BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

TITULO DE LA TESIS:

SUCESIÓN HETEROTRÓFICA EN *Neobuxbaumia tetetzo* (CACTACEAE) DENTRO DEL JARDÍN BOTÁNICO HELIA BRAVO HOLLIS, ZAPOTITLÁN SALINAS, PUEBLA

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIOLOGO

PRESENTA: MINOR ALMAZÁN VÍCTOR HUGO

TUTORA:

DRA. RIVAS ARANCIBIA SOMBRA PATRICIA

PUEBLA, PUEBLA, MÉXICO. **MARZO 2015**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Sr. Martín Minor Hernández y la Sra. Lilia Almazán León por apoyarme, guiarme y motivarme a siempre ir adelante en la vida.

A mi hermana Rosa Iliana Minor Almazán por su apoyo y motivación.

A mis maestros y asesores: Dra. Sombra Patricia Rivas Arancibia, Dra. Hortensia Carrillo Ruiz y el Dr. César Antonio Sandoval Ruíz por su guía y enseñanzas a lo largo de la elaboración del presente trabajo.

Al Sr. Pedro Miranda Pacheco por su apoyo en las colectas de campo.

Al Jardín Botánico Helia Bravo Hollis por permitirme la realización del presente trabajo.

ÍNDICE.

	Pág.
I.-Resumen	1
II.-Introducción	2
III.- Antecedentes	4
IV.-Justificación	9
V.-Hipótesis	10
VI.-Objetivos	11
VII.- Métodos y Método	12
-Zona de estudio y descripción de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae)	12
-Colecta de tejido y registro de variables ambientales	13
-Colecta de insectos asociados	14
-Análisis de datos	14
VIII.-Resultados	16
-Establecimiento de las etapas de descomposición	16
-Abundancia y Diversidad de organismos	17
-Dependencia de los ordenes respecto a la etapa de descomposición	20
-Efecto de las variables ambientales en la comunidad de insectos	21
VIII.- Discusión	23
- Etapas de descomposición de *Neobuxbaumia tetetzo*, y efecto de los factores ambientales	23
- Composición de la comunidad de insectos durante la sucesión heterotrófica de *Neobuxbaumia tetetzo*	24
IX.- Conclusión	31
X.- Bibliografía	32

RESUMEN.

Entre los diversos procesos ecológicos que ocurren en los ambientes áridos y semiáridos, se encuentra el proceso de sucesión. Particularmente la sucesión heterotrófica ocurre cuando la muerte de un organismo, libera y aporta recursos a otros organismos de la comunidad. En las cactáceas, el proceso de necrosis inicia cuando sufre alguna lesión en el tallo y distintos organismos van colonizando el tejido expuesto, transforman las propiedades del mismo y liberan nutrientes formando un sustrato para crianza y alimentación de una gran variedad de insectos. Debido a que las cactáceas columnares pueden aportar una gran cantidad de recursos durante su descomposición, es que se planteó este estudio con el objetivo de conocer la composición y abundancia de la comunidad de insectos asociados a *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae) Backeb 1938, en estado de necrosis o descomposición, dentro del área que comprende el Jardín Botánico Hellia Bravo Hollis, en Zapotitlán Salinas, Puebla, México. Así como determinar las etapas de descomposición con base en el contenido de humedad de las mismas. Para este propósito, se colectaron un total de 464 organismos, comprendidos en 25 familias, repartidos en seis ordenes. Los ordenes Diptera y Coleoptera fueron los más abundantes y diversos. Con base en el contenido de humedad del tejido, se establecieron siete etapas de descomposición, donde las etapas intermedias registraron la mayor abundancia de insectos. Así mismo, los órdenes Diptera, Coleoptera e Hymenoptera mostraron una relación significativa de dependencia respecto a la etapa de descomposición, donde la curva que mejor se ajustó fue de tipo sigmoidea. Al analizar el efecto de algunas variables ambientales (pH, temperatura ambiental y velocidad de viento) sobre la abundancia de los órdenes, se encontró que el efecto de las mismas no fue significativo. La gran diversidad de insectos encontrados en el proceso de descomposición de *N. tetetzo* muestra que ésta cactácea aporta una gran variedad de recursos a éste tipo de ecosistemas, aunque no todos los órdenes estuvieron influenciados por las etapas de descomposición. Este trabajo concordó con lo reportado en la literatura, ya que, al igual que en otros trabajos similares, los órdenes Coleoptera y Diptera, fueron los más abundantes y diversos. Asimismo, estos órdenes fueron también los únicos que mostraron dependencia de las etapas de descomposición de la cactácea; es probable que su capacidad de dispersión y sus elevadas tasas de reproducción les ayuden a colonizar con mayor eficiencia, más que otros grupos de insectos, a los cactus en descomposición. Así también, tanto Diptera, Coleoptera e Hymenoptera, mostraron dependencia respecto a la humedad, lo que pudiera indicar que, a lo largo de su historia evolutiva, estos ordenes se han adaptado en aprovechar, las condiciones elevadas de humedad, con respecto a otros grupos.

INTRODUCCIÓN.

Los estudios en ambientes áridos proporcionan una gran información sobre las interacciones de las poblaciones de organismos, adaptados a condiciones ambientales extremas (Gibbs *et al.* 2003). Un ejemplo de organismos adaptados a éste tipo de condiciones son las cactáceas. Las cactáceas (Cactaceae) son una familia de plantas suculentas con gran capacidad de retención de agua; la mayoría de las especies están presentes en zonas áridas y semiáridas, constituyendo el principal elemento florístico de las zonas áridas de México; muchas especies de gran tamaño representan a las especies más longevas (Ferro *et al.* 2013). La familia abarca entre 100 - 110 géneros, y más de 1,500 especies en el mundo. En México se encuentran alrededor de 51 géneros y cerca de 900 especies (Rzedowski, 1991) de las cuales un 80 % son endémicas (Arias *et al.* 1997).

En los ecosistemas áridos o semiáridos ocurren diversos procesos ecológicos, por ejemplo, cuando una cactácea o cualquier planta suculenta muere o entra en proceso de descomposición (necrosis), se convierte en un nuevo micro-hábitat para una gran cantidad de insectos que lo aprovechan para reproducción y crianza, lo que convierte a la cactácea en un centro de congregación para un gran número de insectos (Rank, 1982; Castrezana y Markow, 2001; Romo y Morrone, 2012; Ferro *et al*. 2013).

El proceso de necrosis inicia cuando alguna cactácea sufre alguna lesión en el tallo o en alguna rama debido a un daño físico, ocasionado por un animal o de manera accidental (caída o aplastamiento por otro cactus, o por sobresaturación de agua); e incluso por daños microscópicos en corteza por rayos UV (Evans, 2005). Cuando esto ocurre una parte del tejido queda expuesto al exterior, y micro organismos como bacterias y hongos pueden colonizar dichas partes expuestas (Fogleman y Danielson, 2001; Martínez-Falcón *et al.* 2011 a); esto combinado con el estrés ambiental, la senescencia o ambas, permite la proliferación de los microorganismos en los tejidos de la planta, iniciándose así un proceso de necrosis del tejido (Rank, 1982; Breitmeyer y Markow, 1998; Cartezana y Markow, 2001; Puerco 2002, Martínez *et al.* 2011 a).

Los microorganismos que van colonizando el tejido expuesto, van transformando las propiedades del mismo, de manera que eliminan o liberan toxinas que pudieran ser nocivas para algunos insectos; así también liberan nutrientes y agua de los tejidos de la planta, creando así un sustrato para crianza y alimentación de una gran variedad artrópodos (Fogleman y Foster, 1989; Castrezana y Markow, 2001; Fogleman y Danielson, 2001; Soto *et al.* 2008; Martínez-Falcón *et al.* 2011 b).

Ya que la presencia de insectos saprófagos, está determinada por la presencia de microorganismos; se piensa que la relación cactus-insecto, ha creado algunas dependencias específicas en algunos artrópodos, con su respectivo cactus hospedero, como es el caso de algunas especies del género Drosophila Fallèn 1823 (Breitmeyer y Markow, 1998). Por lo que la disponibilidad del micro hábitat puede tener una gran influencia en la historia evolutiva de las poblaciones con especificidad a una planta en particular, aunque la mayoría de la comunidad de insectos es generalista (Rank, 1982; Cartezana y Markow, 2001; Pfeiler y Markow, 2011).

La descomposición de las cactáceas pasa por varias etapas según la degradación de su tejido; por lo que el cambio de las comunidades de artrópodos, se produce de acuerdo al agotamiento de algunos recursos y la disponibilidad de los mismos, para su aprovechamiento, además de los factores ambientales; esto provoca que la comunidad de insectos vaya cambiando a lo largo del tiempo (Martínez *et al.* 2010; Martínez *et al.* 2011 b; Martínez *et al.* 2012; Ferro *et al.* 2013). Así entonces, durante este proceso se produce una sucesión de organismos, a la que se denomina sucesión heterotrófica; éste proceso se caracteriza porque gradualmente especies que colonizaron las lesiones del cactus, son remplazadas por otras, hasta llegar a una comunidad estable. La progresión de la sucesión está dada en una serie de etapas, según se van liberando nutrientes en este nuevo hábitat (Brown, 1984). Una vez establecida la comunidad de insectos, se generan todo tipo de relaciones dentro de la comunidad como el parasitismo, la depredación y la competencia intra e interespecífica (Rank, 1982; Ferro *et al*. 2013). Asimismo, se producen sustancias volátiles, producto de la fermentación, que atraen a los insectos adultos, en especial a hembras en etapa reproductiva (Breitmeyer y Markow, 1998). Estos compuestos volátiles también pudieran desencadenar señales químicas que estimulen el apareamiento y la ovoposición, además de la atracción por la necrosis para alimentación (Fogleman y Danielson, 2001). El cactus también ofrece un lugar de refugio contra la radiación y desecación gracias a su gruesa capa de tejido, así como una gran cantidad de agua y humedad para estos organismos (Rank, 1982; Cartezana y Markow, 2001; Fogleman y Danielson, 2001; Ferro *et al.* 2013), que particularmente en estos ambientes sufren de estrés hídrico (Gibbs, 2002; Gibbs *et al.* 2003). Sin embargo, dicho refugio depende del tamaño de la planta, de su radio, la corteza y la morfología (Gibbs *et al*. 2003). Los cactus en pudrición son entonces un nuevo micro-hábitat que, además de presentar una distribución aleatoria en los ambientes áridos, también presentan un periodo de duración corto (Castrezana y Markow, 2001; Martínez *et al*. 2010; Martínez *et al*. 2011 b; Ferro *et al*. 2013). Dicho periodo de duración depende también, de las condiciones

ambientales y de los colonizadores, así como del tamaño de la necrosis y el tamaño de la planta (Breitmeyer y Markow, 1998).

