

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas,  
Pecuarias y de los Alimentos**

**TESIS:**

**Distribución y abundancia de la mosca de la fruta  
(*Anastrepha spp*) y su relación con variables del medio  
físico en Calvillo, Aguascalientes.**

**Que para obtener el título de Maestro en Ciencias Agrícolas**

**PRESENTA**

**Ing. Jorge Alfonso Martínez de Anda**

**COMITÉ TUTORAL**

**Dr. Antonio de Jesús Meraz Jiménez**

**Dr. José de Jesús Luna Ruiz**

**Dr. Joaquín Sosa Ramírez**

**Jesús María, Aguascalientes, junio de 2009**

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas,  
Pecuarias y de los Alimentos**

**TESIS:**

**Distribución y abundancia de la mosca de la fruta  
(*Anastrepha spp*) y su relación con variables del medio  
físico en Calvillo, Aguascalientes.**

**Que para obtener el título de Maestro en Ciencias  
Agrícolas**

**PRESENTA**

**Ing. Jorge Alfonso Martínez de Anda**

**COMITÉ TUTORAL**

**Dr. Antonio de Jesús Meraz Jiménez**

**Dr. José de Jesús Luna Ruiz**

**Dr. Joaquín Sosa Ramírez**

**Jesús María, Aguascalientes, junio de 2009**

## **i. AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero aprecio y gratitud a mi esposa Ada Nelly y a mis hijos Jorge Israel, Ada Nelly, Tatiana y Andrea Alejandra por su paciencia y apoyo.

Mi reconocimiento y agradecimiento a mi comité tutorial: Dr. Antonio de Jesús Meraz Jiménez, Dr. José de Jesús Luna Ruiz y Dr. Joaquín Sosa Ramírez por su apoyo para poder terminar con éxito este trabajo, así como por la revisión y sugerencias hechas al mismo.

Un sincero agradecimiento al Biol. Mario S. Pérez Chávez por su valiosa colaboración en el desarrollo de este estudio

Agradezco a Rocío Pérez González por su apoyo en la revisión y estructuración de este documento

Estoy muy agradecido con la Biol. Hilda Hesselbach Moreno y el M.C. Gabriel Michel Cuen por la revisión y comentarios realizados a este trabajo.

Agradezco al Ing. Ramiro García M.de La Comisión Nacional del Agua (CNA), a la Dra. Ana Rosa Peralta Hernández y al M.C. Luis Ramón Barba Martínez del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes por la asesoría y el apoyo en la información climática así como a el Ing. Joel Lozano Santillán de Comisión para el Desarrollo Agropecuario del Estado de Aguascalientes (CODAGEA) por la información referente a trampeo y datos de captura de mosca de la fruta.

También agradezco al Dr. Catarino Perales por la documentación relacionada a mosca de la fruta que me facilitó.

## ii. VOTOS APROBATORIOS

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial del estudiante Jorge Alfonso Martínez de Anda, hemos revisado su trabajo de tesis "**Distribución y abundancia de la mosca de la fruta (*Anastrepha spp*) y su relación con variables del medio físico en Calvillo, Aguascalientes**", el cual cumple con las sugerencias hechas por este Comité, por lo que damos nuestra aprobación para que se proceda a la impresión del documento de tesis.

Se extiende la presente en la ciudad de Aguascalientes, a los 14 días del mes de mayo del año dos mil nueve.

Dr. Antonio de Jesús Meraz Jiménez

Dr. José de Jesús Luna Ruiz

Dr. Joaquín Sosa Ramírez

Three handwritten signatures are written over three horizontal lines. The top signature is the most legible, appearing to be 'Antonio de Jesús Meraz Jiménez'. The middle signature is less legible but appears to be 'José de Jesús Luna Ruiz'. The bottom signature is highly stylized and illegible.



UNIVERSIDAD AUTONOMA  
DE AGUASCALIENTES  
CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



No. Oficio CCA-D- 11-15-190-09

LIC. ERNESTINA LEÓN RODRÍGUEZ  
SECRETARIA GENERAL DE LA UAA  
P R E S E N T E.

AT'N: C.P. MA. ESTHER RANGEL JIMÉNEZ  
JEFA DEL DEPTO. DE CONTROL ESCOLAR

Por la presente para hacer saber a Ud., que el Ing. Jorge Alfonso Martínez de Anda, alumno del Programa de Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos (PCTAPA), ha cubierto cabalmente los requisitos académicos del programa y ha recibido la aprobación explícita de su tesis titulada "Distribución y abundancia de la mosca de la fruta (*Anastrepha ssp*) y su relación con variables del medio físico en Calvillo, Aguascalientes".

Lo anterior es a fin de que el Ing. Jorge Alfonso Martínez de Anda pueda proseguir en los trámites correspondientes pertinentes a la obtención del grado académico respectivo.

Agradeciendo de antemano su atención al presente, me despido de usted, enviándole un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Jesús María, Aguascalientes, 29 de mayo de 2009  
"Se Lumen Proferre"

M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

c.c.p. Control Escolar  
c.c.p. Secretario de Investigación y Posgrado  
c.c.p. Archivo

\*MALG/mml

**iii. ÍNDICE**

i. AGRADECIMIENTOS.....	i
ii. VOTOS APROBATORIOS .....	ii
iii. ÍNDICE .....	iv
iv. ÍNDICE DE CUADROS .....	vi
v. ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
vi. ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	viii
vii. RESUMEN .....	ix
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2.1. EL CULTIVO DE GUAYABA ( <i>Psidium guajava</i> L.).....	5
2.2. LA MOSCA DE LA FRUTA ( <i>Anastrepha spp</i> ).....	8
2.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	15
3. OBJETIVO GENERAL, OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS.....	17
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
3.3. HIPÓTESIS .....	17
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
4.1. MATERIALES.....	18
4.2. MÉTODOS.....	19
4.2.1. Implementación del SIG.....	19
4.2.1.1. Diseño del sistema.....	19
4.2.1.2. Revisión, validación y preproceso de datos.....	21
4.2.2. Análisis temporal de la distribución y abundancia de <i>Anastrepha</i> en la región.....	25
4.2.3. Análisis de la relación entre captura de mosca y las variables consideradas.....	26
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
5.1. IMPLEMENTACION DEL SIG.....	27
5.1.1. Diseño del sistema.....	27
5.1.2. Bases de datos.....	30

<b>5.2. ANÁLISIS TEMPORAL DE LA DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE <i>Anastrepha</i> EN LA REGIÓN.....</b>	<b>34</b>
5.2.1. Abundancia de la mosca.....	34
5.2.2. Distribución espacial de la captura de mosca.....	35
5.2.3. Distribución temporal de la captura de mosca.....	41
<b>5.3. ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE CAPTURA DE MOSCA Y LAS VARIABLES CONSIDERDAS.....</b>	<b>44</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>54</b>
<b>8. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>71</b>



#### iv. ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Hospederos de la mosca de la fruta, tomado de Hernández (1992)...	9
Cuadro 5.1. Captura de moscas en el periodo 2004 – 2008.....	34
Cuadro 5.2: Captura por zona.....	38
Cuadro 5.3: Valores de correlación ( $P < 0.05$ ) entre captura de mosca y las variables consideradas en el estudio.....	45
Cuadro 5.4: Captura por rangos de temperatura máxima y trampa.....	45
Cuadro 5.5: Captura de mosca por rangos de temperatura mínima y por trampa.	46
Cuadro 5.6: Captura por rangos de precipitación media anual.....	46
Cuadro 5.7: Captura de moscas por rangos de altura sobre el nivel del mar.....	48
Cuadro 5.8: Captura de moscas por pendiente del terreno.....	49
Cuadro 5.9: Captura de moscas por orientación de la huerta.....	49

**v. ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 2.1: Mmoscas de la fruta de la región Calvillo-Cañones.....8

Figura 2.2: Ciclo de vida de la mosca de la fruta (Toro, 2003).....11

Figura 5.1: Modelo conceptual general del sistema.....27

Figura 5.2: Esquema general del modelo lógico.....29

Figura 5.3: Estructura del modelo físico.....30

Figura 5.4: Localización de cuadrantes y trampas, se puede ver el número de trampas por cuadrante.....31

Figura 5.5: Base topográfica del municipio y localización de trampas.....31

Figura 5.6: Mapa hipsométrico de la región y estaciones meteorológicas.....32

Figura 5.7: Imagen Landsat 7 ETM.....32

Figura 5.8: Tenencia de la tierra en la zona del proyecto.....32

Figura 5.9: Mapa de pendientes.....32

Figura 5.10: Mapa de orientación.....33

Figura 5.11: Mapa continuo de temperaturas máximas para la semana 18 de 2005. ....33

Figura 5.12: Continuo de temperaturas mínimas con estaciones meteorológicas.....33

Figura 5.13: Continuo de precipitación de la semana 37 de 2007.....33

Figura 5.14: Trampas con diferentes niveles de captura en el periodo del estudio.....35

Figura 5.15: Captura de moscas en las cercanías de arroyos.....36

Figura 5.16: Captura de moscas en los alrededores de las áreas urbanas de la zona.....37

Figura 5.17: Captura de moscas por cuadrante en la zona del proyecto.....39

Figura 5.18: Zona y trampas con captura de *A. striata* en el periodo 2004 – 2008.....40

Figura 5.19. Captura de mosca de la fruta en el periodo de estudio (2004-2005) .....36

## vi. ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 5. 1. Captura de mosca de la fruta por semana y año para la zona de estudio.....	42
Gráfica 5. 2. Captura cada tres semanas de mosca de la fruta en el periodo abril 2004 – mayo 2008	43
Gráfica 5. 3. Captura acumulada de mosca de la fruta por mes.....	43
Gráfica 5. 4. Valores del índice mosca trampa día por mes y año para la zona de producción.....	44
Gráfica 5. 5. Captura y temperatura mínima en el periodo 2004 – 2008.....	47
Gráfica 5. 6. Captura y temperatura máxima en el periodo 2004 – 2008.....	47
Gráfica 5. 7. Captura y precipitación en el periodo 2004 – 2008.....	47

## vii. RESUMEN

El municipio de Calvillo, Aguascalientes es el más importante productor de guayaba de México. Actualmente tiene el estatus de zona de baja prevalencia de moscas de la fruta (*Anastrepha spp*), principal problema fitosanitario de la guayaba. Las moscas del género *Anastrepha* afectan la calidad y exportación de guayaba debido a las restricciones cuarentenarias establecidas por el gobierno de los Estados Unidos. Desde 1993 opera un programa fitosanitario para controlar esta plaga; aunque ha tenido avances importantes, dicho programa puede mejorarse integrando criterios de manejo a partir de información física, climática y biológica, sobre una base cartográfica. Aquí se presenta una propuesta de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite hacer más eficiente la toma de decisiones relacionadas con el manejo de moscas de la fruta en huertos de guayaba. Asimismo, se presentan resultados sobre la distribución y abundancia de *Anastrepha spp* en dicha región, considerando factores de temperatura, precipitación, altitud, pendiente, y orientación. El SIG incluye información sobre abundancia y distribución de moscas a partir del trapeo semanal entre 2004 y 2008 que lleva a cabo el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Aguascalientes (CESVA). Esta información se complementó con imágenes de satélite, planimetría, modelo digital de elevación y datos meteorológicos de 12 estaciones de la región. La información se integró y fue analizada en ArcGis para identificar puntos de riesgo y factores involucrados para orientar eficientemente los programas de control. El análisis mostró puntos localizados con alta abundancia de moscas, probablemente relacionados con factores no incluidos en el análisis, como basureros urbanos y hospederos alternos. Se detectó que durante todo el año se tiene presencia de mosca de la fruta, esto posiblemente debido a la existencia de hospederos alternos. La abundancia y distribución de moscas mostró poca o nula relación con variables físicas como altitud, pendiente, orientación, temperatura y precipitación. Lo anterior posiblemente se debe al efecto de las actividades de control químico, biológico y cultural, que modifican la dinámica poblacional y

enmascaran su relación con dichas variables. A nivel de especie la de mayor distribución espacial y temporal fue *A. ludens* (mosca de los cítricos) en comparación con *A. striata* (mosca de la guayaba) la cual fue la de menor captura y distribución, ésta solo se detectó a alturas menores de 1740 m.



## 1. INTRODUCCIÓN

La producción y explotación comercial de la guayaba se ha extendido a numerosos países de América, Asia y África. La producción mundial se estima en más de dos millones de toneladas, el principal país productor de guayaba es la India, con 1.8 millones de toneladas y 150,000 ha cultivadas en el año 2005. Otros países con producciones importantes de guayaba son México, Brasil, Venezuela, Colombia, Cuba y Estados Unidos entre otros (Padilla *et al.*, 2007).

En México se cultiva la guayaba en 22 estados. En 2008 se ocupaba una superficie aproximada de 22,490 ha. Las regiones productoras más importantes se concentran en los estados de Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas, donde se cultiva el 89% de la superficie mencionada y en donde se genera más del 91% de la producción nacional (SIAP-SAGARPA, 2009).

En 1997 la guayaba ocupó el lugar número 12 de los principales cultivos del país (Monreal, 2006). Tanto la superficie cultivada como el consumo *per cápita* se han incrementando en los últimos años (Perales *et al.*, 2005). El rendimiento promedio a nivel nacional es de 8.6 ton/ha, siendo el estado de Aguascalientes el de mayor rendimiento con 15.7 ton/ha y Baja California Sur el de menor rendimiento con 1.4 ton/ha (Padilla *et al. Op. cit.*).

El cultivo de la guayaba fue introducido en Aguascalientes hace más de un siglo y en la zona de Cañones tiene más de 50 años (González *et al.*, 2002). Actualmente Aguascalientes ocupa el segundo lugar en producción a nivel nacional, la fruta se produce en el valle de Calvillo en una superficie que llegó a superar las 12,000 ha en la década de 1980, hoy en día ésta se ha reducido a 6,643 ha con una producción que oscila en las 100,000 toneladas, alcanzando en 2008 las 102,910

toneladas, convirtiéndolo en el principal cultivo frutícola de la entidad (SIAP-SAGARPA, *Op. cit.*).

El cultivo de la guayaba es una de las actividades productivas más importantes en el estado, particularmente en el municipio de Calvillo. Recientemente los productores y el estado han consolidado una importante relación con los Estados Unidos de Norteamérica, que posibilita la exportación de guayaba a este país. Sin embargo, para acceder de lleno a este mercado es necesario cumplir con algunos requisitos fitosanitarios para los que será necesario desarrollar importantes trabajos. Uno de estos será integrar y mantener información detallada del área de producción, con especial énfasis en aspectos fitosanitarios y de producción.

En la zona se dedican a su cultivo alrededor de 2,500 productores y otras 2,500 personas trabajan como jornaleros, por lo que este cultivo representa el sustento directo de aproximadamente 5,000 familias, generando 1.4 millones de jornales al año (Monreal, 2006). En la región de Calvillo la producción de guayaba se ramifica en una amplia red productiva que integra una gran cantidad de personas y procesos que generan las actividades económicas y sociales más relevantes de la zona.

La presencia de la mosca de la fruta (*Anastrepha spp*) es uno de los factores limitantes más importantes en la producción de guayaba de calidad en la región. Esta plaga tiene un doble impacto: las hembras adultas ovipositan en los frutos, llegando a producir pérdidas de hasta un 60% en un corte, limita su comercialización en la mayoría de los mercados nacionales, y sobre todo su exportación (Monreal, *Op. cit.*; González *et al. Op. cit.*).

La plaga está constituida por cuatro especies del género *Anastrepha* que pueden ovipositar frutos de diferentes plantas hospederas, incluyendo la guayaba, por lo que para su control se han utilizado métodos químicos, mecánicos, culturales, legales y biológicos (González *et al. Op. cit.*; Perales *et al. Op. cit.*). Desde el año

de 1899 Estados Unidos impuso medidas cuarentenarias para controlar la importación de naranjas de México debido a la detección de larvas de mosca de la fruta de *A. ludens* en algunos cargamentos provenientes de México en 1897; en 1911 estas medidas de control se extendieron a otros frutales entre los que se encontraba la guayaba (Leyva, 1990).

En 1993 comenzó la campaña de control de moscas de la fruta en el Valle de Calvillo. Actualmente esta se rige por las normas NOM-023-FITO-1995, NOM-075-FITO-1997 y NOM-076-FITO-1997; la primera establece la campaña nacional contra moscas de la fruta para lo que se definen tres categorías fitosanitarias a nivel de región geográfica: (1) zona bajo control fitosanitario, (2) zona de baja prevalencia y (3) zona libre. La definición de cada zona se establece con el índice de mosca-trampa-día (MTD). El MTD para el primer caso es mayor de 0.01; para el segundo caso es menor o igual a 0.01 y para el tercer caso es igual a 0. Actualmente el valle de Calvillo se considera zona de baja prevalencia, es decir que su MTD es menor a 0.01. La NOM-075-FITO-1997, rige la movilización de frutos hospederos de moscas de la fruta y la norma NOM-076-FITO-1997, funciona como un sistema preventivo y dispositivo nacional de emergencia contra la mosca exótica de la fruta. A partir de noviembre de 2008 se exporta guayaba al amparo del concepto de huertos bajo supervisión del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

Se ha constatado que en la implementación de la campaña de control no se aprovecha la información histórica del trapeo para la toma de decisiones relacionadas con el manejo de este problema. Tampoco se han hecho estudios ecológicos de la plaga a pesar de que existe una estrecha relación entre la dinámica de las poblaciones de mosca y los factores climáticos como la temperatura y la humedad (Aluja, 1994). Los objetivos del presente estudio son analizar la distribución y abundancia de las especies de *Anastrepha spp*, presentes en la región de Calvillo y evaluar su relación con las variables físico

ambientales temperatura, precipitación, orientación, pendiente y altura sobre el nivel del mar. Para ello se desarrolló un sistema de información espacial.

Con esto se busca contestar interrogantes como: ¿Cuál es el patrón de distribución y abundancia espacio-temporal de la mosca en la región productora de guayaba en Calvillo? ¿Cuáles son las áreas preferenciales de la mosca? ¿Cuáles son los rangos de las variables ambientales preferenciales de la plaga?



## 2. REVISION DE LITERATURA

Uno de los más importantes logros de las ciencias y las tecnologías acumuladas a finales del siglo XX es el de la comprensión multidisciplinaria de los fenómenos que vamos conociendo. Tal es el caso de los cultivos como la guayaba, la presencia de moscas de la fruta que la afectan y la configuración y diseño de los sistemas de información geográfica (SIG) que nos ayudan a comprender, discernir y resolver las condiciones que estas dinámicas de la naturaleza nos plantean.

### 2.1. EL CULTIVO DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.)

La guayaba pertenece al reino vegetal, subreino Fanerógamas, clase Angiospermas, subclase Dicotiledónea, subdivisión Lignosea, orden Myrtales, familia Myrtaceae, género *Psidium* y especie guajava, su nombre científico es *Psidium guajava* (González *et al.* *Op. cit.*).

La guayaba es una planta originaria de América con más de 140 especies nativas en las zonas tropicales del continente, que los conquistadores se encargaron de llevar a todo el mundo. El lugar específico de origen de la guayaba no está bien definido, pero se cree que es de algún lugar entre México y el Perú. (*Ibíd*em p. 1).

Después del descubrimiento de América los españoles y portugueses la llevaron a Europa y poco después a la India. Desde ahí se extendió a casi toda el Asia tropical, y actualmente se le encuentra bajo cultivo y en estado silvestre en Indonesia, India, Pakistán, China, Vietnam, Japón y otros países (ASERCA, 1996).

A mediados del siglo pasado se desarrollaron en varios países cultivares para consumo en fresco, para procesar y de varios propósitos, con características superiores a sus antecesores; hoy en día se cuenta con varias decenas de cultivares. En México el INIFAP ha realizado trabajos de selección en la zona de Calvillo – Cañones y se han desarrollado selecciones con buenas cualidades. Una

característica interesante del género es que cuenta con muchas especies cultivadas y silvestres que se pueden aprovechar para el mejoramiento genético (González *et al. Op. cit.*).

El guayabo es un arbusto que mide de 3 a 10 m de altura, con crecimiento simétrico; sus frutos miden de 5 a 12 cm de largo y 5 a 7 de ancho, de color amarillo a amarillo verdoso en el exterior en la fruta madura. El interior puede variar de un blanco cremoso a rojo; su sabor es dulce siempre aromático (*Ibíd.* p. 9.).

El guayabo es un árbol que se adapta a distintas condiciones climáticas, su distribución en el mundo se encuentra en la franja comprendida entre los paralelos 30° N y 30° S. En países como la India, Jamaica y Costa Rica el guayabo se encuentra entre los 1000 y 1400 metros sobre el nivel del mar (msnm); en Ecuador se encuentra en altitudes de 2300 msnm. En México sus principales regiones productoras se encuentran entre 1700 msnm en Calvillo y 1500 msnm en el cañón de Juchipila, Zacatecas (Padilla *et al. Op. cit.*).

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de la guayaba se encuentra entre los 18°C y 30°C. Las zonas productoras en México tienen temperaturas medias que fluctúan entre los 20 y 23°C y la temperatura máxima promedio entre los 29 y 32° C (Padilla *et al. Op. cit.*).

El guayabo es muy susceptible al daño por frío cuando se presentan periodos mayores de dos semanas con temperaturas menores de 4°C. (Nieto, 2003). Requiere un promedio de 650 a 2000 mm de precipitación; en lugares de menos precipitación requiere riego de auxilio. En Calvillo se tiene un promedio de precipitación anual de 550 a 600 mm por lo que se utiliza el riego para su cultivo (Padilla *et al. Op. cit.*).

La guayaba es una planta que responde bien a una amplia gama de suelos, desde los arcillosos y orgánicos de buen drenaje, hasta los arenosos y calcáreos con buena fertilización (De Luna, 2003).

