERVACIÓN EN MÉXICO

3.1. Resumen.

Ante reportes de sobreexplotación de larvas de *Liometopum apiculatum* (escamol) en el estado de Hidalgo y en el Altiplano Potosino, se realizó una caracterización genética de la especie para identificar su divergencia genética mediante el Citocromo oxidasa subunidad I (COI) en tres poblaciones distintas de hormigas y su comparación con otras especies para apoyar futuras medidas de conservación. La poca divergencia genética hallada de la especie hace factible que recolectores de escamol la reintroduzcan en áreas con registro de aprovechamiento comercial, ecológico y alimentario.

Palabras clave: hormiga, hábitat, reintroducción, diversidad genética.

3.2. Abstract

Based on reports of over-utilization of larvae of *Liometopum apiculatum* (escamol) in Hidalgo and the Altiplano Potosino in Mexico, we conducted a genetic characterization of the specie to identify its genetic divergence using Cytochrome oxidase subunit I (COI) in three separate populations of ants and to compare them with other ant species to support future conservation measures. In the face of little genetic divergence of ants evaluated, it is feasible to introduce them in such a way that allows ant collectors to obtain trade, food and ecological benefits.

Key words: ant, habitat, reintroduction, genetic diversity.

3.3. Introducción

La hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum*) forma parte de más de 500 especies de insectos comestibles en México. Ésta diversidad de recursos genéticos es amenazada por el cambio climático y las actividades antropogénicas que impactan en la pérdida de hábitat y en el número de poblaciones de hormiga debido a la ausencia de normas legales y productivas que regulen su aprovechamiento por la población rural (Ramos-Elorduy *et al.*, 2006). Existen reportes de aprovechamiento desmedido de escamol (larvas de *L. apiculatum*), con la consecuente sobreexplotación de nidos de hormiga en el estado de Hidalgo (Ramos-Elorduy *et al.*, 2006) y en el Altiplano Potosino

(Cruz-Labana *et al.*, 2014). Lo que implica riesgos para la existencia de poblaciones de hormiga al reducir su capacidad de recuperación como especie. Considerando la posibilidad de introducir nidos de hormigas de una región en otra, para atenuar la presión que ejercen los recolectores de escamol sin vigilancia y con ello, evitar la desaparición de la especie, se realizó una caracterización genética de *L. apiculatum*.

3.4. Materiales y métodos

La identificación de la divergencia genética se realizó mediante el Citocromo oxidasa subunidad I (COI) en tres poblaciones distintas de hormigas en México, utilizando los primers LCO1490 y HC02198 (Hebert *et al.*, 2003). La divergencia genética se comparó con otras especies cercanas de las sub-familias existentes en México de Formicidae (*Dolichoderinae*, *Ectatomminae*, *Formicinae*, *Myrmicinae*, *Ponerinae*, *Pseudomyrmecinae*) y una especie de Apoidea (*Apidae*) como referencia para apoyar futuras medidas de conservación (Crozier, Crozier, 1993).

3.5. Resultados y discusión

El origen geográfico de las poblaciones de hormiga secuenciadas (usando el software de secuenciación BigDye® Terminator v1.1 (Applied Biosystems). Las secuencias se alinearon en posiciones nucleotídicas homologas (método ClustalW, software MEGA 6.0 (Tamura *et al.*, versión 6.0), para establecer los patrones taxonómicos moleculares, se empleó el modelo de distancia genética de dos parámetros de Kimura (Nei y Kumar, 2000) de construcción de filogramas con consistencia igual a 1,000 réplicas) con el COI identificadas en México, y el número de acceso (gi) de las especies de referencia en el National Center for Biotechnology Information (NCBI) para la construcción de un árbol filogenético, se muestran en la Figura 15.

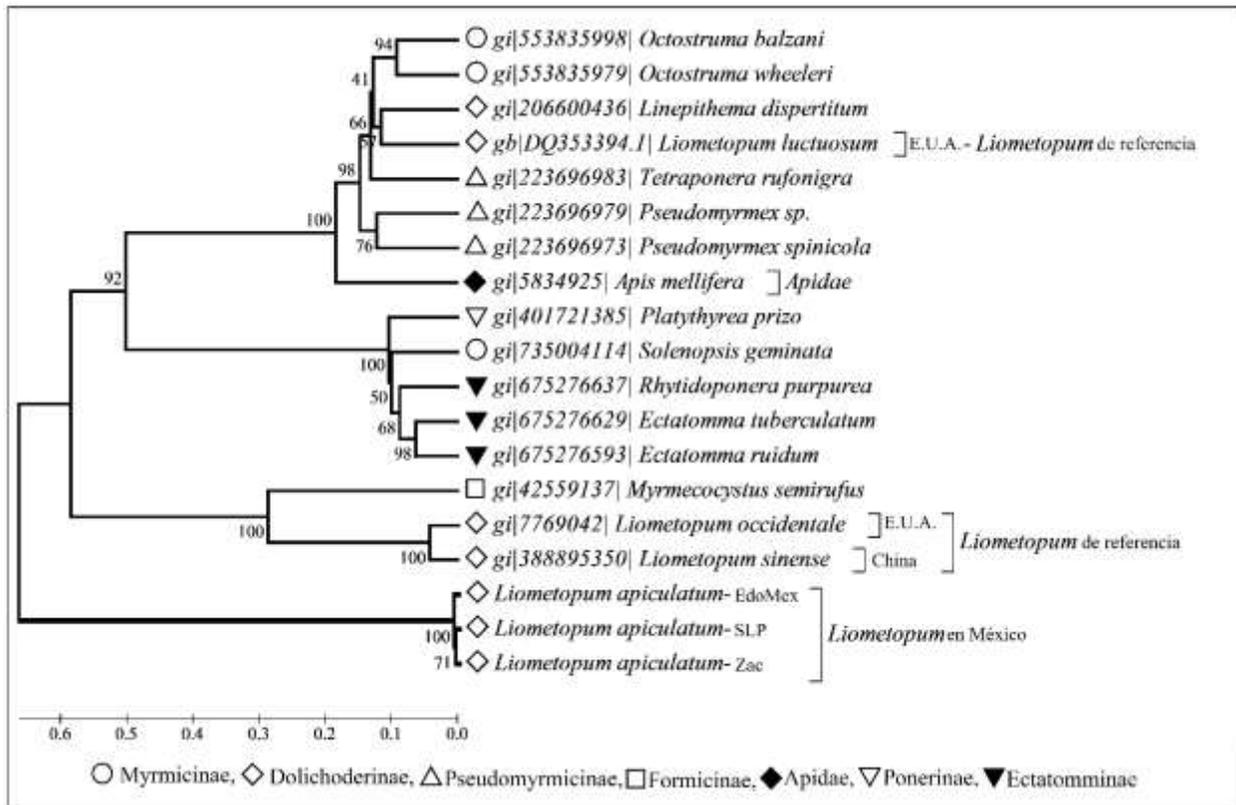


Figura 15. Árbol filogenético con base a un fragmento del gen CO1 para las diferentes poblaciones de *L. apiculatum* formando un cladograma monofilético con soportes de arranque de 100% y especies de referencia del mismo género. Los clados diferentes agrupan a especies de las subfamilias Formicinae, Ponerinae y Pseudomyrmicinae. El árbol se construyó usando el método estadístico UPGMA (Sneath *et al.* 1973) con un modelo de sustitución de nucleótidos basado en Kimura de dos parámetros (Kimura, 1980).

Las longitudes de los fragmentos de COI fueron de 620 pares de bases (pb) (Estado de México, EdoMex), 657 pb (San Luis Potosí, SLP) y 577 pb (Zacatecas, Zac). La secuencia de nucleótidos indica que las poblaciones de *L. apiculatum* son iguales. Se detectaron 609 sitios invariables, 10 sitios variables y 9 autapomorfías. En el Cuadro 11, se muestran las bases de los nucleótidos codificantes de proteínas, el contenido promedio de A+T en las tres poblaciones de *L. apiculatum* fue de 73%, superior a *L. luctuosum* (71%) (Moreau *et al.*, 2006), inferior a *L. occidentale* (74%) (Hoey, Rust, 2014) y a *L. sinense* (77%) (Zhilin *et al.*, 2013). El valor nucleotídico del género *Liometopum* es menor que el de *Apis mellifera* (84.86%), el mismo valor encontró Crozier y Crozier (1993). Por su parte, la sola la subfamilia tuvo un A+T menor (62%).

En el Cuadro 2 se muestra la distancia genética de las poblaciones de hormiga escamolera, SLP y Zac tuvieron una distancia inferior a 0.02, lo que confirma que son la misma especie, (Hebert *et al.*, 2003). La población EdoMex tuvo una distancia genética de 1.22 por lo que esta población puede sugerirse como un eco-tipo diferente de la especie *L. apiculatum* respecto a SLP y Zac.

Cuadro 10. Bases de los nucleótidos codificantes de proteínas en un fragmento COI en tres poblaciones de *L. apiculatum* y especies de referencia (GenBank).