En general, los estudios sobre las interacciones entre comunidades de plantas e insectos se encuentran limitados a ciertos ambientes (como selvas y bosques), siendo poco estudiados los ambientes desérticos; además de que los estudios sobre procesos de sucesión heterotrófica apenas se empiezan a abordar (Dirzo *et al.* 2004). En particular, aun se sabe muy poco sobre las comunidades de artrópodos relacionadas al proceso de pudrición de cactáceas; esto cobra mayor relevancia si consideramos que México presenta la mayor abundancia y diversidad de cactáceas en el mundo (Rzedowski, 1991), dónde particularmente, las cactáceas columnares predominan la comunidad vegetal de numerosos ambientes áridos, constituyendo gran parte del paisaje en las zonas centrales del país, y donde particularmente la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, se considera el sitio con mayor número de cactáceas columnares por densidad de área del país (Valiente *et al.* 1997; Godínez *et al.* 2002; López *et al.* 2012). México presenta cualidades idóneas para la realización de este tipo de estudios, que nos ayudan a comprender el papel ecológico de los cactus en descomposición, dentro este tipo de ambientes y su relación con las comunidades de insectos.

ANTECEDENTES.

Respecto al registro de la comunidad de insectos, varios estudios que abordan la asociación entre artrópodos y plantas suculentas en descomposición, han encontrado una gran variedad de organismos, en donde podemos encontrar principalmente grupos de dípteros y coleópteros, siendo estos ordenes los más abundantes y diversos (Rank, 1982; Castrezana y Markow, 2001; Puerco, 2002; Martínez *et al.* 2010, Ferro *et al.* 2013). Pero también se han reportado otros grupos de artrópodos pertenecientes a la clase Arachnida (Rank, 1982, Castrezana y Markow, 2001, Puerco, 2002). Un ejemplo de este tipo de estudios es el realizado por Castrezana y Markow (2001), quienes trabajaron tres especies de cactus columnares: *Pachycereus pringlei* (S.Waston) Britton y Rose 1987, *Stenocereus thurberi* (Engelm) Buxbaum 1961 y *Lophocereus schottii* (Engelm) Britton y Rose 1922; en proceso de sucesión heterotrófica, en el Desierto de Sonora. En su estudio, reportaron un total de 34 especies de artrópodos, divididos en 23 familias, 10 órdenes. Los ordenes de insectos reportados fueron: Diptera, Coleoptera, Isoptera, Hymenoptera, Hemiptera, Dermaptera. Donde Diptera fue el más abundante y diverso, seguido de Coleoptera. También reportaron que la abundancia de insectos fue mayor en primavera que en verano para las tres cactáceas muestreadas. Mientras que por otro lado, señalan que pudieran existir

restricciones para la presencia de especies de artrópodos de acuerdo con los cactus hospederos. De igual manera, Rank (1982), registro para *Ferocactus wislizenii* Britton y Rose 1922*,* un total de 10 órdenes de insectos: Collembola, Dermaptera, Hemiptera, Coleoptera, Thysanura, Thysanoptera, Diptera, Hymenoptera y Ephemeroptera; así como grupos de otros artrópodos como Pseudoscorpionida, Scorpionida y Araneae; donde al igual que Castrezana y Markow (2001), Diptera es el orden más abundante; además, mostró que la abundancia de artrópodos está ligada a la humedad de las necrosis.

Particularmente, dentro de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, Puerco (2002), trabajó con la cactácea columnar *Pachycereus hollianus* (A.Berger) Britton y Rose 1909*.* En su estudio encontró 7 órdenes que son: Lepidoptera, Diplura, Orthoptera, Hymenoptera, Coleoptera, Isoptera, Thysanura. Así como órdenes de la clase Arachnida. En donde Isoptera fue el más abundante, mientras que Coleoptera, si bien no fue abundante, si fue el más diverso.

Entre los artrópodos más encontrados en el proceso de sucesión heterotrófica de cactáceas, Diptera es el orden más abundante. Castrezana y Markow (2001), reportaron para Diptera a las familias Cecidomyiidae, Chironomidae, Musidae, Drosophilidae, Syrphidae y Culicidae. Donde Cecidomyiidae fue la más abundante, mientras que Drosophilidae fue la más diversa. Además mostraron que, la especificidad por parte de algunas especies de Drosophila hacia una planta hospedera en particular, pudiera influir el tiempo de duración de las necrosis.

La familia Drosophilidae ha sido por mucho la familia de dípteros más estudiada (Breitmeyer y Markow, 1998), empleada como modelo para analizar aspectos como capacidad de dispersión (Markow y Castrezana, 2000; Morales y Sene, 2003), genética (Pfeiler y Markow, 2011), asociación de microorganismos (Fogleman y Foster, 1989; Fogleman y Danielson, 2001), depredación (Escalante y Benado, 1990), e insolación (Gibbs, 2002; Gibbs *et al.* 2003). Específicamente, los estudios de Breitmeyer y Markow (1998), reportaron que algunas especies del género *Drosophiila* pudieran tener relación específica con ciertas cactáceas hospederas, además de estar ausentes en verano, cuando las temperaturas son elevadas; tal como indican Morales y Sene (2003), en su estudio existe una dependencia de *Drosophiila gouveai* Tidon-Sklorz y Sene 2001, con el cactus *Pilosocereus machrisii* Dawson 1957 en estado necrótico; encontrando además, una baja poblacional cuando las temperaturas son elévalas.

Otro grupo de dípteros reportados en asociación con plantas suculentas en estado de descomposición es la familia Syrphidae. En específico para esta familia, Rotheray *et al.* (2009), señalaron que miembros del género Copestylum Macuart

1986, fueron los organismos más abundantes asociados a cactáceas en pudrición, en las partes centrales de México. Martínez-Falcón *et al.* (2010), también reportan a este mismo género. En este estudio se mostró también que la abundancia de la comunidad de larvas de la especie *Isolatocereus dumortieri* (Sheidw) Backeb 1942, se incrementó en la temporada de lluvias. Además, Martínez-Falcón *et al.* (2012), reportaron que las larvas del género *Copestylum* (Syrphidae), aceleraron el proceso de degradación durante los primeros 60 días de descomposición. Así, se concluyó que el aumento de Sírfidos (y en general de insectos) en temporada de lluvias, se debió a la humedad y al aumento de recursos.

Otra de las familias de dípteros, comúnmente mencionadas sobre cactáceas en descomposición es Neriidae, en específico el género *Odontoloxosus,* se menciona como componente importante de la comunidad de artrópodos del Desierto de Sonora (Morgan, 1979; Castrezana y Markow, 2001; Pfeiler *et al*. 2013a). A pesar de ello, Castrezana y Markow (2001), en su estudio no registraron ningún miembro perteneciente a *Odontoloxosus*. Respecto a este hecho, Pfeiler *et al.* (2013a), señaló que este género pudiera no ser tan abundante como el género Drosophila, pero que tampoco ha sido muy estudiado. Particularmente, Morgan (1979), reportó que la especie *Odontoloxosus longicornis* Coquillet 1904, fue abundante en el proceso de descomposición de *Carnegia gigantea* Britton y Rose 1937; y reportó que esta especie, utiliza diversas estrategias de comportamiento, sobre todo reproductivas, para evitar las temperaturas elevadas. Por lo que, al igual que Syrphidae, se reproduce más en condiciones de elevada humedad.

Los coleópteros son el segundo orden más abundante reportado sobre cactus en descomposición después de Diptera. Ferro *et al.* (2013), realizaron estudios de sucesión heterotrófica en *Ferocactus wislizenii* Britton y Rose 1922, en específico para coleópteros, en el Desierto de Sonora; encontraron 11 familias, 28 géneros y 35 especies. Las familias que reportaron fueron Buprestidae, Cleridae, Curculionidae, Elateridae, Mycetophagidae, Nitidulidae, Zopheridae. Histeridae, Staphylinidae, Hydrophilidae y Tenebrionidae. Donde las familias más abundantes fueron Histeridae, Staphylinidae e Hydrophilidae; mientras que las familias más diversas fueron Staphylinidae, Histeridae y Tenebrionidae. Por otro lado, Castrezana y Markow (2001), reportaron al orden Coleoptera, como el segundo más abundante después de Diptera; reportando para Coleoptera a las familias Histeridae, Nosodendronidae, Staphylinidae y Tenebrionidae, donde Histeridae fue la familia más abundante.

Maya *et al.* (2011), señala que algunos coleópteros pueden ser los responsables del inicio de un proceso de descomposición en una cactácea. En específico para la especie *P. pringlei*, éste autor reportó la presencia del coleóptero *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhaal 1838, perteneciente a la familia

Curculionidae, que se sabe causa grandes daños a al cactus; por lo que ésta especie podría ser responsable de los inicios de la pudrición del tejido del cactus. Las lesiones que ocasiona *S. acupunctatus*, dejan expuestos los tejidos del cactus y son fácilmente colonizados por microorganismos oportunistas, por lo que pueden ser una amenaza para la mayoría de las cactáceas. Otros estudios han corroborado esto, como el de Morrone (2012), donde se mostró que miembros de la familia Curculionidae fueron responsables de daños en plantas suculentas, generando daños económicos en algunos casos, como los relacionados con la subfamilia Agavoideae. Este autor también mencionó a especies del género *Scyphophorus* y *Pletophorus,* como los principales responsables de los daños. De igual manera, Molina (2013), señala que la especie *S. acupunctatus,* se ha vuelto una plaga, gracias a su gran adaptabilidad.

Los diferentes estadíos de descomposición por lo que atraviesa el tejido de un cactus, han sido poco estudiados**.** Sin embargo**,** algunos han medido cualitativamente el contenido de humedad durante las etapas de descomposición de las cactáceas, analizando la abundancia de insectos respecto a esas etapas. cuando las condiciones de humedad en el ambiente son más elevadas (temporada de lluvias), o viceversa; Por ejemplo, Castrezana y Markow (2001), además de reportar diferencias de abundancia entre estaciones (primavera y verano), también señalan diferencias en el contenido de agua y en pH; estos autores reportaron mayor abundancia de insectos en primavera. Asimismo, Ferro *et al.* (2013), determinaron las etapas o estados de humedad del tejido de manera cualitativa, definiendo tres estados de humedad para *F. wislizenii*: 1) muy húmedo, donde se puede apreciar a simple vista liquido saliendo de las pudriciones 2) húmedo, en donde ya no se ve liquido brotando de las pudriciones, pero se mantiene húmedo los tejidos de la planta y 3) seco, cuando prácticamente la planta ha perdido casi o toda su humedad. La etapa con mayor abundancia de artrópodos fue la primera. Por otro lado, Breitmeyer y Markow, (1998), indicaron que el proceso de degradación y perdida de humedad varía según la especie y el tamaño de la planta, y aunque no determinaron etapas en el proceso de descomposición, establecieron que, por ejemplo para el cardón *P. pringlei* este proceso tiene una duración de 8 meses; para el saguaro *C. gigantea* dura 6 meses; para *S. thurber*, 4.5 meses, y para *L. schottii* el proceso de descomposición dura menos de 3 meses. Aunque lo anterior solo fue una estimación que depende también de las condiciones ambientales y de los colonizadores, así como del tamaño de la necrosis y el tamaño de la planta.

