



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE GEOLOGÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: ECOLOGÍA

**ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL CLIMA Y SU VARIABILIDAD
SOBRE LA DISTRIBUCIÓN E INCIDENCIA DE LA BROCA DEL
CAFÉ *Hypothenemus hampei* (Ferrari) EN LA REGIÓN DE
COATEPEC, VERACRUZ.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ALBERTO DÍAZ MORALES

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. ANA CECILIA CONDE ÁLVAREZ
CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMOSFERA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA. MARIA DEL CARMEN LETICIA CALDERON EZQUERRO
CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMOSFERA, UNAM

DRA. ROSA IRMA TREJO VÁZQUEZ
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM

TUTOR INVITADO: DR. JOSE FRANCISCO BARRERA GAYTÁN
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

MÉXICO, D.F. OCTUBRE, 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE GEOLOGÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: ECOLOGÍA

**ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL CLIMA Y SU VARIABILIDAD
SOBRE LA DISTRIBUCIÓN E INCIDENCIA DE LA BROCA DEL
CAFÉ *Hypothenemus hampei* (Ferrari) EN LA REGIÓN DE
COATEPEC, VERACRUZ.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

ALBERTO DÍAZ MORALES

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. ANA CECILIA CONDE ÁLVAREZ
CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMOSFERA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA. MARIA DEL CARMEN LETICIA CALDERON EZQUERRO
CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMOSFERA, UNAM

DRA. ROSA IRMA TREJO VÁZQUEZ
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM

TUTOR INVITADO: DR. JOSE FRANCISCO BARRERA GAYTÁN
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

MÉXICO, D.F. OCTUBRE, 2014

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que el Subcomité de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas, del Posgrado en Ciencias Biológicas, en su sesión ordinaria del día 9 de junio de 2014, aprobó el jurado para la presentación de su examen para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del alumno **DÍAZ MORALES ALBERTO** con número de cuenta **300248630**, con la tesis titulada **"ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL CLIMA Y SU VARIABILIDAD SOBRE LA DISTRIBUCIÓN E INCIDENCIA DE LA BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei* (Ferrari) EN LA REGIÓN DE COATEPEC, VERACRUZ**, realizada bajo la dirección de la **DRA. ANA CECILIA CONDE ÁLVAREZ**:

Presidente: DR. ROBERTO MIGUEL JOHANSEN NAIME
Vocal: DR. TREVOR WILLIAMS
Secretario: DRA. MARÍA DEL CARMEN LETICIA CALDERÓN EZQUERRO
Suplente: DR. ROBERT ARTHUR BYE BOETTLER
Suplente: DRA. ROSA IRMA TREJO VÁZQUEZ

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 1 de octubre de 2014

M. del Coro Arizmendi

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría y por el apoyo recibido durante la realización de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo recibido mediante la beca 270080, que me permitió realizar y concluir mis estudios de Maestría.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) por el apoyo recibido mediante el proyecto IN-221713: “Posibles acciones de adaptación en tres localidades productoras de café en Veracruz ante el cambio y la variabilidad climáticos”, para la realización de trabajo de campo, compra de equipo y conclusión del escrito de tesis.

A los miembros de mi comité tutorial: Dra. Ana Cecilia Conde Álvarez, Dra. Rosa Irma Trejo Vázquez, Dra. María del Carmen Leticia Calderón Ezquerro y Dr. Juan Francisco Barrera Gaytán por la asesoría y el apoyo brindado durante el desarrollo del presente estudio.

Agradecimiento a título personal

Agradezco de manera especial a mi asesora de tesis la Dra. Ana Cecilia Conde Álvarez por su confianza, asesoría y el apoyo incondicional que siempre me ha brindado. Por permitirme formar parte de su equipo de investigación y colaborar en sus proyectos lo cual me permitió desarrollarme personal y académicamente.

A los miembros de mi comité tutorial: Dra. Irma Trejo por la asesoría para la instalación del equipo en campo y sus valiosas observaciones al escrito de tesis, a la Dra. María del Carmen Calderón por el tiempo dedicado a la revisión del presente trabajo y sus recomendaciones, al Dr. Juan Francisco Barrera Gaytan por su asesoría y sugerencias durante la realización del presente estudio.

A los distinguidos miembros del jurado: Dr. Roberto Miguel Johansen Naime, Dr. Trevor Williams, Dra. María del Carmen Calderón Ezquerro, Dr. Robert Bye y Dra. Rosa Irma Trejo Vázquez por el tiempo dedicado a la revisión del presente estudio, así como sus valiosas observaciones y sugerencias.

Al Ing. Agustín Fernández Eguiarte (UNIATMOS) por la facilitación de la información climática.

Al Ing. Manuel García Espinoza por la asesoría técnica para el uso del equipo utilizado en el presente estudio.

Al Ing. Armando Méndez Ramos y a la Ing. Lucía Mendoza Gómez por el apoyo para la obtención de información de la Campaña Contra la Broca del Café.

A los productores del Consejo Regional del Café de Coatepec A. C. por su invaluable apoyo para la realización del presente estudio y en especial al Sr. Cirilo Elotlán Díaz y a la Sra. Nelida Ruiz por su apoyo durante la realización de las entrevistas y talleres participativos con los productores.

A la Dra. Fanny López Díaz, M. en G. Guillermo Rosales Dorantes y Dr. Alejandro Monterroso por sus observaciones y sugerencias durante la realización del presente trabajo.

Dedicatorias

A mis padres: Eleuteria Morales Cano y Alberto Díaz Solano por todo su amor y cariño, por ser mi mayor motivación para salir adelante, por impulsarme a alcanzar mis metas y nunca dejarme vencer, por cuidarme y por ser los mejores padres que pude haber tenido.

A mi directora de tesis, Dra. Cecilia Conde y a su equipo de investigación por su apoyo y amistad durante todos estos años.

A mi hermanita Elsa, máxima fuente de mi inspiración y mis sobrinas Emili y Jacqueline deseando que logren triunfar en la vida que apenas comienza para ellas.

A la familia Alday Díaz y en especial a mis sobrinos Joselyn, Aylin y Arturo deseando que cumplan todas sus metas en la vida.

A Hilda Adriana por tus consejos, cariño, amor y todo el apoyo que siempre me has dado TE AMO.

A la familia Guerrero Parra por su amistad y apoyo durante todos estos años.

A las Sras. Esther Galicia Medina y Remedios Jaime Reza por su amistad y por motivarme para continuar con mi formación académica.

A mis queridos amigos: Alberto Romo, Irazu Alcantara, Adriana Jurado, Catalina Juárez, Patricia Méndez, Nirani Corona, Víctor Rivera, Miguel Alva, Gabriel Merino, Jorge y todos los que me faltaron, por su apoyo y por los buenos momentos que hemos pasado a lo largo de todos estos años.

A la Bióloga Ivonn Santiago y Dr. Cesar Guerrero por su apoyo y amistad.

A la Bióloga Elizabeth Mejorada Gómez por su amistad y sabios consejos durante todos los años que llevamos de conocernos.