Familia	Especies de referencia y <i>L. apiculatum</i>	Base (%) 1 ^{er}				Base (%) 2 ^{do}				Base (%) 3 ^{er}				A+T
		A	T	C	G	A	T	C	G	A	T	C	G	
Dolichoderinae*	<i>Liometopum apiculatum</i> -EdoMex	36	27	19	18	47	37	6	10	41	29	12	18	71
Dolichoderinae*	<i>Liometopum apiculatum</i> -SLP	37	28	20	15	45	36	8	11	41	29	12	18	72
Dolichoderinae*	<i>Liometopum apiculatum</i> -Zac	40	27	18	15	47	35	7	10	42	29	10	18	72
Dolichoderinae	<i>Linepithema dispertitum</i>	28	35	17	20	31	38	19	12	34	46	10	10	71
Dolichoderinae	<i>Liometopum sinense</i>	34	39	16	10	34	44	16	6	39	41	14	7	77
Dolichoderinae	<i>Liometopum occidentale</i>	33	39	18	10	34	45	15	6	38	43	12	7	74
Dolichoderinae	<i>Liometopum luctuosum</i>	21	43	21	15	40	41	13	6	34	35	16	15	77
Ectatomminae	<i>Rhytidoponera purpurea</i>	22	40	21	17	43	41	14	2	36	37	12	15	74
Ectatomminae	<i>Ectatomma tuberculatum</i>	24	39	21	17	39	49	10	2	34	38	12	16	73
Ectatomminae	<i>Ectatomma ruidum</i>	22	39	20	18	41	45	11	3	35	37	13	15	74
Formicinae	<i>Myrmecocystus semirufus</i>	35	44	15	6	37	48	13	3	39	42	12	7	73
Myrmicinae	<i>Solenopsis geminata</i>	20	42	20	18	39	40	19	3	34	35	16	15	82
Myrmicinae	<i>Octostruma balzani</i>	22	41	21	16	39	39	15	6	34	35	19	13	70
Myrmicinae	<i>Octostruma wheeleri</i>	23	42	20	14	41	41	14	5	33	36	18	13	70
Ponerinae	<i>Platythyrea prizo</i>	22	41	20	17	40	51	7	1	36	36	13	15	72
Pseudomyrmecinae	<i>Tetraoponera rufonigra</i>	27	33	18	22	26	39	20	14	35	29	23	13	76
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex sp.</i>	27	33	20	21	31	39	19	11	39	27	22	12	64
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex spinicola</i>	28	35	18	20	30	40	18	12	35	37	17	11	65
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	41	40	11	7	41	45	9	5	47	40	8	4	85

*Poblaciones de *L. apiculatum* analizadas en esta contribución.

Cuadro 11. : Distancias genéticas entre especies de hormiga escamolera (en negritas) y especies de referencia (GenBank).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Ñ	O	P*	Q*	R*
A																			
B	1.13																		
C	1.07	0.19																	
D	1.11	0.21	0.18																
E	1.10	0.19	0.17	0.13															
F	1.21	1.14	1.04	1.12	1.03														
G	1.17	0.97	0.97	0.99	1.00	0.38													
H	1.13	1.06	0.96	1.00	0.99	0.31	0.18												
I	0.57	1.21	1.22	1.22	1.18	1.26	1.17	1.13											
J	1.17	0.21	0.20	0.21	0.21	1.07	1.00	0.97	1.20										
K	0.08	1.14	1.05	1.06	1.06	1.22	1.23	1.15	0.58	1.20									
L	1.23	0.97	0.96	1.01	0.96	0.39	0.27	0.26	1.16	0.97	1.31								
M	1.11	1.08	1.08	1.18	1.13	0.39	0.31	0.28	1.35	1.14	1.07	0.30							
N	1.17	1.03	0.97	1.09	1.04	0.41	0.30	0.32	1.21	0.99	1.22	0.27	0.24						
Ñ	1.20	0.89	0.88	0.92	0.91	0.35	0.27	0.24	1.25	0.89	1.17	0.26	0.32	0.32					
O	1.12	0.92	0.93	0.96	0.95	0.34	0.27	0.23	1.16	0.94	1.10	0.26	0.26	0.28	0.23				
P*	1.16	1.36	1.35	1.47	1.38	1.39	1.27	1.32	1.27	1.34	1.20	1.36	1.36	1.40	1.38	1.23			
Q*	1.17	1.34	1.35	1.48	1.38	1.38	1.28	1.31	1.28	1.32	1.20	1.38	1.37	1.41	1.36	1.22	0.00		
R*	1.15	1.34	1.33	1.45	1.36	1.38	1.26	1.31	1.28	1.33	1.20	1.36	1.36	1.38	1.38	1.22	0.00	0.01	

A=*Liometopum occidentale*, B=*Solenopsis geminata*, C=*Rhytidoponera purpurea*, D=*Ectatomma tuberculatum*, E=*Ectatomma ruidum*, F=*Apis mellifera*, G=*Octostruma balzani*, H=*Octostruma wheeleri*, I=*Myrmecocystus semirufus*, J=*Platythyrea prizo*, K=*Liometopum sinense*, L=*Tetraponera rufonigra*, M=*Pseudomyrmex* sp., N=*Pseudomyrmex spinicola*, Ñ=*Linepithema dispertitum*, O=*Liometopum_luctuosum*, P=*Liometopum apiculatum*-EdoMex, Q=*Liometopum apiculatum*-SLP y R=*Liometopum apiculatum*-Zac.

Las poblaciones de *L. apiculatum* analizadas forman un clado monofilético señalando un ancestro común comprobado por la identidad entre las secuencias, como parientes más cercanos se encontró a *L. occidentale* y *L. sinense* (100%), mientras que *L. luctuosum* fue la especie más lejana (66%) (Figura 1). Se considera que la intervención humana realizada en el aprovechamiento del escamol de hormiga en las poblaciones estudiadas y la distancia geográfica que separa a las poblaciones evaluadas (530 km en promedio), no han influido en la expresión genética de *L. apiculatum*.

3.6. Conclusiones

Este estudio sugiere una posible reintroducción de hormiga escamolera de Zacatecas a las áreas explotadas en San Luis Potosí. La reintroducción en el Estado de México requiere de más estudios debido a que es la población más distante genéticamente, pudiera tratarse de un ecotipo de *L. apiculatum*. La hormiga escamolera constituye un recurso genético que es una fuente de alimento y comercio en comunidades rurales. La reintroducción de *L. apiculatum* en áreas sobreexplotadas puede realizarse como medida de conservación con riesgos menores de perturbación ecológica. Las asociaciones de recolectores de escamol pueden documentar la reintroducción de hormiga escamolera y su aprovechamiento.

3.7. Literatura citada

- Crozier, R. H. y Y. C. Crozier. 1993. The mitochondrial genome of the honeybee *Apis mellifera*: complete sequence and genome organization. *Genetics*. 13: 97–117.
- Cruz-Labana J. D., L. A. Tarango-Arámbula, J. Alcántara-Carbajal, J. Pimentel-López, S. Ugalde-Lezama G. Ramírez-Valverde y S. J. Méndez-Gallegos. 2014. Habitat use by the “escamolera” ant (*Liometopum apiculatum* Mayr) in central Mexico. *Agrociencia*. 48: 569-582.
- Hebert P. D, S. Ratnasingham, J. R. de Waard. 2003. Barcoding animal life: Cytochrome c oxidase subunit divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 270: S96–S99.
- Kimura M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal Molecular of Evolution*. 16: 111–120.
- Moreau, C. S., C. D. Bell, R. Vila, S. B. Archibald, N. E. Pierce. 2006. Phylogeny of the ants: diversification in the age of angiosperms. *Science*. 312: 101-104.

- Nei M. y S. Kumar. 2000. Molecular evolution and phylogenetics. Oxford University Press, New York.
- Ramos-Elorduy J., J. M. Pino, M. Conconi. 2006. "Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México". *Folia Entomológica Mexicana*. 45: 291-318.
- Sneath P. H. A. y R. R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy. En: Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. San Francisco, W.H. Freeman and Company. 573 p.
- Tamura, K., J. Dudley, M. Nei, S. Kumar. Molecular Evolutionary Genetics Analysis. Versión 6.0 Center of Evolutionary Functional Genomics Biodesign Institute Arizona State University.
- Zhilin, C., Y. Z. Shan, Y. DuoDuo, C. Yuan, L. Chunwen. 2013. Molecular Phylogeny of the Ant Subfamily Formicinae (Hymenoptera, Formicidae) from China Based on Mitochondrial Genes. *Sociobiology*. 60: 135-144.

CAPITULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL ECOSISTEMA RELACIONADOS CON *Liometopum apiculatum* Mayr

4.1. Resumen

Las hormigas son una especie diversa, abundantes y ecológicamente importantes en casi todo tipo de ecosistemas. Se conoce muy poco acerca de las interacciones que *L. apiculatum* establece en su hábitat, por lo que es fundamental conocerlas para definir estrategias de conservación de esta hormiga. Este estudio se realizó con el fin de determinar las especies vegetales asociadas con *L. apiculatum*; determinar las diferencias entre especies vegetales de un nido de la hormiga cosechado y un nido sin intervención e identificar las especies vegetales asociadas a la presencia de insectos escamas y piojos harinosos. El estudio se realizó en el Ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas, donde se ubicaron 34 parcelas en una meseta de 945 ha con presencia de la hormiga escamolera. La identificación de componentes vegetales asociados a *L. apiculatum*, se hizo mediante una curva de acumulación de especies, posteriormente se hizo un análisis de regresión logística, para determinar la relación trófica de la presencia de hormiga con las interacciones planteadas. La presencia de *L. apiculatum* en el área de aprovechamiento por recolectores de escamol está relacionado con la presencia de 17 especies vegetales, con una confiabilidad del 92%. En términos de abundancia *Jatropha dioica*, *Agave salmiana*, *Sclerocactus uncinatus*, *Asclepia* sp. representan un 45% del total de las especies evaluadas. El principal hospedante de anidación de *L. apiculatum* es *Agave salmiana*. Los caminos de forrajeo son 3, con ancho de caminos de 3.5 cm (5.3-6.3 de desviación estándar). Los insectos escamas prefieren al *Agave salmiana* (88%) como hospedante, cuando las pencas tienen una orientación al sur (2.11) y al este (1.1), favorecen la presencia de escamas. Se identificaron dos especies y tres géneros de escamas en *Agave salmiana*, *Yucca filifera* y *Opuntia streptacantha*. Los piojos harinosos, prefirieron *Agave salmiana* (81%) y se encontraron en las pencas orientadas al norte (14.0) y sur (0.9). Se identificaron seis especies y dos géneros de insectos escama y piojos harinosos.