En general, todos los estudios de la comunidad de insectos sobre cactáceas en estado de descomposición, indican que el estrés hídrico en ambientes áridos es el factor más importante para las poblaciones en general, y

sobre todo para insectos. Lo cual no sería una excepción en los procesos de sucesión heterotrófica que ocurren en estos ambientes. Por otro lado, hay que considerar también que existen diferencias entre las especies respecto a su capacidad de dispersión.

JUSTIFICACION.

Los integrantes de las comunidades de insectos asociados a los cactus en necrosis o pudrición han sido poco estudiados, la mayoría de los trabajos se han limitado a regiones del norte (desierto de Sonora) de México. Así, existen pocos trabajos de éste tipo en las regiones centrales del país, sobre todo aquellas zonas que presentan una gran diversidad de cactáceas y un gran número de endemismos, como lo es el caso del valle de Zapotitlán, dentro de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. Dentro de ésta zona existen diferentes “parches” de vegetación, caracterizados por asociaciones de especies vegetales muy particulares, donde las “Tetecheras” cubren gran cantidad de superficie y se encuentran dominadas por el “Sahuaro” o “Tetecho”, nombre con que se conoce a la especie más conspicua *Neobuxbaumia tetetzo.* Esta especie, es una cactácea columnar, para la cual no existen estudios de sucesión heterotrófica, y que debido a su gran tamaño podría esperarse, que al morir, aportara gran cantidad de recursos a la comunidad. Este hecho cobra mayor importancia si se considera que en los hábitats donde está presente (semiárido), las condiciones ambientales son extremosas y la disponibilidad de recursos es limitada. Así, regiones como la del valle de Zapotitlán, se vuelven un centro de estudio idóneo e interesante, que puede aportar conocimientos sobre la composición de la comunidad de insectos implicados en la sucesión heterotrófica de una cactácea columnar. Estudios de este tipo permiten un mayor entendimiento de los procesos que ocurren en ecosistemas áridos o semiáridos, así como de las diferentes interacciones que se establecen dentro de las comunidades de organismos. Además, si consideramos que México posee numerosos ambientes semiáridos, que albergan una gran diversidad de cactáceas, sobre todo columnares, el conocimiento de éste tipo de relaciones ecológicas puede arrojar valiosa información para la comprensión y conservación de este tipo de ecosistemas.

HIPOTESIS.

a) Debido a que en la literatura solo se han determinado las etapas de descomposición de las cactáceas columnares, con base en estimaciones cualitativas del contenido de humedad de su tejido, se espera que la determinación cuantitativa de la humedad de los tejidos en descomposición de *N. tetetzo,* permita establecer categorías o etapas claras, que permitan analizar la dependencia de algunos grupos con el contenido de humedad.

b) Tomando en cuenta que se han reportado a los ordenes Diptera y Coleoptera, como los principales grupos asociados a los cactus en descomposición, principalmente en estados de mayor humedad, se espera que la comunidad de insectos de *N. tetetzo* en estado de necrosis, esté compuesta principalmente por estos dos grupos, siendo los más abundantes y diversos.

c) Se ha reportado que la humedad de los tejidos del cactus influye en la abundancia de Diptera y Coleoptera, ya que hay mayor disponibilidad de los nutrientes según las variaciones en el contenido de agua. Así, la etapa más húmeda, se ha reportado con mayor abundancia de artrópodos; por lo que se espera que sean los grupos Diptera y Coleoptera los que presenten dependiencia de la humedad, por lo que estarán mayormente representados en etapas tempranas o intermedias del proceso de sucesión.

d) Algunos estudios han reportado que la abundancia de insectos se incrementa en la temporada de lluvias, manteniendo una distribución homogénea, al contrario de la temporada seca donde es al azar, por lo que en nuestro estudio se espera, que las variables ambientales de temperatura, velocidad del viento, así como el pH del tejido, también influyan en la abundancia y composición de insectos asociados al proceso de sucesión de *N. tetezo*.

OBJETIVOS.

General:

Determinar las etapas de descomposición de *Neobuxbaumia tetetzo* y conocer la composición y abundancia de la comunidad de insectos asociados a cada etapa, dentro del Jardín Botánico Hellia Bravo Hollis, en Zapotitlán Salinas, Puebla.

Particulares:

1. Establecer los estadios de descomposición de *Neobuxbaumia tetetzo* con base en el contenido de humedad del tejido en pudrición.
2. Colectar e identificar los organismos asociados a *N. tetetzo* en descomposición utilizando claves taxonómicas.
3. Determinar si existe relación entre la abundancia de los órdenes, familias y especies de insectos, con las categorías de humedad establecidas para el proceso de sucesión heterotrófica de *N. tetetzo*.
4. Establecer si existe efecto de las variables ambientales como la temperatura, la velocidad del viento y el pH del tejido, en la abundancia y la composición de la comunidad de insectos asociado al proceso de sucesión de *N. tetetzo*.

MATERIAL Y MÉTODO.

Zona de estudio y descripción de Neobuxbaumia tetetzo (Cactaceae).

La zona de estudio se ubicó en el valle de Zapotitlán, que se encuentra dentro de La Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México. Este valle tiene una superficie aproximada de 86.76 km^2. Se ubica en las coordenadas 18° 20´N, 97° 28´W (Fig. 1). La temperatura media anual es de 21.2 °C. Su clima es seco o árido, semi-cálido, con una marcada época de lluvias en el verano con un promedio anual de lluvia de 380-400 mm (BW según la clasificación de Köppen), presentándose la mayor precipitación entre junio y septiembre. Las lluvias son escasas e irregulares a lo largo del año, y cuando se presentan, son de tipo torrencial. Esto impide que las raíces de las plantas capten agua, además de que las lluvias torrenciales y los fuertes vientos pueden dar lugar a una intensa erosión del terreno. Esta región es árida debido a la sombra orográfica de la Sierra Madre Oriental. El área es heterogenia con cerros y montañas que dominan el paisaje. Su litología incluye pizarra, piedra caliza, materiales ígneos. El tipo de suelo que se encuentra en el Valle de Zapotitlán es comúnmente de yeso y caliza, muchas veces con altos contenidos de sales y con textura arcillosa (Arias *et al.* 1997; Arias y Reyes , 2000; Godínez *et al.* 2002; López *et al.* 2012).

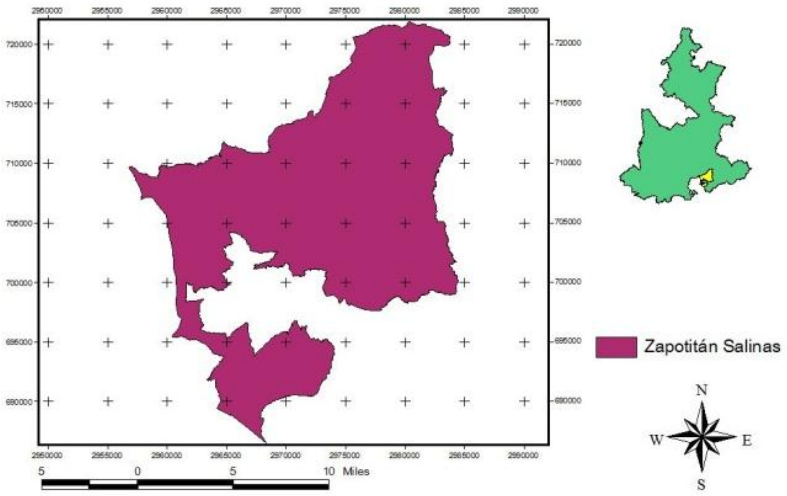


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio, valle de Zapotitlán, dentro del estado de Puebla, México.

Neobuxbaumia tetetzo (J.M.Coult.) Backeb, pertenece a la familia Cactaceae, dentro del orden Cariophillales, que a su vez pertenece a la clase Magniolopsida, dentro de la división Tracheophiliales. Es una cactácea columnar que alcanza alturas hasta de 15 m. Produce de dos a cinco ramas por individuo adulto a partir del tallo principal. Los tallos y las ramas se caracterizan por ser cilíndricos, presentando numerosas costillas; sus espinas tienen de 5 a 20 mm de largo y se dirigen hacia abajo. Presenta flores nocturnas, aromáticas y de color blanco, de cerca de 5.5 cm de largo, que nacen en el ápice del tallo. Florece en los meses de abril a junio. Sus frutos son verdosos, de forma ovoide con pequeñas escamas, y contienen semillas de color pardo brillante. Su distribución abarca los estados de Puebla y Oaxaca. Sus usos por parte de la población local son en la cocina tradicional, donde los botones florales son guisados o hervidos, acompañados de huevo; sus frutos son consumidos secos, las semillas son machacadas con chile para elaborar salsas (Reyes, 2004; Lopez *et al.* 2012).

Colecta de tejido y registro de variables ambientales.

Se realizaron visitas mensuales de dos días de duración, al Jardín Botánico Helia Bravo Hollis durante un periodo de 7 meses (agosto 2013 a febrero 2014), para obtener muestras y datos de colecta. En cada salida se realizaron recorridos para ubicar cactáceas en descomposición, que fueran próximas o mayores a dos metros de largo. Llegando a encontrar un total de 17 individuos de *N. tetetzo*. De estos individuos seleccionados, se tomaron tres muestras de tejido, en forma de cubos de 5 cm de largo x 5 cm de ancho x 5 cm de profundidad. Siguiendo el método de Castrezana y Markow (2001), el tejido fue pesado en fresco (*in situ*) y en seco (en laboratorio) usando una balanza digital. Las muestras de tejido colectadas en campo, fueron colocadas en bolsas herméticas, debidamente etiquetadas y trasladadas al laboratorio para ponerlas a deshidratar en un horno de secado para plantas, a una temperatura de 60 °C por cuatro días; esto con la finalidad de obtener el peso en seco. La diferencia entre peso húmedo y el peso seco proporciona el contenido de humedad de los tejidos.

Con el propósito de estimar la influencia de algunos factores ambientales en la comunidad de insectos, en cada individuo seleccionado de *N. tetetzo,* se midió de manera simultánea a la colecta de tejido e insectos, las siguientes variables: la velocidad del viento, la temperatura y la humedad relativa. Utilizando para tal propósito, un termo-anemómetro digital. Así también, se tomó el pH de cada cactácea, mediante tiras reactivas para medir el pH. Además, se dio seguimiento a un individuo control, del cual se pudo observar el inicio de la necrosis, en el cual fue monitoreada la humedad y el pH, cada mes a partir de su localización.

Colecta de insectos asociados.