Peralta (1995) calculó la estación de crecimiento para la zona en base a las estaciones meteorológicas de Calvillo, (del 8 de julio al 20 de agosto) y de La Media Luna (del 8 de julio al 7 de septiembre). Perales *et al.* (2005), coincide en este periodo y define como periodo de plantación recomendable del 10 de junio al 15 de agosto.

Los factores limitantes más importantes para la producción de guayaba en la zona son la falta o uso ineficiente del agua, escasa fertilización, podas inadecuadas, enfermedades como el clavo y la peca, nemátodos, malezas y plagas, de estas últimas destacan el picudo de la guayaba, el temolillo, piojo harinoso, escama, palomilla y sobre todo la mosca de la fruta; todos estos factores inciden en la calidad de los frutos afectando su apariencia, textura, sabor y sus aspectos nutricionales. (Monreal, *Op. cit.*; De Luna, *Op. cit.*; González *et al. Op. cit.*).

En 2006 aparecieron nuevas plagas para la zona de Calvillo como el piojo harinoso (*Pseudococcus calceolaridae*), escama del fruto y follaje y enrollador de la hoja (*Amorbia emigratella*). De éstos el primero fue el más problemático por sus hábitos succívoros que debilitan a las plantas, les transmiten enfermedades o favorecen el desarrollo de fumaginas. Los brotes de estas plagas se controlaron con el uso de aguas jabonosas, productos químicos y control biológico (CESVA, 2007). Se atribuye este incremento en poblaciones que no habían sido problemáticas a las operaciones de control químico aéreo realizadas en el 2005 (Monreal, *Op. cit.*).

## 2.2. LA MOSCA DE LA FRUTA (*Anastrepha* spp)

La familia Tephritidae, comúnmente conocida como moscas de la fruta, comprende más de 4000 especies en todo el mundo, de las cuales 200 pertenecen al género *Anastrepha*. (Insuasty *et. al.*, 2007). Este género es nativo de América y se distribuye en las regiones tropicales y subtropicales del continente (Hernández, 1992).

En México, hasta el año de 1992 se tenían registradas 30 especies de moscas de la fruta del género *Anastrepha*, de las cuales cuatro son de importancia económica debido a su amplia distribución, incidencia y a la amplia variedad de árboles frutales susceptibles de infestación: *Anastrepha ludens* (mosca mexicana de la fruta), *A. obliqua* (mosca del mango), *A. striata* (mosca de la guayaba) y *A. serpentina* (mosca de los zapotes) (Hernández, Op. cit.). De éstas sólo las primeras tres se encuentran en la región de Calvillo-Cañones, en donde también se distribuye la mosca *A. fraterculus* (figura 2.1).

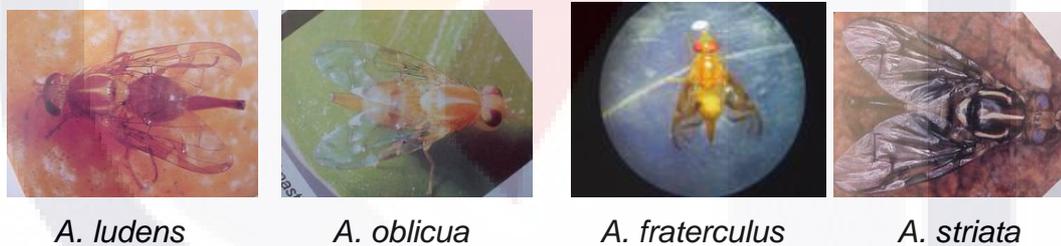


Figura 2.1. Moscas de la fruta de la región Calvillo-Cañones

En el caso de la zona de Calvillo, la mosca de la fruta es en realidad un conjunto de cuatro moscas nativas que usan los frutos de las diferentes plantas hospederas para poner sus huevecillos, lo que disminuye la calidad del fruto. En el caso de la guayaba, esta es parasitada por la mosca de la guayaba (*A. striata*), que oviposita en los frutos cuando estos se encuentran en fase III o sazones, llegando a causar daños hasta en un 60% de la fruta en un corte, dándose los mayores daños en el otoño e invierno. Para su control se usan métodos químicos, mecánicos, culturales, legales y biológicos. Este último se desarrolla desde 1993 con moscas

estériles y un parasitoide (Perales *et al.*, 2005; González *et al. Op. cit.*). Aluja (1994), describe a la mosca de la fruta del género *Anastrepha* como una de las plagas de la agricultura más devastadoras del mundo.

Algunas moscas del género *Anastrepha* que tienen un amplio rango de distribución han modificado sus hábitos alimenticios de una región a otra por lo que pueden tener más de un hospedero (Hernández, 1992). La especie *A. ludens* es la de más amplia distribución en México y es la que tiene un mayor número de hospederos reportados (cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Hospederos de la mosca de la fruta, tomado de Hernández (1992)

<b>Especies</b>	<b>Plantas de alimentación</b>	<b>Referencias</b>	
<i>A. fraterculus</i>	<i>Alchomea latifolia</i>	Euphorbiaceae	Aluja y Martínez, 1984; Aluja <i>et al</i> 1987
	<i>Coffea arabica</i>	Rubiaceae	Aluja y Martínez, 1984; Aluja <i>et al</i> 1987
	<i>Crataegus sp.</i>	Rosaceae	Aluja <i>et al.</i> 1987
	<i>Eriobotrya japonica</i>	Rosaceae	Aluja y Martínez, 1984
	<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	Aluja <i>et al.</i> , 1987
	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Aluja <i>et al.</i> , 1987
	<i>Mastichodendron capiri</i>	Sapotaceae	Aluja <i>et al.</i> , 1987
	<i>Prunus pérsica</i>	Rosaceae	Baker <i>et al.</i> , 1944
	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Baker, 1941; Aluja y Martínez, 1984
	<i>Syzygium jambos</i>	Myrtaceae	Baker <i>et al.</i> , 1944; Bush, 1962
<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae	Baker, 1941; Baker <i>et al.</i> , 1944; Aluja <i>et al.</i> , 1987	
<i>A. ludens</i>	<i>Annona cherimola</i>	Annonaceae	Baker <i>et al.</i> , 1944
	<i>Annona reticulata</i>	Annonaceae	Baker <i>et al.</i> , 1944
	<i>Annona squamosa</i>	Annonaceae	Aluja <i>et al.</i> , 1987
	<i>Casimiroa edulis</i>	Rutaceae	Baker <i>et al.</i> , 1944; Bush, 1962; Aluja y Martínez, 1984
	<i>Citrus aurantiifolia</i>	Rutaceae	Baker <i>et al.</i> , 1944
	<i>Citrus aurantium</i>	Rutaceae	Baker <i>et al.</i> , 1944; Bush, 1962; Aluja y Martínez, 1984
	<i>Citrus limetta</i>	Rutaceae	McPhail y Bliss, 1933; Baker <i>et al.</i> , 1944; Aluja <i>et al.</i> , 1987
	<i>Citrus máxima</i>	Rutaceae	Baker <i>et al</i> 1944; Aluja y Mtz. 1984

	<i>Citrus medica</i>	Rutaceae	Aluja <i>et al</i> 1987
	<i>Citrus paradisi</i>	Rutaceae	Baker <i>et al</i> 1944; Bush 1962; Aluja <i>et al</i> 1987
	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	Baker <i>et al</i> 1944; Aluja y Mtz. 1984; Aluja <i>et al</i> 1987
	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	Herrera <i>et al</i> 1990; McPhail y Bliss 1933; Baker <i>et al</i> 1944; Bush 1962
	<i>Cydonia oblonga</i>	Rosaceae	Baker <i>et al</i> 1944
	<i>Mammea americana</i>	Clusiaceae	Baker <i>et al</i> 1944; Bush 1962
	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Herrera <i>et al</i> 1990; McPhail y Bliss 1933; Baker <i>et al</i> 1944; Bush 1962
	<i>Mastichodendron capiri</i>	Sapotaceae	Aluja <i>et al</i> 1987
	<i>Prunus pérsica</i>	Rosaceae	McPhail y Bliss 1933; Baker <i>et al</i> 1944
	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Herrera <i>et al</i> 1990; McPhail y Bliss 1933; Stone 1942; Baker <i>et al</i> 1944
	<i>Punica granatum</i>	Punicaceae	McPhail y Bliss 1933; Baker <i>et al</i> 1944
	<i>Sargentia greggii</i>	Rutaceae	Plummer <i>et al</i> 1941; Baker <i>et al</i> 1944; Bush 1962
	<i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae	Baker <i>et al</i> 1944
	<i>Syzygium jambos</i>	Myrtaceae	Baker <i>et al</i> 1944
A. obliqua	<i>Alchomea latifolia</i>	Euphorbiaceae	Aluja <i>et al</i> 1987
	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	Aluja <i>et al</i> 1987
	<i>Crataegus sp.</i>	Rosaceae	Aluja y Mtz. 1984
	<i>Eriobotrya japonica</i>	Rosaceae	Aluja y Mtz. 1984
	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Baker <i>et al</i> 1944; Bush 1962
	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Aluja y Mtz. 1984
	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	Baker <i>et al</i> 1944, Bush 1962
	<i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae	Aluja y Mtz. 1984
	<i>Syzygium jambos</i>	Myrtaceae	Baker <i>et al</i> 1944; Aluja y Mtz. 1984
	<i>Syzygium malaccense</i>	Myrtaceae	Aluja <i>et al</i> 1987
A. striata	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	McPhail y Bliss 1933
	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	McPhail y Bliss 1933; Baker <i>et al</i> . 1944 Bush 1962; Aluja y Mtz. 1984

El guayabo es el principal hospedero de *A. striata*, pero como se puede observar en el cuadro anterior, existen reportes de Herrera en 1900 y McPhail y Bliss en

1933, quienes han señalado que *A. ludens*, *A. obliqua* y *A. fraterculus* también usan al guayabo como hospedero.

Perales *et al.* (2005), comenta que en los huertos de guayabo la especie de mosca de la fruta más capturada es *A. striata* seguida por *A. ludens* y que esta última nunca se ha detectado atacando frutos de guayaba.

El ciclo de vida de las moscas (figura 2.2) se inicia cuando las hembras adultas ponen sus huevos debajo de la cáscara del fruto (Aluja, 1993; Toro, 2003). Después de 1 a 7 días de ser encubados emergen las larvas que se alimentaron de la pulpa. El tiempo que la larva permanece en el fruto puede ser de 15 a 18 días y está determinado, entre otros factores, por características del fruto como pH, temperatura y nivel de maduración (Aluja, 1994) y por el clima (Toro, *Op. cit.*). Después de completar su desarrollo la larva sale del fruto y se entierra en el suelo a una profundidad que depende del tipo de suelo, pH, humedad y compactación del suelo (Aluja, *Op. cit.*), ahí se convierte en pupa, en este estado dura de 6 a 15 días, después de este periodo las moscas emergen como adultos (Toro, *Op. cit.*; González, 2003).



Figura 2.1. Ciclo de vida de la mosca de la fruta (Toro, 2003)

La duración de los estados de las diferentes especies de moscas de la fruta pueden presentar variaciones dependiendo principalmente de la fruta hospedante

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

que sirvió de alimento a la larva y la calidad nutritiva del material que tomaron los adultos, así como el efecto de las condiciones ambientales presentes en el entorno, principalmente la temperatura y humedad del suelo.

La duración del estado de pupa está muy influenciada por la humedad del suelo, a mayor humedad mayor duración del estado de pupa; con respecto a la temperatura, a mayor temperatura menos tiempo en estado de pupa. Largos periodos de sequía retardan el ciclo y si éste se prolonga, puede ser un factor de mortalidad (Toro, *Op. cit.*). En este sentido los huertos comerciales ofrecen condiciones de abrigo ideal por su micro ambiente amortiguador con grandes superficies sombreadas y fluctuaciones reducidas de temperatura y humedad relativa durante el día (González, *Op. cit.*).

En la década de 1980 Boscán (1987) detectó una relación positiva entre el aumento de la precipitación y la captura de moscas de la fruta, aunque ésta no es constante para todos los meses; no encontró ninguna relación con la temperatura. Esta misma autora publicó en 1985 el artículo "Influencia de los factores meteorológicos sobre la fluctuación poblacional de *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae) en mango". Sin embargo, en este trabajo no se encuentra ninguna correlación de las variables climáticas, la temperatura media, la precipitación y la humedad relativa con las fluctuaciones de la población de mosca de la fruta.

Fehn (citado por Boscán), concluye que no hay una dependencia constante entre la población de moscas de la fruta y los factores climatológicos, sin embargo, señala que de una manera general, la temperatura mínima influye negativamente y la precipitación influye positivamente sobre la dinámica poblacional de las moscas del género. Otros autores concluyen de manera diferente; Bateman (citado por Boscán, *Op. cit.*), comenta que la temperatura y la humedad influyen en el desarrollo de las poblaciones de tripétidos; Parra y Gallo (1975) encuentran una relación entre estos organismos y las temperaturas media y mínima y

Malavasi *et al.* (1981), demuestra que no hay relación entre las poblaciones de *Anastrepha* y *Ceratitis* con la precipitación, humedad y temperatura en café.

Rodríguez *et al.* (1999), detectaron que aplicando el método estadístico de sendero y desfasando los datos climáticos de acuerdo con la biología de la plaga, se tiene una relación positiva entre el aumento de temperatura y el número de moscas capturadas; sin embargo no detectó ninguna relación con respecto a la precipitación. Rochi y da Silva (2005) encontraron una correlación baja entre las poblaciones de moscas y la precipitación ( $r = 0.22$ ,  $P > 0.05$ ). Mello y Bertol (2006) no detectaron ninguna relación entre las variables climáticas: precipitación, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, humedad relativa y velocidad del viento y la presencia de la mosca de la fruta *Anastrepha fraterculus*. Araujo *et al.* (2008), no encontraron correlación alguna entre la precipitación ( $r = -0.12$ ,  $P > 0.05$ ) y la dinámica de la población de moscas de la fruta; con respecto a la temperatura ( $r = -0.53$ ,  $P > 0.05$ ) y humedad relativa ( $r = 0.45$ ,  $P > 0.05$ ) concluyen que son factores que si podrían influenciar en las poblaciones.

Para González (2003), la temperatura es un factor que determina la distribución y abundancia de las especies de *Anastrepha*, que se encuentran restringidas a ambientes tropicales y subtropicales sobre más de 20 cultivos hospederos y considera que los huertos proporcionan grandes superficies sombreadas con fluctuaciones de temperatura y humedad que varían poco en el tiempo y para cada región geográfica.

Aluja (1994) comenta que las poblaciones de adultos presentan fuertes fluctuaciones de año en año y estas fluctuaciones están correlacionadas con dos factores: disponibilidad de plantas hospederas y factores climáticos, especialmente la precipitación. Observaciones paralelas sugieren que la disponibilidad de alimento en hospederos alternos es el principal factor que influye sobre la fluctuación y la dinámica poblacional de *Anastrepha*. Orlando y Sampaio

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

(1973), Puzzi y Orlando (1958), Fehn (1982) citados por Boscán (*Op. cit.*), Rochi y da Silva (2005), y Araujo *et al.* (2008), concluyen en el mismo sentido.

En diversos estudios de trapeo se ha observado que en una región se pueden capturar más de 15 especies de moscas y que el grado de dominancia de una especie depende de la diversidad de hospederos y de la altura sobre el nivel del mar (Aluja, 1994). Sivinski *et al.* (2004), realizaron estudios de la distribución de las moscas *A. ludens*, *A. striata* y *A. fraterculus* en un gradiente altitudinal de 0 a 1800 msnm, encontrando que *A. striata* tiene mayores poblaciones a alturas menores de 600 m, *A. fraterculus* predomina en alturas mayores de 1000 msnm. En alturas superiores a los 1600 msnm *A. striata* estuvo ausente de *P. guajava*, lo que parece indicar que la mosca *A. striata* requiere de un medio ambiente más cálido y seco que *A. fraterculus*.

La detección de moscas de la fruta es la primera etapa de un programa de manejo integrado de esta plaga, porque permite establecer la distribución y los niveles de las poblaciones de las diferentes especies. Los dos principales componentes para la detección de moscas de la fruta son el monitoreo mediante trapeo sistemático (captura de adultos) y el muestreo de frutos afectados (obtención de larvas) (Insuasty, 2007).

La detección de las moscas se realiza mediante trampas del tipo "McPhail". Se coloca una trampa por hectárea, ubicada a 3/4 de altura del árbol, la revisión se realiza cada semana (González, *Op. cit.*). Los resultados del trapeo son complementados con el muestreo semanal de 5 a 10 frutos por árbol, hasta completar una muestra de 0.5 kg por hectárea. Una vez identificadas las moscas de la fruta que fueron atrapadas, se cuantifican por especie. Esta cantidad de moscas por especie se divide entre el número de trampas revisadas y el número de días que transcurrieron desde la última revisión, con estos datos se genera el índice de moscas por trampa por día – MTD (Perales *et al. Op. cit.*).

### 2.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

En la década de 1960 Roger Tomlison fue el primer investigador en usar el término de sistema de información geográfica (SIG) al trabajar en el desarrollo de un sistema cartográfico del Canadá. En los años setentas, este término fue difundido por los profesores de la Universidad de Harvard (Peters, 2008). Hoy existe en la literatura gran diversidad de definiciones de lo que es un SIG, a continuación se presentan dos de ellas:

- Campbell (1996) los define como un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, el manejo, la manipulación, el análisis, el modelado y el despliegue de datos espacialmente referenciados para la solución de los complejos problemas del manejo y planeación territorial.
- La empresa ESRI (1995) define el SIG como una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión

Arthur (2004) define los pasos para el diseño de un sistema de información en tres temas principales:

- diseño conceptual,
- diseño lógico
- diseño físico.

En el diseño conceptual se llevan a cabo las tareas de identificación de los productos de información que van a ser considerados para la integración de la base de datos; identificación de las capas temáticas y rasgos clave que se

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

tomarán en cuenta; además se detallan las características de las clases de rasgos y se realiza una agrupación de rasgos semejantes en la base de datos.

En el diseño lógico se hace la definición de la estructura de la base de datos, el comportamiento de los rasgos y la definición de las propiedades espaciales de estos. Por último en el diseño físico se hacen las especificaciones de los campos de los datos, la implementación y la carga o llenado de la base de datos.

El SIG es una herramienta que en los últimos años se ha venido utilizando en varias ramas de la ciencia entre las que se encuentran la cartografía, la arqueología, el urbanismo, la agricultura, la biología y la entomología entre otros.

Gepts (2006), comenta que las nuevas tecnologías como los sistemas de posicionamiento global (GPS) han influido en el aumento de la cantidad de datos georreferenciados de información biológica y no biológica disponibles y esto se refleja en el uso de los SIG, ya que es una herramienta con la cual se pueden visualizar y analizar los patrones espaciales con mucha eficiencia.

Algunas de las aplicaciones de esta tecnología en el campo de la entomología han estado dirigidas al estudio de la dinámica en la relación entre el crecimiento poblacional y las variables del medio ambiente (Cigliano, *et al.*, 2003). Los SIG ayudan a comprender más fácilmente la distribución de las poblaciones de plagas y amplían la capacidad de pronosticar áreas con riesgo de brotes (Dent, 2000). Con un SIG es posible analizar las variaciones en el tiempo y en el espacio del comportamiento de las poblaciones de insectos, debido a la facilidad del manejo de los datos y diversidad de herramientas y opciones que ofrecen, aspectos que hasta recientemente no se habían explotado adecuadamente (Cigliano, *et al.*, *Op. cit.*).

### **3. OBJETIVO GENERAL, OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS,**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la distribución y abundancia espacio-temporal de la mosca de la fruta (*Anastrepha spp*) y su relación con variables del medio físico, con el apoyo de un sistema de información geográfica.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

3.2.1. Implementar un SIG para estudiar la distribución y abundancia de las poblaciones de mosca de la fruta en la región de Calvillo, Aguascalientes.

3.2.2. Con base en datos históricos de captura, realizar un análisis temporal sobre la distribución y abundancia de las especies de mosca de la fruta (*Anastrepha spp*) en la región de Calvillo

3.2.3. Analizar la relación entre abundancia y distribución de mosca de la fruta, y las variables, temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, altura sobre el nivel del mar, pendiente y orientación como factores predictivos.

3.2.4. Realizar un análisis de distribución espacial y temporal de *Anastrepha striata* (mosca de la guayaba).

#### **3.3. HIPÓTESIS**

3.3.1. La abundancia y distribución de mosca de la fruta en el Valle de Calvillo varía año tras año por lo cual no existe un patrón definido de comportamiento.

3.3.2. La abundancia y distribución de mosca de la fruta en el Valle de Calvillo, Ags., dependen de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, altura sobre el nivel del mar, pendiente y orientación

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. MATERIALES

Para el diseño del SIG se realizó una búsqueda de información alfanumérica, vectorial y raster en diferentes instituciones que permitiera abordar la problemática planteada. La información y recursos materiales adquiridos para la integración del sistema fueron:

- Información alfanumérica:
  - a) Datos de captura semanal de la mosca de la fruta de abril de 2004 a mayo de 2008 del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Aguascalientes (CESVA).
  - b) Datos diarios de 12 estaciones meteorológicas de temperaturas máximas y mínimas y precipitación, de abril de 2004 a mayo de 2008 de la Comisión Nacional del Agua (CNA).
  - c) Tenencia de la tierra, propiedad social y privada del municipio de Calvillo, facilitada por la Comisión para el Desarrollo Agropecuario del Estado (CODAGEA).
- Información vectorial
  - Proporcionada por CESVA:
    - a) Localización de las 341 trampas de mosca de la fruta.
    - b) Cuadrantes de 1 km<sup>2</sup> de referencia para las trampas
    - c) Zonas de trabajo.
  - Proporcionada de otras fuentes:
    - a) Límites estatales y municipales de Aguascalientes tomados de los mapas geoestadísticos municipales del INEGI.
    - b) Información topográfica en escala 1: 50 000 de la DGG/INEGI.
    - c) Estaciones meteorológicas del área de estudio de CNA.
- Información raster:

- a) Imagen de satélite Landsat 7 ETM+ del año 2003 con resolución espacial de 15 m en pancromático y 30 m en modo multiespectral, proporcionada por CODAGEA.
- b) Modelo digital del terreno (MDT) con resolución espacial de 50 m de la DGG/INEGI.