Palabras clave: ecología, especies vegetales, tipos de nido, interacciones.

4.2. Abstract

The ants are one of the most diverse, abundant insect species and naturally important in all kinds of ecosystems. Very little is known about the interactions that *L. apiculatum* establishes in its habitat, therefore it is fundamental to know to define conservation strategies of this ant. This study was conducted in order. To determine the vegetable species associated with *L. apiculatum*, determine differences between vegetable species of a exploited ant nest and an undisturbed ant nest and to identify the vegetable species associated with the presence of scales insects and mealybugs. The study was established in the common land (Ejido) Tolosa, Pinos, Zacatecas, 34 plots were located in a plateau of 945 ha with presence of the escamolera ant. The identification of vegetable components associated to *L. apiculatum*, was done by means of a curve species accumulation, later an analysis of logistic retrogression was done, to determine the trophic relationship of the presence of ant with the proposed interactions. Presence of *L. apiculatum* in the areas used for escamol collectors is related with the presence of 17 vegetable species to a confidence of 92 %. In terms of vegetable species abundance *Jatropha dioica*, *Agave salmiana*, *Sclerocactus uncinatus*, *Asclepia* sp. were the most common species in 45 % respect of the total evaluated. The main nesting host of *L. apiculatum* is *Agave salmiana*. There were 3 trails of foraging, with wide of 3.5 cm (5.3-6.3 of standard deviation). Scales insects prefers *Agave salmiana* (88 %) as host, when leaves have a south orientation (2.11) and to the east (1.1), which favor the presence of scales insects. Two species and three genera of scales insects were identified attacking *Agave salmiana*, *Yucca filifera* and *Opuntia streptacantha*. Mealybugs preferred *Agave salmiana* (81 %) and they were detected on leaves faced to the north (14.0) and south (0.9). Six species and two genera of mealybugs were identified.

Key words: ecology, vegetable species, types of nest, interactions.

4.3. Introducción

Las hormigas son una especie muy diversa, abundantes y ecológicamente importantes en todo tipo de ecosistemas (Lach *et al.*, 2010). Las diversas asociaciones que establecen las hormigas con las especies vegetales son ecológicamente necesarias, entre los beneficios que obtienen las especies vegetales está la dispersión de semillas,

se calcula que se producen alrededor de 3,000 especies vegetales de más de 80 familias en todo el mundo, donde la protección contra insectos herbívoros mediada por la recompensa es en forma de alimento líquido rico en proteínas y lípidos (Beattie y Hughes, 2002) por medio de néctares florales y extraflorales, así como de insectos que producen una sustancia dulce y transparente (ligamaza). Los insectos productores de ligamaza incluyen áfidos (13,000 especies descritas), chicharritas (2,500 especies), moscas blancas (1,600 especies), insectos escama, piojos harinosos (8,000 especies), psílidos (3,000 especies) y cercópodos o salivazos (3,000 especies) (Grimaldi, *et al* 2005). Las hormigas de la subfamilia Dolichoderinae, a la que pertenece la hormiga escamolera *Liomeotopum apiculatum* Mayr, son ~~hormigas~~ territoriales, omnívoras, depredadoras oportunistas o carroñeras (Carroll y Janzen 1973 y Hoey-Chamberlain *et al.*, 2013) que buscan complementar su dieta con ligamaza, a cambio protegen a coccidos como *Saissetia olea* y *Saissetia zanzibariensis* (Velasco *et al.* 2007.) y pseudocóccidos como *Dysmicoccus brevipes* (Carabalí-Banguero *et al.*, 2013)., de sus depredadores y parasitoides.

Las interacciones ecológicas relacionadas con hormigas consideran la territorialidad y la competencia, mecanismos de mayor estructura en las comunidades de hormigas (Dejean *et al.*, 2007). Sin embargo, factores como la disponibilidad de sitios de anidación, la estructura de la vegetación (Klimes *et al.*, 2012), la diversidad de plantas (Basset *et al.*, 2012) y la distribución de los recursos alimenticios (Floren y Linsenmair 2000) son importantes dentro del sistema ecológico. Se sabe muy poco acerca de cómo las interacciones entre especies vegetales influyen en la coexistencia entre *L. apiculatum* e insectos escama y los piojos harinosos (Tanaka *et al.*, 2010) y sus recursos de anidación (preferencias). Por otra parte, nuestro conocimiento sobre interacciones ecológicas de hormigas se basa en datos de hábitats perturbados, como las plantaciones con cultivos comerciales, selvas y bosques secundarios, descuidando la importancia de estas interacciones en zonas desérticas (Delabie *et al.*, 2007). La hormiga escamolera *L. apiculatum* vive en nidos subterráneos, busca plantas que le brinden protección a la colonia como agaves, nopales, mezquite y yuca, característicos de la vegetación del Altiplano Potosino-Zacatecano, para fundar sus colonias (Cruz-Labana *et al.*, 2014).

El conocimiento sobre las principales interacciones ecológicas relacionadas con *L. apiculatum* es de fundamental importancia, tanto para estudios científicos, como para el desarrollo de estrategias de conservación de esta hormiga dado que su estado larval (escamol) a principios de cada año es aprovechado por los pobladores obteniendo un ingreso económico. Sin embargo, dado el bajo número de estudios orientados a conocer los elementos ecológicos relacionados con las preferencias de *L. apiculatum* como área de forrajeo, condiciones de anidación, asociación con escamas y piojos harinosos, y a la omisión de factores que afecten nidos de hormiga escamolera en su ecosistema natural, existe un considerable riesgo de pérdida de componentes del ecosistema o alteraciones en el mismo a través de la recolecta del escamol o del aprovechamiento del agave para la elaboración del mezcal que influyan de manera negativa la presencia de *L. apiculatum*. Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron los siguientes: a) determinar las especies vegetales asociadas con *L. apiculatum* en el área de forrajeo; b) determinar las diferencias entre especies vegetales de un nido cosechado y un nido sin intervención y c) identificar las especies vegetales asociadas a la presencia de insectos escama y piojos harinosos con *L. apiculatum*.

4.4. Materiales y métodos

Para identificar los principales componentes del ecosistema relacionado con *L. apiculatum*, se identificaron especies vegetales, nidos de la hormiga escamolera, insectos escama y piojos harinosos en el ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas, con altitud de 2,213 msnm, latitud 22°28'59.75"N y longitud 101°18'47.38"O, presenta un clima al menos seco de los secos esteparios, con temperatura media anual entre 12° y 18 °C, una precipitación media anual de 450 mm, BS1kw(w) (UNAM, 1970) y una vegetación de matorral xerófilo con especies micrófilas y matorrales espinosos (Rzedowski, 1978).

Se ubicaron 34 parcelas de 20mx20m de evaluación al azar, en una meseta de 945 ha con presencia de hormiga escamolera con una separación mínima de 300 m entre ellas, con el fin de asegurar la independencia del comportamiento de nidos contiguos (Fig. 16).

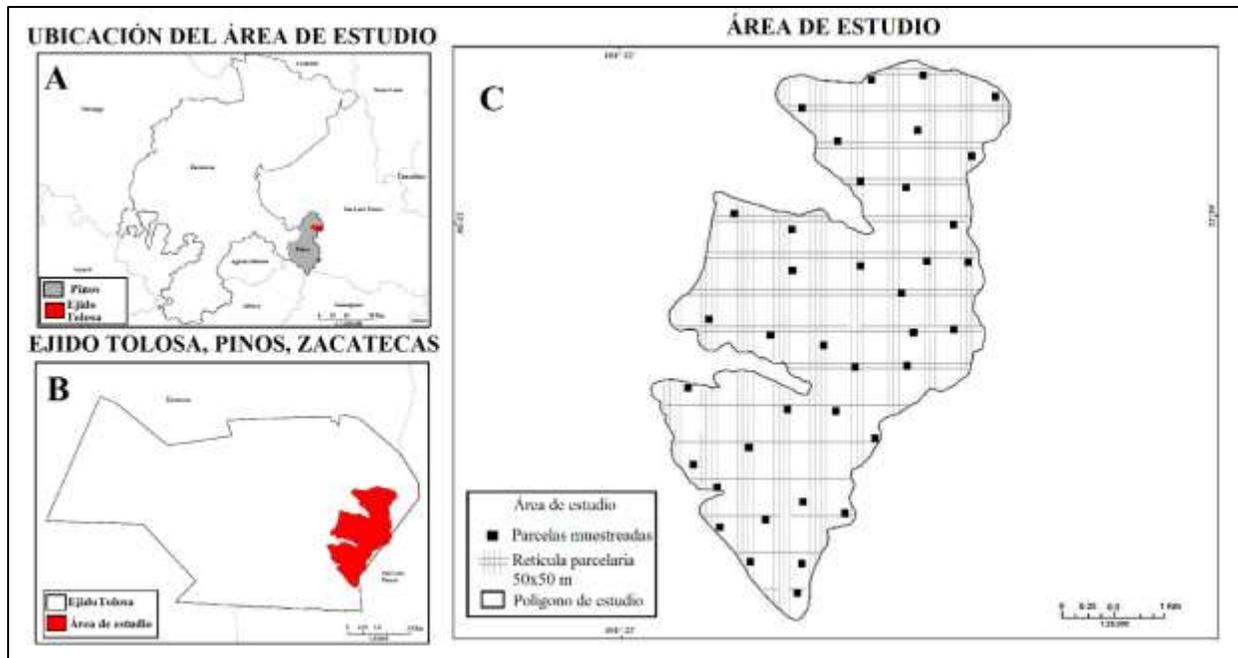


Figura 16. Ubicación del área de estudio en el estado de Zacatecas (A), Ejido Tolosa (B) y polígono de estudio mostrando parcelas muestreadas (C).