La colecta de insectos se realizó manualmente, inmediatamente después de la colecta de tejido, mediante el uso de pinzas y redes entomológicas. En un horario de 9:00 am a 2:00 pm, y de 3:40pm a 5:00 pm. Se colectaron solo a los insectos adultos que se encontraban dentro de las incisiones, así como los que se posaban sobre el tejido en pudrición. Los insectos colectados se sacrificaron en tubos de plástico a los que se les colocó algodón con acetato de etilo. Los dípteros e himenópteros, se sacrificaron en alcohol al 70% para su preservación. Igualmente se colectaron larvas, que fueron colocadas junto a tejido en descomposición en recipientes de vidrio, y transportadas a laboratorio para ser criadas en incubadora a 25°C, con el fin de ser identificados cuando alcanzaran su madures. Los insectos colectados, se trasladaron al laboratorio y se identificaron a nivel de orden, familia y especie con ayuda de un microscopio estereoscópico y claves taxonómicas (Campbell, 1973; Borror *et al.* 1988; McAlpine *et al.* 1987; Morrone, 2000; Navarrete-Heredia *et al.* 2002; Marvaldi y Lanter, 2005; Arce-Pérez y Morón, 2011; Romo y Morrone, 2012). Posterior a la identificación, se buscó asesoría de investigadores expertos para la corroboración de la identidad de los mismos.

Análisis de datos.

Con las estimaciones de contenido de humedad del tejido colectado, se usó la fórmula de Sturges (1926) para determinar el número y ancho de los intervalos de humedad de los cactus, durante el proceso de sucesión. Así, se establecieron las etapas de descomposición de *N. tetetzo.* La fórmula de Sturges se expresa como:

$$W = \frac{R}{K}$$

$$K = 1 + 3.322\ (log_{10}\ N)$$

Donde W es la amplitud de intervalo, R es el rango, K es el número de intervalo y N es el número de datos.

Se calculó también el índice de diversidad de Simpson a nivel de orden, considerando los insectos de todos los cactus muestreados, así como la equitatividad y la riqueza de especies presentes en cada orden. Se aplicó una prueba de t de Hutchinson, para determinar diferencias significativas en la diversidad entre ordenes. Para éste análisis se usó el software PAST versión 3.04 (Hammer *et al*. 2001).

Con el propósito de determinar si existe una relación de dependencia entre las abundancias de los órdenes y las etapas de humedad del cactus, se realizó un análisis de regresión no lineal, usando el software PAST versión 3.04 (Hammer *et al*. 2001); donde la curva que mejor se ajustó a las curvas de abundancia fue de tipo sinusoidal. Para determinar el efecto de las variables ambientales velocidad del viento, temperatura y pH del tejido, en la comunidad de colonizadores de *N. tetetzo*, se realizó un Análisis Canónico de Correspondencia (ACC), utilizando el software MVSP, versión 3.0 (Kovach, 1999). Así mismo, esta prueba se realizó a los ordenes más diversos a nivel de familias.

RESULTADOS.

Establecimiento de las etapas de humedad.

Con las medidas de contenido de humedad de 17 individuos de *N. tetetzo*, se encontraron un total de 7 intervalos o etapas de descomposición (Cuadro 1). Con el monitoreo del cactus control, se encontró por un lado que, el contenido de humedad y de pH descienden conforme al tiempo transcurrido en el proceso de descomposición (Fig. 2). Por otro lado, se determinó que la duración total del proceso de descomposición fue de entre 5 a 6 meses.

Cuadro 1. Intervalos de humedad, expresados en porcentaje, obtenidos a través de la fórmula de Sturges (1926) y que representan las etapas en el proceso de descomposición de *N. tetetzo*.

Intervalo	Humedad (%)
1	78-71
2	71-63
3	63-55
4	55-48
5	48-40
6	40-33
7	33-25

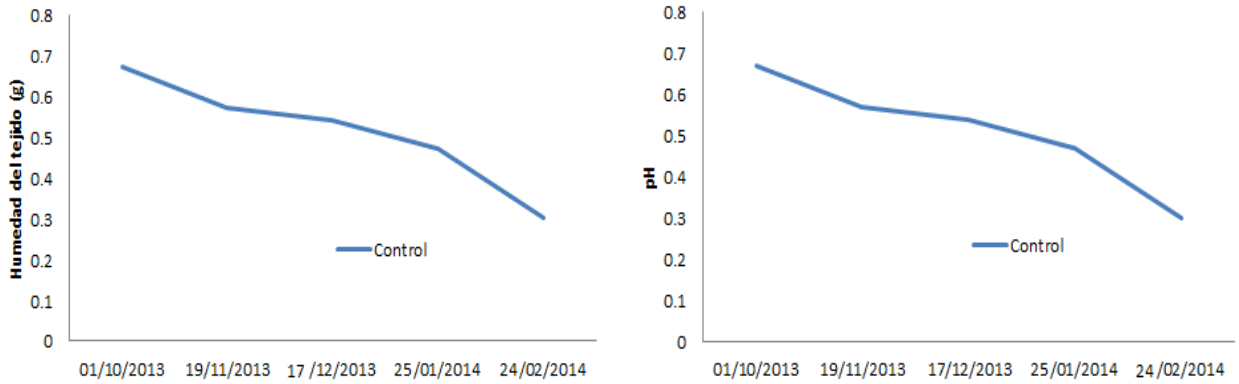


Figura 2. Descenso del contenido de humedad y pH, en un individuo control de *N. tetetzo*, durante el tiempo del proceso de descomposición.

Abundancia y diversidad de organismos.

Se encontró un total de 464 individuos de la clase Insecta relacionados a la sucesión heterotrófica de *N. tetetzo* (Cuadro 2, Fig. 3), pertenecientes a 6 ordenes, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera, Blattodae, Hemiptera e Isoptera. El orden más abundante fue Diptera con 242 individuos, seguido de Coleoptera con 112 individuos; mientras que los menos abundantes fueron Isoptera y Hemiptera con 9 individuos cada uno. Respecto a la riqueza de especies de familias, Diptera presentó la mayor riqueza con 9 familias, seguida de Coleoptera con 6 familias, tanto Hymenoptera y Hemiptera presentaron 4 familias. Los ordenes Isoptera y Blattodea fueron los de menor riqueza con una familia cada uno. En cuanto a la riqueza de géneros encontrada para *N. tetetzo*, se tuvo una relación de una familia por género. A excepción de las familias Curculionidae y Staphylinidae (Coleoptera), que presentaron tres géneros cada una.

El índice de diversidad de Simpson mostró que los órdenes más diversos fueron Diptera (0.7098) y Coleoptera (0.6752). Los otros órdenes mostraron valores bajos o nulos (Cuadro 3), debido a la baja cantidad de taxa encontrados. La prueba de t de Hutchinson mostró que entre Diptera y Coleoptera no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$); mientras que Hymenoptera, si fue significativamente menos diverso que estos dos órdenes (con Diptera $P= 0.012985$ y con Coleoptera $P= 0.013664$). Los órdenes con mayor equitatibidad fueron Coleoptera, Diptera e Hymenoptera. A pesar de que Hemiptera mostro un valor más alto, la presencia de pocos individuos no permite que ésta sea una estimación confiable.

Cuadro 2. Abundancia de insectos asociados a individuos de *N. tetetzo* en descomposición, ordenados taxonómicamente.

Orden	Familia	Genero	Especie	Abundancia
Diptera	Neriidae	*Odontoloxosus*	*Odontoloxosus longicornis* Coquillet, 1904	109
	Syrphidae	*Copestylum*	*Copestylum trumcatum*	25
			Copestylum sp	1

	Drosophilidae			19
	Dolichopodidae	*Dolichopus*	*Dolichopus sp.*	63
	Tachinidae			10
	Asilidae			4
	Bombyliidae			3
	Ulidiidae			4
	Scatopsidae			4
Coleoptera	Hydrophilidae	*Sphaeridium*		60
	Cerambycidae	*Monochamus*	*Monochamus galloprovincialis* Oliver, 1795.	17
	Elateridae			8
	Curculionidae	*Sitona*	*Sitona sp.*	4
		Scyphophorus	*Scyphophorus acupuncatus* Gyllenhal, 1838.	6
		Peltophorus	*Peltophorus polymitus* Boheman, 1845.	1
	Staphylinidae	*Aleochara*	*Aleochara depressa* Sharp, 1883	5
		Tachinomorphus	*Tachinosmorphus grandis Solky, 1868.*	5
		Aleochara	*Aleochara valida* LeConte, 1858.	4
		Homaloninus	*Homaloninus sp.*	1
	Histeridae	*Hololepta*	*Hololepta yucateca* Marseul, 1853.	1
Hymenoptera	Formicidae			23
				3

	Braconidae			5
	Tenthredinidae			4
	Evaniidae			1
Blattodea	Blattelidae			53
Hemiptera	Achilidae	*Catonia*	*Catonia sp*	4
	Miridae			3
	Morfo 1			1
	Morfo 2			1
Isoptera	Termitidae			9
TOTAL	**25**	**29**	**31**	**464**

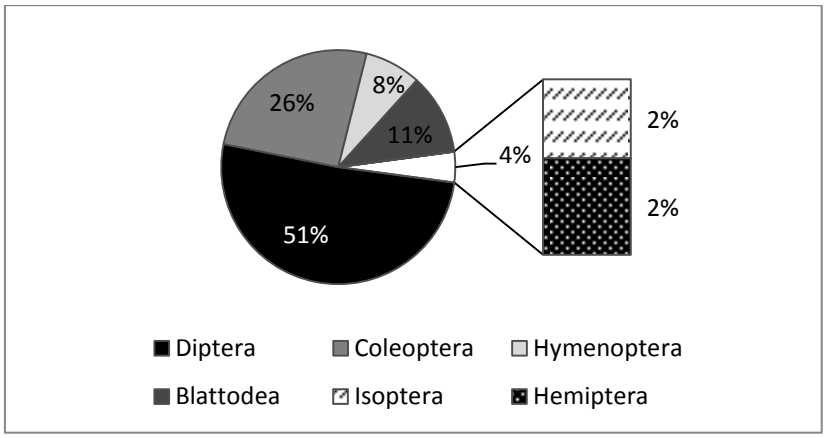


Figura 3. Abundancia expresada en porcentaje de los órdenes encontrados en el proceso de sucesión heterotrófica de *N. tetetzo* .

Cuadro 3. Diversidad, equitatividad y abundancia de los ordenes que componen la comunidad heterotrófica de *N. tetetzo.* Las letras del super-índice indican diferencias significativas (P>0.05), mientras que el asterisco (*) señala que estos resultados no deben considerarse debido al bajo número de individuos.

Orden	**Simpson**	**Equitatividad**	**Individuos**
Diptera	0.7098[a]	0.6705	242
Coleoptera	0.6752[a]	0.567	112
Hymenoptera	0.5683[b]	0.6048	37

Blattodea	0^{c}	0	53
Hemiptera	0.6446^{c}	0.8384^{*}	11
Isoptera	0^{c}	0	9

Dependencia de los ordenes de insectos, respecto a la etapa de descomposición.