Se decidió trabajar de acuerdo con la normatividad del INEGI y usar como sistema de referencia de la información geográfica el datum ITRF92 y la proyección Universal Transversa de Mercator.

## **4.2 MÉTODOS**

### **4.2.1. Implementación del SIG**

#### **4.2.1.1. Diseño del sistema**

El modelo conceptual se desarrolló con base en el análisis de la información que integra el sistema. Inicialmente se hizo una descripción de cada uno de los componentes del conjunto, considerando las características y asociaciones que establecen entre sí, con esto se hizo un modelo con el que se obtuvo una representación simplificada de los elementos y relaciones de las entidades definidas en el diccionario de datos. Para su desarrollo, primero se definió el área de estudio y se recopiló la información disponible relacionada con el tema del proyecto. A partir de esta información se determinó cual sería incluida en la base de datos con base en criterios de disponibilidad y calidad.

Se verificó, seleccionó y describió el tipo de atributos de la información alfanumérica y vectorial que integró la base. Con esto se construyó un catálogo de objetos que contiene la descripción de los elementos que constituyen la base de datos. Estos elementos se clasificaron en tres grupos:

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- a) Aplicaciones: contiene los datos de captura de moscas, trampas, zonas de trabajo, datos de temperatura, precipitación y localización de las estaciones meteorológicas.
  - b) Base cartográfica y temática: contiene la información de las cartas topográficas que integran el municipio y datos de tenencia de la tierra.
  - c) Información raster: imagen de satélite Landsat y modelo digital del terreno.

Para la realización del diccionario de datos se consideró la estructura propuesta de los diccionarios de datos vectoriales de la carta topográfica 1: 50 000 (INEGI, 1998a), del ámbito urbano de la Dirección General de Geografía del INEGI (INEGI, 1998b) y el esquema de la carta topográfica en escala 1: 24 000 del Servicio Geológico de los Estados Unidos (ESRI Support Center, 2006), integrándose una propuesta adaptada a las condiciones del municipio de Calvillo.

La determinación definitiva de las entidades que conforman el sistema, así como sus atributos y geometría mínima de representación, se definieron a través de un análisis detallado de todos los elementos representados en las seis cartas que conforman el mosaico del estado y de un análisis de la información adicional a integrar en la base y su relación con la topografía.

El diccionario fue revisado y modificado para incluir la información pertinente del municipio, lo que llevó a la eliminación de entidades geográficas y a la modificación de algunos atributos que reflejan las adecuaciones al modelo de la base de datos.

El modelo lógico está representado por los esquemas o modelos entidad-relación del sistema; este modelo tiene sus propios componentes gráficos, reglas de construcción y significado, refleja la estructura y vínculos de los datos y surge de la transformación del modelo conceptual con el objetivo de optimizar la organización de la base de datos para una mayor rapidez en el tratamiento y

gestión de la información geográfica; sus componentes fundamentales son: entidades, atributos y relaciones.

Como parte del diseño lógico se trabajó también en el desarrollo de las tablas que acompañan al modelo; éstas consisten en conjuntos ordenados por tema de los atributos ligados a las entidades y en la definición de sus llaves primarias.

El diseño físico es la forma en que la base de datos es almacenada dentro del computador, en éste se encuentran representados físicamente la estructura o distribución de los datos y los métodos de acceso. Se generó una base de datos espacial (geodatabase) que utiliza Access como manejador, el proceso se realizó con ArcGis 9.1.

Los metadatos del proyecto se elaboraron usando Corpsmet95 y MP como programas informáticos, lo que garantiza apegarse a los estándares del Federal Geographic Data Committee (FGDC) que asume el INEGI como norma. Los metadatos incluyen los siguientes temas: conjuntos de datos vectoriales de la carta topográfica, modelo digital de elevación e imágenes de satélite. Para cada uno de los metadatos se incluyen siete secciones obligatorias: datos de identificación del producto o dato geográfico, datos de calidad, organización espacial de los datos, referencia espacial, entidades y atributos, información de la distribución y referencia del metadato.

#### **4.2.1.2. Revisión, validación y preproceso de datos**

Antes de empezar con la integración de la información se revisaron y validaron los datos que forman parte de la base. Este proceso permitió una integración ordenada de todos los elementos geográficos conforme al modelo y al diccionario de datos, garantizando la integridad de la información y facilitando el establecimiento de relaciones con el modelo lógico. El proceso comprendió el análisis del contenido de cada elemento que integra la base: captura de moscas, datos meteorológicos y datos cartográficos.

Los datos del trapeo que se integraron a la base de datos de captura de la mosca de la fruta, se encontraban desagregados en diferentes documentos y sin una relación clara con las estimaciones que eran necesarias para darle seguimiento al problema de la plaga de mosca de la fruta. Se desarrolló una base de datos para la captura de datos de campo que integra el total de la información en un solo documento y reduce considerablemente la redundancia de los datos.

Para estimar los valores de temperaturas máxima, mínima y precipitación para las trampas, se modificó el formato de los datos meteorológicos para facilitar su proceso en ArcGis. El archivo generado se procesó para obtener valores de temperatura promedio y precipitación acumulada a nivel semanal.

Se comprobó que los registros de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima no tuvieran pérdida de información; en los casos de falta de datos de precipitación, en época de secas, se tomó un valor de cero para vacíos que no pasaran de cinco días sin datos. En los casos de falta de datos de temperaturas máxima y mínima de un día, se calculó el promedio del día anterior y posterior; para pérdidas de hasta cinco días se estimó la tendencia; en el caso de pérdidas mayores se calculó el valor promedio de las cuatro estaciones más cercanas. Se verificó que la temperatura mínima no fuera mayor a la temperatura máxima y que la temperatura máxima no fuera mayor a 50°C; así como que los valores diarios de la precipitación no pasaran de 500 mm.

Para poder generar datos sobre temperatura y precipitación semanal de cada una de las 341 trampas, se diseñó un proceso de interpolación utilizando las 12 estaciones meteorológicas disponibles para el Valle de Calvillo. Felicísimo *et al.* (2001), comentan que no existe un método universal para la interpolación de datos climáticos. Dependiendo de las características territoriales y de la distribución y disponibilidad de información, un método puede funcionar mejor que otro. En este caso se realizó la evaluación de tres métodos de interpolación tomando los datos

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

semanales de precipitación y temperatura de 10 semanas de las 12 estaciones meteorológicas disponibles para la región de Calvillo. Los métodos de interpolación fueron Kriging, Thin Plate Spline e Inverse Distance Weighted, obteniéndose los mejores resultados con el método Spline para esta región. Los otros dos métodos mostraron artefactos (patrones muy geométricos) en los resultados. Los datos se procesaron con ArcGis 9.1.

Una vez definido el método de interpolación se creó un macro en lenguaje Python compatible con ArcGis, con el que se automatizaron una serie de procesos repetitivos que permitieron la interpolación de los datos climáticos de las 12 estaciones. En esta etapa de implementación del SIG se obtuvieron más de 700 archivos de superficies continuas, también llamados modelos digitales de precipitación acumulada, temperatura máxima y temperatura mínima a nivel semanal. A partir de estos modelos digitales se extrajeron los valores correspondientes para las 341 trampas de captura de mosca de la fruta. La función utilizada fue "Extract Value to Point" del módulo Extraction de Spatial Analyst Tools en ArcGIS. La información de estos archivos se concentró en tres bases de datos, uno para temperatura mínima, otro para temperatura máxima y otro para precipitación pluvial, durante el periodo de estudio (2004 a 2008).

Una vez calculados los valores de las variables climáticas (precipitación y temperatura) para cada una de las 341 trampas se prosiguió al cálculo de las variables faltantes (orientación del terreno, pendiente y altura sobre el nivel del mar) para poder realizar el análisis de la dinámica de poblaciones de la mosca de la fruta, las cuales se obtienen a partir del modelo digital del terreno (MDT).

Para obtener los valores de pendiente y orientación del terreno de las parcelas en las cuales se encuentran las 341 trampas de la mosca, se generaron mapas utilizando el MDT, para esto se utilizó el módulo Surface Análisis de la extensión 3D Analyst del paquete ArcGis 9; para el cálculo de pendientes se utilizó el programa Slop, y para determinar la orientación del terreno el programa Aspect. La altura sobre el nivel del mar se obtuvo directamente del MDT. Esta información

se complementó con la base de datos de captura de moscas de la fruta a nivel semanal para el periodo 2004 a 2008.

**Base cartográfica:** la base cartográfica incluye el modelo de elevación del terreno, la planimetría, tenencia de la tierra y la cobertura Landsat; los trabajos de revisión y validación comprenden dos aspectos principales: el análisis de la estructura geométrica y de los atributos asociados. En el proceso de análisis de la estructura geométrica se verificó que la información cartográfica no presentara problemas en su consistencia espacial, como en el caso de excesos o defectos en las uniones de puntos con líneas y líneas con líneas, polígonos no cerrados, polígonos adyacentes que se traslapan, polígonos con áreas de exclusión y liga entre rasgos geográficos. Algunos de los archivos disponibles presentaron alguno o varios de estos problemas y fueron corregidos.

**Análisis de los atributos asociados:** para representar un rasgo geográfico se especifica un valor para cada atributo. Un valor de atributo es una cantidad o cualidad específica, este es un aspecto clave en la elaboración del diccionario de datos pues aquí se incluyen los atributos de cada dato geográfico y los valores permitidos; en la elaboración de los diccionarios esta información es indispensable para establecer las entidades, las variables y los valores de dominio de cada una de ellas. Algunos de los problemas encontrados y resueltos fueron:

- La información no estaba ligada y en algunos casos se encontraron choques entre atributos de conjuntos de datos contiguos.
- Se detectaron choques en elementos de representación geométrica de área, principalmente en la primera versión de datos de propiedad.
- Choque de atributos en líneas, como en el caso de carreteras y curvas de nivel.
- Pérdida de atributos y de información como en los casos de curvas de nivel.

Se procesó la escena Landsat ETM de coordenadas 29/45 y fecha de toma 19 de marzo del 2003, como apoyo para la actualización de la planimetría y para contar con elementos de soporte para la interpretación del uso del suelo en relación con los huertos de guayaba y su manejo fitosanitario. La escena fue georreferida por ajuste polinomial, para lo que se utilizaron puntos de control y vectores tomados de las cartas topográficas 1: 50 000 de la Dirección General de Geografía del INEGI; el error medio cuadrático fue menor a un píxel.

#### **4.2.2. Análisis temporal de la distribución y abundancia de *Anastrepha* en la región**

Se utilizó la base de datos histórica de captura de mosca de la fruta para realizar el análisis temporal sobre la distribución y abundancia del género y las especies, poniendo énfasis en la especie *A. striata* (mosca de la guayaba), en la región de Calvillo

Para el análisis se generaron cuadros y utilizando la funcionalidad del SIG se realizaron análisis de proximidad para algunos rasgos de interés, como se describe a continuación:

1. Se establecieron cuatro rangos de abundancia acumulada a partir de la captura de moscas por trampa durante el periodo de estudio (2004 a 2008). Con este análisis se clasificaron las 341 trampas en cuatro clases (0 capturas, de 1 a 25 moscas/trampa, de 26 a 50 moscas/trampa y de 51 a 75 moscas/trampa).
2. Se determinó la captura de moscas en las cercanías de escurrimientos (ríos y arroyos) con un margen de 50 m y en las áreas urbanas utilizando un margen de 500 m.
3. Se cuantificó la captura de moscas por zona de trabajo y cuadrante.
4. Para ver la presencia de moscas en el tiempo, los datos de las capturas del periodo se graficaron por semana y por mes.

#### **4.2.3. Análisis de la relación entre captura de mosca y las variables consideradas**

Para poder realizar el análisis de la relación entre abundancia y distribución de mosca de la fruta, y las variables, temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, altura sobre el nivel del mar, pendiente y orientación, se realizó como primer paso un análisis de frecuencias de captura de moscas de la fruta para todas las variables, se generaron cuadros en los que se definieron los intervalos, captura de mosca y porcentajes, por último se normalizaron los datos de captura de mosca de la fruta por trampa, y se calcularon los porcentajes para cada uno de los rangos de valores definidos.

Para el análisis del efecto de la altura sobre el nivel del mar se determinaron cinco intervalos de clase de 100 metros, tomando en cuenta las alturas máxima y mínima del área de estudio: 1605-1705, 1705.1-1805, 1805.1- 1905 y mayor a 1905.1 msnm.

Las pendientes se definieron en cinco clases, con los siguientes intervalos de clase: de 0 a 5% de 5.1 a 15%, de 15.1 a 30% y más de 30%.

Para la orientación se definieron 4 rangos de 90° (norte, este, sur y oeste), empezando el norte en 270°.

Para el análisis de correlación, la temperatura máxima, mínima, y la precipitación se dividieron en cinco rangos iguales a partir de los valores mínimos y máximos de la variable reportados en el periodo.

Se utilizó el paquete Statistica V6.0 (2001) para evaluar la relación entre la captura de moscas y las variables de interés.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. IMPLEMENTACION DEL SIG

#### 5.1.1. Diseño del sistema

La estructura del modelo conceptual de la base quedó integrada en 21 diagramas, uno general, en el que se aprecian cada una de las agrupaciones que lo configuran con sus componentes (figura 5.1) y 20 específicos, en los que se detallan las entidades que componen a estos grupos con sus atributos y dominio de valores (anexo 1).

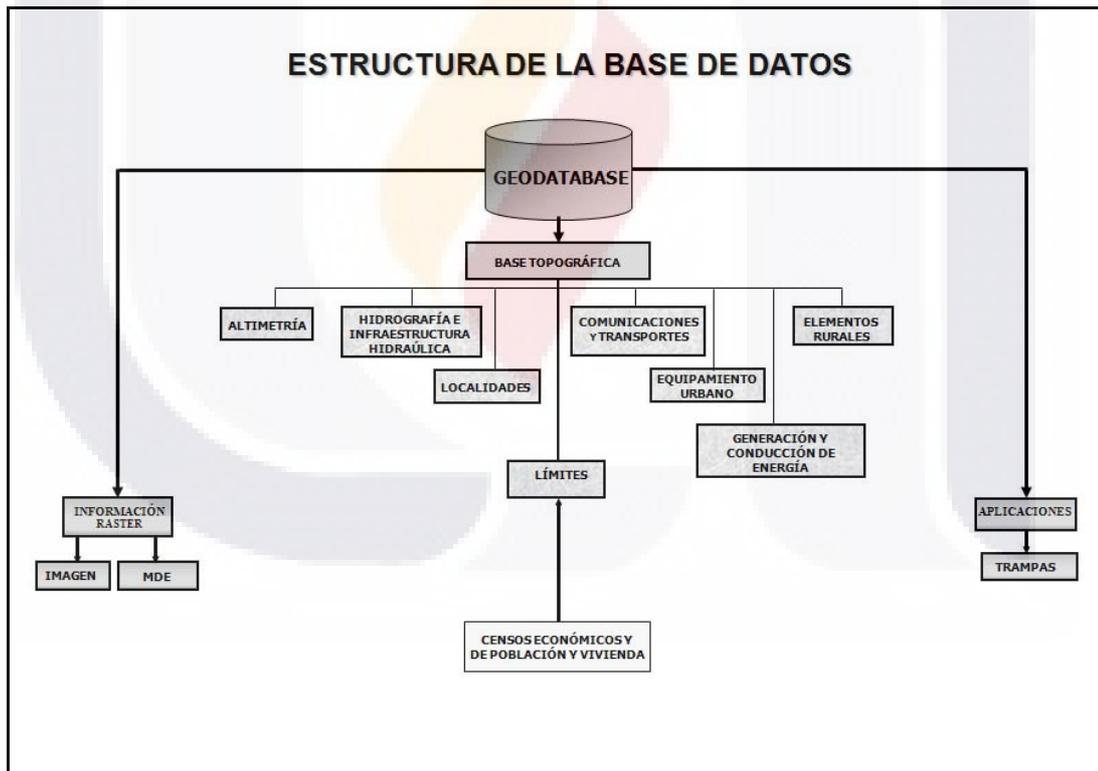


Figura 5.1. Modelo conceptual general del sistema

El diccionario de datos consta de las siguientes entidades:

- Acueducto
- Área de cultivo
- Área urbana
- Bordo
- Calle
- Camino
- Canal
- Carretera
- Cementerio
- Corriente de agua
- Corriente que desaparece
- Cuerpo de agua
- Curva de nivel
- Edificación
- Estanque
- Instalación deportiva o recreativa
- Instalaciones de asistencia médica
- Instalación de comercio y abasto
- Instalación de comunicación
- Instalaciones educativas
- Lindero
- Línea de comunicación
- Línea de transmisión
- Manantial
- Manzana
- Palacio de gobierno
- Pista de aviación
- Presa
- Puente

- Punto acotado
- Subestación eléctrica
- Tanque de agua
- Templo

El modelo lógico (figura 5.2) quedó integrado por dos diagramas en los que se incluyen todas las entidades que componen el sistema, sus relaciones y datos tabulares. En la siguiente figura se presenta una versión reducida del modelo, en el anexo 2 se encuentra el modelo lógico completo.

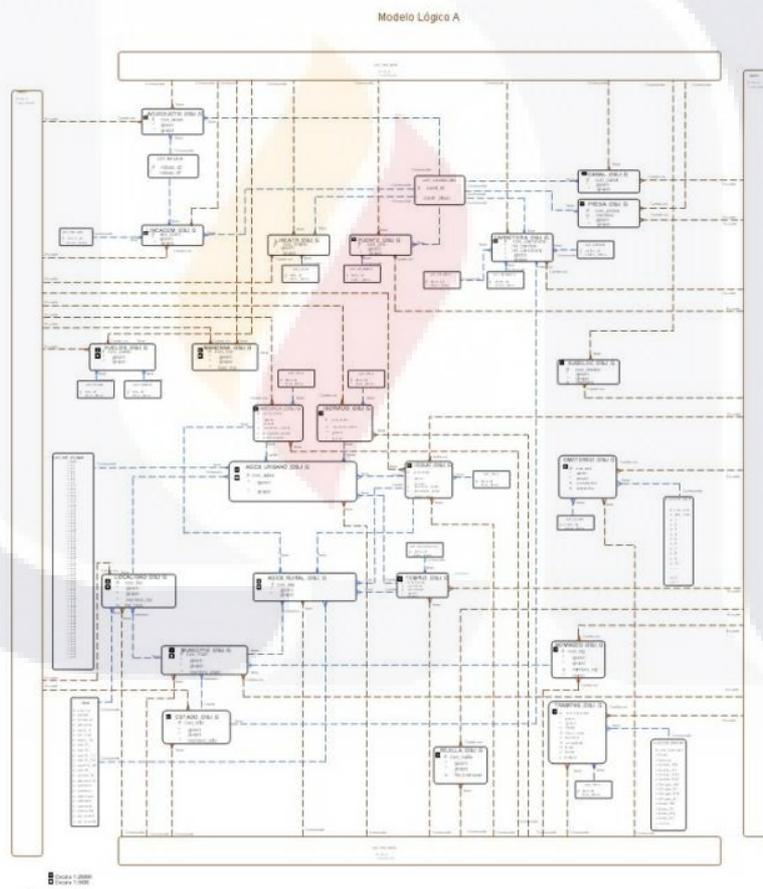


Figura 5.2. Esquema general del modelo lógico

En la figura 5.3 se puede ver la estructura del modelo físico del sistema.

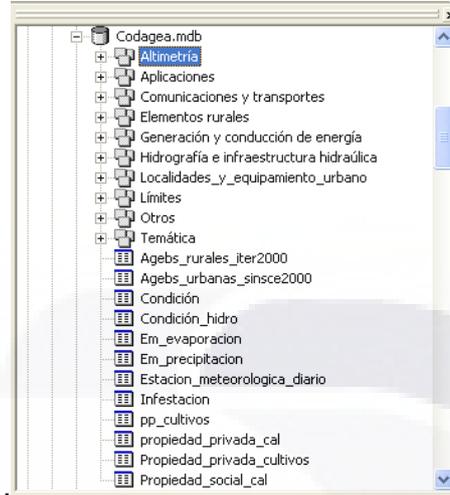


Figura 2.3. Estructura del modelo físico

### 5.1.2. Bases de datos

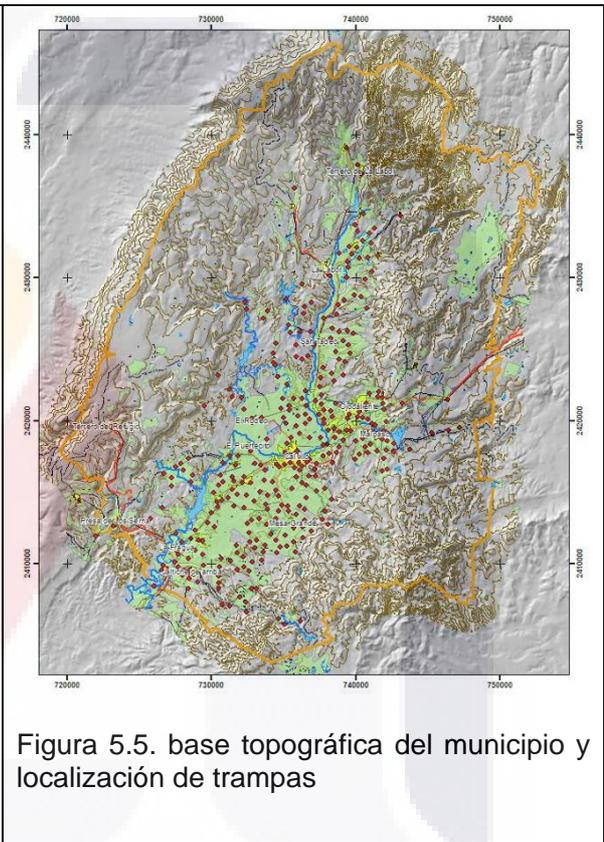
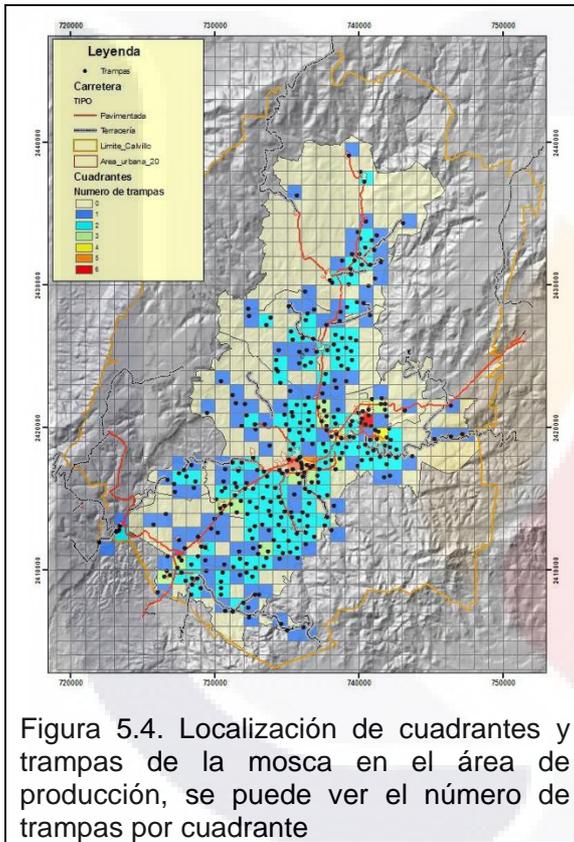
En el desarrollo del análisis, se integraron las siguientes bases de datos utilizando el manejador de bases de datos Acces.