Para obtener la información deseada, en cada parcela se considero lo siguiente: 1) la identificación de parcela, 2) características de las especies vegetales identificadas (diversidad, altura, diámetros mayor y menor), 3) estado del nido según la evidencia de la intervención humana (presencia de tapón), 4) muestreo al menos un 25% de la colonia de insectos escama por medio de un marco con superficie de 3x3 cm, en cuatro direcciones principales: Norte (n), Sur (s), Este (e) y Oeste (o), 5) muestreo al menos un 25% de la colonia de piojos harinosos por medio de un marco consuperficie 3x3 cm, en cuatro direcciones principales: Norte (N), Sur (S) Este (E) y Oeste (O). Para la identificación de los insectos escama y piojos harinosos, se recolectaron y preservaron el alcohol al 80% antes del proceso de montaje de acuerdo al método de Kostarab (1963) y se identificaron a nivel de especie, usando las claves de Evans *et al.* (2009).

Análisis de la información

La identificación de componentes vegetales asociados a *L. apiculatum*, se hizo mediante una curva de acumulación de especies (Colwell, 2009). Una vez identificados los principales componentes vegetales asociados, se hizo un análisis de regresión

logística (Trexler y Travis 1993) para determinar la relación de los componentes del ecosistema como: los componentes vegetales, la presencia de los insectos escama, la presencia de piojos harinosos y su relación con la presencia de hormiga. Los modelos de regresión fueron realizados utilizando el programa STATISTICA 7.1 (StatSoft Inc., 2004) con un nivel de significancia de $\alpha < 0.05$.

4.5. Resultados y discusión

Para caracterizar las interacciones entre los componentes del ecosistema relacionados con la presencia de *L. apiculatum* se analizan cinco relaciones que se consideran importantes: 1) la relación vegetación-hormiga, que identifica las especies vegetales que favorezcan la presencia de nidos de *L. apiculatum*; 2) la relación vegetación-nido cosechado para determinar el grado de preferencia del hospedante de anidación para la permanencia del nido después de ser intervenido por el ser humano; 3) la relación vegetación- fundación de nido, para identificar el grado de preferencia del hospedantes de anidación para *L. apiculatum*; 4) la relación hormiga-insecto escama, para distinguir las especies vegetales que favorecen la presencia de escamas, las cuales le aportan la una dieta líquida a *L. apiculatum* y finalmente 5) la relación hormiga-piojo harinoso en un área de aprovechamiento de *L. apiculatum* en el Altiplano Potosino-Zacatecano.

Diversidad de componentes

La diversidad de especies vegetales identificadas en un área con presencia de hormiga escamolera aprovechada por habitantes del Altiplano Potosino-Zacatecano, está conformada por 18 familias botánicas, entre éstas las mas importantes Cactaceae, Fabaceae, Asteraceae, Asparagaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Berbenaceae, Caesalpinioideae (Cuadro 1).

Las especies vegetales que conforman mayoritariamente al área de estudio son: *Cylindropuntia tunicata*, *Opuntia* spp. (Cactaceae), *Acacia constricta* y *Prosopis* sp. (Mimosaceae), *Agave salmiana*, *Yucca filifera*, *Y. carnerosana* (Asparagaceae) y que han sido reportadas como especies preferidas como sitios de anidación por *L. apiculatum* (Hoey-Chamberlain, 2013). Sin embargo, considerando la densidad poblacional, existe

un estrato de más de 1.5 plantas/m² de *Jatropha dioica*, *Agave salmiana*, *Sclerocactus uncinatus*, *Asclepia* sp., *Citharexylum brachyanthus* y un estrato de más de 0.7 plantas/m² de *Mimosa* sp., *Jatropha* sp., y *Mammillaria heyderi* (Cuadro 12).

Cuadro 12. Familias, especies vegetales y abundancia poblacional en 945 ha de los componentes vegetales como parte del hábitat de *L. apicaltum* en el Ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Plantas /m ²
Anacardeacea	<i>Rhus microphila</i>	Hiedra	0.131
Apocynaceae	<i>Asclepia</i> sp.	Asclepia	1.928
Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i>	Maguey	2.271
	<i>Yucca filifera</i>	Yuca	0.440
	<i>Yucca carnerosana</i>	Yuca	0.372
Asteraceae	<i>Piqueria trinerva</i>	Hierba de San Nicolás	0.469
	<i>Haplopappus veneta</i>	Hierba de la mula	0.450
	<i>Zinnia acerosa</i>	Chatilla	0.094
	<i>Flouencia cernua</i>	Hojasé	0.080
Berbenaceae	<i>Citharexylum brachyanthus</i>	Pico de pájaro	1.500
	<i>Berberis trifoliata</i>	Agrito	0.348
Cactaceae	<i>Sclerocactus uncinatus</i>	Biznaga	2.009
	<i>Mammillaria heyderi</i>	Biznaga	0.749
	<i>Ferocactus hixtrix</i>	Biznaga de dulce	0.520
	<i>Coryphantha radians</i>	Biznaga radians	0.456
	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal tapón	0.401
	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	0.355
	<i>Opuntia rastrera</i>	Nopal rastrero	0.336
	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	Nopal cuijo	0.317
	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	0.280
	<i>Mammillaria</i> sp.	Biznaga chilitos	0.264
	<i>Stenocactus multicosatus</i>	Biznaga costilluda	0.221
	<i>Opuntia leucotricha</i>	Nopal duraznillo	0.180
	<i>Echinocereus</i> sp.	Biznaga	0.139

Familia	Nombre científico	Nombre común	Plantas /m ²
	<i>Ferocactus latispinus</i>	Biznaga ganchuda	0.120
	<i>Corynopuntia sp.</i>	Perrito	0.117
	<i>Echinocactus horizonthalonius</i>	Manca mula	0.060
	<i>Cilindropuntia tunicata</i>	Clavellina	0.040
	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Biznaga burra	0.040
Caesalpinioideaceae	<i>Caesalpinia sp.</i>	Tabachin claro	0.400
	<i>Caesalpinia sp.</i>	Tabachin rayado	0.291
Chenopodiaceae	<i>Atriplex sp.</i>	Chamizo	0.100
Convolvulaceae	<i>Ipomoea indica</i>	Puchero	0.040
Euphorbiaceae	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	5.262
Euphorbiaceae	<i>Jatropha sp.</i>	Jatrofa	0.800
Fabaceae	<i>Mimosa sp.</i>	Gatuño	0.901
	<i>Prosopis sp.</i>	Mezquite	0.520
	<i>Dalea bicolor</i>	Ramón blanco	0.295
	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Gatuño	0.267
	<i>Hoffmanseggia glauca</i>	Tronador	0.215
	<i>Vachelia constricta</i>	Chaparro prieto	0.124
Koeberlinaceae	<i>Koeberlinia spinosa</i>	Junco	0.288
Lamiaceae	<i>Minthostachys verticillata</i>	Peperina	0.185
	<i>Castela sp.</i>	Arbusto	0.077
Mimosaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	0.600
	<i>Acacia constricta</i>	Huizache	0.280
Rhamanceae	<i>Ziziphus sp.</i>	Arbusto	0.029
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora	0.288

La curva de riqueza de componentes vegetales define dos tipos de comportamientos con presencia de *L. apiculatum*. El primero consiste en, en áreas donde no existieron nidos de hormiga, es donde se registra una riqueza conjunta máxima de especies vegetales de 46 especies, con un valor de confiabilidad de 96%. El segundo se

co a una riqueza específica de 17 componentes vegetales con una confiabilidad de 90% (Figura 17).

Donde *Jatropha dioica*, *Agave salmiana*, *Asclepias* sp., destacan por ser el estrato con más de 1.5 plantas/m², mientras que *Mimosa* sp. y *Mammillaria heyderi* conforman el estrato menos abundante, con más 0.7 plantas/m² (Cuadro 13).