Las mayores abundancias de la comunidad de insectos se encontró en las etapas tres, cuatro y cinco, que corresponden a etapas intermedias del proceso de descomposición (Fig. 4). Acorde con las siete etapas establecidas para el proceso de descomposición del tejido de *N. tetetzo* (Tabla 1), se puede apreciar que los ordenes Diptera y Coleóptera aumentan su abundancia en las etapas tres, cuatro y cinco, que corresponden al 40%-66% de humedad, teniendo ambos la mayor abundancia en la etapa cuatro (58%- 49% de humedad). Los demás ordenes mostraron mayor uniformidad de abundancias respecto a las etapas de descomposición.

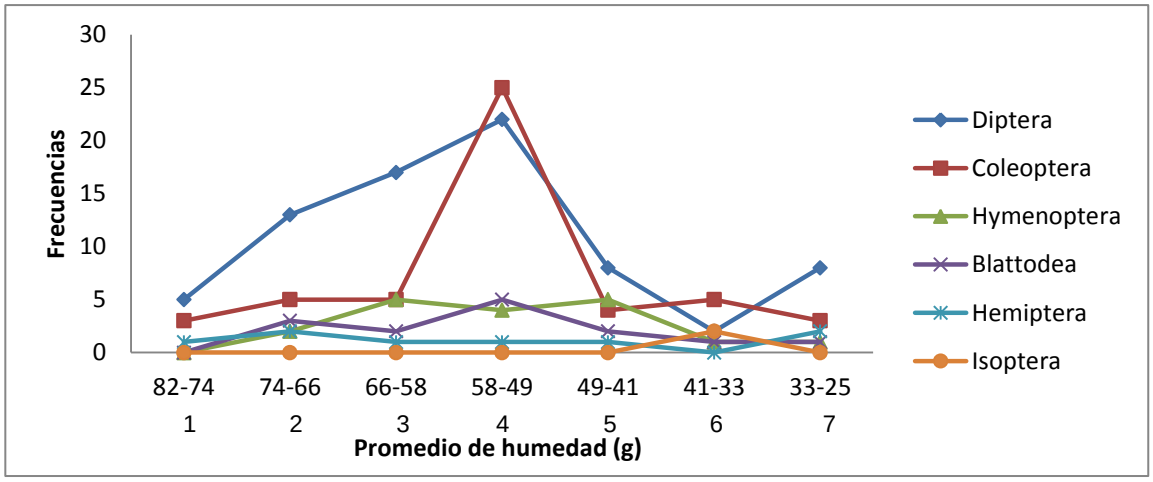
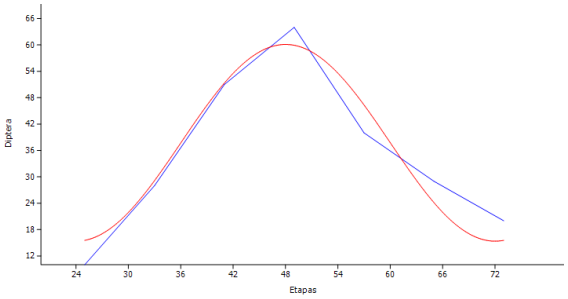


Figura 4. Abundancia de los órdenes en cada etapa de descomposición (mostrada como intervalos de humedad en porcentaje) del tejido de *N. tetetzo*.

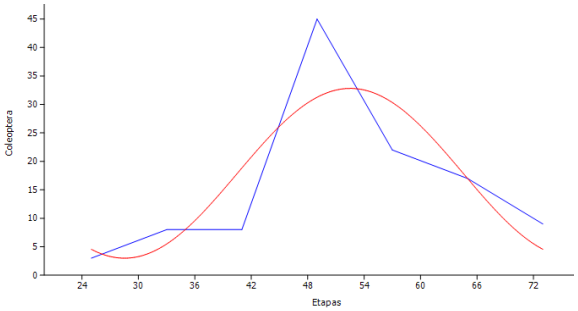
La regresión no lineal realizada para cada orden mostró que sólo los ordenes Diptera, Coleoptera e Hymenoptera fueron significativos. Para el orden Diptera (P= 0.0096746, R^2= 0.93777), e Hymenoptera (P=0.0012075, R^2=

0.9815), la regresión fue significativa con un nivel de confianza del 95%, mientras que para Coleóptera (P= 0.056, R^2= 0.87) se consideró un nivel de confianza del 90%. La curva que mejor se ajustó a las curvas de abundancias fueron de tipo sinusoidal (Figura 5.). Las abundancias de los demás ordenes no mostraron dependencia de las etapas de descomposición del cactus.

Diptera (P= 0.0096746, R^2= 0.93777)



Coleoptera (P= 0.056, R^2= 0.87)



Hymenoptera (P=0.0012075,R^2= 0.9815)

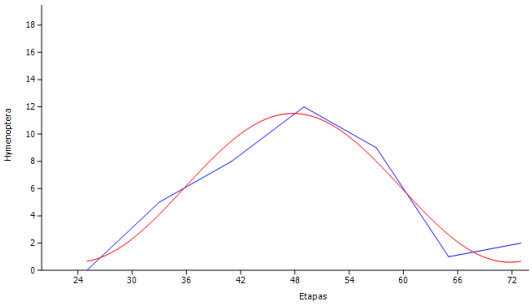


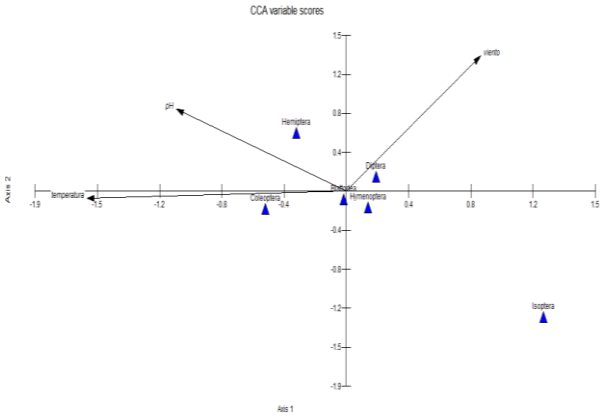
Figura 5. Análisis de regresión no lineal. La curva sinusoidal (rojo) muestra el ajuste a la cuerva de abundancia (azul). Solo los ordenes Diptera, e Hymenoptera mostraron dependencia respecto del intervalo de descomposición de *N. tetezo*.

Efecto de las variables ambientales en la comunidad de insectos.

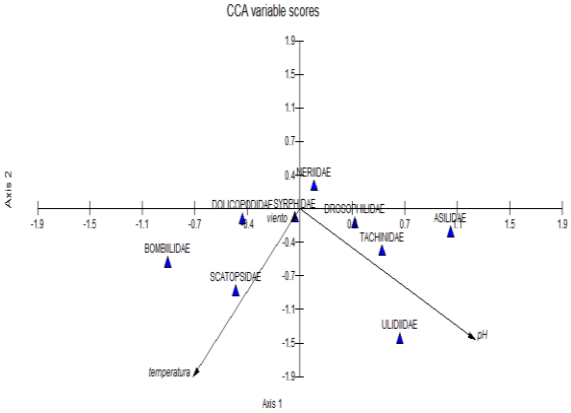
El análisis canónico de correspondencia (ACC), realizado para determinar cómo las variables ambientales de temperatura, velocidad del viento y el pH del tejido, afectan a los diferentes ordenes de insectos, indicó que estas variables afectan muy poco las abundancias de la comunidad de insectos (24.3% de la variación total para el primer eje de ordenación; Fig. 6). Sin embargo, el orden Coleoptera fue el más afectado por la temperatura, mientras que Hemiptera lo fue por el pH (ubicados en dirección a los vectores ambientales). Mientras que los

demás ordenes se ubican en dirección opuesta a estos vectores. Asimismo, el resultado de este análisis a nivel de familias, para los ordenes Diptera, Coleoptera e Hymenoptera, tampoco mostró porcentajes significativos en el primer eje de ordenación (Diptera = 15.84%, Coleoptera = 13.36%, Hymenoptera = 27.82%).

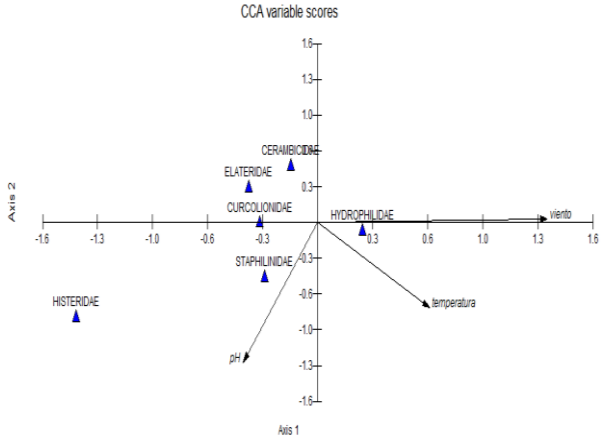
a) Análisis de correspondencia por ordenes



b) Análisis de correspondencia de Diptera



c) Análisis de correspondencia de Coleoptera



d) Análisis de correspondencia de Hymenoptera

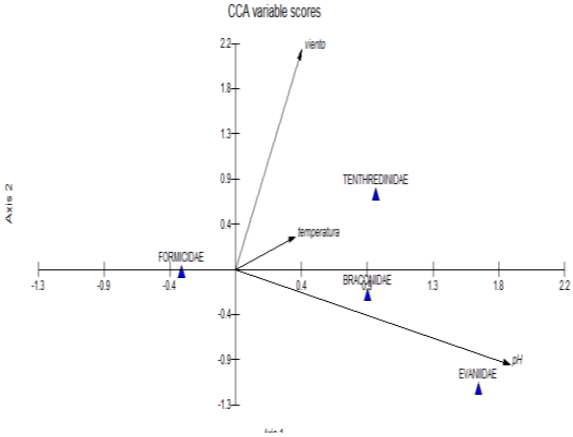


Figura 6. Gráfico del análisis canónico de correspondencia a nivel de orden a); para las familias de Diptera b); para familias de Coleoptera c) y para familias de Hymenoptera d).

DISCUSIÓN.

Etapas de descomposicion de *Neobuxbaumia tetetzo*, y efecto de los factores ambientales.

En el presente estudio se encontró que *N. tetetzo* presento un total de siete etapas de humedad a lo largo del proceso de sucesión heterotrófica, donde la mayor abundancia se encontró en las etapas intermedias de humedad. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Ferro *et al.* (2013), quienes establecieron para *F. wislizeni* solo tres etapas cualitativas de humedad (muy húmeda, húmeda y seca), y donde la etapa húmeda fue la que presento la mayor abundancia de insectos (coleópteros). Estos autores reportaron también una relación significativa entre la abundancia y la humedad. Así también Rank (1982), al determinar cualitativamente la humedad presente en *F. acanthodes,*(basándose en la coloración de las pudriciones, donde las coloraciones más oscuras representaban un "cactus escurriendo liquido"), reportó mayor abundancia de insectos en esta etapa dónde, de acuerdo a su descripción, ésta pudiera corresponder con una etapa intermedia de descomposición.