Los datos de captura de mosca de Sanidad Vegetal de los últimos cinco años (2004 – 2008) fueron recuperados e integrados, creando así una base de datos de capturas de 190 semanas para las 341 trampas de la zona.

Se integró una base de datos con información histórica de los últimos cinco años de 12 estaciones meteorológicas de CNA; ocho se encuentran en el municipio de Calvillo: Agua Zarca, Calvillo, El Ocote II, La Labor, Malpaso, Los Alisos, Presa La Codorniz y Presa Media Luna; estas estaciones se complementaron con cuatro más que se encuentran fuera del municipio de Calvillo: Rancho Viejo, Presa Canutillo, Milpillas de Arriba y El Chique (figura 5.6).

Se integró una base de datos de la cartografía, que incluye la base topográfica en escala 1:50 000 con todos sus elementos, el modelo del terreno en la misma

escala, un cubrimiento con imágenes del satélite Landsat, tenencia de la tierra, límites geoestadísticos municipales, zonas de trabajo fitosanitario, retícula de referencia para las trampas, posición de las trampas, estaciones meteorológicas y los mapas desarrollados para el estudio, de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, altura sobre el nivel del mar, pendiente y orientación (figuras 5.4 a 5.13).



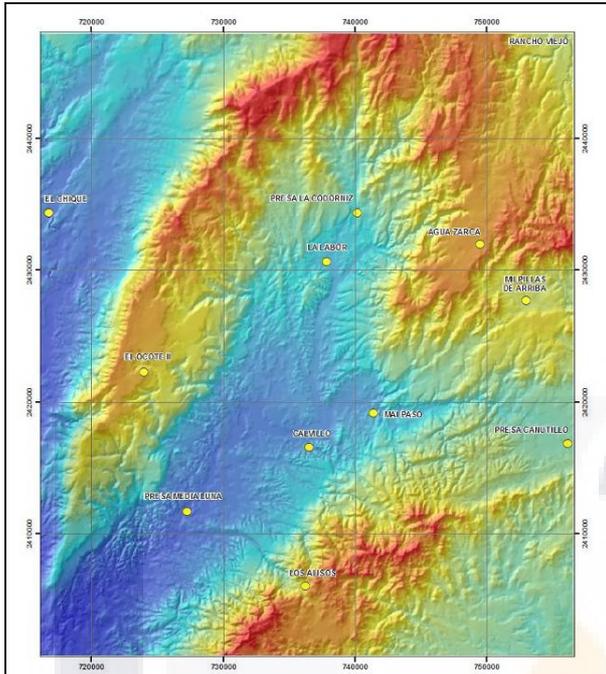


Figura 5.6. Mapa hipsométrico de la región y estaciones meteorológicas

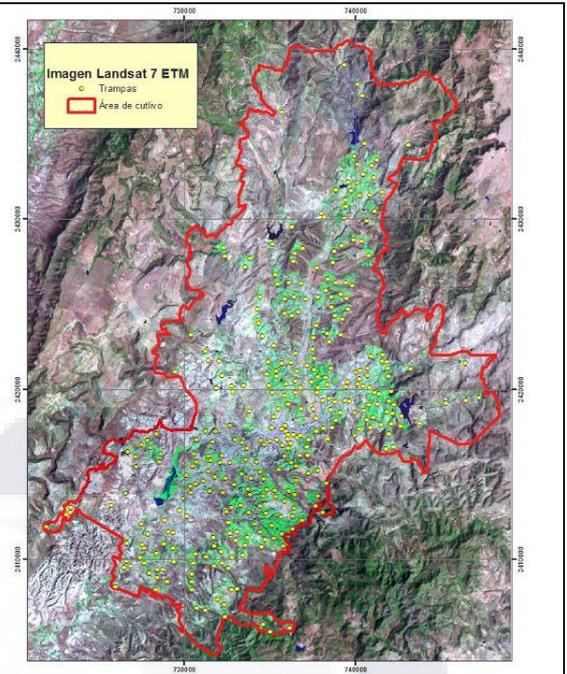


Figura 5.7. Imagen Landsat 7 ETM; huertas de guayaba se ven en verde claro

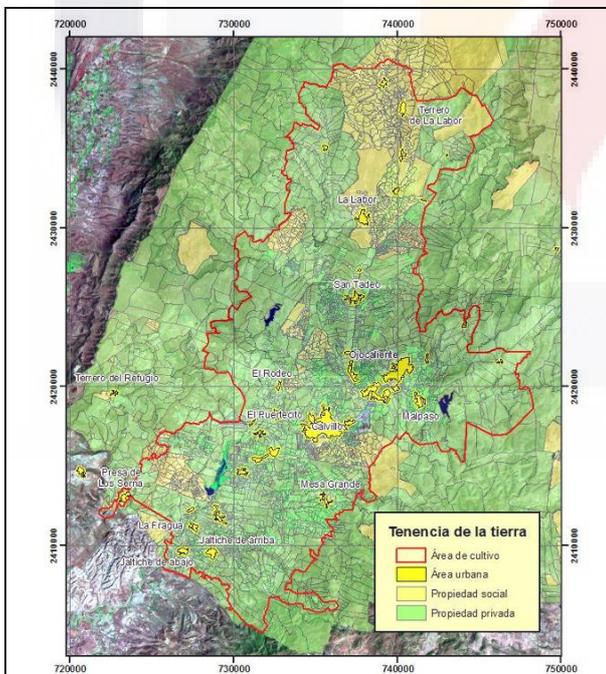


Figura 3. Tenencia de la tierra en la zona del proyecto

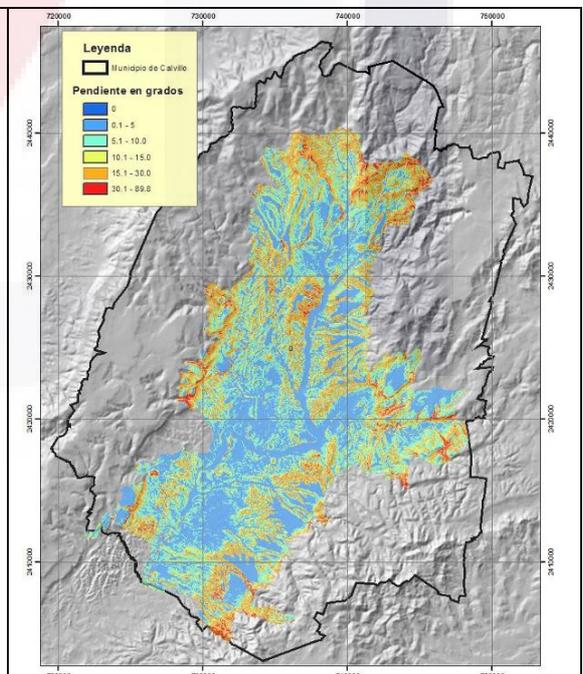


Figura 5.9. Mapa de pendientes del área de cultivo

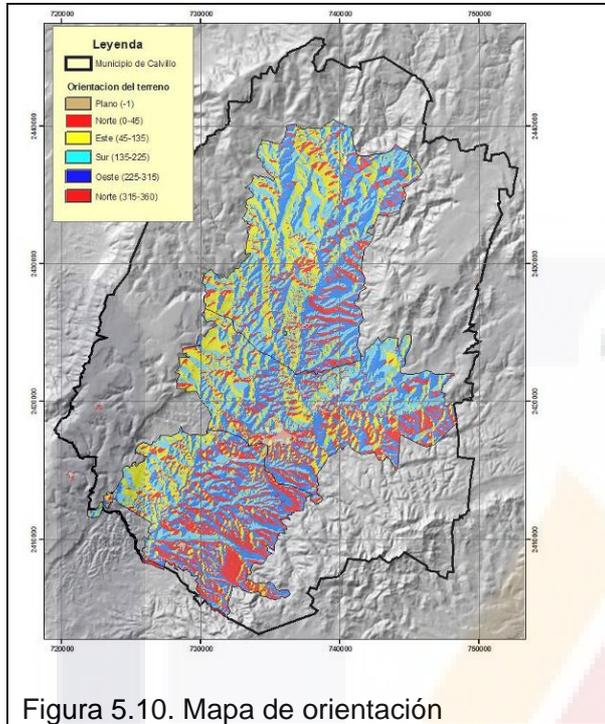


Figura 5.10. Mapa de orientación

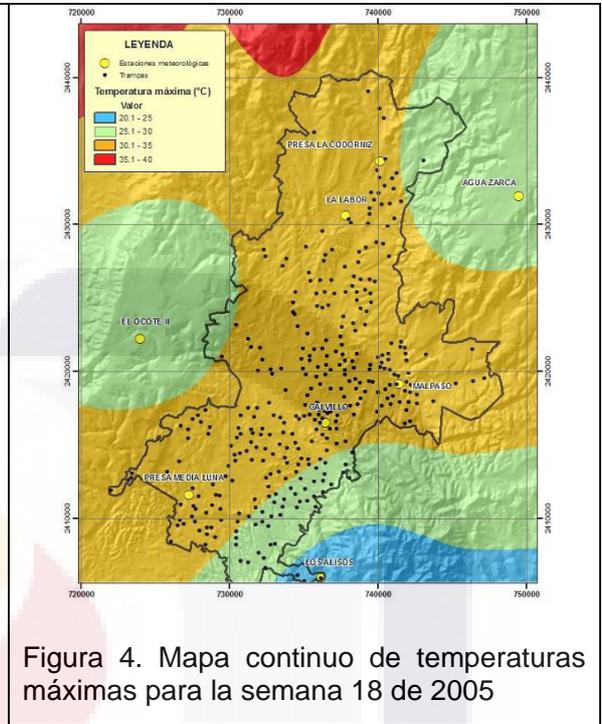


Figura 4. Mapa continuo de temperaturas máximas para la semana 18 de 2005

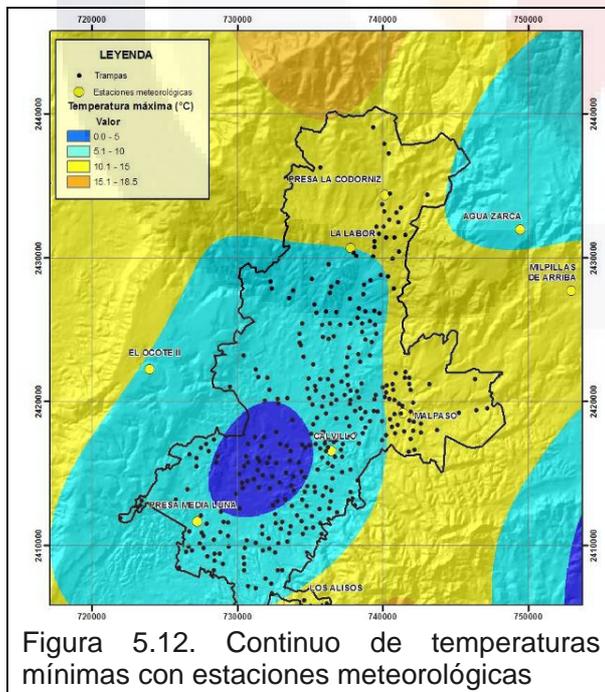


Figura 5.12. Continuo de temperaturas mínimas con estaciones meteorológicas

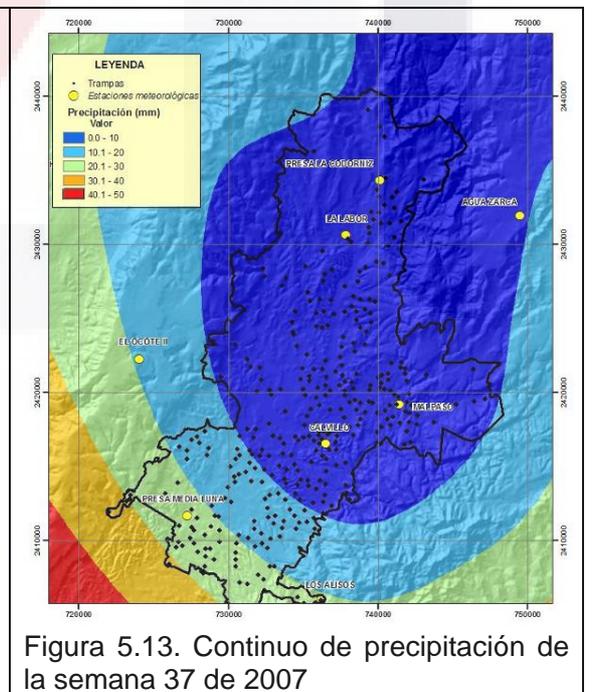


Figura 5.13. Continuo de precipitación de la semana 37 de 2007

## 5.2. ANÁLISIS TEMPORAL DE LA DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE *Anastrepha* EN LA REGIÓN

### 5.2.1. Abundancia de la mosca

El número total de moscas capturadas en el periodo de estudio fue de 3,058. El año con más moscas fue 2004 seguido de 2005 y 2007, al parecer los trabajos de control mantuvieron bajas las poblaciones en 2006 y durante el segundo trimestre del 2008. La especie *Anastrepha ludens* fue la más abundante con 95.8% de las capturas, seguida de *A. obliqua* 2.3%, *A. fraterculus* 1.2% y *A. striata* 0.7 %, estos resultados son diferentes a los reportados por Perales *et al.* (2005), quienes encontraron mayor abundancia de *A. striata*, seguida de *A. ludens*. En general se capturaron más hembras que machos. En el cuadro 5.1 se puede ver un resumen de la captura de 2004 a 2008 por especie.

Cuadro 5.1. Captura de moscas en el periodo 2004 – 2008

Año	<i>A. fraterculus</i>	<i>A. ludens</i>	<i>A. obliqua</i>	<i>A. striata</i>	Total
2004	21	895	42	12	970
2005	0	872	10	4	885
2006	10	168	9	0	187
2007	5	842	8	6	861
2008	0	154	1	0	155
Total	36	2931	70	22	3058

Con respecto al número de moscas capturadas por trampa, en 7% de las trampas no se tuvo captura, en el 86.5% de las trampas se capturaron entre 1 y 25 moscas, en 6.5% de las trampas se capturaron entre 26 y 50 moscas y en menos del 1% entre 51 y 74 moscas (figura 5.14). Las trampas con mayor captura también presentaron una mayor frecuencia de captura. La máxima captura por trampa en una semana fue de 13 moscas, en las localidades El Sauz de Ballin, Barranca de los Márquez y Presa de Los Serna.

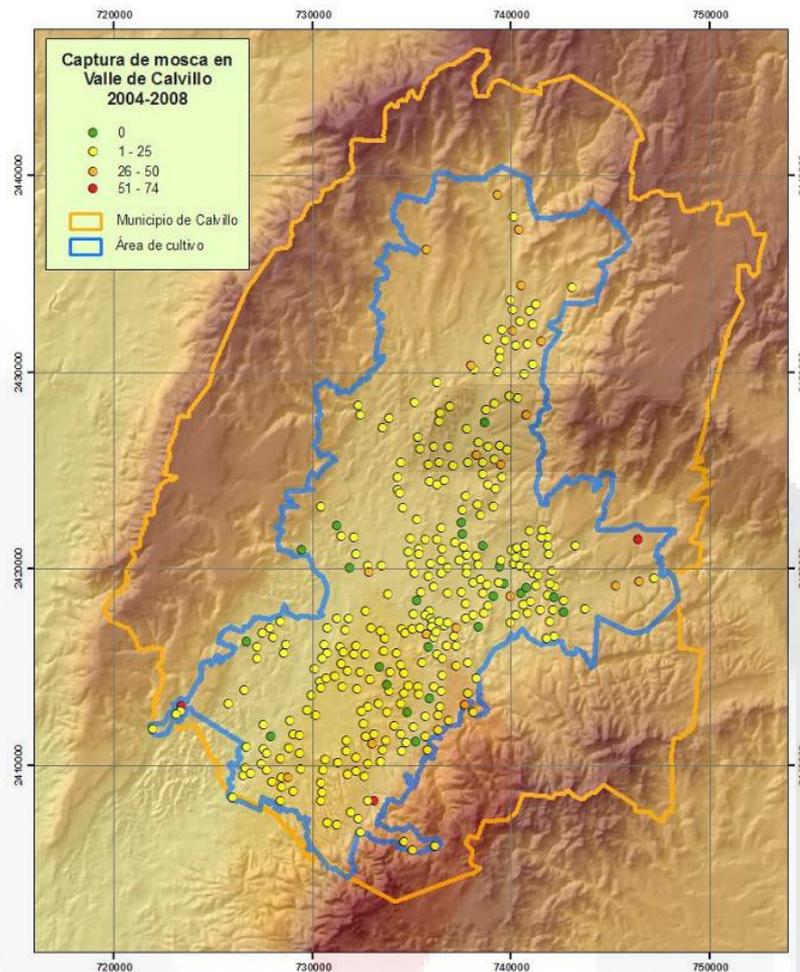


Figura 5.14. Trampas con diferentes niveles de captura en el periodo del estudio

### 5.2.2. Distribución espacial de la captura de mosca

Con relación a la presencia de moscas en las cercanías de los arroyos (figura 5.15), se encontró que el 25.8% de la captura se realizó en trampas que se encuentran a distancias menores de 50 m de éstos; la captura por trampa es de 9.4 moscas comparada con 8.8 en las trampas que se encuentran fuera del límite del arroyo, lo que parece indicar la existencia de condiciones favorables en estas áreas.

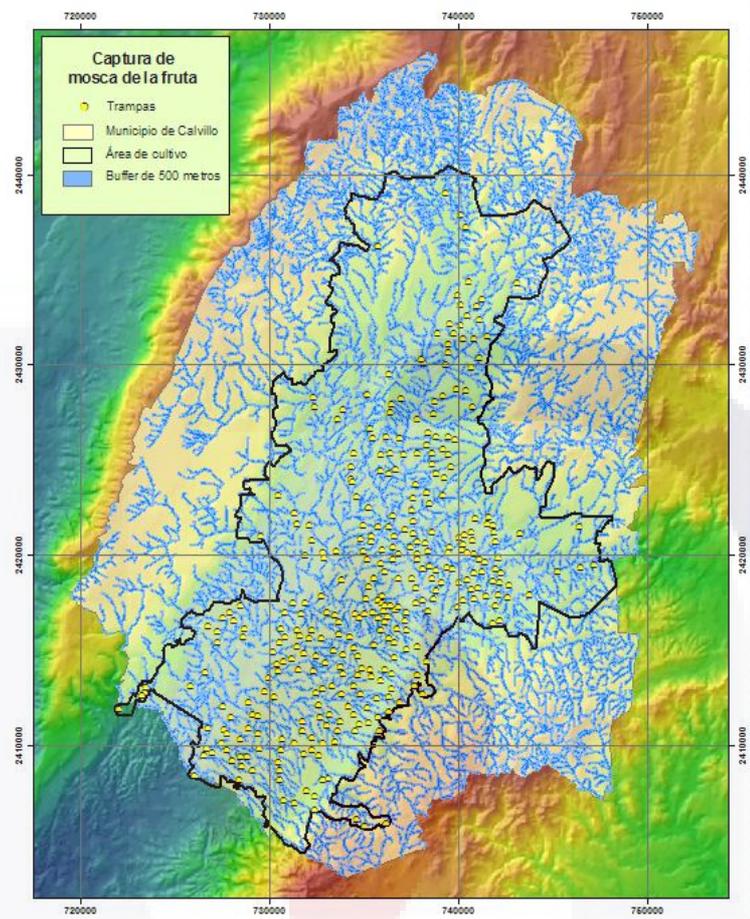


Figura 5.15. Captura de moscas en las cercanías de arroyos

El 46.4% de las moscas se capturaron al interior del límite de 500 m establecido para las áreas urbanas, la captura por trampa fue de 11.5, en las áreas fuera de la zona de influencia de las áreas urbanas la captura por trampa es de 7.5, lo que sugiere la importancia que pueden tener algunos factores ligados a las localidades como los basureros y los hospederos alternos en la abundancia y distribución de las moscas en la región (figura 5.16).