A mis amigos y compañeros de la maestría Eloisa, Sonia, Osiris y Pedro, fue un placer haber compartido con ustedes esta experiencia.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
HIPÓTESIS.....	7
OBJETIVOS.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos particulares.....	8
MARCO TEORICO.....	9
El cultivo de café en México.....	9
El cultivo de café en Veracruz.....	11
Posición taxonómica del cafeto.....	12
Descripción de <i>Coffea arábica</i> (café arábigo).....	13
Requerimientos ambientales para el cultivo de café arábigo.....	15
La broca del café.....	17
Origen y distribución de la broca del café.....	18
La broca del café en México.....	19
Ciclo de vida y hábitos de la broca.....	21
Efectos de las variables ambientales en el ciclo de vida de la broca....	24
Clima y variabilidad climática.....	27
El fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur (ENOS).....	28
El índice multivariado del ENSO.....	29
ANTECEDENTES.....	30
ÁREA DE ESTUDIO.....	31
MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
1. Revisión bibliográfica sobre los factores ambientales que influyen en la distribución e incidencia de la broca del café.....	37
2. Obtención de las normales de temperatura promedio 1961-1990.....	37
3. Efectos del ENSO en la temperatura promedio de verano y otoño	

en la región de Coatepec, Veracruz.....	38
4. Estimación de la tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en condiciones normales y antes dos eventos fuertes El Niño y uno La Niña.....	39
5. Estimación del número potencial de generaciones de la broca del café en cuatro alturas de la región de Coatepec, Veracruz.....	40
6. Análisis de datos de temperatura y humedad relativa en fincas de café a diferente altura.....	41
7. Muestreo en dos fincas de café ubicadas a diferente altura en la región de Coatepec, Veracruz.....	43
8. Encuesta a productores del Consejo Regional del Café de Coatepec A. C.....	44
9. Entrevista a los coordinadores de la Campaña Contra la Broca del Café a nivel regional y estatal.....	45
10.Revisión hemerográfica.....	45
RESULTADOS.....	46
1. Revisión bibliográfica sobre los requerimientos térmicos de la broca del café.....	46
2. Normales de temperatura promedio 1961-1990.....	47
3. Efectos de tres eventos ENSO en la temperatura promedio de verano y otoño en la región de Coatepec, Veracruz.....	48
4. Estimación de la tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en condiciones normales y durante eventos ENSO de intensidad fuerte.....	51
5. Estimación del número potencial de generaciones de la broca del café en la región de Coatepec, Veracruz.....	55
6. Análisis de la temperatura y humedad relativa en dos fincas de café a diferente altura.....	56
7. Muestreo en dos fincas de café ubicadas a diferente altura.....	63
8. Encuesta a productores y al representante del Consejo Regional	

del Café A. C.....	64
9. Entrevista a los coordinadores de la Campaña Contra la Broca del Café a nivel regional y estatal.....	75
10. Revisión hemerográfica.....	78
DISCUSIÓN.....	81
CONCLUSIONES.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precios internacionales del café arábigo del período 1989-2013...	11
Figura 2. Relación entre producción y valor de la misma de café arábigo para el municipio de Coatepec del período 2003-2011.....	12
Figura 3. Frutos de café en distinto grado de madurez.....	14
Figura 4. Países con registros conocidos de la broca del café.....	19
Figura 5. Calendario de actividades que realiza la Campaña Contra la Broca del Café en el Estado de Veracruz.....	20
Figura 6. Ciclo de vida de la broca del café.....	21
Figura 7. Índice ENSO multivariado (MEI). Variaciones estandarizadas (sigmas) desde enero de 1950 hasta febrero de 2014.....	29
Figura 8. Promedio de frutos brocados durante tres eventos climáticos.....	30
Figura 9. Localización de la región de Coatepec, Veracruz.....	31
Figura 10. Climograma de la localidad Rinconada (263 msnm).....	32
Figura 11. Climograma de la localidad Almolonga (730 msnm).....	32
Figura 12. Climograma de la localidad Teocelo (1188 msnm).....	33
Figura 13. Índice ENSO multivariado (MEI) para dos fuertes eventos El Niño (1982 – 1983 y 1997 – 1998) y un evento La Niña (1988 – 1989).....	39
Figura 14. Sensor de temperatura y humedad relativa instalado en la	

localidad Tuzamapan.....	42
Figura 15. Ubicación de los sensores de temperatura y humedad relativa en el área de estudio.....	
Figura 16. Tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en cuatro alturas (verano y otoño).....	52
Figura 17. Tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en cuatro alturas durante dos eventos El Niño (verano).....	53
Figura 18. Tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en cuatro alturas durante dos eventos El Niño (otoño).....	53
Figura 19. Tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en cuatro alturas durante un evento La Niña (verano).....	54
Figura 20. Tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en cuatro alturas durante un evento La Niña (otoño).....	55
Figura 21. Número potencial de generaciones en cuatro localidades de la región de Coatepec.....	56
Figura 22. Temperatura máxima, mínima y promedio mensual en la localidad Tuzamapan.....	57
Figura 23. Humedad relativa máxima, mínima y promedio mensual en la localidad Tuzamapan.....	58
Figura 24. Temperatura máxima, mínima y promedio mensual en la localidad La Orduña.....	58
Figura 25. Humedad relativa máxima, mínima y promedio mensual en la localidad La Orduña.....	59
Figura 26. Temperatura diaria promedio en la finca Tuzamapan.....	60
Figura 27. Humedad relativa diaria promedio en la finca Tuzamapan.....	60
Figura 28. Temperatura diaria promedio en la finca La Orduña.....	61
Figura 29. Humedad relativa diaria promedio en la finca La Orduña.....	62
Figura 30. Tipo de propiedad de los productores del CRCC.....	65
Figura 31. Tamaño de las fincas de los productores del CRCC.....	65
Figura 32. Años con mayor incidencia de broca según los productores del CRCC.....	66