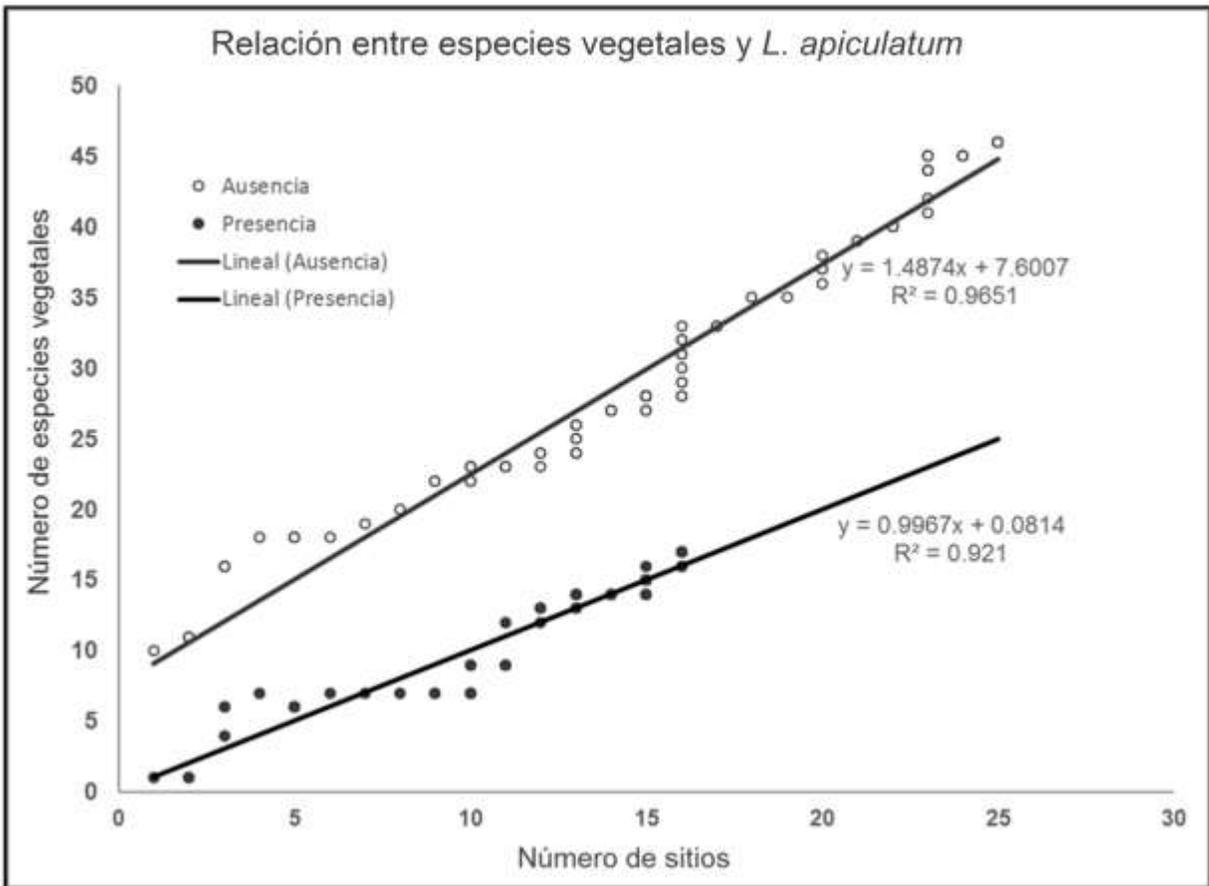


Figura 17. Diversidad de especies vegetales asociada a la presencia de *L. apiculatum*.

Cuadro 13. Especies vegetales asociados con la presencia de *L. apiculatum*.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Plantas /m2
Euphorbiaceae	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	5.262
Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i>	Maguey	2.271
Apocynaceae	<i>Asclepia</i> sp.	Asclepia	1.928
Fabaceae	<i>Mimosa</i> sp.	Gatuño	0.901
Asparagaceae	<i>Mammillaria heyderi</i>	Biznaga	0.749
Asparagaceae	<i>Ferocactus hixtrix</i>	Biznaga de dulce	0.520
Fabaceae	<i>Prosopis</i> sp.	Mezquite	0.520
Asparagaceae	<i>Yucca filifera</i>	Yuca	0.440
Asparagaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	0.355
Asparagaceae	<i>Opuntia rastrera</i>	Nopal rastrero	0.336
Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i>	Ramón blanco	0.295
Caesalpinioideae	<i>Caesalpinia</i> sp.	Tabachin rayado	0.291
Asparagaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	0.280
Asparagaceae	<i>Echinocerus</i> sp.	Biznaga	0.139
Fabaceae	<i>Vachelia constricta</i>	Chaparro prieto	0.124
Asparagaceae	<i>Cilindropuntia tunicata</i>	Clavellina	0.040

El modelo de las 17 especies vegetales, explican el 82 % de la presencia *L. apiculatum* en las áreas de nido y en áreas aprovechadas, con una confiabilidad del 99.9% (Ecuación 1 y Cuadro 14). El modelo de regresión es:

$$Horm = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 * sp_1 + \dots + \beta_{17} * sp_{17}}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 * sp_1 + \dots + \beta_{17} * sp_{17}}} \dots \dots \dots \text{Ecuación 1}$$

donde:

Horm = Hormiga (presencia/ausencia).

β_0 = Presencia de hormiga ante la ausencia de vegetación.

β_1 = Importancia de la especie i-esima en la presencia de hormiga.

sp_1 = Especie vegetal relacionada con la presencia de hormiga.

Cuadro 14. Especies vegetales (sp_1) e influencia (β_1) consideradas para la presencia de *L. apicalatum* basado en el modelo de regresión logística descrita arriba.

sp_1	β_1
<i>Jatropha dioica</i>	600.4
<i>Agave salmiana</i>	237.1
<i>Asclepia sp</i>	151.8
<i>Mammillaria heyderi</i>	59.5
<i>Dalea bicolor</i>	16.4
<i>Vaquelia constricta</i>	12.5
<i>Opuntia rastrera</i>	3.9
<i>Yucca filifera</i>	-0.9
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	-2.1
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	-18.0
<i>Echinocerus sp.</i>	-18.5
<i>Caesalpinia sp.</i>	-19.4
<i>Ferocactus hixtrix</i>	-19.8
<i>Opuntia streptacantha</i>	-21.9
<i>Cylindropuntia tunicata</i>	-29.7
<i>Prosopis sp.</i>	-29.7
<i>Mammillaria sp.</i>	-30.1

Los resultados muestran que *Jatropha dioica*, *Agave salmiana*, *Asclepias sp.* y *Mammillaria heyderi*, destacan como componentes vegetales con mayor correlación con la presencia de hormiga escamolera (Cuadro 13). La especie vegetal asociada negativamente con es *Mammillaria sp.* En contraste *Dalea bicolor* es la especie indicativa de la presencia de *L. apicalatum*, asociada a esta especie también se encuentran: *Jatropha dioica*, *Agave salmiana* y *Mammillaria heyderi*. Estas plantas podrían estar liberando compuestos volátiles que funcionan como atrayentes para la hormiga escamolera, como ocurre en otras especies de hormigas (Blee, 1998, Pare y Tumlinson, 1999; Youngsteadt *et al.*, 2008). La interacción planta-hormiga podría tener un doble propósito. Primero pro recolecta de melaza excretada por insectos como insectos escama

y piojos harinosos cuando están presentes en *Agave salmiana* o el aprovechamiento de las excreciones florales durante la temporada de floración de *Jatropha dioica* o *Mammillaria heyderi*. La relación hormiga- insectos escama y hormiga- y piojos harinosos es conocida como mutualista, en este tipo de relación la hormiga mantiene limpia las colonias para evitar el crecimiento hongos por la descomposición de ligamaza, pero también conadyuva a mantener alejados a depredadores, parasitoides y microorganismos que buscan fuentes de alimento, especialmente en épocas de las bajas temperaturas del invierno, o las sequías de verano (Salazara *et al.*, 2014). Por otra parte, es posible que la sombra y distribución de *Jatropha dioica* y *Mammillaria heidery* le proporcionan a *L. apiculatum* refugio, temperaturas menores y caminos con menos obstáculos para sus distintas actividades (por ejemplo: forrajeo). Es probable que las *Asclepias* estén asociadas a la presencia de hormigas por las altas poblaciones de áfidos que son fuente de carbohidratos y aminoácidos esenciales concentrados en la melaza que secretan para *L. apiculatum* (Abdala-Roberts *et al.*, 2012).