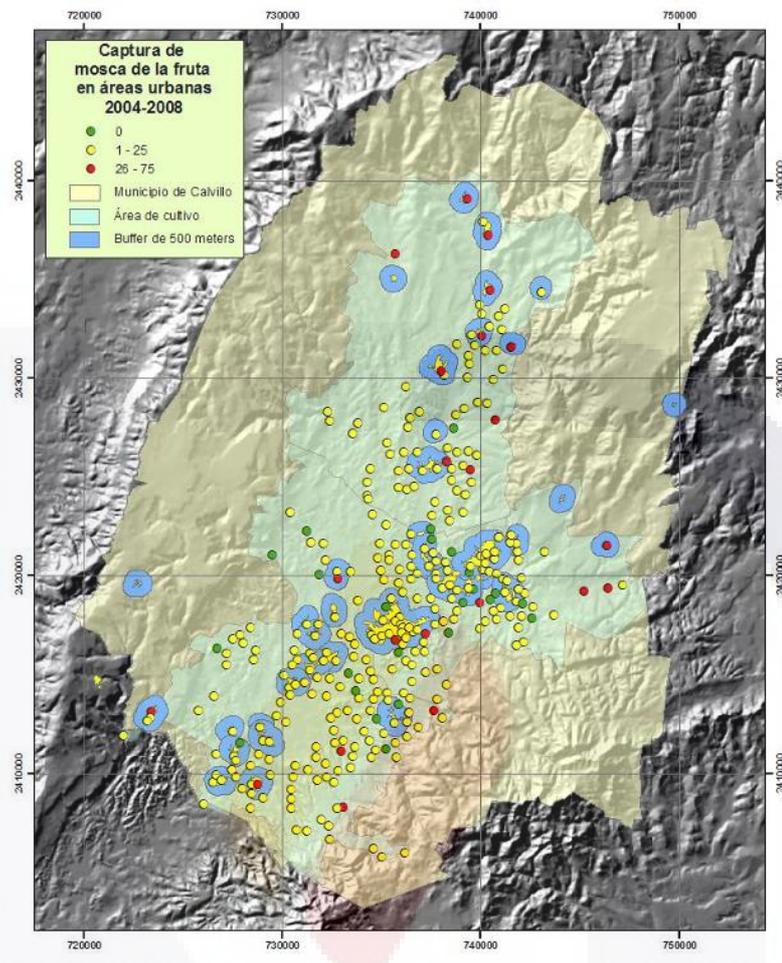


Figura 5.16. Captura de moscas en los alrededores de las áreas urbanas de la zona

En el cuadro 5.2 se puede ver la captura por especie y zona; la mayor captura de moscas se presentó en la zona 3, sin embargo la captura por trampa es mayor en la zona 1, la zona con la mayor altura promedio de la región y con mayores problemas por la presencia de moscas. El comportamiento de las especies no es necesariamente el mismo que el que presenta el género.

Cuadro 5.2. Captura por zona

Zona	Trampas	A. <i>fraterculus</i>	A <i>ludens</i>	A. <i>obliqua</i>	A. <i>striata</i>	Total	%	Captura/ trampa
01	75	16	841	19	0	876	29.7	11.68
02	134	9	988	35	8	1039	34.0	7.75
03	132	11	1102	16	14	1143	37.3	8.66
Total	341	36	2931	70	22	3058	100.0	

En el anexo 3 se encuentran los datos de la captura por cuadrante. En el 79.3% de los 208 cuadrantes con trampas se capturaron entre una y 25 moscas, en el 11.5% entre 26 y 50 moscas, en 4.8% de los cuadrantes se capturaron entre 51 y 74 y en 9 cuadrantes (4.3%) no hubo captura durante el periodo del estudio. Un tema que quedaría para investigar es si las parcelas sin captura de mosca son las que han venido adoptando buenas prácticas agrícolas en su manejo. En el caso de los cuadrantes con capturas muy altas, estos indican áreas que presentaron problemas recurrentes con la mosca de la fruta en el periodo del estudio (figura 5.17).

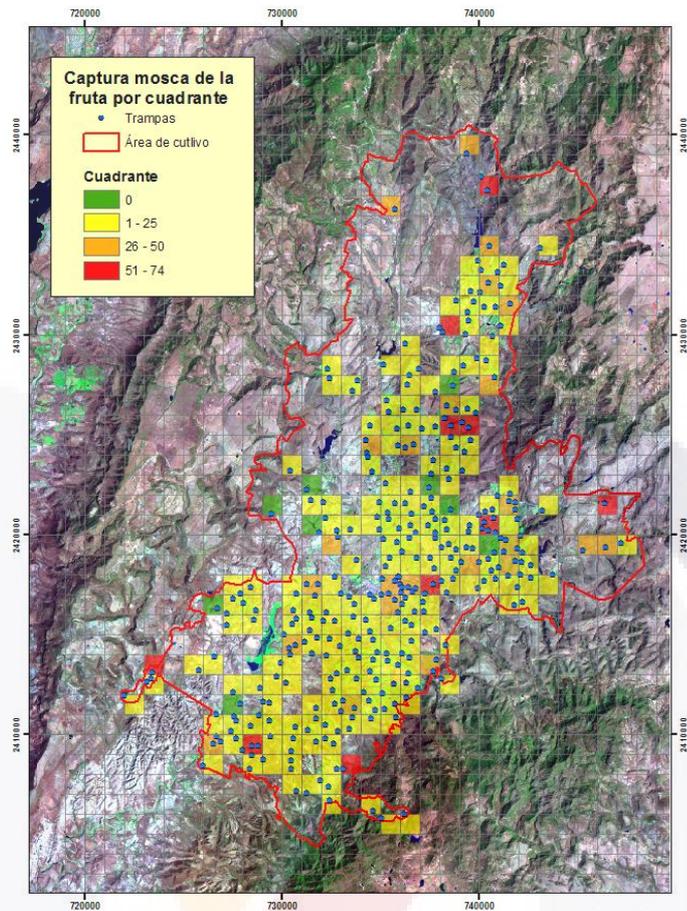


Figura 5.17. Captura de moscas por cuadrante en la zona del proyecto

Por ser la especie *A. striata*, la mosca propia de la guayaba, se hizo un análisis más detallado, resultando que durante el periodo del proyecto (5 años) se capturaron 22 moscas en 18 trampas (5.3%), 11 hembras y 11 machos. En ningún caso se ha capturado esta mosca en más de una ocasión en la misma trampa (figura 5.18).

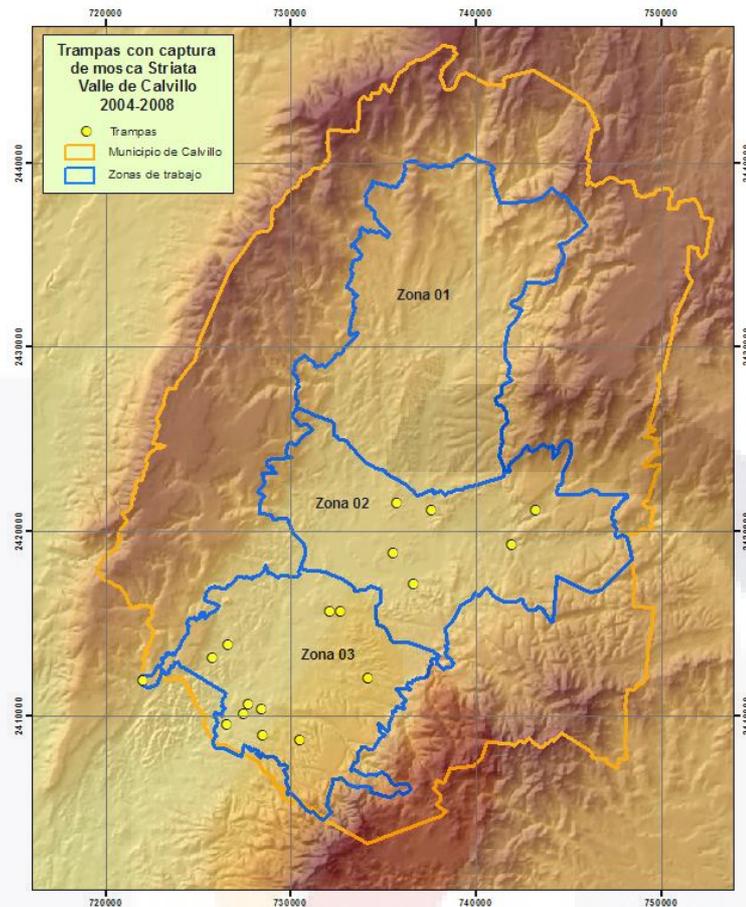


Figura 5.18. Zona y trampas con captura de *A. striata* en el periodo 2004 – 2008

Se capturaron cinco moscas (22.7%) en trampas cercanas a ríos y 13 moscas (59.1%) en trampas que se encontraban dentro del límite establecido para las áreas urbanas, un porcentaje superior al encontrado para las otras especies. El 63.6% de las moscas se capturaron en la zona 3 y el 36.4% restante en la zona 2, mientras que en la zona 1 no se capturó ninguna mosca en el periodo del proyecto. La captura a mayor altura se hizo a 1858 msnm, 240 metros más alto que lo reportado por Sivinski en 2004, aunque el 91% de las capturas se realizaron en alturas menores de 1740 msnm. *A. striata* se capturó en 16 cuadrantes (7.7%) siendo los cuadrantes H8, LL13, Q16 y Q19 los de mayor captura, el primero con tres moscas y los otros con dos cada uno.

### 5.2.3. Distribución temporal de la captura de mosca

En la figura 5.19 se puede ver la distribución de la mosca de la fruta durante los cinco años que duró el estudio. No se observaron patrones de distribución recurrente durante los cinco años, solo para los primeros dos años se observó una alta captura de mosca en algunas trampas que se encuentran cercanas a los bordes del área de estudio, para los siguientes años no se presentó este patrón, esto se puede deber al manejo (control químico) que se ha realizado en la región en los últimos años.

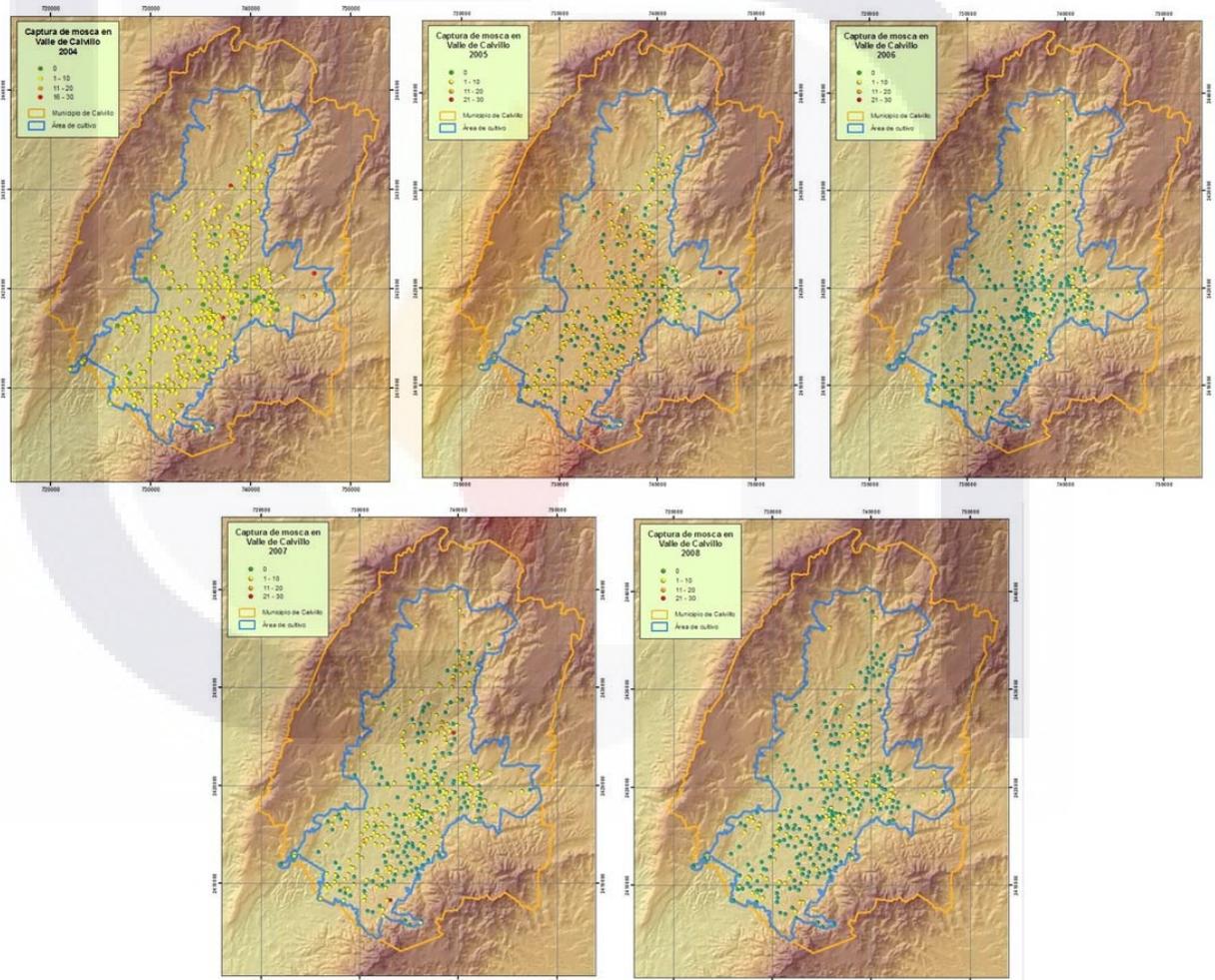
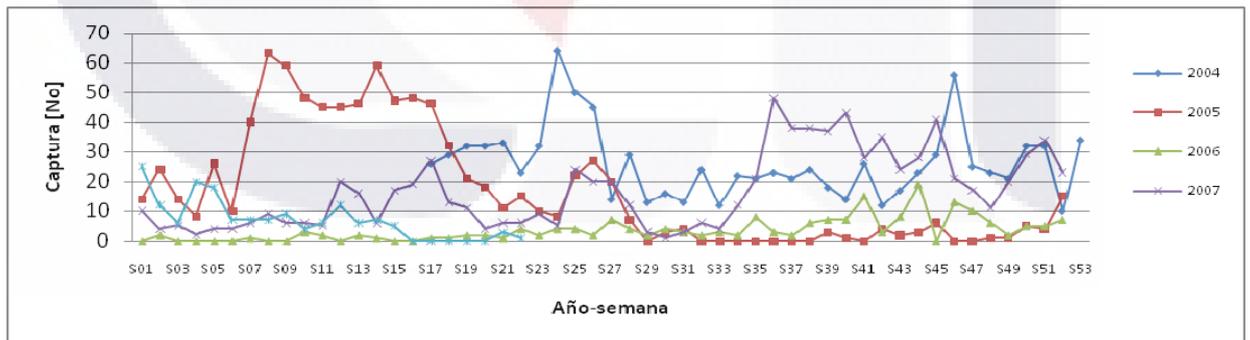


Figura 5.19. Captura de mosca de la fruta en el periodo de estudio (2004-2005)

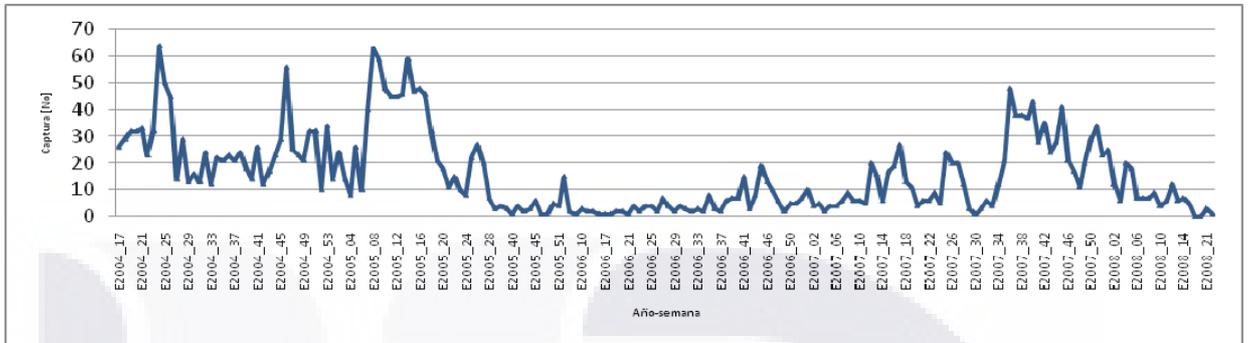
Para realizar el análisis de captura temporal a nivel de semana, mes y año, se realizaron una serie de graficas. En la gráfica 5.1 se presentan los datos por semana para cada uno de los años procesados, en la gráfica 5.2 se observa un continuo con datos de captura cada tres semanas de abril de 2004 a mayo de 2008. En la gráfica 3 se tienen los datos de captura sumados por mes, por último en la gráfica 4 se observa el comportamiento del MTD por año. Como se puede ver en estas gráficas no existen patrones o ciclos que coincidan con las estaciones del año, la captura parece obedecer más a las prácticas de control que a otros factores, esto se ve claramente en el lapso que va de mediados del año 2005 a mediados del 2006, periodo en el que CESVA realizó un cambio de control químico terrestre a un control químico aéreo.

Con respecto a *A. striata*, de las 22 moscas capturadas en el periodo de estudio, la mayor captura se realizó en el mes de diciembre con 13 (59%), seguido de septiembre y octubre con 3 capturas cada mes (13.6%). Estos meses coinciden con los de mayor producción de guayaba en la región.

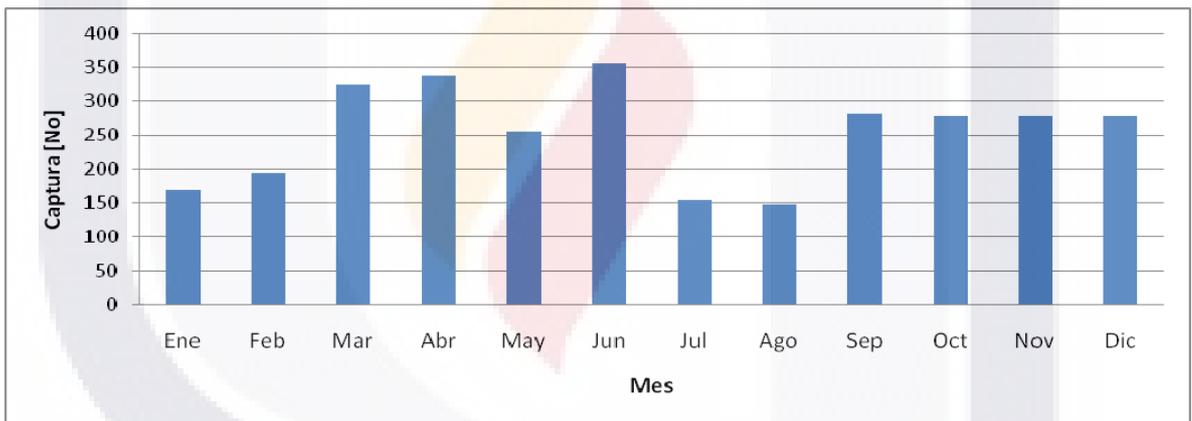
Gráfica 5. 1. Captura de mosca de la fruta por semana y año para la zona de estudio



Gráfica 5. 2. Captura cada tres semanas de mosca de la fruta en el periodo abril 2004 – mayo 2008

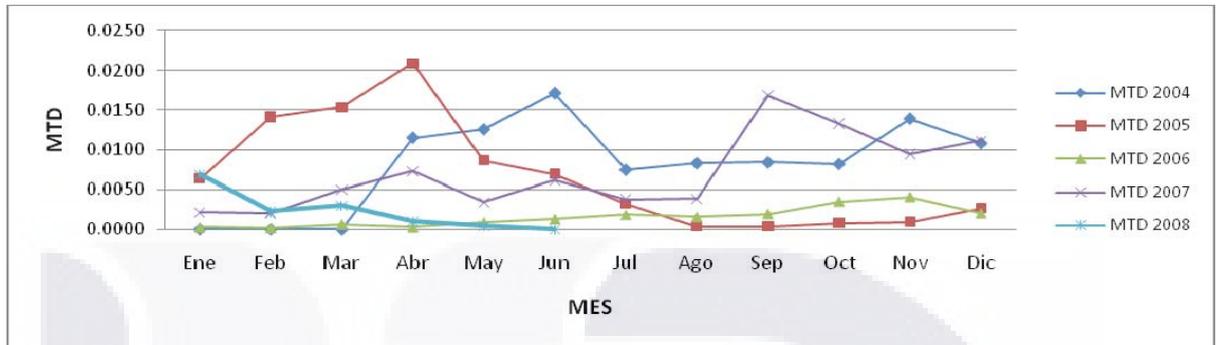


Gráfica 5. 3. Captura acumulada de mosca de la fruta por mes



Como se puede observar en la gráfica 5.3, en la región de Calvillo se capturaron moscas en todos los meses del año, teniendo picos en marzo, abril y junio. Como comenta Aluja (1994), Fehn (1982), Boscán (1987), Rochi y da Silva (2005) y Araujo *et al.* (2008), la disponibilidad de alimento a través de hospederos alternos parece ser un factor determinante para entender la presencia y distribución de las moscas en el espacio y el tiempo.

Gráfica 5. 4. Valores del índice mosca trampa día por mes y año para la zona de producción



El valle de Calvillo está considerado desde el punto de vista fitosanitario como zona de baja prevalencia, o sea que el valor del MTD en esta región es menor a 0.01. Como se puede observar en la gráfica 5.4, se han tenido algunos problemas para mantener este nivel a lo largo de los últimos 5 años y en los periodos en que se ha logrado con el uso intenso de agroquímicos se ha cuestionado el beneficio de la operación por lo corto de su alcance, su impacto en otra poblaciones no objetivo y su posible efecto en los grupos humanos que habitan la zona de producción.