Figura 33. Características de la temperatura durante los años con mayor incidencia de broca según los productores del CRCC.....	67
Figura 34. Características de la precipitación durante los años con mayor presencia de broca según los productores del CRCC.....	67
Figura 35. Anomalías de temperatura promedio anual 2000-2010 (verano).....	68
Figura 36. Anomalías de temperatura promedio anual 2000-2010 (otoño).....	69
Figura 37. Precipitación promedio acumulada del período 2000-2010 (verano).....	69
Figura 38. Precipitación promedio acumulada del periodo 2000-2010 (otoño).....	70
Figura 39. Características de los precios del café durante los años con mayor niveles de infestación.....	71
Figura 40. Características de la producción de café durante los años con mayores niveles de infestación.....	71
Figura 41. Actividades de manejo que se realizan cuando los precios del café son bajos.....	72
Figura 42. Tipos de control que se aplican normalmente.....	72
Figura 43. Tipos de control que se aplican cuando los precios del café son bajos.....	73
Figura 44. Niveles de infestación actuales según los productores del CRCC.....	73
Figura 45. Frecuencia con que reciben atención de la Campaña los productores del CRCC.....	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>C. arábica</i> y <i>C. canephora</i>	13
Tabla 2. Clasificación taxonómica de <i>H. hampei</i>	17
Tabla 3. Estaciones del SMN ubicadas en el área de estudio.....	38
Tabla 4. Constantes de crecimiento de la broca del café.....	40
Tabla 5. Valores de temperatura y humedad que requiere la broca del café para su desarrollo.....	46
Tabla 6. Efectos de la altura, precipitación y sombra en la distribución e incidencia de la broca del café.....	47
Tabla 7. Normales de temperatura promedio anual en cuatro alturas de la región de Coatepec.....	48
Tabla 8. Normales de temperatura promedio de verano y otoño en cuatro alturas de la región de Coatepec.....	48
Tabla 9. Temperatura promedio normal de verano normal y durante dos eventos El Niño.....	48
Tabla 10. Temperatura promedio normal de otoño y durante dos eventos El Niño.....	50
Tabla 11. Temperatura promedio normal de verano y durante un evento La Niña.....	50
Tabla 12. Temperatura promedio normal de otoño y durante un evento La Niña.....	51
Tabla 13. Localidades representadas por los productores del CRCC en la encuesta.....	64
Tabla 14. Notas periodísticas sobre incrementos en la incidencia de broca y sus causas.....	79

ANEXOS

Anexo 1. Formato de encuesta aplicado a productores del CRCC A.C.....	103
Anexo 2. Guía cuestionario aplicado a los coordinadores de la Campaña Contra la Broca del Café.....	105

RESUMEN

La broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari es considerada la principal plaga del cultivo de café a nivel mundial ya que su ataque reduce el rendimiento y merma la calidad del grano. Para analizar los efectos de El Niño / Oscilación del Sur (ENOS) en este cultivo, en el presente estudio se analizaron principalmente los efectos de dos eventos El Niño y un evento La Niña de intensidad fuerte en la temperatura promedio de la región de Coatepec, Veracruz así como sus posibles efectos en la tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café. Los resultados mostraron que la temperatura promedio y la tasa intrínseca de crecimiento de la broca se pueden incrementar durante los eventos El Niño, mientras que durante La Niña los efectos no fueron tan evidentes ya que en algunos casos la tasa fue similar a la normal y en otros se redujo.

El gradiente climático-altitudinal que se presenta en la región de Coatepec influye en el número de generaciones de *H. hampei* que se presentan al año en las diferentes alturas donde se cultiva el café. A 730 metros sobre el nivel del mar (msnm) se estimaron 4 generaciones en promedio; entre 900 y 1200 msnm se estimaron 3 generaciones, y por encima de 1500 msnm se estimaron 1.6. Esto influye en los niveles de infestación ya que los mayores niveles se presentan en las zonas bajas de la región, mientras que en las zonas altas los daños ocasionados por la broca son bajos.

Con sensores de temperatura y humedad relativa colocados en fincas de café se analizaron las condiciones microclimáticas de dos fincas durante del año 2013 con respecto a los requerimientos de la broca. Los datos muestran que en zonas altas (por encima de los 1000 msnm) la temperatura se encuentra en el límite inferior óptimo para el desarrollo de la broca que es de 20°C por lo que los niveles de infestación son bajos.

Para identificar diferencias en los niveles de infestación en las fincas ubicadas a diferente altura se realizó un muestreo utilizando el método empleado por la Campaña Contra la Broca del Café en el estado de Veracruz. Los resultados mostraron que hay diferencias en ambas fincas lo cual se debe tanto a la diferencia de temperatura entre ambas fincas así como a las diferencias en el manejo que se realiza en las mismas.

Mediante una entrevista a los técnicos de la Campaña Contra la Broca del café y una encuesta a productores del Consejo Regional del Café se identificaron los periodos con mayor incidencia de la broca. Según los técnicos de la Campaña estos ocurrieron en el periodo de 2000 a 2005 mientras que la mayoría de los productores mencionaron que notaron incrementos en la presencia de broca en el periodo 2000-2012 siendo el año 2009 el más citado. En notas periodísticas se encontró que el año con mayor incidencia de broca del café fue 2002 lo cual se puede relacionar con la caída de los precios del café. Según la Organización Meteorológica Mundial, durante el periodo 2001-2010 se registraron aumentos de temperatura record a nivel mundial y nacional, a pesar de que se presentaron eventos La Niña en 2007 y 2010, lo que pudo favorecer el incremento de la tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café y aumentar los niveles de infestación en la región de Coatepec. Asimismo, en el año 2009 se presentó un evento El Niño de intensidad moderada a fuerte que coincidió con las observaciones de los productores del Consejo Regional del Café de Coatepec.

ABSTRACT

The coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferrari is considered the main coffee crops plague worldwide since its attacks reduces the yield and the grain quality. To analyze the effects of El Niño / Southern Oscillation (ENSO) in this cultivar, in the present study mainly the effects of two strong events of El Niño and one of La Niña on the average temperature of the region of Coatepec, Veracruz were analyzed; Also, associated with it, their possible effects on the intrinsic growth rate of *H. hampei* was studied. The results showed that the averaged temperature and the intrinsic growth rate of the coffee berry borer could be increased during El Niño events. La Niña effects were not entirely clear because in some cases the rate was similar to normal conditions or even could be reduced.

Climate-elevation gradient that occurs in the region of Coatepec influences the number of generations of *H. hampei* presented annually at different altitudes where coffee is grown. 4 generations were estimated at 730 meters above sea level (masl); 3 generations were estimated at altitudes ranging from 900 to 1200 masl, and 1.6 generations were estimated at over 1500 masl. This fact influences the levels of infestation since higher levels are presented in lower areas of the region, while in the highlands the damage caused by the coffee berry borer is lower. With temperature and relative humidity sensors placed in coffee farms, microclimatic conditions of two farms were analyzed for the year 2013 and compared with environmental requirements for *H. hampei*. The data showed that above 1000 masl, temperature is on the lower limit (20°C) for optimum development of the plague, so infestation levels are low.

A sampling method used by the Campaign Against the Coffee Berry Borer in the State of Veracruz was applied to identify differences in infestation levels on farms located at different altitudes. The results showed that there are

differences between the two farms which are due to the temperature differences between them as well as the differences in the coffee management. By interviewing experts from the Campaign Against Coffee Berry Borer and applying a survey to producers from the Regional Coffee Council C.A., the higher incidence periods of *H. hampei* were identified. According to experts from the Campaign, these events occurred in the period from 2000 to 2005, while most of the producers mentioned that they noted increases in the presence of this plague in the period from 2000 to 2012, being the year 2009, the most cited. In journalistic notes it was found that the highest incidence of coffee berry borer was in 2002, which could be related to a decrease in coffee prices. According to the World Meteorological Organization, during the period from 2001 to 2010, record temperature increases were the highest at global and national levels, despite of La Niña events occurred in 2007 and 2010. This fact could favor the increase of the intrinsic growth rate of coffee berry borer and increase levels of infestation in the region of Coatepec. In the same way, in 2009, an El Niño event of moderate to strong intensity occurred, which could be related with the observations of the producers of the Coffee Council Regional C.A.

INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de café tiene importancia económica, social y ecológica. Su cultivo se extiende sobre las vertientes en el centro y sur del país desde el Golfo de México hasta el océano Pacífico. El café se cultiva en doce estados de la República Mexicana: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Puebla, Hidalgo, San Luis Potosí, Nayarit, Tabasco, Colima, Querétaro y Morelos en una superficie de 761,000 hectáreas pertenecientes a cerca de 300,000 cafecultores, de los cuales 180,000 son indígenas (Contreras, 2010).

La broca del café es considerada la principal plaga del cultivo a nivel mundial (Le Pelley, 1968; Baker, 1984; Waterhouse y Norris, 1989; Murphy y Moore, 1990; Barrera, 2008). Este insecto coloniza los frutos del cafeto durante su maduración perforando el disco floral, los lados o la base del grano para depositar sus huevos, los cuales eclosionan y dan origen a las larvas que se desarrollan en el interior del fruto, al cual destruye ocasionando importantes pérdidas económicas (Mathieu *et al.*, 1999; Damon, 2000).

El ciclo de vida de la broca es afectado por la temperatura. Las temperaturas entre 20 y 30 °C son las óptimas para el crecimiento de la broca del café (Jaramillo *et al.* 2009). La tasa de crecimiento del insecto varía en relación a la temperatura; a temperaturas cercanas a los 27 °C alcanza su mayor potencial, mientras que a temperaturas por debajo de los 20° y por encima de los 30 °C se reduce significativamente, según los resultados de Jaramillo *et al.* (2011). Se ha reportado que en aquellas zonas con temperaturas menores a 19 °C los daños causados por la plaga son menores (Benavides, 2011). Sin embargo, la variabilidad climática, en particular el fenómeno de El Niño, y el cambio climático pueden ocasionar aumentos de la temperatura en aquellas zonas cuya temperatura media se encuentra por debajo de los umbrales de desarrollo y supervivencia del insecto. Estudios recientes sugieren que la ocurrencia del fenómeno El Niño aumenta la tasa de

desarrollo de la plaga, mientras que el fenómeno de La Niña la disminuye (CENICAFÉ 2010, Jaramillo *et al.* 2011).

El propósito principal de este estudio fue estimar los efectos del clima así como los posibles impactos de la variabilidad climática y en particular del fenómeno ENSO, en la distribución e incidencia de la broca del café con base en las características climáticas de la región de Coatepec, Veracruz.

HIPÓTESIS

En la región de Coatepec, Veracruz el fenómeno El Niño aumenta la tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café, mientras que el fenómeno La Niña la reduce, lo que resulta en mayores y menores niveles de infestación.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Estimar los efectos del clima y su variabilidad en la distribución e incidencia de la broca del café en la región de Coatepec, Veracruz.

Objetivos Particulares

- Analizar las anomalías en la temperatura promedio de verano y otoño durante tres eventos ENSO de intensidad fuerte en la región de Coatepec.
- Estimar la tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café con respecto al período base 1961-1990 y ante dos eventos fuertes El Niño y uno La Niña.
- Estimar el número potencial de generaciones de la broca del café en la región de Coatepec con respecto a la altura y comparar con los datos obtenidos en fincas de café.
- Analizar la temperatura y humedad relativa diaria y mensual de fincas de café ubicadas a diferente altura y estimar el número potencial de generaciones de broca en cada una y comparar con el número obtenido de las estaciones del SMN
- Identificar otras variables que influyen en los niveles de infestación de la broca en la región de Coatepec.

MARCO TEORICO

El cultivo de café en México

En México, la producción de café se concentra en los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla, que representan en conjunto el 91% de la producción, 82% de la superficie y 80% del número de productores. De la producción total, el 84% son granos arábigos obtenidos mediante el procedimiento de “beneficio húmedo”, utilizado para la transformación del fruto (café cereza) a café pergamino, 12% son arábigos naturales (secados al sol) y el restante 4% corresponde a la variedad robusta (Reyes, 2012).

En México el cultivo de café se sobrepone altitudinalmente con ecosistemas que presentan una gran biodiversidad como son el bosque mesófilo de montaña (BMM) o bosque de niebla y con la selva mediana (Ramamoorthy *et al.* 1993; Rzedowski, 1996).

La producción del café mexicano es primordialmente minifundista y de condición campesina a diferencia de países como Brasil y Colombia. Según datos de Amecafé (2011), en los últimos 25 años los predios cafetaleros del país han experimentado un proceso sostenido de atomización por lo que la superficie promedio por productor actualmente es de 1.38 ha.

En México el sistema de producción predominante es de baja tecnificación lo que implica el uso intensivo de mano de obra y ocasiona que el principal costo de producción sea el pago de jornales, principalmente durante la cosecha del grano, aunque también en labores intermedias, como el *chapeo*.

Amecafe estima que en algunas unidades productivas, el pago de jornales llega a representar hasta el 93% de costo total de la producción.

Las regiones cafetaleras tienen poca diversificación productiva. En los 236 municipios cafetaleros más de la mitad de la Población Económicamente Activa (PEA), se ocupa en actividades agropecuarias. Además, casi no reciben dinero de remesas y los apoyos para el estímulo y fortalecimiento de las actividades productivas, prácticamente son inexistentes. En esas demarcaciones, la agricultura y la producción de café, determinan el desenvolvimiento de la actividad económica, ya que generan empleo y derrama económica. Por esta razón, las regiones cafetaleras son muy sensibles a las variaciones internacionales del precio del grano (Robles, 2011).

Los precios del café son inestables debido a que están sujetos a la oferta del mercado y la demanda impuesta por los países consumidores. Hasta ahora se han registrado dos series históricas de bajas en los precios del café. La primera ocurrió de 1986 a 1994 y la segunda de 1999 a 2004 (Olvera, 2010). A partir del año 2007 los precios del café marcaron una tendencia al alza que se mantuvo hasta el año el año 2011 cuando alcanzaron un máximo histórico de 303 centavos de dólar por libra de peso y posteriormente descendieron para encontrarse en 126.7 en el mes de diciembre de 2013. Esta volatilidad de los precios es uno de los principales factores que influyen en el proceso productivo del café ya que impiden, en muchas ocasiones, que se realicen las labores de manejo y control adecuadas al elevarse los costos de producción. En la figura 1 se muestra el comportamiento de los precios internacionales del café durante el período 1989-2013.