Respecto al tiempo de duración de la sucesión heterotrófica para *N. tetetzo* se observó que es aproximadamente entre 5 a 6 meses. Para otras especies de cactus Breitmeter y Markow (1998), han reportado para *P. pringlei* una duración de 8 meses, para *C. gigantea* una duración de 6 meses, para *S. thurber*, 4.5 meses, y para *L. schottii* una duración menor a 3 meses. Así también, estos autores señalan que el tiempo de duración, depende principalmente del tamaño del cactus y del tamaño de la necrosis; donde las especies más grandes presentan mayor duración. Así mismo, el tamaño de la necrosis, depende de la presencia de organismos que se alimenten de ella, en especial, larvas de insectos (Martínez-Falcón, 2011 b; Martínez-Falcón *et al.*, 2012). Igualmente Gibbs *et al.* (2003), mencionan que la perdida de humedad, depende de la morfología del cactus.

En nuestro estudio el monitoreo del individuo control, mostro que tanto la humedad como el nivel de pH del tejido en descomposición, van disminuyendo a lo largo del proceso de sucesión. Esto concuerda con lo reportado por Castrezana y Markow (2001) ya que indican también una disminución en el pH y la humedad para las especies de cactus *P. pringlei*, *S. thurberi,* y *L. Schottii*. Estos cambios se dan a medida que, los nutrientes y la humedad que componen el sustrato de la cactácea se van agotando. Así, la humedad, es la que determina el cambio en el pH del cactus. La pérdida de humedad (agua), provoca que los microorganismos presenten condiciones no favorables para su desarrollo y la extracción nutrientes; influyendo directamente en las propiedades del sustrato del tejido en necrosis. Esto afecta directamente la abundancia de insectos, e incluso, pudiera determinar

la presencia de algunos insectos (Fogleman y Foster, 1989; Breitmeyer y Markow, 1998; Fogleman y Danielson, 2001; Martínez-Falcón *et al.* 2011a). Principalmente porque, las condiciones elevadas de humedad favorecen la extracción de nutrientes, por parte de los insectos saprófagos, en especial larvas (Breitmeyer y Markow, 1998; Martínez-Falcón *et al.* 2010; Martínez-Falcón *et al*. 2011b).

Otros autores relacionan, no solo el aumento de la abundancia de insectos a la humedad de la planta, sino también a la humedad estacional, reportando aumento significativo en las abundancias en la temporada de lluvias respecto a la temporada de seca (Breitmeyer y Markow, 1998; Castrezana y Markow, 2001; Martínez-Falcón *et al*. 2010; y Martínez-Falcón *et al.* 2011b). Particularmente, Martínez-Falcón *et al.* (2011b) señalan que durante la estación húmeda, los nutrientes del cactus aumentan a consecuencia de que la planta, produce sus frutos al inicio de la estación lluviosa, provocando el aumento de tejido y de nutrientes. También durante la estación lluviosa, algunas cactáceas tiran pequeños fragmentos viejos o dañados, lo que pude aumentar las áreas con necrosis. Aunado a lo anterior, el aumento de humedad en el ambiente, representa una condición ideal para los insectos, ya que disminuye el estrés hídrico y se favorece un incremento en la población de insectos. Por lo que se explicaría el aumento de la abundancia en la estación lluviosa. Sin embargo, esto no es una regla para todos los grupos de insectos (Breitmeyer y Markow, 1998).

En nuestro estudio, el Análisis Canónico de Correspondencia mostró que ninguna de las variables ambientales medidas, fueron significativas en la abundancia de insectos de *N. tetetzo*, no obstante haber abarcado ambas temporadas (lluvias y secas) en nuestro muestreo. Sin embargo, existe cierta tendencia de los órdenes, respecto a estas variables (Hemiptera afectado mayormente por el pH, Coleoptera afectado más por la temperatura y Diptera por el viento; sin embargo, se requerirían mayores estudios, con un diseño enfocado a probar estas hipótesis para poder concluir al respecto.

Composición de la comunidad de insectos durante la sucesión heterotrófica de *Neobuxbaumia tetetzo*.

A lo largo del proceso de sucesión de *N. tetetzo*, se observó que los ordenes más abundantes y diversos (Diptera, Coleoptera e Hymenoptera) mostraron dependencia de las etapas de descomposición, mostrando su mayor abundancia en etapas intermedias de humedad. Esto coincide con algunos autores como Rank (1982), Castrezana y Markow (2001), así como Ferro et al. (2013), quieres reportan a Diptera y Coleoptera, como los grupos más comunes y

con mayor abundancia encontrados sobre cactus en descomposición. Siendo Diptera más abundante que Coleoptera. Esta abundancia es atribuida, por los autores, a que estos grupos presentan mayor capacidad de dispersión y una gran tasa de reproducción, que a lo largo de su historia evolutiva les ha permitido aprovechar este recurso (Pfeiler y Markow, 2011).

Para el orden Diptera, varios estudios han señalado que las familias Drosophilidae, Syrphidae, y Neriidae, son comúnmente abundantes sobre pudriciones de cactus y plantas suculentas (Breitmeyer y Markow, 1998; Castrezana y Markow, 2001; Rotheray *et al.* 2009; Martínez-Falcón *et al.* 2010; Pfeiler *et al.* 2013). Lo cual concuerda con nuestro estudio ya que, estas mismas familias, estuvieron representadas en la sucesión heterotrófica de *N. tetetzo*. Particularmente encontramos que la familia Neriidae fue la más abundante, no solo de Dípteros, también de toda la clase Insecta colectada. Representada por la especie: *O. longicornis,* que es considerada como representativa y parte importante de la comunidad de artrópodos cactofílicos en el Desierto de Sonora (Morgan, 1979; Castrezana y Markow, 2001; Pfeiler *et al.* 2013a). Sin embargo Pfeiler *et al.* (2013a) señala que, a pesar de ser una familia comúnmente referida sobre cactus en necrosis, pudiera no ser tan abundante, como otros grupos de insectos. Así mismo Castrezana y Markow (2001), en su estudio realizado en el Desierto de Sonora, no encontraron ningún miembro de la familia Neriidae. En cuanto a Drosophilidae, es reportada por muchos autores como la familia más abundante en el Desierto de Sonora (Fogleman y Foster, 1989; Breitmeyer y Markow, 1998; Markow y Castrezana, 2001; Fogleman y Danielson, 2001; Gibbs, 2002; Gibbs *et al.* 2003; Pfeiler *et al.,* 2013a). Sin embargo en nuestro estudio, encontramos que la familia Drosophilidae no fue el grupo más abundante. Esta familia en particular, fue encontrada después de verano, lo que de acuerdo a lo reportado por Breitmeyer y Markow (1998) en el Desierto de Sonora, esta familia presenta una baja poblacional durante verano (estación lluviosa), llegando a aumentar ligeramente en los meses posteriores. Así mismo, estos autores sugieren que, la baja poblacional pudiera depender de las elevadas temperaturas durante el verano. Si la población de Drosophila encontrada en *N. tetetzo* disminuye al igual que lo reportado por Breitmeyer y Markow (1998), pudiera indicar, porque esta familia no fue tan abundante en el presente estudio. Sin embargo, otros factores no considerados, como la estructura de la vegetación, la abundancia de recurso, presencia de depredadores, etc. podrían explicar las diferencias de abundancia entre las poblaciones de Drosophila del valle de Zapotitlán y las del Desierto de Sonora. Así también, las diferencias de abundancia, para las familias Neriidae y Drosophilidae, podrían deberse a diferencias geográficas entre las zonas de estudio, ya que, al igual que la temperatura y la humedad ambiental, la geografía también influye en la

abundancia y distribución de las poblaciones de insectos (Pfeiler y Markow, 2011); ya que el Desierto de Sonora presenta condiciones más extremas que las que imperan en el valle de Zapotitlán. Sin embargo pueden existir factores desconocidos a los cambios de abundancia. Por otro lado, hay que considerar otros aspectos como el establecimiento de los niveles tróficos y las tasa de reproducción que pueden influir en el incremento poblacional (Castrezana y Markow, 2001).

Otra familia de Díptera que fue representativa en el presente estudio, es Syrphidae, con el género Copestylum. En cuanto a la familia Syrphidae, Rotheray *et al.* (2009) y Martínez-Falcon *et al.* (2012) mencionaron que particularmente el género Copestylum, pudiera acelerar el proceso de degradación de la materia vegetal. Además, tanto la familia Syrphidae como Drosophilidae han sido de los grupos de insectos más comúnmente reportados sobre pudriciones junto con Neriidae (Castrezana y Markow, 2001; Rotheray *et al. 2009*). Sin embargo, de las familias de dípteros encontradas en *N. tetetzo,* tanto Syrphidae como Drosophilidae, no fueron más abundantes que la familia Dolichopodidae, siendo solo superada por Neriidae. Estos cambios en la composición y abundancia de las familias, encontradas sobre un cactus en descomposición, dependen mucho de la zona geográfica y posiblemente del cactus hospedero. Por ejemplo, trabajos como los de Rank (1982) y Castrezana y Markow (2001), realizados en el Desierto de Sonora, reportan diferentes familias para el orden Diptera. Castrezana y Markow (2001), reportan a Cecidomyiidae, Chironomidae, Muscidae, Syrphidae, Culicidae. Mientras que Rank (1982) reporto a Cerotopogonidae, Simulidae, Scatopsidae, Empididae, Dolichopodidae, Phoridae, Syrphidae, Otitidae, Lauxanidae, Sphaeroceridae, Milichiidae, Drosophilidae, Chlorophidae, Musidae, Sarcophagidae, Tachinidae, Anthomyiidae y Asteiidae. Donde las familias Ulididae (Otitidae), Muscidae, Dolichopodidae, Drosophilidae, Syrphidae, Tachinidae (Cuadro 2) coinciden con lo encontrado en el presente estudio.

De todas las familias de Diptera encontradas en *N. tetetzo*, Dolichopholidae fue el segundo grupo de Diptera más abundante con el género *Dolichopus*. Esta familia solo ha sido reportada por Rank (1982), para *F. acanthodes,* donde su incidencia en el tejido necrótico, fue baja a comparación de otras familias de Diptera. Contrastando con el presente estudio, donde siempre se encontró sobre las pudriciones en grandes números, siendo junto a la familia Neriidae, uno de los grupos representativos en *N. tetetzo,* tal abundancia para estas familias, implicaría que su presencia (larvas principalmente) determinaría la duración de las pudriciones de *N.tetetzo*, al igual que se ha reportado para miembros de las familias Drosophilidae y Syrphidae (Breitmeyer y Markow, 1998; Rotheray et al. 2009; Martínez-Falcón *et al.* 2010; Martínez-Falcón *et al.* 2012).