### 5.3. ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE CAPTURA DE MOSCA Y LAS VARIABLES CONSIDERDAS

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de la prueba de correlación para todas las variables estudiadas. En ningún caso las correlaciones fueron significativas.

Cuadro 5.3. Valores de correlación ( $P < 0.05$ ) entre captura de mosca y las variables consideradas en el estudio

Variable	Captura
Temperatura máxima	-0.17
Temperatura mínima	0.07
Precipitación	-0.03
Altura sobre el nivel del mar	0.16
Pendiente del terreno	-0.06
Orientación del terreno	-0.03

**Temperatura máxima.** La captura más alta se dio en el rango correspondiente a valores mayores de 27.3°C, mientras que la máxima captura por trampa fue en el rango de 21.3 a 23.2°C, sin embargo ésta se dio en un área con una sola trampa. No existe, una relación significativa entre la captura de moscas y la temperatura máxima (cuadro 5.4). Estos resultados son semejantes a los reportados por Mello y Bertol (2006).

Cuadro 1.4. Captura por rangos de temperatura máxima y trampa.

Rango temp. Max. (°C)	Trampas (No.)	Captura (No de moscas)	Captura/trampa
19.3 – 21.2	3	37	12.33
21.3 – 23.2	1	16	16.00
23.3 – 25.2	21	247	11.76
25.3 – 27.2	67	518	7.73
> 27.3	249	2240	9.00
Total	341	3058	

**Temperatura mínima.** La mayor captura de moscas se dio en el rango de 7.3 a 9.1°C, la mayor captura por trampa en el rango 3.5 a 5.4°C, en un área con tres trampas, ver cuadro 5.5. No hay correlación entre los valores de captura obtenidos y la variable temperatura mínima, estos resultados no concuerdan con los encontrado por Parra y Gallo (1975), que encontraron una correlación positiva y

Boscán (1987), que encontró una correlación negativa; Malavasi y Morgante (1981) y, Mello y Bertol (2006) obtuvieron los mismos resultados.

Cuadro 5.5. Captura de mosca por rangos de temperatura mínima y por trampa

Rango temp. Min. (°C)	Trampas (No.)	Captura (No de moscas)	Captura/trampa
3.5 - 5.4	3	92	30.67
5.5 - 7.3	105	735	7.00
7.3 - 9.1	92	856	9.30
9.2 - 11.0	73	670	9.18
> 11.1	68	705	10.37
<b>Total</b>	<b>341</b>	<b>3058</b>	

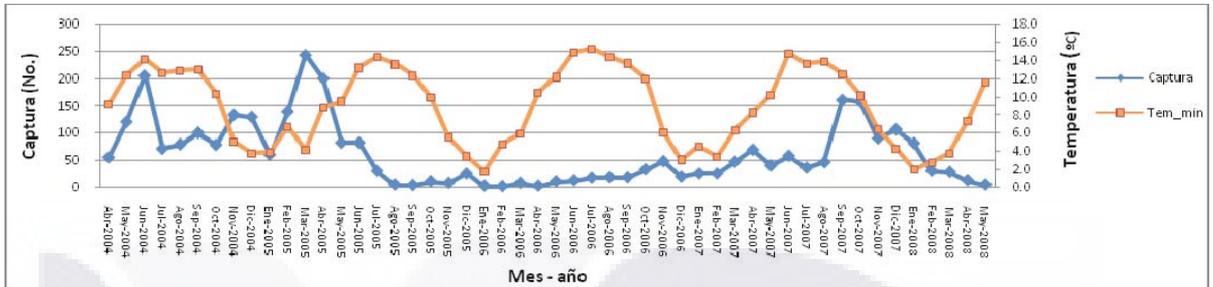
**Precipitación.** La mayor captura se obtuvo en el rango de precipitación de 628.0 a 688.7 mm, la mayor captura por trampa se dio en el área con la mayor precipitación media, sin embargo no hay una relación significativa entre la precipitación y la captura de moscas. Malavasi y Morgante (1981), Mello y Bertol (2006) y Araujo *et al.* (2008) llegaron a los mismos resultados.

Cuadro 5.6. Captura por rangos de precipitación media anual

Rango precipitación (mm)	Trampas (No.)	Captura (No. de moscas)	Captura/trampa
506.6 -567.3	37	387	10.46
567.4- 627.9	87	766	8.80
628.0- 688.7	191	1565	8.19
688.8- 749.4	25	592	12.92
> 749.5	1	323	17.00
<b>Total</b>	<b>341</b>	<b>3058</b>	

En las gráficas 5.5, 5.6 y 5.7 se puede apreciar el comportamiento de la captura agregada a nivel mensual, con relación a la variables temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación en el periodo del estudio.

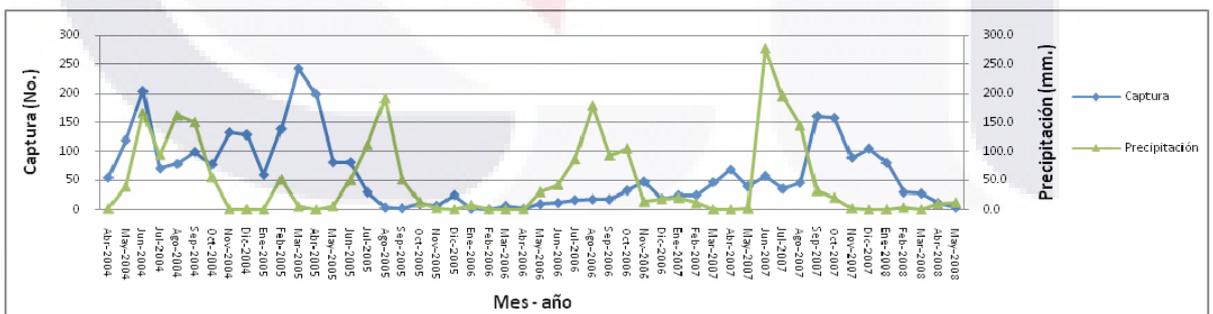
Gráfica 5. 5. Captura y temperatura mínima en el periodo 2004 – 2008



Gráfica 5. 6. Captura y temperatura máxima en el periodo 2004 – 2008



Gráfica 5. 7. Captura y precipitación en el periodo 2004 – 2008



Como se puede observar en las gráficas anteriores, no se detecta una relación clara entre los picos de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación con respecto a los picos de captura de mosca de la fruta.

**Altura sobre el nivel del mar.** En el cuadro 5.7 se pueden ver los resultados de la captura por rangos de altura; la mayor captura total y por área se dio en el rango de los 1605 a 1705 msnm, mientras que la mayor captura por trampa se tuvo arriba de los 1905 msnm, con más del doble que en los demás rangos; estos valores parecen estar más relacionados con las prácticas de manejo en el área que con la variable considerada. La prueba de correlación presentó el valor más alto, sin embargo no existe una relación de causa entre la altura y la presencia de moscas. Aluja (1994) menciona que la altura sobre el nivel del mar es un factor que afecta la distribución de especies de mosca de la fruta, en el valle de Calvillo *A. striata*, se distribuye a alturas menores de 1848 msnm, mientras que *A. ludens* se encuentra en toda la región.

Cuadro 5.7. Captura de moscas por rangos de altura sobre el nivel del mar

Rango alturas (msnm)	Área Trampas (ha)	Captura (No.)	Captura (No de moscas)	Captura/ área	Captura/ trampa
1505 -1605	1778.57	15	155	0.09	10.33
1605.1-1705	10482.87	142	1091	0.10	7.68
1705.1-1805	10804.64	125	991	0.09	7.93
1805.1-1905	8000.00	50	592	0.07	11.84
> 1905.1	9688.78	9	229	0.02	25.44
Total	40754.88	341	3058		

**Pendiente.** En el cuadro 5.8 se encuentran los resultados de la captura de moscas por rango de pendiente. El 47% de las moscas se capturaron en áreas con pendientes menores al 5%, también en estas áreas se capturaron más moscas por área y trampa, el área de producción con estas condiciones cubre el 34.3%; en áreas con pendientes mayores a 30° la captura por área fue mucho menor, no así la captura por trampa, en donde hubo muy poca diferencia. El análisis de correlación indica que no hay relación entre la pendiente y la captura de moscas de la fruta.

Cuadro 5.8. Captura de moscas por pendiente del terreno

Rango pendientes (%)	Área (ha)	Trampas (Nº)	Captura (Nº moscas)	Captura/ área	Captura/ trampa
0 – 5	13966.67	148	1457	0.10	9.84
5.1 – 10	10447.44	92	780	0.09	8.48
10.1 – 15	6558.39	46	392	0.04	8.52
15.1 – 30	8682.70	51	393	0.06	7.71
> 30	1099.67	4	36	0.03	9.00
Total	40754.88	341	3058		

**Orientación.** En el cuadro 5.9 están los resultados de la captura por orientación dominante de los sitios de trapeo. La mayor captura total (casi el 32%), por área y por trampa se dio en áreas con exposición norte, esta condición se da en el 21.3% del área. Sin embargo la prueba de correlación no indica una relación de causa entre estas variables.

Cuadro 5.2. Captura de moscas por orientación de la huerta

Orientación	Área (ha)	Trampas (No.)	Captura (No de moscas)	Captura/ área	Captura/ trampa
Norte	9156.85	86	977	0.11	11.36
Este	8684.50	57	577	0.07	10.12
Sur	12220.63	81	690	0.06	8.52
Oeste	10692.91	117	814	0.08	6.96
Total	40754.89	341	3058		

La poca correlación que presentan las variables climáticas con respecto a la captura de mosca de la fruta, parece ser consecuencia de otros factores que pueden estar enmascarando los resultados. Algunos de estos factores pueden ser como lo reportan Aluja (1994), Rochi y da Silva (2005) y Araujo *et al.* (2008), la existencia de alimento en hospederos alternos durante todo el año, ya que este es uno de los principales factores que influyen sobre la dinámica y fluctuación de poblaciones de mosca de la fruta y el control químico que se realizó en el área a mediados del año de 2005. En ese año, el CESVA realizó un cambio de control

químico terrestre a un control químico aéreo, lo cual bajo las poblaciones de mosca de la fruta durante 2005 y 2006.

Los resultados encontrados sugieren que para hacer un mejor análisis, se deberán integrar al SIG información que ayude a modelar mejor el problema, como datos relativos al muestreo y actividades de muestreo y control en la región; la adopción de buenas prácticas agrícolas que se están promoviendo en numerosos huertos, así como datos de localización y la fenología de los hospederos alternos.



## 6. CONCLUSIONES

En este trabajo se hizo una evaluación de la distribución y abundancia espacio-temporal de la mosca de la fruta (*Anastrepha spp*) y su relación con variables del medio físico en el municipio de Calvillo, Aguascalientes, para lo cual se desarrolló un Sistema de Información Geográfica (SIG) para la región de estudio, mediante la integración de bases de datos sobre captura de mosca de cinco años (2004-2008), información meteorológica de 12 estaciones con 5 años de datos diarios de precipitación acumulada, temperaturas máximas y mínimas y una base cartográfica con sus elementos principales.

A partir de los datos de 2004 a 2008 de captura, se evaluó la distribución y abundancia de las especies de mosca, detectándose que *A. ludens* (mosca de los cítricos) es la especie de mayor abundancia y distribución, mientras que la de menor abundancia y distribución es *A. striata* (mosca de la guayaba).

Con respecto a la mosca *A. striata*, cuyo control es el de mayor exigencia para acceder al mercado de exportación, sólo se ha capturado en las zonas de trabajo fitosanitario 2 y 3, con un alto porcentaje de captura en áreas cercanas a los centros urbanos; a altitudes promedio menores de 1858 msnm, aunque el 91% de la captura se tuvo a altitudes menores a 1740 msnm. Lo anterior explica el por qué en la zona 1 no se haya capturado mosca *A. striata* en los años de estudio, ya que su altitud promedio es de 1880 msnm.

Con relación a su distribución temporal, el mes de diciembre tuvo la mayor captura con un 59% del total. La baja captura de *A. striata* y su distribución localizada, significa que esta mosca está prácticamente controlada.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Los resultados mostraron que la abundancia y distribución de mosca de la fruta en el Valle de Calvillo fue muy variable en el periodo de estudio año tras año y no existe un patrón definido de comportamiento.

El análisis de las capturas globales mostró puntos muy localizados con altos valores de abundancia de moscas a lo largo de los años, estos resultados parecen estar relacionados con factores no incluidos en el análisis, como basureros urbanos, hospederos alternos y el manejo que se realiza en la región

En la región se tienen poblaciones de mosca de la fruta durante todo el año, esto al parecer es debido a que permanentemente se dispone de alimento en diferentes hospederos alternos.

Por otra parte, se encontró muy poca o nula relación entre captura de mosca y las variables temperatura máxima y mínima, precipitación, altura sobre el nivel del mar, pendiente y orientación.

Lo anterior posiblemente se debe al efecto de las actividades de control como la aplicación de insecticidas, el control biológico y cultural que modifican la dinámica poblacional del género y enmascaran su relación con las variables físicas mencionadas.

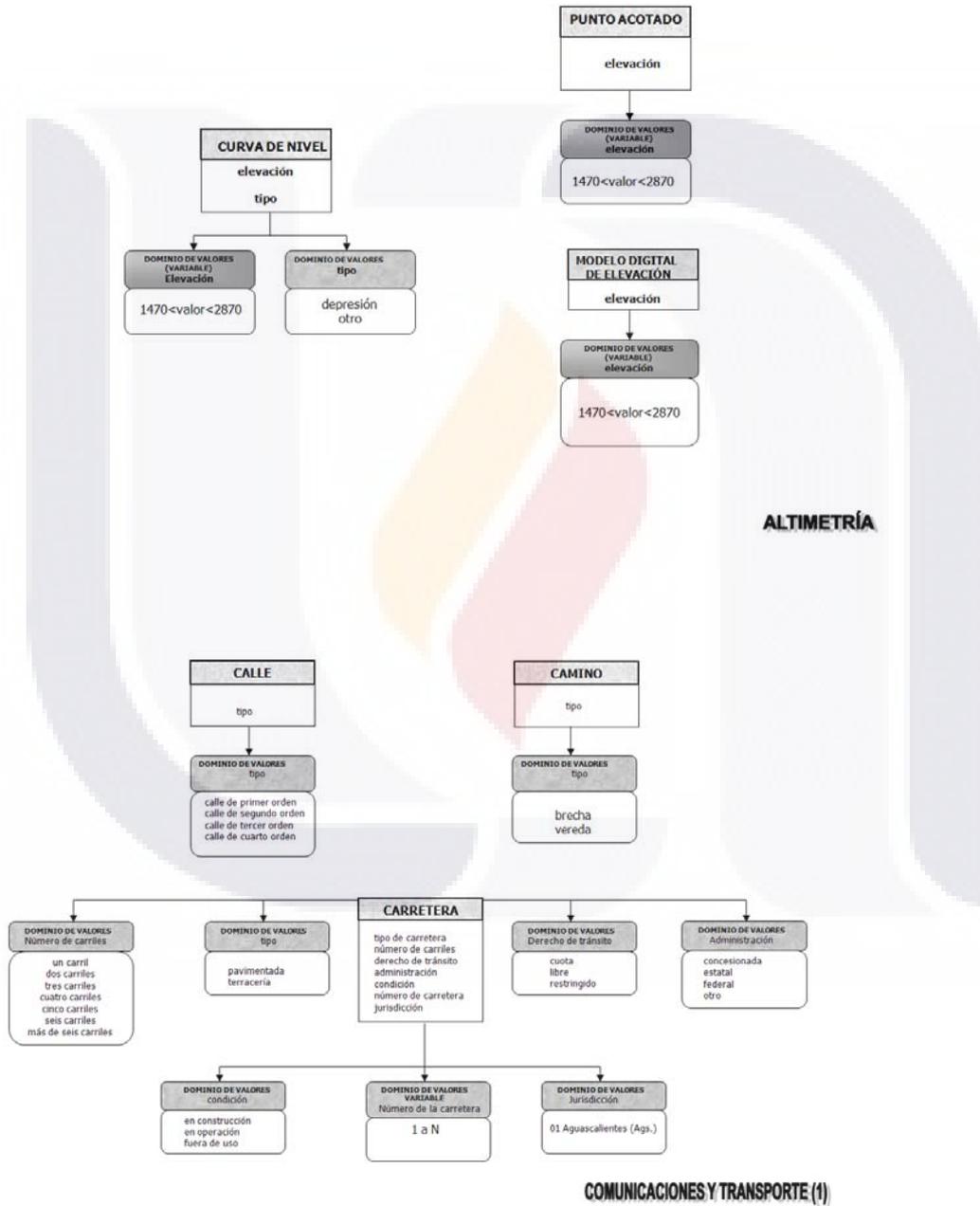
La abundancia y distribución de especies de *Anastrepha* parecen no estar asociadas a las variaciones de temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación pluvial, orientación, pendiente y altura sobre el nivel del mar. Sin embargo, el análisis por especie muestra que *A. striata* se distribuye por debajo de los 1740 msnm. Las especies capturadas por arriba de 1740 msnm corresponden a especies que no afectan a la guayaba (*A. ludens*, *A. fraterculus*, y *A. oblicua*), de las cuales *A. ludens* es la más abundante. *A. ludens* es conocida como la mosca de los cítricos.

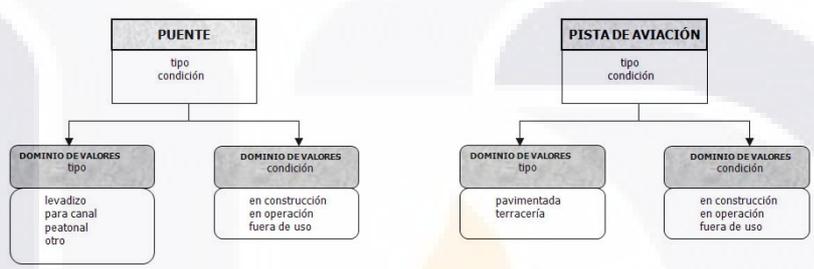
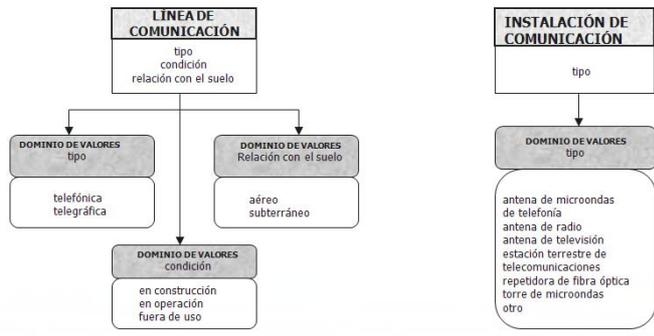
EL SIG presenta muchas ventajas con respecto a la forma tradicional con la que se ha estado llevando el monitoreo y control de la mosca de la fruta en la región, ya que esta herramienta hace más rápida y eficiente la actualización, el seguimiento, administración y gestión de la información relacionada al monitoreo y control de la mosca de la fruta en la región, lo cual a largo plazo puede facilitar la toma de decisiones para su mejor control.