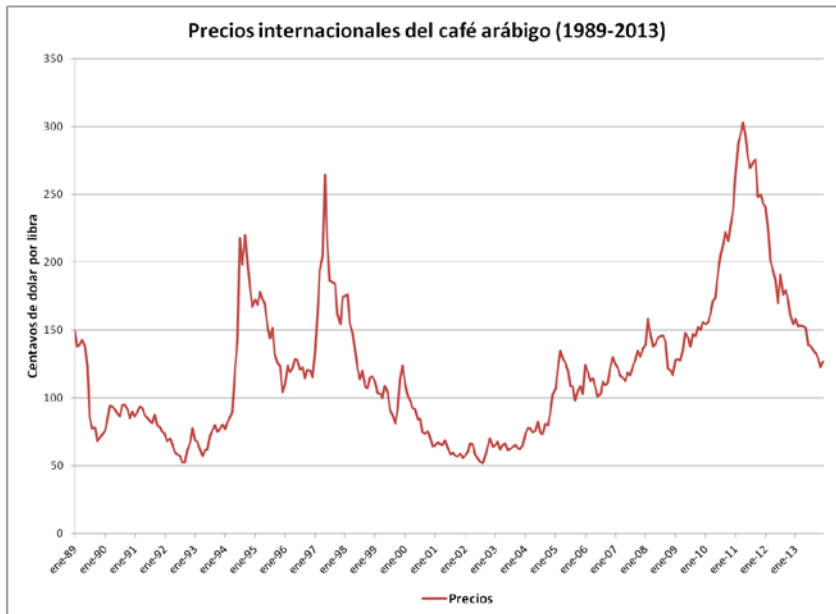


Fig. 1. Precios internacionales del café arábigo durante el período 1989-2013 (ICO, 2014)

El cultivo de café en Veracruz

Veracruz cuenta con 85 mil productores que cultivan aproximadamente 133 mil ha, distribuidas en 95 municipios, ubicados en 10 regiones productoras cafetaleras: Chicontepec, Papantla, Atzalan, Misantla, Coatepec, Huatusco, Córdoba, Zongolica, Tezonapa y Los Tuxtlas.

En Veracruz se cultivan las especies de cafetos: arábigo (*Coffea arabica*) y robusta (*Coffea canephora*). El producto de la especie arábigo se utiliza para la obtención de los cafés suaves mientras que el de la especie robusta se utiliza en la producción de los cafés instantáneos o solubles, que contienen una cantidad mayor de cafeína. Las principales regiones productoras de la especie arábigo son Coatepec (24.5%), Córdoba (17%), Huatusco, (17%) y Misantla (12%).

Uno de los principales problemas que enfrentan los productores de café en la región de Coatepec es la volatilidad de los precios, tal como se menciono anteriormente, ya que por ejemplo, según las cifras oficiales en el año 2003 la

producción del municipio de Coatepec fue de 32,939 toneladas y su valor fue de 27,611 miles de pesos, mientras que en el año 2011 la producción fue de 22,163 toneladas y su valor fue de 146,280 miles de pesos (SIAP 2013), es decir, hubo una diferencia de 113,341 miles de pesos (figura 2).

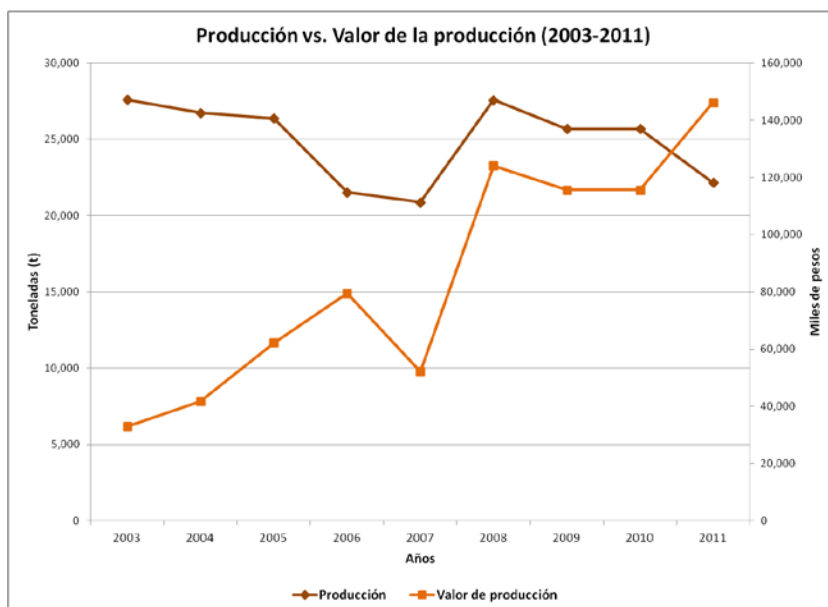


Fig. 2. Relación entre producción y valor de la misma de café arábigo para el municipio de Coatepec durante el período 2003-2011 (Elaboración propia con datos de SIAP, 2013)

Posición taxonómica del cafeto

Los cafetos pertenecen a la familia de las rubiáceas y al género *Coffea* que incluye por lo menos 70 especies, de las que sólo destacan por su valor comercial las especies *C. arabica* y *C. canephora* (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *C. arábica* y *C. canephora*

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophytina
Infradivisión	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Gentianales
Familia	Rubiaceae
Tribu	Cofeales
Género	<i>Coffea</i>
Especie	<i>C. arábica</i> Linneo <i>C. canephora</i> Pierre ex Froener

Descripción del *Coffea arábica* (café arábigo)

Los cafetos de la especie *C. arábica* son árboles cuya forma es cónica o irregular y bajo condiciones normales desarrollan sólo un eje de crecimiento. Sus hojas son de forma oblonga y lanceolada, el haz es de color verde oscuro brillante, ceroso y coriáceo, mientras que el envés es de color verde pálido y menos brillante. Las flores son de color blanco presentan cáliz, corola, estambres y pistilo, poseen un ovario ínfero con dos óvulos, son hermafroditas y autógamas. La disposición floral del cafeto es distal o sea, en grupos separados de yemas que brotan en los nudos a lo largo de las ramas laterales. El fruto de

café es una drupa que en su estado inmaduro es de color verde y varía de color amarillo al rojo cuando madura (figura 3). La semilla está rodeada por un endocarpio fibroso, conocido como pergamino, el cual está compuesto por hemicelulosa, proteínas, cafeína, aceite, azúcares, dextrina, celulosa, ácido clorogénico y otras sustancias (Leon, 2000; Liogier, 1997; Morfin *et al.*, 2006).



Fig. 3. Frutos de café en distinto grado de madurez (Imagen propia)

Las variedades más representativas del café arábica son la Typica, Bourbon, Caturra, Mundo Novo, Garnica y Catuaí. Entre las variedades existen diferencias en sus características organolépticas tales como el aroma, el “cuerpo” (que se refiere a la calidad de la bebida) y la acidez. Además, presentan diferencias en su resistencia a las plagas y enfermedades así como en el volumen y rendimiento que producen (Nolasco, 1985; Pérez, 2005).