En cuanto al orden Coleoptera, existen pocos trabajos sobre su asociación con cactáceas en descomposición, los cuales se limitan básicamente a registros o inventarios en el Desierto de Sonora. En el presente estudio, el grupo más abundante de coleópteros fue la familia Hydrophilidae, con un género y una especie; esta familia sobrepasó por mucho a los otros grupos de coleópteros. La segunda familia más abundante sobre *N. tetetzo* fue Cerambycidae, con un género y una especie, seguido por la familia Staphylinidae con tres géneros y cuatro especies, y Curculionidae igualmente con tres géneros y tres especies. Ferro *et al.* (2013), en su estudio reporta para *F. wislizeni*, a las familias Staphylinidae, Histeridae e Hydrophilidae, como las familias más abundantes, Donde Staphylinidae e Histeridae fueron las más diversas. Otros autores hacen mención a miembros de las familias Staphylinidae e Histeridae como los principales grupos de escarabajos predadores de larvas de dípteros (Rank 1982; Escalante y Benado 1990; Martínez-Falcón et al. 2011; Pfeiler et al. 2013b). Por su parte, Castrezana and Markow (2001), registraron solo a tres familias de coleóptera, para *P. pringlei*, *S. thurberi,* y *L. schottii,* reportando también a las familias Histeridae, y Staphylinidae. Así, lo encontrado por estos autores coincide con lo registrado en *N. tetetzo*. Por otro lado, miembros de la familia Curculionidae (géneros Scyphophorus y Peltophorus; Romo y Morrone, 2012), han sido reportados por causar daños a plantas suculentas; ambos géneros estuvieron presentes en *N. tetetzo,* con las especies *Scyphophorus acupuncatus* Gyllenhal 1838 y *Peltophorus polymitus* Boheman 1845*.* Particularmente, Maya *et al.*, (2011) asoció a la especie *S. acupuncatus*, como el posible responsable de iniciar gran parte de las lesiones que derivan en pudriciones, para la población de *P. pringlei*, en Baja California Sur. Esta especie, se registró para *N. tetetzo*, aunque en nuestro estudio no se encontraron muchos ejemplares de la especie y de la familia en general.

Al igual que con Diptera, la composición de familias de Coleoptera pudiera cambiar de acuerdo al cactus hospedero y de la zona geográfica. Por ejemplo, Ferro *et al.* (2013), registró a Buprestidae, Cleridae, Elateridae, Histeridae, Hydrophilidae, Mycetophagidae, Nitidulidae, Curculionidae, Staphylinidae, Tenebrionidae, Zopheridae. Rank (1982), reportó a Dermostidae, Torogositidae, Mycetophagidae, Colydiidae, Tenebrionidae, Chrysomelidae, Staphylinidae, Pselaphidae, Ptiliidae, Scydmaenidae, Hydrophilidae e Histeridae. Mientras que Castrezana y Markow (2001) reporta solo a tres familias, que son Histeridae, Staphylinidae y Nosodendromidae. Coincidiendo con las familias encontradas en *N. tetetzo,* las familias Hydrophilidae, Histeridae, Staphylinidae, Elateridae y Curculionidae.

En cuanto a las familias de Coleoptera más abundantes sobre *N.tetetzo*, que fueron Hydrophilidae y Cerambycidae. Se encontró para Hydrophilidae un solo género que fue Sphaeridium Fabicus 1775; mientras que Ferro et al. (2013), y Rank (1982),para el Desierto de Sonora, reportan los géneros Agna Smetana 1978 y Dactylosternum Wollaston 1854. Este mismo autor indica a Hydrophilidae como una de las familias más abundantes en su estudio, al igual que en el presente estudio. Para Cerambycidae, se encontró para *N.tetetzo* el género *Monochamus* Dejean 1821, esta familia a sido reportada en el Desierto de Sonora con especies del género *Moneilema* Say 1824 sobre *Ferocactus gracilis* Gates 1933, *P. pringlei,* y en especies de *Opuntia* y *Cylindropuntia*, aunque estos cactus no presentaban estado de necrosis.(Blom, 1987; Clark *et al*. 2007).

Otro orden abundante encontrado en *N. tetetzo* fue el orden Blattodae, que ecológicamente desempeña un gran papel como reciclador de materia vegetal, en diferentes ambientes, contribuyendo con muchos ciclos bioquímicos (Horn y Hanula, 2001; Arango y Agudelo, 2004), Sin embrago, al menos en los estudios realizados para el Desierto de Sonora (Rank, 1982; Castrezana y Markow, 2001), no registraron a ningún miembro de este orden, relacionado a cactáceas en descomposición. Otros autores (Pfeiler y Markow, 2011; Martínez-Falcón *et al.* 2011, b) tampoco mencionan a las cucarachas como miembros abundantes sobre las pudriciones.

Entre los demás ordenes reportados para *N. tetetzo*, Rank (1982), señala que miembros de Hymenoptera, específicamente avispas, desempeñan el rol de predadores, principalmente algunas familias como Braconidae, son parasitas de otros artrópodos; mientras que miembros de la familia Formicidae desempeñan un rol, tanto como predadores, así como degradadores de materia vegetal y consumidores de hongos, donde Formicidae es el miembro más abúndate para Hymenoptera.

Otro orden muy ligado a las plantas suculentas, es Hemiptera. Dónde Mathenge *et al.* (2010) menciona que es el grupo de insectos que más está influenciado por el cactus hospedero, debido a que algunos miembros presentan poca capacidad de dispersión; esto provoca que las poblaciones de este orden se desarrollen sobre una misma especie de planta. En algunos casos, miembros de esta familia desarrollaron a lo largo de su historia evolutiva, una relación estrecha con determinadas plantas hospederas, generando subespecies únicas para cada planta. Este orden fue muy escaso para *N.tetetzo*, al igual que lo reportado en los trabajos de Rank (1982) y Castrezana y Markow (2001).

A pesar de que nuestros resultados concuerdan con otros trabajos de sucesión heterotrófica en cactus, es importante señalar que la metodología

aplicada para su colección, pudiera estar estimada con un cierto grado de error la comunidad de insectos asociados a *N. tetetzo*, ya que no se contabilizaron las larvas (las cuales se encuentran en elevado número), se pudieron excluir a organismos con tasa de reproducción baja, o cuya presencia es estacional, tal como señalan Castrezana y Markow (2001), así como organismos muy pequeños y difíciles de colectar. Otro aspecto a tomar en cuenta, es la toma de medida de la humedad. Para el presente trabajo, con el fin de dar seguimiento y determinar el proceso de sucesión heterotrófica, se dio seguimiento a 17 individuos que estaban en necrosis, a los que se realizaron extracciones de tejido por mes, con el fin de establecer intervalos de humedad a lo largo del proceso de sucesión. Aproximadamente, las disecciones de tejido, fueron realizadas a una altura de entre uno a dos metros. Este procedimiento puede influir en las mediciones de humedad, ya que cada disección en sí misma, representa un foco de pérdida de humedad, que a su vez, pudiera influir en la presencia de la comunidad saprófaga, en especial para el desarrollo de larvas. Además, tal como sugiere Ferro *et al*. (2013), la misma altura a la que se toma la colecta de tejido en un cactus, también pude influir en la medición de la humedad; debido a que una cactácea tiende a ser más seca en la parte superior, y más húmeda en la parte inferior. Este es un aspecto a considerar, pero a su vez, difícil de tomar con precisión, ya que la distinción entre las partes más secas y húmedas durante el proceso de sucesión no se distingue a simple vista, al momento de hacer la disección. Además, una cactácea entre más grande, como es el caso de *N.tetetzo*, la altura a la que se pueden realizar las disecciones, depende de la altura de la planta misma. Ferro et al. (2013), también siguiere, tomar en cuenta la parte del cactus donde se colectan los especímenes, dada la abundancia es mayor en las partes con mayo humedad. Lo que pudiera favorecer el análisis estadístico durante el proceso de sucesión. Así también, contabilizar e identificar las larvas presentes en el tejido necrótico, debido que, son el componente más grande de la comunidad de insectos presentes en los cactus en descomposición. Además, su presencia determina la duración y el tamaño de la necrosis en los cactus (Martínez-Falcón *et al.* 2012).

El presente trabajo puede aportar No obstante, el presente estudio representa uno de los pocos análisis del proceso de sucesión heterotrófica de una cactácea, donde se cuantificaron y analizaron las etapas de descomposición a lo largo del tiempo que dura la sucesión. Y la relación de estas etapas de humedad con la comunidad de insectos. La zona centro de México, y en general los ambientes áridos del país, presentan el lugar idóneo para realizar este tipo de estudios, que aporten al conocimiento y establecimiento de las diversas interacciones ecológicas en una cactácea en decaimiento. Este tipo de estudios resalta la importancia ecológica de las cactáceas en los ambientes áridos, donde

la muerte de estas plantas, presenta una gran oportunidad para estudiar los complejos eventos que conlleva el proceso de sucesión.

CONCLUSIÓN.

1) La gran diversidad y abundancia de insectos encontrados en el proceso de sucesión heterotrófica, mostró que *N. tetetzo* aporta una gran cantidad de recursos al ecosistema semiárido donde se encuentra. En contraste con otros estudios, la comunidad de insectos asociada a esta especie fue más abundante y diversa que la reportada en otros cactus columnares.

2) Acorde a la humedad del tejido en descomposición, siete intervalos o etapas de descomposición fueron establecidas. Esto facilito el análisis de dependencia de los grupos acorde a la etapa de descomposición, por lo que se pudo establecer con claridad la progresión de la sucesión heterotrófica: baja abundancia y diversidad en las etapas 1, 2, 6 y 7 (iniciales y finales) y alta abundancia y diversidad en las etapas intermedias 3, 4, y 5.

3) Los grupos más abundantes y diversos fueron Diptera y Coleoptera, que junto con Hymenoptera fueron los únicos que mostraron ser significativos en su relación de dependencia con la humedad del tejido. Así, la abundancia y diversidad de insectos, depende de la humedad del microhábitat que las pudriciones de los cactus en descomposición brindan, posiblemente por que el estrés hídrico es el factor que más afecta a las poblaciones de ambientes áridos y desérticos. Además, los niveles de humedad altos en las pudriciones, facilitan la extracción de nutrientes para los insectos saprófagos.

4) El análisis canónico de correspondencia mostró que las variables ambientales (pH del tejido, velocidad del viento y temperatura ambienta) afectaron muy poco (24.3% de la variación total para el primer eje de ordenación) la comunidad de insectos de *N. tetezo*, por lo que en nuestro estudio estas variables no tuvieron mucho peso en el proceso de sucesión heterotrófica de *N. tetetzo*.

A pesar de haber una gran población de cactáceas a lo largo del país, y en especial en las partes centrales del territorio nacional, aun es escasa la información sobre la comunidad de insectos asociada a estos microhábitats efímeros, limitándose a registros de unos contados grupos. Trabajos como el presente, contribuyen no solo al conocimiento de cómo se desarrollan estas comunidades, si no también son la base para futuros estudios que consideren la dinámica de este tipo de ecosistemas para futuros trabajos de conservación.

BIBLIOGRAFIA.