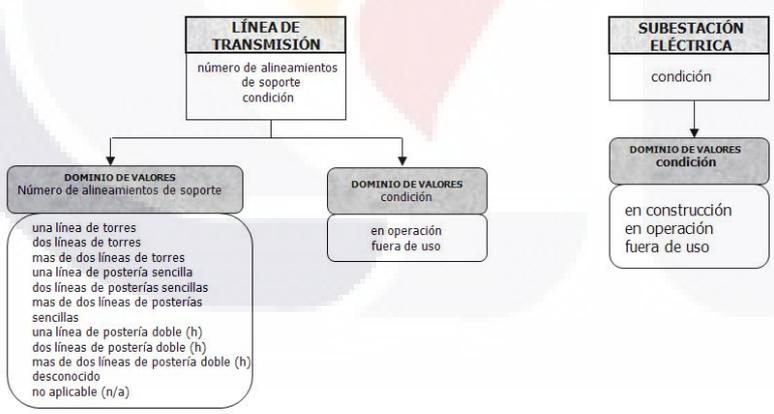
## 7. ANEXOS

### ANEXO 1. Modelo conceptual extendido

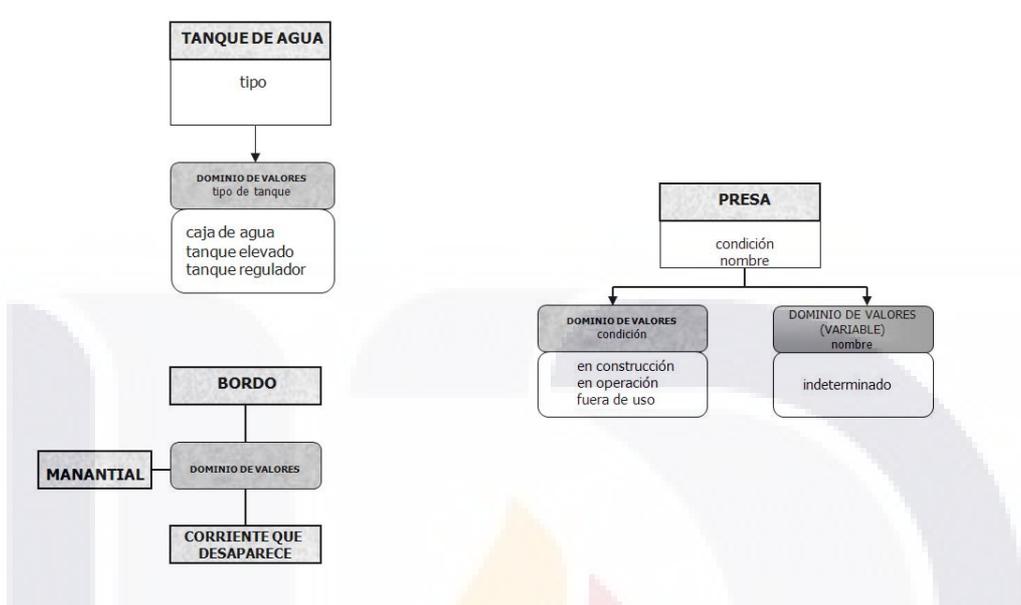




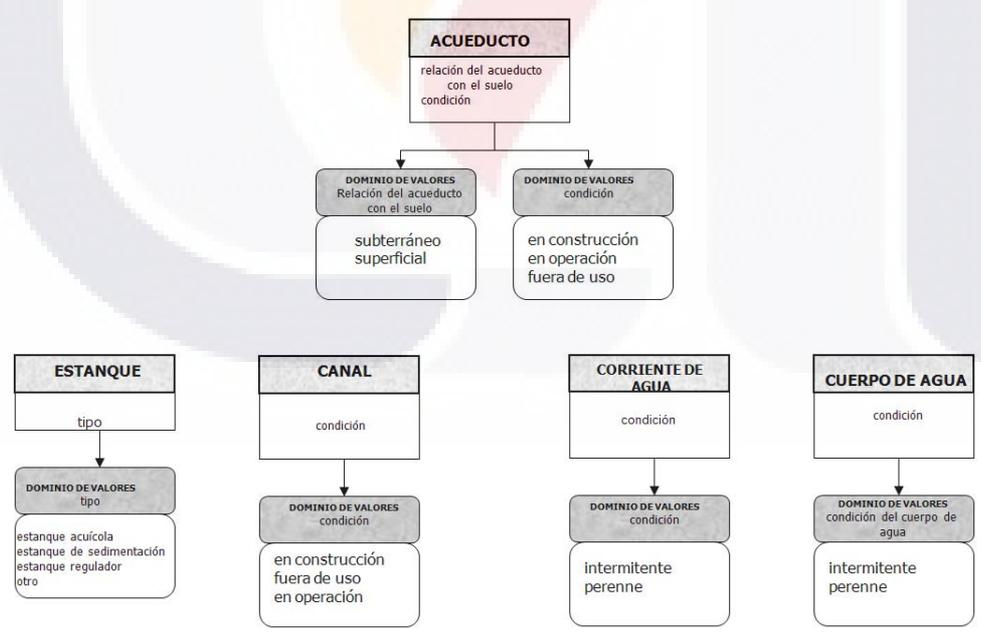
**COMUNICACIONES Y TRANSPORTE (2)**



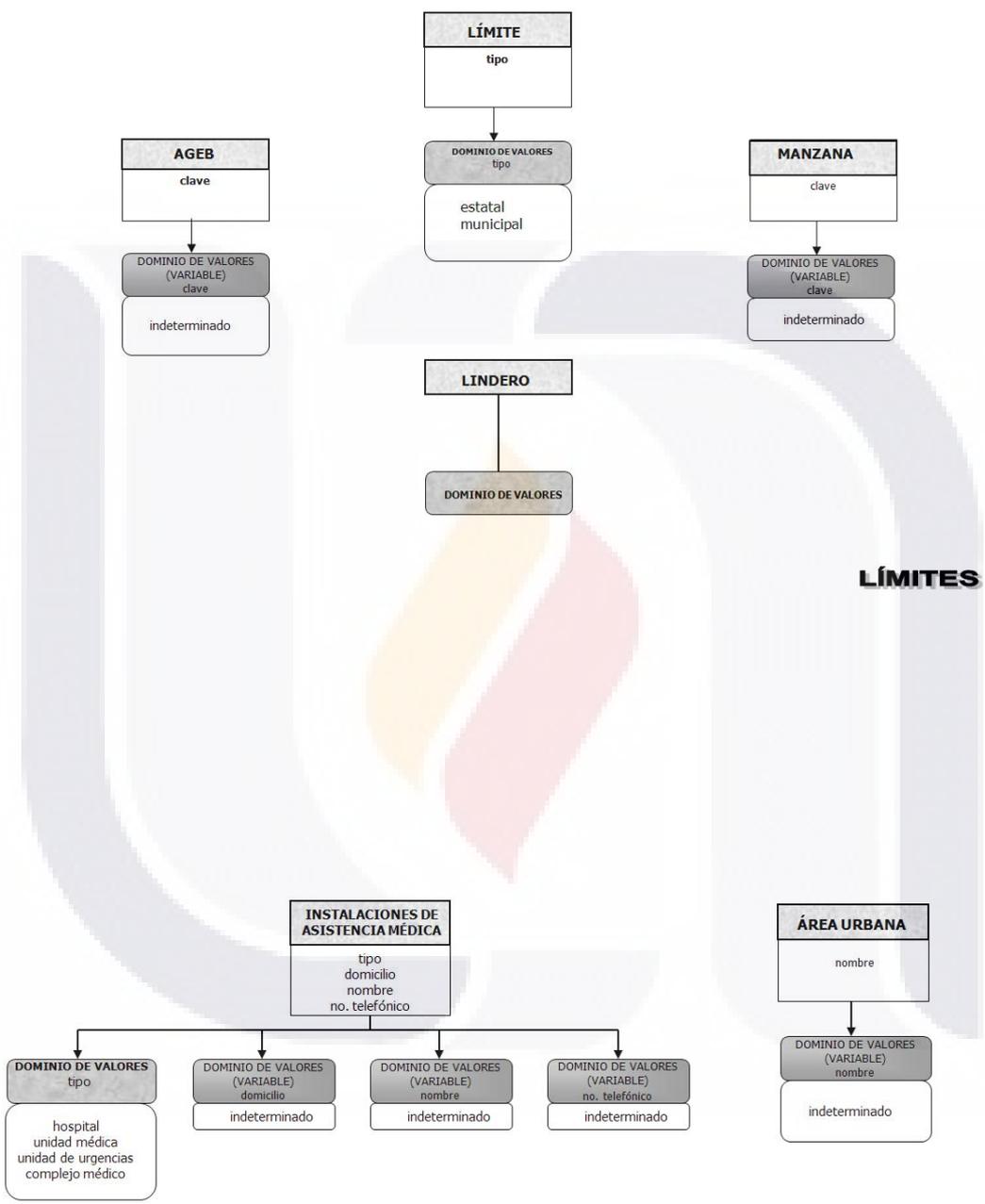
**GENERACIÓN Y CONDUCCIÓN DE ENERGÍA**



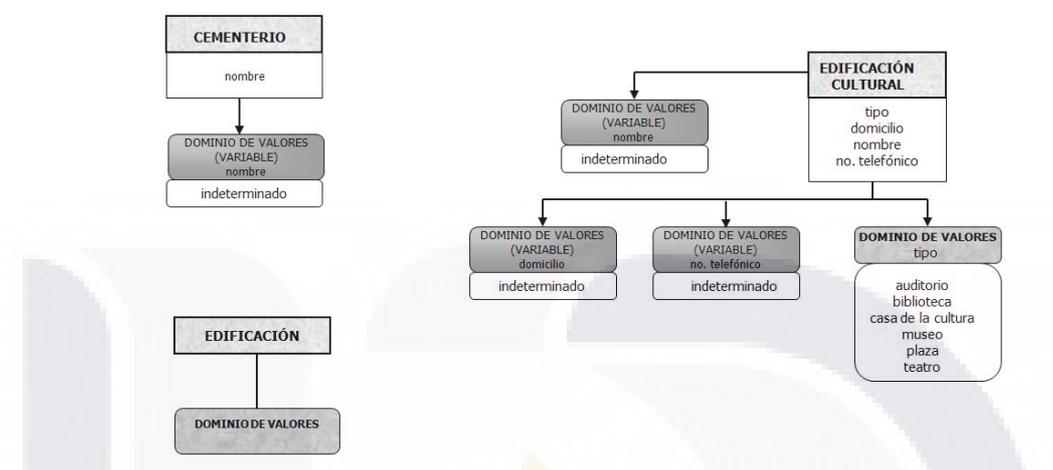
**HIDROGRAFÍA E INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA (2)**



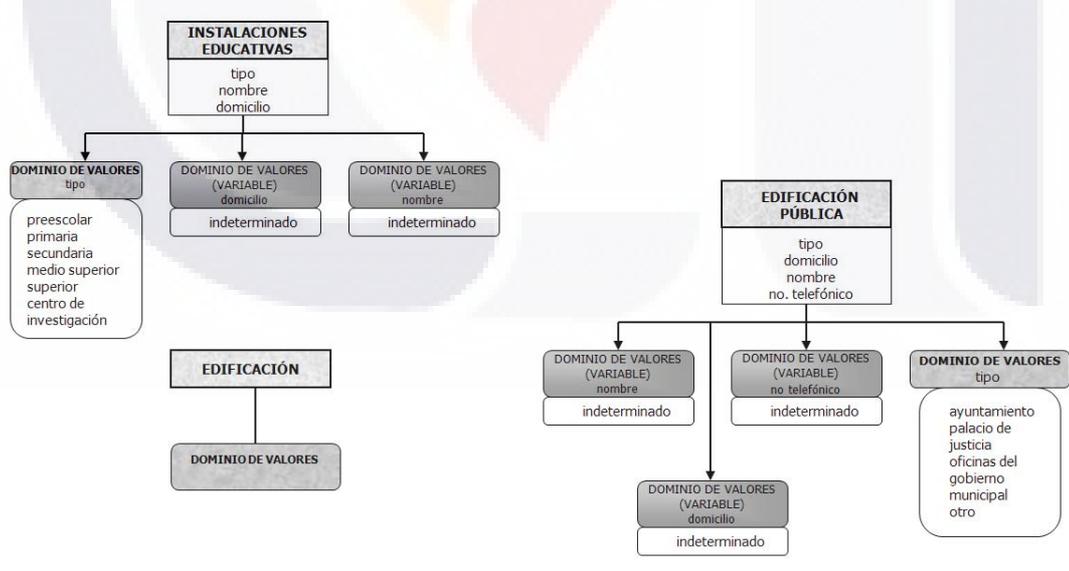
**HIDROGRAFÍA E INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA (1)**



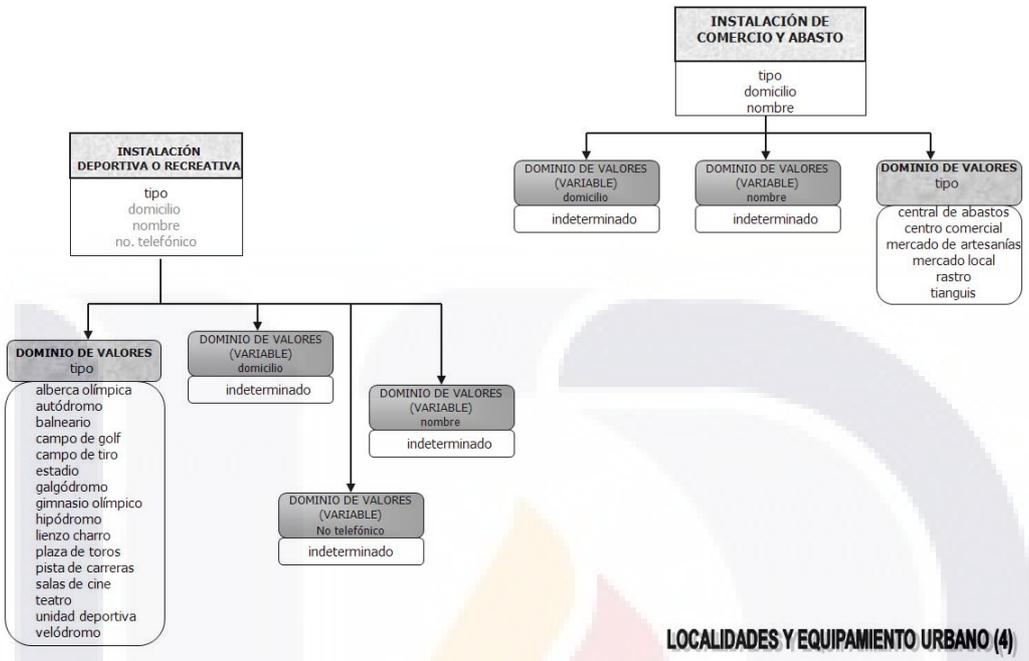
LOCALIDADES Y EQUIPAMIENTO URBANO (1)



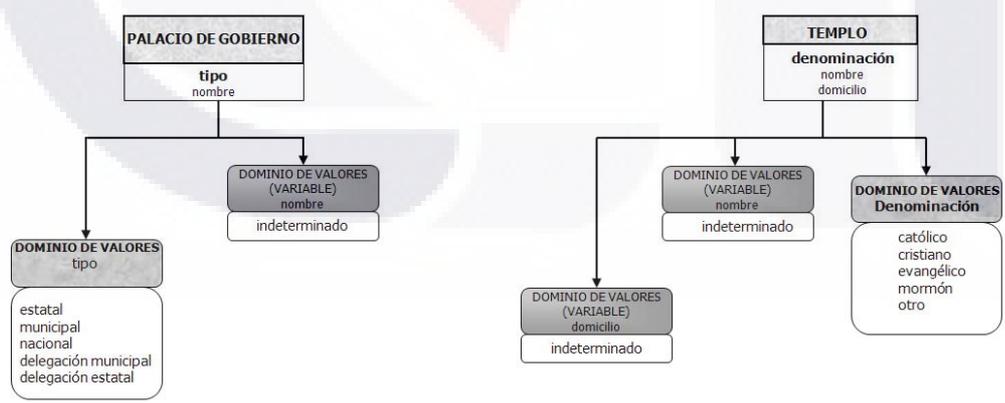
**LOCALIDADES Y EQUIPAMIENTO URBANO (2)**



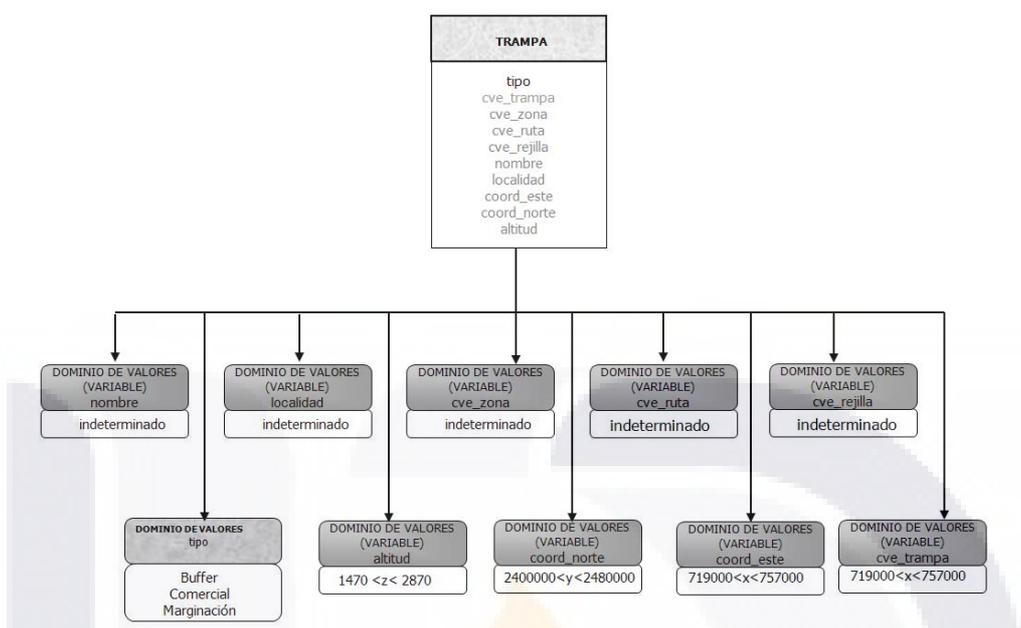
**LOCALIDADES Y EQUIPAMIENTO URBANO (3)**



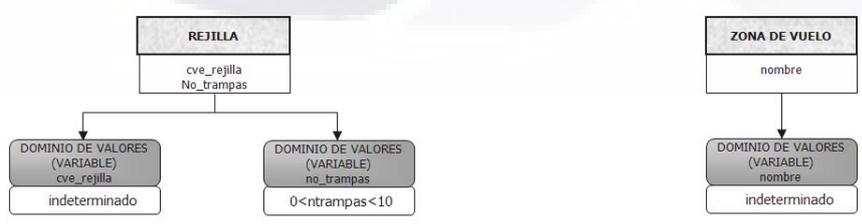
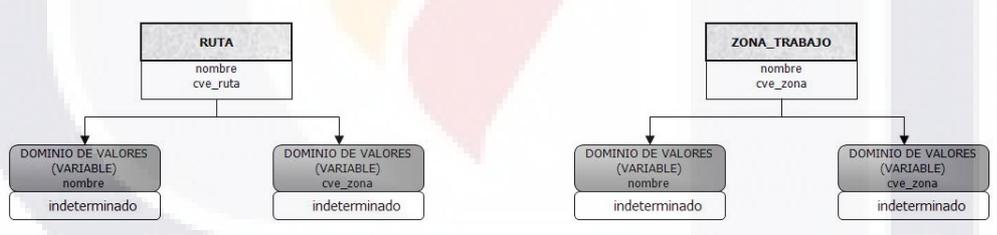
LOCALIDADES Y EQUIPAMIENTO URBANO (4)



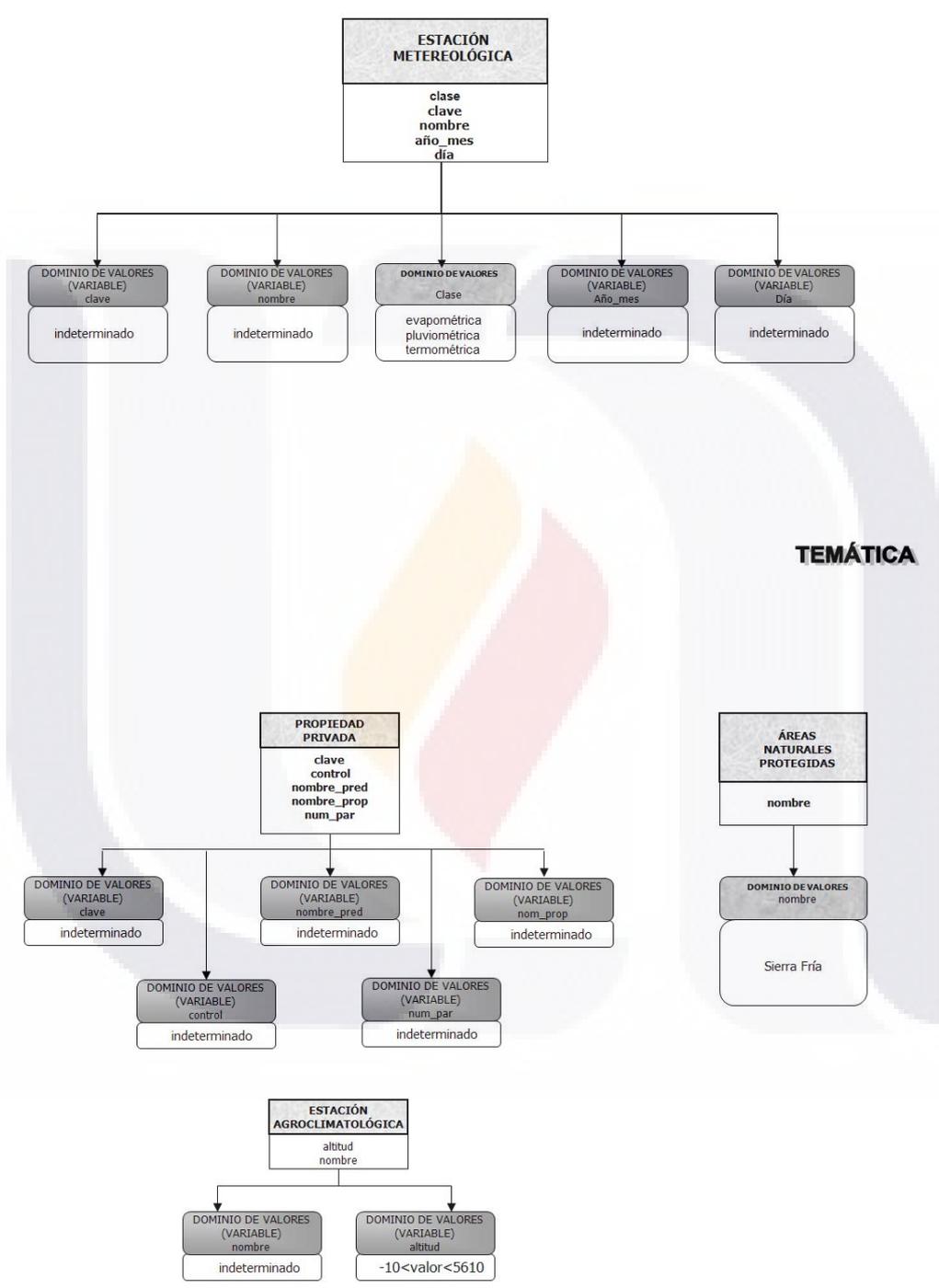
LOCALIDADES Y EQUIPAMIENTO URBANO (5)