Requerimientos ambientales para el cultivo de café arábigo

Temperatura

Las temperaturas medias mensuales óptimas para el desarrollo del cafeto son de 19 a 22°C, aunque pueden desarrollarse en temperaturas mínimas de 16°C y máximas de 25°C. Para el comienzo de la floración, las temperaturas más favorables oscilan entre 17°C y 23°C durante la noche y el día. A temperaturas más altas se marchitan los botones florales y cuando la temperatura es inferior a 10°C, se produce clorosis por la muerte de los cloroplastos, lo cual detiene el crecimiento de la planta (Carvajal, 1984; Alejo, 2000).

Precipitación

La precipitación media anual requerida por el café es de 1800 a 2000 mm distribuidos a lo largo del año, con un periodo de sequía de dos a tres meses, el cual coincide con un periodo de reposo vegetativo, que da inicio a la floración. Sin embargo, una precipitación anual de 1500 mm puede ser suficiente. Los periodos prolongados de sequía propician la caída de las hojas, limitan la actividad fotosintética y en consecuencia la cosecha disminuye y en algunos casos puede ocasionar la muerte de los cafetos. La calidad física del café y la de taza disminuyen cuando en los cafetos son sometidos a precipitaciones superiores a 3000 mm (Carvajal, 1984; Alejo, 2000).

Humedad relativa

Un promedio de humedad relativa de 70 a 90% es recomendable para el cultivo de café. La limitación por este factor se da cuando se presentan valores

iguales o mayores a 90%, pues estimula el ataque de enfermedades fungosas (Alvarado y Rojas, 2007).

Altura

Por sus características organolépticas (sabor, aroma, cuerpo, y acidez) el mejor café de México se produce en plantaciones que se ubican por encima de los 900 msnm. Los cafetos cultivados en altitudes menores a los 600 msnm tienen menor productividad (Castillo *et al.*1996; Alejo, 2000).

Radiación solar

La floración y la formación de los frutos dependen de la intensidad de la radiación solar (irradiación) y la duración de la exposición a la misma (fotoperiodo). De éstas, la que tiene mayor influencia sobre la reproducción del cafeto es la intensidad de la radiación (Carvajal, 1984). Dependiendo de la variedad y la altura sobre el nivel del mar, los cafetos se cultivan bajo sombra o sin ella, ya que existen variedades que necesitan mayor irradiación solar que otras. El cafeto requiere de 200 a 280 horas de irradiación solar durante los meses secos y de 100 a 150 durante los húmedos (Castillo *et al.*1996; Alejo, 2000).

Suelos

En México, los suelos dedicados al cultivo de café son de origen volcánico. Estos suelos y los de origen aluvial presentan condiciones excelentes para el cultivo de café ya que son profundos, permeables y de textura franca. El cafeto se desarrolla bien en suelos ácidos con pH de 4.5 a 5.5 (Castillo *et al.*1996; Alejo, 2000).

La broca del café

La broca es un insecto del orden Coleoptera, familia Curculionidae y subfamilia Scolytinae (tabla 2). Los escarabajos que pertenecen a la subfamilia Scolytinae se caracterizan por su hábito descortezador, aunque también existen especies espermatófagas, herbívoras, barrenadoras y ambrosiales. La mayoría de las especies se reproducen sexualmente pero también lo hacen asexualmente. En las zonas frías del mundo, por lo común, las especies son univoltinas, mientras que en las zonas tropicales pueden ser multivoltinas (Equihua y Burgos, 2002).

Tabla 2. Clasificación taxonómica de *H. hampei*

Reino	Animal
Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Coleoptera
Suborden	Polyphaga
Familia	Curculionidae
Subfamilia	Scolytinae
Tribu	Cryphalini
Género	<i>Hypothenemus</i>
Especie	<i>H. hampei</i> Ferrari

De las especies de Scolytinae que han sido descritas para México (526), el 62% son endémicas mientras que el resto se distribuyen más allá de las fronteras del país, o son cosmopolitas (Equihua y Burgos, 2002).

La introducción de escolítidos de otros continentes es un fenómeno común en México. La mayoría de especies exóticas provienen de Asia y África principalmente, tal como en el caso de la broca del café (Equihua y Burgos, 2002). El impacto de estas especies ha sido poco estudiado, excepto en casos en que los insectos producen daños visibles al arbolado (por ejemplo *Scolytius multistratus*) o porque se han asociado con plantas de interés económico como en el caso de la broca del café (Jarquin y Barrera, 1999; Méndez-Montiel y Equihua, 1999).

Origen y distribución de la broca del café

La broca se registró por primera vez en 1867 en Francia, en semillas de café de origen desconocido (Waterhouse y Norris, 1989). Es probable que el café robusta, originario del este y centro de África, haya sido el hospedero original de la plaga ya que se cultiva en altitudes bajas (Baker, 1984). Sin embargo, autores como Corbett (1993) han sugerido que *H. hampei* se originó en Angola, en el sureste de África y Murphy y Moore (1990) han propuesto dos escenarios: que *H. hampei* se originó en el norte del África Oriental, lugar de origen de *C. arabica*, o, que éste se infestó por el paso de frutos de café robusta con broca desde África Occidental.

La broca llegó al continente americano en 1913 cuando fue reportada en Brasil y de ahí se dispersó a la mayoría de las regiones cafetaleras de América del Sur. El primer reporte en Centroamérica fue para Guatemala en 1971 (Hernández y Sánchez, 1972). Actualmente la presencia de broca se reporta en todos los países cafetaleros del mundo (figura 4).

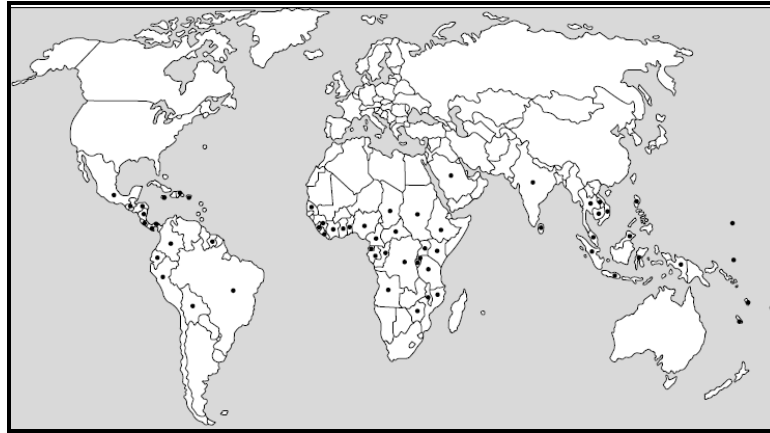


Fig. 4. Países con registros conocidos de broca del café (tomado de Jaramillo *et al.* 2006)

La broca del café en México

En México la broca se registró por primera vez en 1978 en un benefició de café húmedo colindante con el ejido Mixcum y posteriormente en el municipio de Cacahoatán, Chiapas (Ramírez y Reyes, 2000). Es probable que la broca que invadió Guatemala y después México, provino de Brasil y ésta, a su vez, de Camerún (Benavides *et al.* 2005).