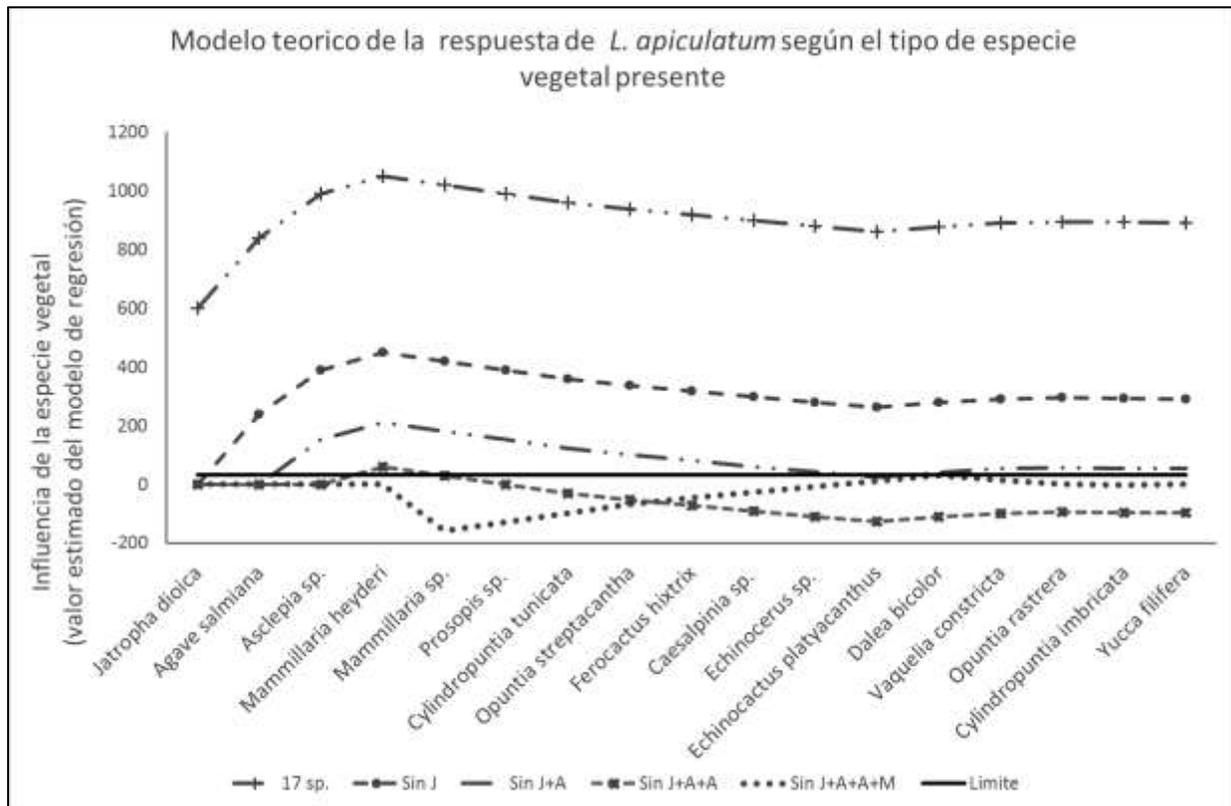


Figura 18. Influencia de las especies vegetales para la presencia de hormiga escamolera. 17 sp=considera las 17 especies asociadas a la presencia de hormiga escamolera, Sin J= las 17 especies asociadas a la presencia de hormiga escamolera sin *Jatropha dioica*,

Sin J+A=las 17 especies asociadas a la presencia de hormiga escamolera sin *Jatropha dioica* y sin *Agave salmiana*, Sin J+A+A=17 especies asociadas a la presencia de hormiga escamolera sin *Jatropha dioica*, sin *Agave salmiana* y sin *Asclepias*, Sin J+A+A+M= 17 especies asociadas a la presencia de hormiga escamolera sin *Jatropha dioica*, *Agave salmiana*, *Asclepias sp.*, y sin *Mammillaria heyderi*. *Limite= límite de la condición teórica de la ausencia de vegetación (señalado por la regresión logística).

Relación entre vegetación y nido cosechado

La característica más importante de las especies vegetales asociadas a la permanencia de nidos aprovechados es su influencia en el número de caminos, tres caminos en promedio y un ancho de 3.5 ± 0.53 (DS) cm. Lo anterior según el modelo (Ecuación 2). Los beneficios adicionales de una cobertura vegetal es la sombra de terreno; en cambio la altura de la planta y la especie del hospedante no tienen efecto sobre la presencia de nidos. El modelo de regresión es:

$$NCos = \frac{e^{-4.6+0.93*Ncam+ 0.03*Alt- 0.00*Cob- 0.15*Hosp}}{1+e^{-4.6+0.93*Ncam+ 0.03*Alt- 0.00*Cob- 0.15*Hosp}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

donde:

- NCos = Nido recolectado (presencia/ausencia).
- Hosp = Número de especies de hospedantes de anidación (*Oputia canthabrigiensis*, *Opuntia leucotricha*, *Agave salmiana*).
- Alt = Altura del hospedante (cm).
- Ncam = Número de caminos de forrajeo (1-4 caminos).
- Cob = Cobertura aérea del hospedante (m²).

Relación entre componentes vegetales y establecimiento de nido

Los resultados apoyan la sugerencia de que los nidos de *L. apiculatum* en el Altiplano Potosino-Zacatecano indican que el hospedante preferido es *Agave salmiana* en el 86% de los nidos. La altura de esta cobertura vegetal es de 0.8 m que corresponde a una planta en etapa madura (Martín Martínez *et al.*, 2005), los caminos de forrajeo que forman las hormigas son 3, con un ancho promedio de 3.4 ± 0.63 (DS) cm. Los resultados

se asocian de la regresión logística a nidos con la presencia de *Agave salmiana* (Ecuación 3). El modelo de regresión es:

$$EstNido = \frac{e^{-30+12.1*Hosp+0.6*Alt+0.6*Ncaminos-0.003*Cob}}{1+e^{-30+12.1*Hosp+0.6*Alt+0.6*Ncaminos-0.003*Cob}} \text{Ecuación 3}$$

donde:

EstNido = Establecimiento del nido (presencia/ausencia).

Hosp = Especies de hospedantes (*Oputia canthabrigiensis*, *Opuntia leucotricha*, *Agave salmiana*).

Alt = Altura del hospedante (cm).

Ncam = Número de caminos de forrajeo (1-4 caminos).

Cob = Cobertura aérea del hospedante (cm²).

Relación entre la presencia de escamas y componentes vegetales en áreas con *L. apiculatum*

En parcelas con *L. apiculatum* se identificó la presencia de escamas y se evaluó la relación con las características de *Agave salmiana*, *Yucca filifera* y *Opuntia streptacantha*. El modelo de regresión (Ecuación 4) explica el 99.9% de una sociación entre *Agave salmiana* y la presencia insectos escama con un 88% de preferencia sobre *Yucca filifera* (8%) y *Opuntia streptacantha* (4%). Los insectos escama se encontraron en las pencas con orientación sur (2.1), este (1.2) y evitaron las pencas con orientación norte (-1.1) y oeste (-0.3). No se detectó relación alguna con la altura (-0.4). Lo anterior indica que los insectos escama se pueden encontrar en agaves de cualquier etapa fenológica, pero estarán en las pencas orientadas al sur y este (Ecuación 15 y Cuadro 4). El modelo de regresión es:

$$Esc = \frac{e^{+298.7*Hosp+2.1*Pensur+1.2*Penest+0.0*Cob-0.1*Abun-0.345798*Penoest-0.4*Alt-1.1*Penmor}}{1+e^{+298.7*Hosp+2.1*Pensur+1.2*Penest+0.0*Cob-0.1*Abun-0.345798*Penoest-0.4*Alt-1.1*Penmor}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 4}$$

dnde,

Esc = Insectos escama (presencia/ausencia).

- Hosp = Especies de hospedantes (*Agave salmiana*, *Yucca filifera* y *Opuntia streptacantha*).
- Alt = Altura del hospedante (cm).
- Cob = Cobertura aérea del hospedante (9 cm²).
- Pnnor = Número de escamas con dirección norte (9 cm²).
- Pensur = Número de escamas con dirección sur (9 cm²).
- Penest = Número de escamas con dirección este (9 cm²).
- Penoes = Número de escamas con dirección oeste (9 cm²).

La relación trofobiotica entre insectos escama y *L. apiculatum* implica la transferencia de recursos limitados y nutrientes que puede ser importante para el desarrollo óptimo de la hormiga y contribuye al éxito de su presencia en el área de aprovechamiento de hormiga escamolera. La dieta de melaza que *L. apiculatum* obtiene de los insctos escama, son ricas en carbohidratos como en *Linephitema humile* que obtiene de áfidos, en consecuencia, *L. apiculatum* puede aumentar las tasas de supervivencia de sus obreras (Helms y Vinson, 2002) y el crecimiento de sus colonias de manera similar como ocurre en *Solenopsis invicta* (Helms y Vinson, 2008). Se identificaron dos especies de escamas armadas *Acutaspis agavis* y *Opuntiaspis philococcus* de la Familia Diaspididae, y tres géneros de escamas suaves *Coccus* sp. *Eucalymnatus* sp., *Mesolecanium* sp. (Cuadro 14) de la familia Coccidae, encontrados indistintamente sobre *Agave salmiana*, *Yucca filifera* y *Opuntia streptacantha*.

Cuadro 15. Datos relacionados con el origen de las especies de escamas relacionadas con la alimentación de *L. apiculatum* y número de ocurrencias.

Hospedante	Familia	Nombre común	Especie	*bp	*pmp	*pmh	*cn
<i>Agave salmiana</i>	Coccidae	Suave, cerosa o tortuga	<i>Coccus</i> sp.	7			
<i>Agave salmiana</i>	Coccidae	Suave, cerosa o tortuga	<i>Eucalymnatus</i> sp.	41	7		
<i>Agave salmiana</i>	Coccidae	Suave, cerosa o tortuga	<i>Eucalymnatus</i> sp.	7			
<i>Agave salmiana</i>	Coccidae	Suave, cerosa o tortuga	<i>Mesolecanium</i> sp.	21	10		
<i>Agave salmiana</i>	Diaspididae	Armada	<i>Acutaspis agavis</i>	10	6		
<i>Opuntia streptacantha</i>	Diaspididae	Armada	<i>Opuntiaspis philococcus</i>				7

<i>Opuntia streptacantha</i>	Coccidae	Suave, cerosa o escama tortuga	<i>Coccus</i> sp.	3
<i>Yucca filifera</i>	Coccidae	Suave, cerosa o escama tortuga	<i>Eucalymnatus</i> sp.	7
<i>Yucca filifera</i>	Diaspididae	Armada	<i>Acutaspis agavis</i>	8
Total de ocurrencias				86 23 18 7

*bp=base de la penca del *Agave salmiana*, *parte media de la penca del *Agave salmiana*, *=parte media de la hoja de *Yucca filifera*, *=cladodio nuevo *Opuntia streptacantha*.