Arango-Gutiérrez, G.P Agudelo-Betancur, L.M. 2004. Valor biológico de las cucarachas en el compost. *Revista Lasallista de Investigación.* 1(1): 96-98.

Arce-Pérez, R. Morón, M.M. 2011. Sinopsis de los Hydrophiloidea de México (Coleoptera: Hydrophilidae, Helophoridae, Epimetopidae, Georissisdae e Hydrochidae) con una clave para la identificación de los géneros. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 491-514.

Arias, A.A. Valverde, M.V. Reyes, M. 2000. *Las plantas de la región de ZapotitlánSalinas*, *Puebla*. Instituto nacional de ecología, Red de desarrollo Sostenible A:C. Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F. 80 pp.

Arias-Montes.S. Gama-López, S. y Guzmán-Cruz, L.U. 1997. Flora del valle de Tehuacán-Cuscatlán. Fascículo 14. Cactaceae. A.J Juss. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 146 pp.

Blom, E.P. 1987. Hots plants of *Meneilea michebacheri* Linsley in Baja California, Mexico. (Coleoptera: Cerambycidae). *The Coleopterists Bulletin*. 41 (4): 358-360.

Borror, D.J. Triplehorn, C.A. Johnson, N.F. 1988. *An Introduction to the study of Insects*. Saunders College Publishing. United Estates of America. 878 pp.

Breitmeyer, C., Markow, T.1998. Recource Availability and Population size in Cactophilic Drosophila. *Functional Ecology* 12: 14-21.

Brown, V.1984. Secondary succession: Insect-Plant relationships. *BioScience*. 34 (11): 710-716.

Campbell, J.M. 1973. A revision of the genus *Tachinomorphus* (Coleoptera Staphylinidae) of North and Central America. *Memoris of the Entomological Society of Canada.* 105: 1015-1034.

Castrezana, S. y Markow, T. 2001. Arthropod diversity in necrotic tissue of three species of columnar cactaci (Cactaceae). *The Canadian Entomologits.* 133: 301-309.

Clark, W.H. Blom, P.E. Ward, D.M. 2007. Plant associations for adult *Moneilema michebaceri* including a new host plant record, the Barrel Cactus (*Ferocactus gracilis* Gates), in Baja California, México. *The Coleopterists Bulletin.* 61(2): 294-296.

Dirzo, R. Zenteno, L. y Martínez, R. 2004. Estudios de interacciones artrópodo planta en México. pp 189-202. In: J. E. Llorente-Bousquets, A. N.

García-Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F.

Escalante, A. y Benado, M. 1990.Predation on the Cactophilic fly *Drosophila starmeri* in the columnar cactus. *Piloereus lonuaginosus*. *Biotropical* 22(1): 48-50.

Evans L.S. 2005. Stem surface injures of *Neobuxbaumia tetetzo* and *Neobuxbaumia mezcalaensis* the Thehuacan Vally of central Mexico. *The Journal of the Torrey Botanical Society.* 135(4):475-482.

Ferro, M. F. Nguyen, N. H. Tishechkin, A. Park, J. S. Bayless, V. y Carlton C. 2013. Coleopteran collected from rotting Fishhook Barrel Cacti. *(Ferocactus wislizeni* (Engelm) Britton and Rose) with a Review of Neartic Coleoptera Associated with succulent necrosis. *The Coleopterists Bulletin*. 67 (4): 419-443.

Fogleman, J.C. y Foster J.L. 1989. Microbial colonization of injured cactus tissue (*Stenocereus gummosus)* and its relationship to the ecology of cactophilic *Drosophila majovensis. Applied and Enviromental Microbiology.* 55 (1): 100-105.

Fogleman, J. y Danielson, P. 2001. Chemical Interactions in the Cactus. Microorganism-Drosophila Model System of the Sonoran Desert. *American Zoologist*. 41(1):877-889.

Gibbs, A. 2002. Water balance in desert *Drosophila*: lessons from non-charismatic microfauna. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 133(1): 781-789.

Gibbs, A. Pekinsm, M. y Markow, T. 2003. No place to hide: microclimates of Sonoran Desert *Drosophila*. *Journal of Thermal Biology*. 28: 352 – 362.

Godínez, H. Valiente, A. y Rojas, A. 2002. The Role of Seed Dispersers in the Population Dynamics of the Columnar Cactus *Neobuxbaumia tetetzo*. *Ecology*. 83 (9): 2617-2629.

Hammer, O. Harper, D.A.T. Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontologia Electronica. 4 (1): 9 pp.

Horn, S. y Hanula, J.L. 2002. Life History and Habitat association of the Broad Wood Cockroach, *Parcoblatta lata* (Blattaria: Blattellidae) and other native Cockroahces in the Coastal Plain of South Carolina. *Ecology and Population Biology.* 95 (6): 665-671.

Kovach, W.L. 1999. MVSP. A.M. ultivariante Statical Pack for windows. Ver 3.1 Kovach computing. Pentraeth, Wales, UK. 133 pp.

López, V. Zedillo, P. Anaya, S. González, E. y Cana, Z. 2012. Efecto de la orientación de la ladera sobre la estructura poblacional y ecomorfología de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae). *Botanical Sciences.* 90 (4): 453-457.

MCAlpine, J.F. Peterson, B.V. Shewell, G.E. Teskey, H.J. Vockeroth, J.R. y Wood, D.M. 1987*. Manual of Neartic Diptera*. Vol. 2. .Agriculture. Canada. Monograph. No. 28.

Mangan, R.L. 1979. Reproductive behavior of the cactus fly, *Odontoloxozus longicornis,* male territoriality and female guarding as adaptive strategies*. Behavioral Ecology and Sociobiology.* 4: 265-278.

Markow, T.A. y Castrezana, S. 2000. Dispersal in cactophilic *Drosophila*. *Oikos*. 89: 378-386.

Marquez, J. 2002. Systematic revision pf the genera *Homalonilus* and *Ehomalolinus* (Coleoptera Staphilinidae, Xanthalinini). *Zoological Scripta*. 32 (6): 491-523.

Martínez-Falcón, A. P., Marcos-García M.A. Díaz-Castelazo C. y Rico-Gray V. 2010. Seasonal changes in a cactus-hoverfly (Diptera: Syrphydae) network. *Ecological Entomology*. 35: 754-759.

Martínez-Falcón, A.P, Marcos-García, M.A. Moreno, C.E. y Rotheray, G.E. 2012. A critical role for *Copestylum* larvae (Diptera, Syrphidae) in the decomposition of cactus forests*. Journal of Arid Environments.* 78: 41-48.

Martínez-Falcón, A.P. Durbán, A. Latorre, A. Antón, J. y Marcos-García, M.A. 2011a. Bacteria Associated with Copestylum (Diptera, Syrphidae) Larvae and Their Cactus Host *Isolatocerus dumortieri. PLoS ONE.* 6: 1-8.

Martínez-Falcón, A.P. Marcos-García, M.A. Moreno, C.E. 2011b.Temporal shifts and overlapping in Copestylum (Diptera, Syrphidae) communities reared in cactus species in Central Mexican scrubland. *Ecological Research*. 26: 341-350.

Marvaldi. A.E. Lanter, A.A. 2005. Key to higher taxa of South American weevils base on adult characters (Coleoptera, Curcolionidae). *Revista Chilena de Historia Natural*. 78: 65-87.

Mathenge, C.H. Holford, P. Hoffmann, J.H. Zimmermann, G.A.C. 2010. Determination of biotypes of *Dactylopinus tomentosus* (Hemiptera: Dactylopiidae) and insights into taxonomic relationships of their host *Cylindropuntia spp. Bulletin of Entomological Research.* 100: 347-358.

Maya, Y. Palacios, C. y Jiménez, M. 2011. El cardón *Pachycereus pringlei*, nuevo hospedero para *Scyphorus acupuinctatus* (Coleoptera: Curcolionidae) en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 1041-1045.

Molina-Molina, D. 2013. Contribución al conocimiento de la distribución actual de la especie invasora *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, 1838 (Coleoptera: Dryophthoridae) en la Península Ibérica. *Revista gaditana.de Entomologia.* 4 (1): 11-16.

Morales, E.M. y Sene, F.M. 2003.Relationships between necrotic cactus availability and population size in a cactophilic *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) located on a sandstone table hill in Brazil. *Revista de Biología Tropical.* 51(1): 205-212.

Morrone, J.J. 2000. Mexican weevils (Coleoptera: Curcolionidae): A preliminary key to families and subfamilies. *Acta Zoologica Mexicana*. 80: 131-141.

Navarrete-Heredia, J.L. Newton, A.F. Thayer, M.K. Ashe, J.S. (Aleocharinae), Dfeltes, T. (Pselaphinae). 2002. *Guía ilustrada para los géneros de staphylinidae (Coleoptera) de México*. Primera edición. Universidad de Guadalajara y CONABIO. México. DF. 401pp.

Pfeiler, E. Polihronakis, R. Riesgo-Escobar J.R. Téllez-García, A.A. Johnson S. y Markow, T.A. 2013a. Genetic differentiation, speciation, and phylogeography of cactus flies (Diptera: Neriidae: Odontoxozus) from Mexico and Sout-wester USA. *Bioogical Journal of the Linnean Society.* 110: 245-256.

Pfeiler, E y Markow. T. 2011. Phylogeography of cactophilic and other arthropods associated with cactus necroses in the Sonoran desert. *Insects* 2: 218-231.

Pfeiler, E. Johnson, S. Richmond, M. y Markow, T. 2013b. Population genetics and phylogenetic relationships of beetles (Coleoptera : Histeridae and Staphylinidae) from the Sonora Desert associated whit rotting columnar cacti. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 69 (2013) 491–501.

Puerco, Y. 2002. Patrones de variabilidad en composición y abundancia de organismos dentro de ramas muertas *de Pachycerus hollianus.* Tesis para obtener licenciatura en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapala. D.F

Rank, N. 1982. A study of the species of arthropods associated with necrotic barrel cactus.(*Ferrocactus acanthodes* (Lemaire) Britton and Rose). Tesis de licenciatura en Biología Bachelor of Arts at Kalmazoo College.

Reyes, S.J. Branchet, I.C. Pérez, C.J. y Gutiérrez, A. 2004. Cactáceas y otras plantas nativas de la cañada Cuscatlán, Oaxaca. *Sociedad Mexicana de Cactología A.C*. 94 pp.

Romo, A. y Morrone, J. J. 2012. Especies mexicanas de Curcolionidae (Insecta: Coleoptera) asociadas con agaves (Asparagaceae: Agavoidea). *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 83: 1025-1035.

Rotheray, G. Marcos-Garcia, M.A. Hancock, G. Pérez-Bañon, C. Maier, C. 2009. Neotropical Copestylum (Diptera, Syphidae) breeding in Agavaceae and Cactaceae including of the new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 156: 697-749.

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana.* 14:3-21.

Sturges, H. A. 1926. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association*. 21(153): 65-66.