La broca se mantuvo en el Soconusco (Chiapas) hasta que en 1989 se reportó en Oaxaca, en 1991 en Veracruz, Puebla y Guerrero, en 1995 en Hidalgo, en 1998 en Nayarit y de 2000 a 2006 en los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Tabasco, Jalisco, Colima y Morelos (Senasica, 2011).

En Veracruz la broca fue reportada por primera vez en el municipio de Tezonapa en 1991. Para el año 2000 la superficie afectada por la broca en el estado era de 7,800 ha las cuales se fueron incrementando año con año hasta que en 2006 la superficie afectada era de 80, 000 ha de un total aproximado de 150, 000 ha, es decir, más de la mitad de la superficie cafetalera (Ramírez Del Ángel *et al.*, 2007).

Para el combate y control de la broca en Veracruz se implementó la Campaña Contra la Broca del Café. La campaña se encarga de ofrecer

asesoría técnica a los productores para el control de la plaga. La Campaña da atención a 19, 000 has en las zonas bajo control que se ubican en los municipios de Atzalan, Tlapacoyan, Misantla, Yecuautla, Juchique de Ferrer, Tenochtitlán, Coatepec, Emiliano Zapata, Alto Lucero, Teocelo, Naolinco, Córdoba, Amatlán, Atoyac, Ixhuatlán del café, Tepatlaxco, Ixtaczoquitlán-Fortín, Catemaco, Hueyapan de Ocampo y Sotepan (CESVVER, 2011).

Las principales acciones que realiza y promueve la Campaña Contra la Broca en el estado son 1) el “control cultural” que consiste en la recolección, tratamiento y destrucción de los frutos sobrantes de la planta y suelo después de terminada la cosecha 2) el “trampeo” o “control etológico” que consiste en la colocación de trampas de fabricación artesanal utilizando botellas de plástico y un atrayente 3) el “control biológico” que consiste en la aplicación del hongo *Beauveria bassiana* a cafetos infestados entre los 80 y 120 días después de la floración principal. Asimismo, la Campaña realiza muestreos a partir de los 150 días después de la floración principal y hasta el momento de la cosecha, en toda (o casi toda) la superficie cafetalera.

En la figura 5 se muestra el calendario de actividades que realiza la Campaña Contra la Broca del Café en el Estado de Veracruz.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
Cosecha		Floración		Formación del grano				Cosecha			
Control Cultural y Trampeo						Muestreo capacitación y Divulgación					

Fig. 5. Calendario de actividades que realiza la Campaña Contra la Broca del Café en el Estado de Veracruz (CESVVER, 2014)

Dado que la broca está presente en todas las zonas cafetaleras del estado de Veracruz, la Campaña Contra la Broca busca atender a todas éstas. Sin embargo, debido a aspectos presupuestales y de personal sólo se atiende el 14.06% de la superficie afectada. Otra razón de atender esta área/Población Objetivo es “utilizar zonas compactas para el trampeo y control, para así tener

cordones fitosanitarios que permitan una mejor y fácil implementación de acciones, tal como lo recomienda el Apéndice de Manejo Integrado de la Broca” según lo menciona el Programa de Prevención y Manejo de Riesgos Componente Sanidades (2012).

Ciclo de vida y hábitos de la broca

El ciclo de vida de la broca ha sido estudiado por varios autores (Baker *et al.* 1992; Decazy 1990; Muñoz 1989; Baker 1984; Ticheler 1963; Bergamin 1943; Corbett 1933). La broca presenta metamorfosis completa pasando por los estados de huevo, larva, prepupa, pupa y adulto (figura 6) (Bustillo *et al.* 1998)

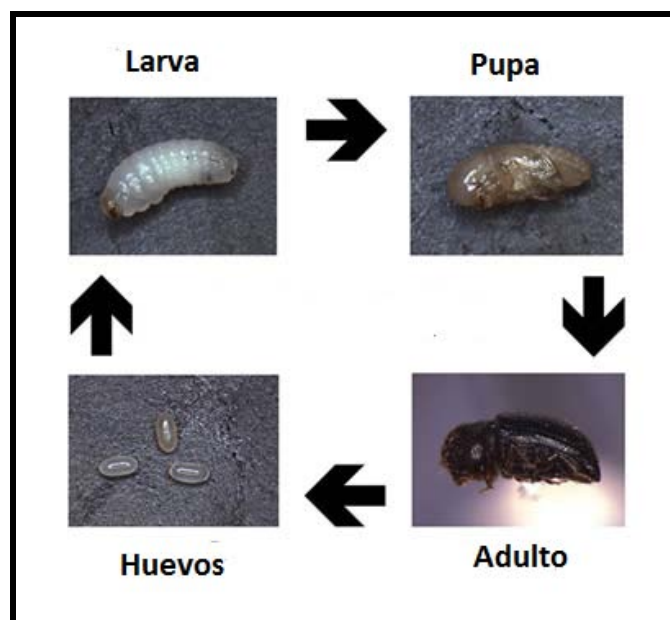


Fig. 6. Ciclo de vida de la broca del café

Existen considerables diferencias en cuanto a la duración de los estadios obtenida por diversos autores, lo cual se debe fundamentalmente a diferencias en las condiciones ambientales en que se realizaron dichos estudios, especialmente de temperatura (Bustillo, 2006).

Según Bustillo *et al.* (1998) los frutos de café empiezan a ser susceptibles al ataque de la broca, cuando su peso seco es igual o mayor al 20%, lo cual se logra cuando los frutos alcanza entre 100 y 150 días de desarrollo después de la floración, dependiendo de la latitud. Camilo *et al.* (2003) encontraron que a los 122 días después de la floración principal se encontraron brocas en la posición de inicio de reproducción en el fruto lo cual coincidió con rangos expresados en los resultados de Montoya y Cárdenas en (1994), Bustillo *et al.* (1998) y Baker (1999).

La reproducción de *H. hampei* presenta una alta endogamia, en la que la broca colonizadora da lugar a una progenie en la cual la relación de sexos es aproximadamente de 1:10 en favor de las hembras (Ruiz, 1996). Los machos no vuelan y permanecen en el fruto y las hembras copulan con sus hermanos antes de salir de los frutos para ir a colonizar nuevos frutos de café. El alto grado de endogamia han propiciado que las poblaciones de la broca muestren muy baja variabilidad genética (Benavides, 2005). Sin embargo, esta condición no ha impedido que esta plaga sea uno de los organismos invasores más exitosos que se conocen (Senasica, 2011).

Una vez que las hembras emergen de la pupa están listas para aparearse y unos tres días después pueden iniciar posturas. Las hembras apareadas abandonan el fruto donde se desarrollaron para buscar otro fruto donde establecerán una familia nueva. La broca es un insecto con gran habilidad para volar, como lo demuestran estudios de laboratorio (Baker, 1984) ya que las hembras pueden sostener vuelos continuos por más de 100 min y hasta por tres horas en vuelos sucesivos (Senasica, 2011).

Hacia la aparición de los primeros adultos de la descendencia de la primera generación, la población de la broca está constituida por 25-30 individuos en todos los estados de desarrollo (Bergamin, 1943; Baker y Barrera, 1993).