Relación entre la presencia de piojos harinosos más escamas gigantes y componentes vegetales en áreas con *L. apiculatum*

En parcelas con *L. apiculatum* se idéntico la presencia de piojos harinosos y otras especies de escamas gigantes, además de evaluar la relación con las características de *Agave salmiana*, *Dalea bicolor* y *Opuntia leucotricha*. Estas especies de escamas tienen preferencia por *Agave salmiana* (81%), descartando así a *Dalea bicolor* (11%) y *Opuntia leucotricha* (8%). Los piojos harinosos prefieren *Agave salmiana* que tienen pencas en dirección norte (14.0) y sur (0.9) y evitaron la orientación oeste (-13.1) y este (-2.9). Las características del hospedante como cobertura, altura y abundancia son irrelevantes para la presencia de piojos harinosos, por lo que estos insectos se pueden encontrar en cualquier etapa fenológica del *Agave salmiana*. El modelo de regresión logística sobre la presencia de piojos harinosos en el *Agave salmiana* mostro un 100% de varianza explicada con un 99.9% de confiabilidad (Ecuación 5): El modelo de regresión es.

$$Coch = \frac{e^{-30.6+14.1*Pennor+0.1*Pensur+0.0*Alt+0.0*Cob+0.0*Abun+0.0*Hosp-3.0*penest-13.1*penoes}}{1+e^{-30.6+14.1*Pennor+0.1*Pensur+0.0*Alt+0.0*Cob+0.0*Abun+0.0*Hosp-3.0*penest-13.1*penoes}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 5}$$

donde:

Coch = piojos harinosos más otras especies de escamas gigantes (presencia/ausencia).

Hosp = Especies de hospedantes (*Agave salmiana*, *Dalea bicolor* y *Opuntia leucotricha*).

Alt = Altura del hospedante (cm).

Cob = Cobertura aérea del hospedante (cm²).

Pnnor = Número de piojos harinosos con dirección norte (9 cm²).

Pensur = Número de piojos harinosos con dirección sur (9 cm²).

Penest = Número de piojos harinosos con dirección este (9 cm²).
 Penoes = Número de piojos harinosos con dirección oeste (9 cm²).

Se identificaron seis especies de escamas gigantes como *Dactylopius opunitae*, *Paraputo olivaceus*, *Pseudococcus variabilis*, *Trionumus coronus*, *Heteromargarodes hiemalis*, y *Puto lasiorum*; así como dos especies de piojos harinosos *Dysmicoccus* sp., y *Acanthococcus* sp., que se encontraron en *Agave salmiana*, *Dalea bicolor*, y *Opuntia leucotricha* (Cuadro 16).

Cuadro 16. Datos relacionados con el origen de las especies de cohinillas harinosas relacionadas con la alimentación de *L. apiculatum* y número de ocurrencias.

Hospedante	Familia	Nombre común	Especie	*bp	*pmp	*cn	*crp
<i>Agave salmiana</i>	Dactylopiidae	Cochinilla del nopal	<i>Dactylopius opunitae</i>		4		
<i>Agave salmiana</i>	Pseudococcidae	Piojo harinoso	<i>Dysmicoccus</i> sp.	3			
<i>Agave salmiana</i>	Pseudococcidae	Piojo harinoso	<i>Paraputo olivaceus</i>	10			
<i>Agave salmiana</i>	Pseudococcidae	Piojo harinoso	<i>Pseudococcus variabilis</i>		9		
<i>Agave salmiana</i>	Pseudococcidae	Piojo harinoso	<i>Trionumus coronus</i>	6			
<i>Dalea bicolor</i>	Eriococcidae	Eriocócido	<i>Acanthococcus</i> sp.				9
<i>Dalea bicolor</i>	Margarodidae	Pelotas de la tierra	<i>Heteromargarodes hiemalis</i>				1
<i>Opuntia leucotricha</i>	Dactylopiidae	Cochinilla del nopal	<i>Dactylopius opunitae</i>			5	
<i>Opuntia streptacantha</i>	Putidae	Piojo harinosos	<i>Puto lasiorum</i>			1	
Total de ocurrencias				19	13	6	10

*bp=base de la penca *pmp=parte media de la penca *cn= cladodio nuevo *crp= cuello de la planta/raíz

4.6. Conclusiones

La presencia de *L. apiculatum* en el área de aprovechamiento por recolectores de escamol está relacionado con la presencia de 17 especies vegetales como *Agave salmiana*, *Asclepia* sp., *Caesalpinia* sp., *Cylindropuntia tunicata*, *Cylindropuntia imbricata*, *Dalea bicolor*, *Echinocactus platyacanthus*, *Echinocerus* sp., *Ferocactus hixtrix*, *Jatropha dioica*, *Mammillaria heyderi*, *Mammillaria* sp., *Opuntia rastrera*, *Opuntia streptacantha*, *Prosopis* sp., *Vaquelia constricta*, *Yucca filifera* con una confiabilidad del 92%.

La presencia y abundancia de *Jatropha dioica*, *Agave salmiana*, *Sclerocactus uncinatus*, *Asclepia* sp., en al menos 45% de los casos los define como elementos del ecosistema estrechamente relacionados con la presencia de *L. apiculatum*.

El principal hospedante de anidación de los nidos de *L. apiculatum* es *Agave salmiana*, con la diferencia de que para el establecimiento de nidos prefieren nidos en una etapa fisiológica de reproducción (0.8 m de altura). Los caminos de forrajeo en ambos casos con 3, con ancho de caminos de 5.3 ± 6.3 (DS).

Las escamas prefieren al *Agave salmiana* (88%) como hospedante, cuando las pencas tienen una orientación de las pencas al sur (2.11) y al este (1.1) favorecen la presencia de escamas. Se identificaron dos especies de escamas armadas: *Acutaspis agavis* y *Opuntiaspis philococcus* de la Familia Diaspididae y tres géneros de escamas suaves: *Coccus* sp. *Eucalymnatus* sp. *Mesolecanium* sp. (Cuadro 11), encontrados indistintamente sobre *Agave salmiana*, *Yucca filifera* y *Opuntia streptacantha*.

Los piojos harinosos, prefirieron *Agave salmiana* (81%) y se encontraron en las pencas orientadas al norte (14.0) y sur (0.9). Se identificaron seis especies de escamas gigantes como *Dactylopius opunitae*, *Paraputo olivaceus*, *Pseudococcus variabilis*, *Trionumus coronus*, *Heteromargarodes hiemalis*, *Puto lasiorum* y) dos especies de piojo harinosos *Dysmicoccus* sp., *Acanthococcus* sp., encontrados en *Agave salmiana*, *Dalea bicolor* y *Opuntia leucotricha*

4.7. Literatura citada

- Abdala-Roberts L, A. A. Agrawal, K. A. Mooney. 2012. Ant-aphid interactions on *Asclepias syriaca* are mediated by plant genotype and caterpillar damage. *Oikos*.121:1905–1913.
- Basset Y., L. Cizek, P. Cuenoud, R. K. Didham, F. Guilhaumon. 2012. Arthropod Diversity in a Tropical Forest. *Science*. 338: 1481–1484.
- Beattie A. J., L. Hughes. 2002. in *Plant–Animal Interactions: An Evolutionary Approach*, eds Herrera C. M., Pellmyr O (Blackwell, Oxford). pp 211–235.
- Blee E. 1998. Phytooxylipins and plant defense reactions. *Prog Lipid Res* 37:33–72.
- Carabalí-Banguero D. J., K. A. G. Wyckhuys, J. Montoya-Lerma, K. Takumasa, J. G. Lundgren. 2013. Do additional sugar sources affect the degree of attendance of

- Dysmicoccus brevipes by the fire ant *Solenopsis geminata*?. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 148(1):65-73.
- Colwell R. K. 2009 EstimatesS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Cruz-Labana J. D., L. A. Tarango-Arámbula, J. L. Alcántara-Carbajal, J. Pimentel-López, S. Ugalde-Lezama, G. Ramírez-Valverde y S. L. Mendez-Gallegos. 2014. Habitat use by the “escamolera” ant (*Liometopum apiculatum* Mayr) in central Mexico. *Agrociencia*. 48 (6): 569-582.
- Dejean A., B. Corbara, J. Orivel, M. Leponce. 2007. Rainforest canopy ants: the implications of territoriality and predatory behavior. *Func. Ecosyst. Commun.* 1: 105–120.
- Delabie J. H. C., B. Jahyny, I. C. do Nascimento, C. S. F. Mariano, S. Lacau, S. Campiolo, S. M. Philpott, M. Leponce. 2007. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Biodivers Conserv.* 16: 2359–2384.
- Floren A. y K. E. Linsenmair. 2000. Do ant mosaics exist in pristine lowland rain forests? *Oecologia*. 123: 129–137.
- Grimaldi D. y M. S. Engel. 2005. *Evolution of the Insects* (Cambridge Univ Press, New York).
- Helms K. R. y S. B. Vinson. 2008. Plant resources and colony growth in an invasive ant: The importance of honeydew-producing Hemiptera in carbohydrate transfer across trophic levels. *Environ Entomol.* 37:487–493.
- Helms K. R. y S. B. Vinson. 2002. Widespread association of the invasive ant *Solenopsis invicta* with an invasive mealybug. *Ecology*. 83:2425–2438.
- Hoey-Chamberlain R., M. K. Rust y J. H. Klotz. 2013. A review of the biology, ecology and behavior of velvety tree ants of North America. *Sociobiology*. 60: 1-10.
- Klimes P., C. I digel, M. Rimandai, T. M. Fayle, M. Janda, G. D. Weiblen, V. Vonotny .2012. Why are there more arboreal ant species in primary than in secondary tropical forests? *J Anim Ecol.* 81: 1103–1112.
- Lach L., L. C. Parr y K. L. Abbott. 2010. *Ant Ecology*. New York: Oxford University Press Inc. 424 p.
- Martín Martínez S, H. Rubio Arias y A. Ortega Rubio. 2005. Population structure of maguey (*Agave salmiana* ssp. *crassispina*) in Southeast Zacatecas, Mexico. *Arid land Research and Management*. 19 (2): 101-109.