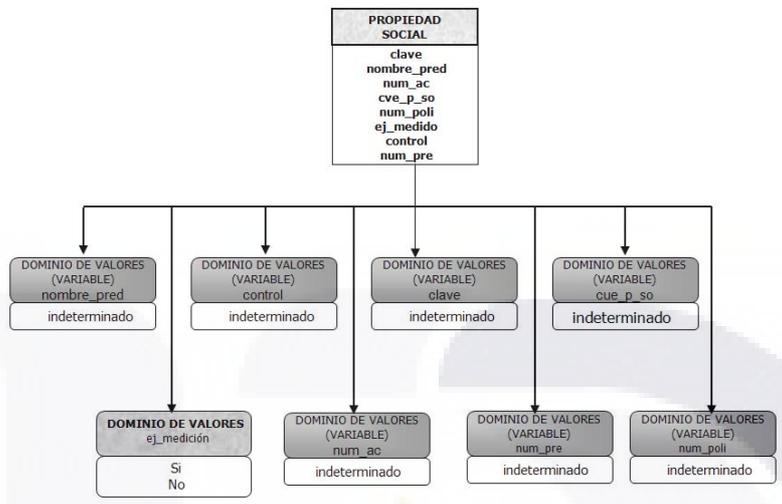
**APLICACIONES (1)**



**APLICACIONES (2)**



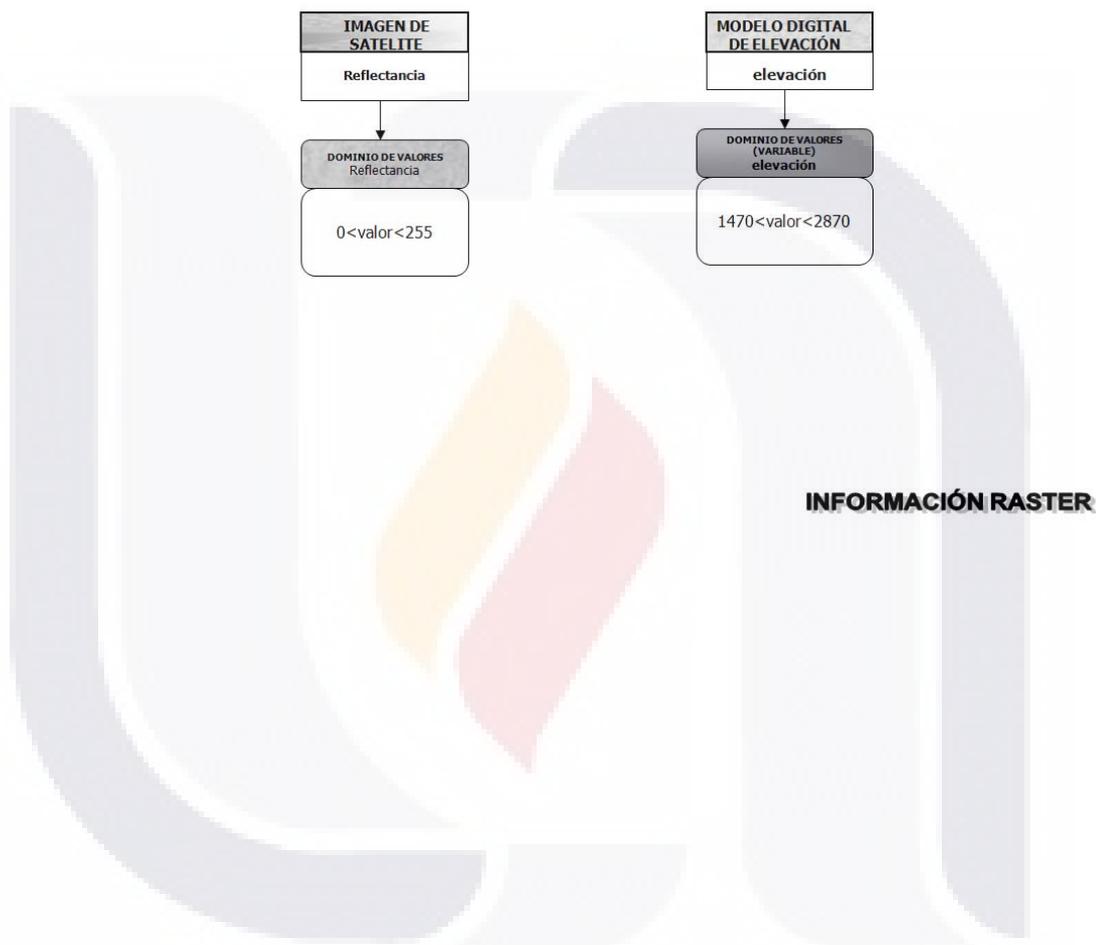
**ELEMENTOS RURALES (1)**



**ELEMENTOS RURALES ( 2 )**

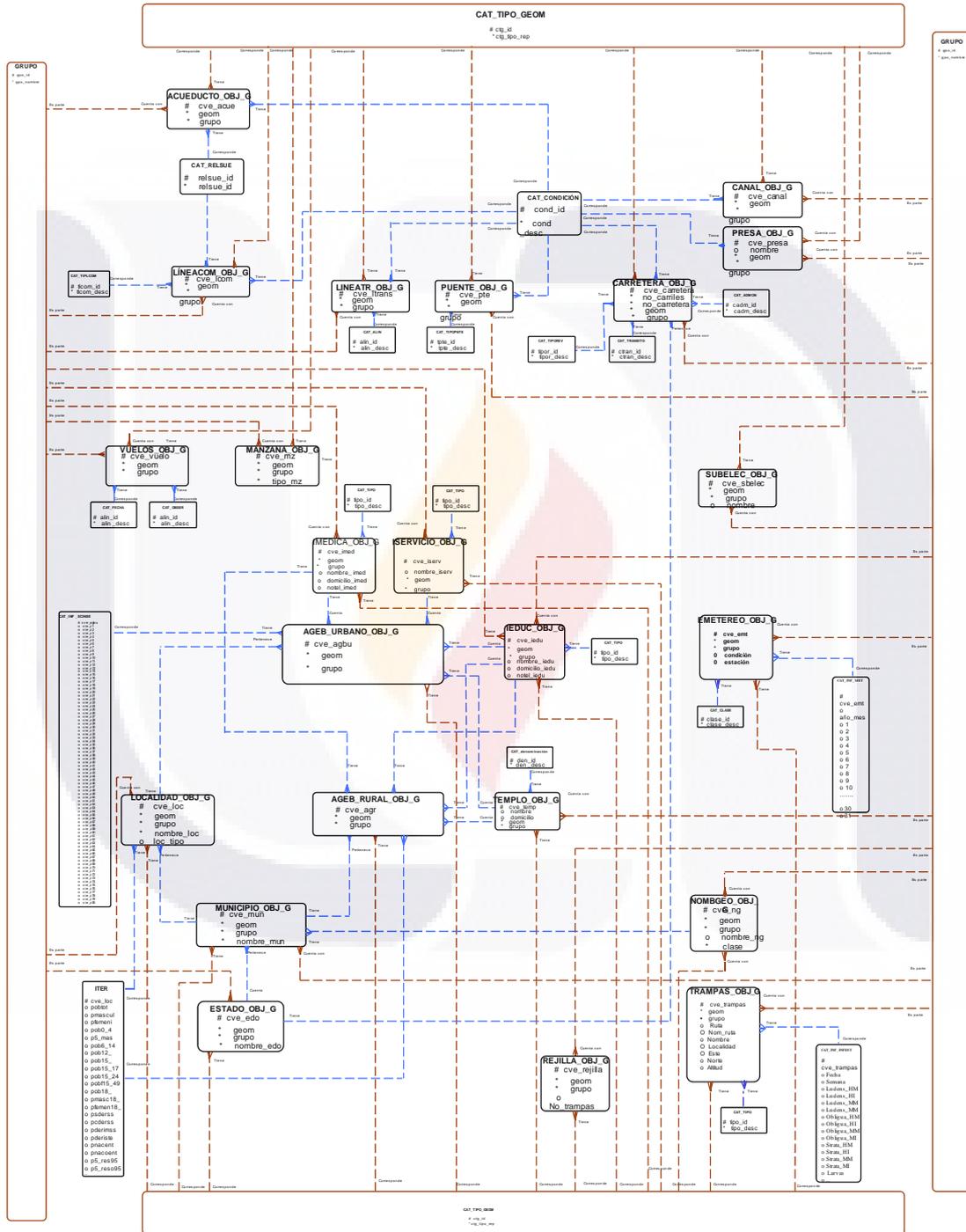


**ELEMENTOS RURALES ( 3 )**



### ANEXO 2. Modelo logico

Modelo Lógico A





**ANEXO 3. Tabla de captura de mosca de la fruta por cuadrante**

Clave rejilla	Numero de trampas	Frecuencia de captura	Captura
BB19	1	45	74
O6	1	54	73
T28	2	49	63
V18	6	56	63
S15	2	48	58
T23	2	43	57
V35	2	45	56
U23	2	36	55
I7	2	52	53
D11	1	39	51
R15	5	35	45
Q34	1	28	44
V30	2	31	44
K12	3	36	40
S11	2	29	40
G7	3	49	40
W17	4	34	39
O9	3	31	38
Q15	6	31	37
U37	1	23	36
U16	2	22	35
T24	2	28	34
W19	3	29	34
AA17	1	26	34
V32	1	22	31
BB17	1	26	31
L15	2	29	31
V25	1	13	30
LL17	1	20	28
Q14	3	19	28
W29	1	23	27
W16	2	19	27
P22	2	14	26
R22	2	22	26
P9	2	19	25
H8	3	28	25
O25	2	13	24
D10	2	22	24
H7	2	21	24

P4	1	17	24
U28	2	17	23
S13	2	20	23
LL5	1	22	23
S23	2	17	22
P21	2	20	22
S19	3	21	22
T17	3	20	22
T15	3	18	22
L14	2	14	22
S18	3	17	21
K8	1	14	21
L8	2	19	21
V19	3	21	20
LL15	2	20	20
H14	2	18	20
U26	2	16	19
S25	1	14	19
LL13	2	14	19
L7	1	15	19
L5	2	21	19
U30	1	17	18
P18	2	11	18
R14	3	14	18
K11	1	16	18
Y32	1	13	17
T20	1	10	17
S14	2	16	17
I13	1	13	17
V29	2	15	16
Q24	2	12	16
U15	1	14	16
J6	1	12	16
LL4	1	13	16
X16	2	13	15
P13	2	12	15
LL11	2	12	15
R10	2	12	15
J9	2	15	15
U24	2	12	14
T22	2	14	14
I14	2	15	14
O14	2	10	14
L12	3	13	14

I10	1	11	14
Q8	1	6	14
X17	2	9	13
S16	2	10	13
R13	2	13	13
Q10	2	13	13
LL9	1	12	13
Q18	2	10	12
I15	1	9	12
K15	1	10	12
K13	2	13	12
P12	2	9	12
I8	2	12	12
I6	2	19	12
R3	1	11	12
R19	2	10	11
LL8	2	11	11
V31	2	9	10
T18	2	10	10
R16	1	7	10
LL6	1	15	10
LL19	1	7	9
R18	2	9	9
L13	2	8	9
G11	1	11	9
R11	2	7	9
W31	1	6	8
LL25	1	6	8
S21	2	9	8
Q19	2	8	8
Y19	1	8	8
S17	1	7	8
LL12	2	9	8
LL10	2	9	8
G8	1	8	8
O8	2	7	8
K7	2	8	8
U31	1	5	7
U29	2	7	7
W28	1	7	7
W20	1	6	7
Q17	2	6	7
U17	2	5	7
O16	1	7	7

Q16	2	8	7
T16	2	6	7
W15	2	7	7
H13	1	7	7
Q12	1	5	7
H10	1	5	7
K10	1	8	7
Q26	1	6	6
R24	2	6	6
K21	1	6	6
LL18	2	6	6
R17	2	6	6
CH9	1	6	6
J7	1	6	6
P23	1	5	5
Q23	1	4	5
T21	1	4	5
Q20	1	5	5
R20	1	5	5
L19	1	5	5
P19	1	5	5
O18	1	3	5
V15	2	4	5
J11	1	6	5
O11	2	5	5
T10	1	5	5
Q9	2	6	5
J8	1	7	5
G6	1	8	5
K6	2	8	5
W30	1	3	4
T29	1	4	4
R26	1	4	4
U22	2	4	4
U18	2	5	4
R27	1	2	3
V27	1	3	3
V26	1	3	3
R25	2	3	3
X15	2	3	3
K14	1	3	3
P14	2	3	3
R12	2	2	3
F11	1	5	3

P11	2	2	3
J10	1	3	3
R9	1	3	3
P8	1	3	3
LL26	1	3	2
T26	1	2	2
Q22	1	2	2
W18	1	2	2
CC17	1	2	2
V16	2	1	2
W14	1	2	2
O13	2	2	2
T12	1	2	2
O10	1	2	2
L9	1	2	2
LL7	2	2	2
K5	1	2	2
R23	1	2	1
U21	1	1	1
H15	1	1	1
Y15	1	1	1
LL14	1	1	1
X14	1	1	1
Q13	1	1	1
O12	2	2	1
Q11	2	1	1
P10	2	2	1
Q3	1	1	1
T25	1	0	0
L20	1	0	0
S20	1	0	0
J19	1	0	0
T19	1	0	0
L18	1	0	0
V17	1	0	0
G14	1	0	0
H9	1	0	0

## 8. LITERATURA CITADA

Aluja, M. 1993. Basic patterns of behavior in wild *Anastrepha striata* (Diptera: Tephritidae) flies under field cage conditions. *Ann. Entomol. Am.* 86: 776-793.

Aluja, M. 1994. Bionomics and Management of *Anastrepha*. *Annual Review of Entomology* 39:155-173.

Araujo, E., Bezerra R., Anderson J., Gomes J., Aparecida M. 2008. Levantamento e flutuação populacional de moscadas-frutas (DIPTERA: TEPHRITIDAE) em goiaba *Psidium guajava* L., no municipio de Russas (CE), *Revista Caatinga*, v.21, n.1, p.138-146, BRASIL. <http://www.ufersa.edu.br/caatinga>

Arthur, D. 2004. *Designing Geodatabases*, ESRI Press.

ASERCA. 1996. Estudio del mercado mundial de la guayaba. México.

Bateman, M A. 1972. The ecology of fruit flies. *Annual Review Entomology* (EE.UU.) 17:493-517.

Boscán, M. N. 1987. Fluctuación poblacional de *Anastrepha striata* Schiner la mosca de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en Caguas, Venezuela. Nota técnica, *Agronomía Tropical*. 37(4-6).

Campbell, J. 1996. *Introduction to remote sensing* 2<sup>a</sup> edition. Guilford Press. New York, 4 pp.

CESVA, 2007. Evaluación del plan de trabajo del programa emergente contra el pojo harinoso *Pseudococcus calceolariae* y *Ferrisia virgata* en el cultivo de la

guayaba en el municipio de Calvillo, Aguascalientes, (actividades de mayo a noviembre de 2007).

Cigliano, M. y Torrusio, S. 2003. Sistemas de Información Geográfica y Teledetección en Entomología: Aplicación en tucuras y langostas (Orthoptera: Acridoidea), *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 62 (1-2): 1-14, 200.

De Luna, J. A. 2003. La guayaba en Calvillo, Aguascalientes y factores que limitan su producción. *In: J. S. Padilla R., L. Reyes M., E. González G., M. A. Perales de la C. (eds.). Memoria. Primer Simposio Internacional de la Guayaba.* Aguascalientes, México. Diciembre p. 184-197.

Dent, D. 2000. *Insect Pest Management.* 2nd edition, CABI Bioscience, Ascot UK, p. 45.

ESRI. 2006. *3D Analyst. Guía rápida de herramientas.* USA.

ESRI, Inc. 1995. *Understanding GIS, The ARC/INFO Method.* ESRI. USA.

Esri Support Center, Support home, Data Model, Base Map. Consulta mayo 2006: <http://support.esri.com/>

Fehn, L. M. 1982. Influencia dos factores meteorológicos na flutuação e dinâmica de população de *Anastrepha spp.* *Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Bra.)* 17(4):1933-1944

Felicísimo, P. A., Morán L. J., Sánchez G. M., Pérez M. D. 2001. Elaboración del atlas climático de Extremadura mediante un sistema de información geográfica. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, No 1. p.17-23.

Gepts, P. 2006. Plant Genetic Resources Conservation and Utilization: The Accomplishments and Feature of a Societal Insurance Policy. September 2006.

González E. G., S. Padilla, L. Reyes, M. Perales y F. Esquivel, 2002. *Guayaba su cultivo en México*. Libro técnico nº 1. Ed. INIFAP: México, p. 182.

González, R. E. 2003. *Efecto de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo, sobre la patogenicidad de Metarhizium anisopliae (Hyphomycetes) en larvas de Anastrepha ludens (Díptera: Tephritidae)*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias, Área Biotecnología. Universidad de Colima.

Hernández-Ortiz, V. 1992. El género *Anastrepha* Schiner en México (Diptera: Tephritidae), taxonomía, distribución y sus plantas huéspedes. Instituto de Ecología, Sociedad Mexicana de Entomología. México.

INEGI. 1998a. Dirección General de Geografía, Información geográfica, Normatividad, *Diccionario de datos topográficos, vectorial 1:50 000*. <http://www.inegi.gob.mx> (consultada octubre de 2007).

INEGI. 1998b. Dirección General de Geografía, Información geográfica, Normatividad, *Diccionario de datos del ámbito urbano, vectorial*. <http://www.inegi.gob.mx> (consultada octubre 2007).

Insuasty, O., Cuadros J., Monroy R., Bautista J. 2007. Manejo Integrado de Moscas de la Fruta de la Guayaba (*Anastrepha* spp.) Publicación Corpoica, Colombia.

Krebs, C. J. 1978. *Ecology "The experimental Analisis of Distribution and Abundance"*, 2ª edition, Harper International Edition, USA.

Leyva-Vazquez, J. L. 1990. *Biology of the Mexican fruit fly Anastrepha ludens (Loew) (Diptera: Tephritidae)*. Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

MacDonald, A. 1999. *Building a Geodatabase*. ESRI Press. USA.

Malavasi, A., Morgante, J.S. 1981. Adult and larval populations fluctuation of *Anastrepha fraterculus* and its relationship to host availability. *Environmental Entomology*, v.10, p.275-278.

Medina, G. G., Maciel G. G., Ruiz C. J. A. y Altamirano S. V., 2006, *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Aguascalientes (periodo 1961 – 2003)*, Libro técnico No. 2, Fundación Produce, INIFAP.

Mello, R., Bertol, D. 2006. Análise faunística e flutuação populacional de moscas-frutas (Diptera, Tephritidae) em pomar cítrico no município de Dionísio Cerqueira, Santa Catarina, *Revista Biotemas*, 19 (3), setembro.

Mitchell, A. 1999. *Guide to GIS Analysis*, volume 1. ESRI Press. USA.

Monreal, S. H. (responsable de la evaluación), 2006. *Evaluación Alianza para el Campo 2005, Informe de Evaluación Estatal, Subprograma de Sanidad Vegetal*. Ed. SAGARPA: México, p. 114.

Nieto, A. D. 2003, *Manejo pre y post cosecha de la guayaba, Memoria Primer Simposio Internacional de la guayaba*, Inifap, Consejo Nacional de la guayaba A.C. México, p. 172.

Padilla, R. J. S., González, G. E., Perales, C. M. A., Reyes, P. H. R. y Osuna, C. E. S. 2007. *Variabilidad del fruto de la guayaba (Psidium guajava L.) Mexicana*. INIFAP Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, México.

Parra, J. R. P., Gallo, D. 1975. Influencia de factores físicos ambientais na flutuação populacional de adultos de *Ceratitis capitata* (Wied. 1824) (Diptera: Tephritidae). In: Congreso Brasileiro de Entomología (2., 1975, Bra.). Resumo dos trabalhos apresentados. Bra. *Pelotas Sociedade Brasileira de Entomología*. 5 p.

Perales, M. A., Padilla, J. S., González, E. y Reyes, H. R., 2005. *Manual para la producción integral del cultivo de la guayaba*. Ed. Consejo Nacional Mexicano de la Guayaba A. C./Fundación Produce Aguascalientes A.C. México.

Peralta, H. A. R. 1995. *Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias agropecuarias, "Caracterización Agroclimática del estado de Aguascalientes"*, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Peters, D. 2008. *Building GIS system architecture design strategies for managers*. ESRI Press.

Rochi, B. da Silva, N. 2005. Population fluctuation of *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae) species in Manaus region, AM, Brazil, *Neotropical Entomology*. Vol. 34, No.5. Brasil.

Rodríguez, G., Mark, D., Silva-Acuña, R. 1999. Fluctuación poblacional y aplicación del análisis de sendero a la época de incremento de *Anastrepha striata* Schiner (Diptera: Tephritidae) afectando a *Psidium guajava* L. en el estado Monagas, Venezuela. *Bol Entomol Venez* 14(1):63-76.

SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Normateca, Normas Oficiales en Sanidad Vegetal, Norma oficial mexicana NOM-023-FITO-1995, por la que establece la campaña nacional contra moscas de la fruta. México, 1999. Consulta octubre 2008: <http://www.senasica.sagarpa.gob.mx>

SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Norma oficial mexicana NOM-075-FITO-1997, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la movilización de frutos hospederos de mosca de la fruta. México, 2002. Consulta octubre 2008: <http://www.senasica.sagarpa.gob.mx>

SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Norma oficial mexicana NOM-076-FITO-1999, Sistema preventivo y dispositivo nacional de emergencia contra la mosca exótica de la fruta. México, 1999. Consulta octubre 2008: <http://www.senasica.sagarpa.gob.mx>

SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Norma oficial mexicana NOM-081-FITO-2001, manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos. México, 2002. Consulta octubre 2008: <http://www.senasica.sagarpa.gob.mx>

SIAP-SAGARPA, 2009. Sistema de Información Agropecuario. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consultada 14 de enero de 2009).

Sivinski, J., Aluja, M., Pinero, J. and Ojeda, M. 2004. Novel Analysis of Spatial and Temporal Patterns of Resource Use in a Group of Tephritid Flies of the Genus *Anastrepha* Ans. Entomol. Soc. Am. 97(3): 504-512.

Tomlison, R. 2008. *Pensando en el SIG: Planificación del Sistema de Información Geográfica dirigida a gerentes*. ESRI Press.

Toro, A. C. 2003. *Moscas de las frutas, Proyecto moscas de las frutas en la región del Tenquendama*. U. Nacional – Asofrucol- FNFH

USDA/SAGARPA. 2003. *Lineamientos para el establecimiento de un enfoque de sistemas de moscas de la fruta en apoyo a la movilización de artículos regulados entre México y Estados Unidos*. Borrador. México.

USGS. 2002. *Primary Series Quadrangle Map Standards*. USA.

Zeiler, M. 1999. *Modeling our Worl*. ESRI Press. USA.