- Pare P. W. y J. H. Tumlinson. 1999. Plant Volatiles as a Defense against Insect Herbivores. *Plant Physiology*. 121: 325-3331.
- Rzedowski R. J. 1978. *Vegetación de México*. LIMUSA. México D.F. 432 p.
- Salazara A., B. Fürstenaub, C. Queroc, N. Pérez-Hidalgo, P. Carazoa, E. Fonta y D. Martínez-Torres. 2014. Aggressive mimicry coexists with mutualism in an aphid. *PNAS*. 112 (4):1101–1106.
- StatSoft. 2004. STATISTICA (data analysis software system). Version 7.1. Available: <http://www.statsoft.com>.
- Tanaka H. O., S. Yamane y T. Itioka. 2010. Within-tree distribution of nest sites and foraging areas of ants on canopy trees in a tropical rainforest in Borneo. *Popul Ecol*. 52: 147–157.
- Trexler, J. C. y J. Travis. 1993. Nontraditional regression analyses. *Ecology*. 74:1629-1637.
- UNAM. 1970. Carta de Climas -San Luis Potosí 14 Q-I- escala 1:500,000. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Secretaría de la Presidencia. Gobierno de la República.
- Velasco C. C., M. del C. Corona-Vargas y R. Peña-Marínez. 2007. *Liometopum apiculatum* (Formicidae: Dolichoriderinae) y su relación trofobiotica con Hemiptera Sternorrhynca en Tlaxco, Tlaxcala, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 23(2): 31-42.
- Youngsteadt E., S. Nojima, Ch. Häberlein, S. Schulz, C. Schal. 2008. Seed odor mediates an obligate ant–plant mutualism in Amazonian rainforests. 105(12): 4571-4575.

CONCLUSIONES GENERALES

Con base en los resultados obtenidos de la investigación se concluye lo siguiente:

- La recolecta de escamol es una actividad complementaria que produce beneficios adicionales económicos a los pobladores a sus actividades rutinarias en el sistema agrícola.
- Se distinguen patrones que hacen diferencia entre los grupos de recolectores que realizan prácticas inadecuadas para el aprovechamiento del escamol y grupos que por su experiencia en la actividad tratan de conservar el recurso escamol.
- Las competencias que identifican a los recolectores para gestionar, empoderarse y profesionalizarse en la actividad del recurso local al mediano plazo, hacen viable la orientación de la recolecta para dar oportunidad a más actores rurales de insertarse en nuevos mercados que proporcionará a los beneficiarios, seguridad de autoemplearse en su comunidad.
- La reintroducción de colonias hormiga escamolera de Zacatecas a las áreas explotadas en San Luis Potosí y Estado de México es posible, bajo un programa bien estructurado y con control oficial por ejemplo los establecidos por SEMARNAT, su conservación constituye un recurso genético como una fuente de alimento y comercio en comunidades rurales. Las asociaciones de recolectores de escamol pueden documentar la reintroducción de hormiga escamolera y su aprovechamiento.
- La influencia del sistema ecológico propuesto para identificar los principales componentes vegetales del ecosistema relacionados con *L. apiculatum* como fueron el *Agave salmiana*, *Asclepia* sp., *Caesalpinia* sp., *Cylindropuntia tunicata*, *Cylindropuntia imbricata*, *Dalea bicolor*, *Echinocactus platyacanthus*, *Echinocerus* sp., *Ferocactus hixtrix*, *Jatropha dioica*, *Mammillaria heyderi*, *Mammillaria* sp., *Opuntia rastrera*, *Opuntia streptacantha*, *Prosopis* sp., *Vaquelia constricta*, *Yucca filifera*, con una confiabilidad del 92%. El *Agave salmiana* fue el hospedante de anidación preferido para el establecimiento de nidos y nidos cosechados, así como para la presencia de especies de insectos escamas (en pencas con orientación sur

y este), piojos harinosos y otras especies de coccoideos (en pencas con orientación norte y sur).

- Se identificaron dos especies de escamas armadas: *Acutaspis agavis* y *Opuntiaspis philococcus* de la Familia Diaspididae y tres especies de escamas suaves: *Coccus* sp., *Eucalymnatus* sp. y *Mesolecanium* sp. (Cuadro 11) y que se encontraron indistintamente sobre *Agave salmiana*, *Yucca filifera* y *Opuntia streptacantha*; también se detectaron a cuatro especies de piojos harinosos *Dysmicoccus* sp., *Paraputo olivaceus*; *Pseudococcus variabilis*; *Trionum coronus*., así como a otras cuatro especies de familias menores de coccoideos como *Acanthococcus* sp., *Dactylopius opunitae*, *Heteromargarodes hiemalis* y *Puto lasiorum*, encontradas sobre *Agave salmiana*, *Dalea bicolor* y *Opuntia leucotricha*.



ANEXO I. ASPECTOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE *Liometopum apiculatum* Mayr EN ZONAS ÁRIDAS

Justificación

La hormiga escamolera *L. apiculatum* es un recurso natural importante en las zonas áridas, pero también tienen un gran potencial como línea de investigación en el Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Derivado de la línea de investigación será posible el planteamiento de aprovechamiento integral de recursos naturales asociados con la hormiga escamolera, por medio de la cual se comprenderán mejor los requisitos ecológicos y ambientales para la dispersión de nidos en áreas de aprovechamiento que garanticen el rendimiento y cualidades nutricionales del escamol como producto de consumo, que considere una educación de recolecta del escamol con sentido sustentable entre los pobladores actualmente interesados en el recurso natural, además de considerar la profesionalización de los mismos y una transferencia a través de eventos de capacitación de los puntos críticos para la obtención de un producto natural que cubra las exigencias de un mercado limitado y exigente.

La propuesta de aspectos de investigación a continuación, considera puntos valiosos identificados en esta investigación y que aportan las bases para la comprensión de un sistema agroecológico alrededor de hormiga escamolera. La hormiga escamolera es un recurso aprovechable en su estado de larva (escamol), y es conocido por la mayoría de los pobladores rurales de las zonas áridas; sin embargo, la mayoría lo utiliza para su venta y pocos son los que lo utilizan como parte de su dieta alimenticia durante la temporada. Cabe destacar que son pocos los pobladores que tienen conocimiento del proceso de recolecta del escamol, la mayoría tiene solamente idea de cómo se hace lo que impacta en los tipos de recolectores. Por lo que se sugiere considerar para futuras investigaciones los puntos siguientes:

Planteamiento

- **Manejo de recursos naturales que impactan en hormiga escamolera** como la rata magueyera, ganadería, agricultura de temporal, recolecta de otros insectos comestibles, producción de mezcal.

- Determinar el nivel de aprovechamiento actual de escamol y la definición de estrategias de conservación de los recursos naturales como áreas de exclusión y calendarización del aprovechamiento de los recursos.
- Reorientar el aprovechamiento de recursos naturales con énfasis en los productos forestales no maderables.
- **Caracterizar la longevidad productiva de un nido** de hormiga escamolera bajo recolecta.
- **Capacitar a los actores rurales** según la intensidad de extracción de escamol y manejo de recursos naturales asociados.
- Determinar **estrategias para inducir el establecimiento de nidos** de la hormiga escamolera en áreas perturbadas como medida de conservación.
- Evaluar el estado actual del ecosistema de la hormiga escamolera respecto al ecosistema de referencia.
- Identificar especies clave en el hábitat de la hormiga escamolera.
- Identificar acciones de restauración ecológica para mejorar el estado actual del hábitat de la hormiga escamolera.
- Relaciones entre poblaciones de *Agave salmiana* con densidades poblacionales de escamas y piojos harinosos.
- Identificar estrategias de contacto e intercambio entre comunidades sobre el manejo de recursos naturales para la adopción de un manejo sustentable e incrementar los sitios de anidación de hormiga escamolera.
- Identificar las comunidades con mayor tradición en la recolecta de escamoles para introducir formas de mejora en la recolecta que considere una regulación sobre el uso o explotación del recurso natural.
- Construir modelos de aprovechamiento del escamol eficaces y pertinentes.