Mientras haya disponibilidad de frutos de café se presentan varias generaciones de *H. hampei* al año. Después de la cosecha, la broca continúa su reproducción en los frutos no cosechados o residuales que se encuentran en la planta y en el suelo (Baker, 1984; Baker y Barrera, 1993).

La colonización de un fruto depende de la consistencia del grano (Barrera, 1994); si éste es acuoso o lechoso, el insecto tiende a abandonarlo y como consecuencia tiende a pudrirse por efecto de la lesión y la acción de organismos saprofitos, mientras que cuando la consistencia es suficientemente dura la broca puede construir la cámara de oviposición (Senasica, 2011).

Normalmente, los frutos de café empiezan a ser susceptibles al ataque de la broca, cuando su peso seco es de 20% o más, lo cual se logra cuando el fruto alcanza entre 110 y 140 días de desarrollo después de la floración, aunque se ha comprobado que el adulto puede atacar los frutos a partir de los 60 días dependiendo de la altitud, pero ésta se tarda hasta 90 días para ovipositar hasta que los frutos se encuentran aptos (Salazar *et al.* 1993, Montoya y Cárdenas 1994, Ruiz 1996).

Según los estudios de Costa y Villacorta (1989) el ciclo biológico requiere 386.86 días grado y el umbral mínimo de temperatura es de 11.25 °C, mientras que Jaramillo *et al.* (2009) estimaron 262.47 días grado y el umbral mínimo de temperatura para que la broca oviposite es de 14.9 °C. Es probable que las diferencias en los resultados obtenidos entre ambos estudios se deban a que en el primer caso las brocas fueron criadas en un medio artificial mientras que en el segundo fueron criadas en frutos colectados en campo.

Efectos de las variables ambientales en el ciclo de vida de la broca del café

Temperatura

La temperatura influye en la duración del ciclo de vida de la broca, su mortalidad, el posicionamiento de la broca con respecto al fruto y el tiempo que tarda en perforarlo (Jaramillo *et al.* 2009).

En estudios de laboratorio, Bergamin (1943) encontró que a 27°C los estadios de huevo, larva, prepupa y pupa tienen una duración de 4, 11, 2 y 4 días respectivamente, con una duración total de 21 días para completar el ciclo completo (de huevo a adulto). Asimismo, el mostró que la duración del ciclo se alarga conforme disminuye la temperatura: a 22°C dura 32 días y a 19.2°C tiene una duración de 63 días.

Ticheler (1961) encontró que la emergencia del insecto de los frutos parasitados se incrementa considerablemente entre 20-25°C. Méndez (1992) señala que el insecto produce altas densidades poblacionales en ambientes con 27°C e indica que la duración media del desarrollo de una generación es de 40 días a una temperatura de 26°C.

Jaramillo *et al.* (2009) encontraron que la broca se desarrolla en temperaturas entre 15 y 35°C, mientras que por debajo o por encima de dichos valores ningún estadio se desarrolla con éxito. La temperatura también afecta la tasa intrínseca de crecimiento de la broca en sus diferentes estadios.

Humedad relativa

Ticheler (1961) y Decazy (1990) encontraron que las humedades relativas altas causan pudriciones de los frutos secos perforados remanentes del arbusto y del suelo, lo que desfavorece la supervivencia de los escolítidos. Un contenido de agua superior a 75% es inadecuado para el desarrollo del

insecto y las humedades bajas causan secamiento del fruto lo cual reduce las posibilidades de un incremento poblacional de *H. hampei*, y causa su muerte.

La humedad afecta la mortalidad y el potencial reproductivo de la broca. A bajas humedades ocurre alta mortalidad y la máxima fecundidad se encontró entre 90% y 93,5% de H.R. La emergencia de la broca de frutos infestados se incrementa a humedades altas entre 90-100% H.R. (Baker *et al.* 1992b, 1994).

Altitud

Ticheler (1961) considera que la altitud es uno de los factores abióticos más importantes que influyen en la broca, por su marcada influencia sobre la temperatura, régimen de precipitación, humedad relativa, irradiación y distribución del viento. La altitud también influye en las floraciones y la evolución del fruto del café por lo que también influyen en el ciclo de vida de la broca.

La altitud afecta la duración del ciclo de vida de la broca desde la oviposición hasta la emergencia del fruto. En general, a mayor altitud el número de días requerido para completar el ciclo es mayor. Se piensa que la reducción de la velocidad de los procesos metabólicos es la causa de que esto ocurra (Alonso-Padilla, 1984).

En un estudio realizado por Trejo y Funez (2004) se encontró que en cafetales ubicados entre 500-700 msnm, existe mayor población del insecto, la que alcanza niveles de infestación de 70-80% en plantaciones abandonadas.

Por otra parte Rojas (2007a) determinó que el desarrollo de *H. hampei* en diferentes ambientes varía según la altitud desde 40 días en las zonas más bajas, hasta 93 días en las zonas con mayor altitud y en donde se llega al inicio de la cosecha sin que haya una generación nueva de adultos dentro de los frutos.

En la zona central cafetalera de Colombia las condiciones óptimas para el desarrollo de la broca se presentan en alturas inferiores a 1,200 msnm. Entre

los 1200 y 1400 msnm las condiciones son moderadas y en alturas por encima de los 1600 msnm son nulas.

Precipitación

La lluvia incide sobre las poblaciones de broca al propiciar la floración del cafeto, que normalmente sucede después de un período de sequía. La presencia de lluvias durante de la formación y maduración del fruto contribuye al suministro del sustrato alimenticio y reproductivo de la broca (Alonzo-Padilla, 1984).

La presencia de varios ciclos de lluvia interrumpidos por periodos de secas favorece que ocurran varias floraciones con lo que la disponibilidad de frutos (en estado semiconsistente y consistente) se extiende lo cual es favorable para que ocurran mayores niveles poblacionales de la broca (Alonzo-Padilla, 1984).

La lluvia también influye sobre las poblaciones de broca en su fisiología y mecanismos endógenos sensoriales del insecto. El insecto percibe la cantidad, intensidad y frecuencia de las lluvias, que a su vez modifican la temperatura y humedad relativa (cambiándolas de nivel y estabilizándolas), con lo cual el insecto advierte el momento propicio para abandonar los escondrijos donde se alojan los reservorios de población establecidos en los frutos secos e iniciar el proceso de infestación (Alonzo-Padilla, 1984).

Sombra

Baker *et al.* (1989) indican que el nivel de sombra no afecta la severidad del daño por *H. hampei*, y que ésta tiene más relación con la lluvia y su efecto indirecto sobre la floración del café. Bosselmann *et al.* (2008) encontraron una tendencia significativa al aumento de infestaciones por *H. hampei* en los cafetales bajo sombra que los manejados sin sombra.

Sánchez (2011) en un estudio realizado en la región de Turrialba, Costa Rica encontró que existen efectos antagónicos de la sombra sobre *H. hampei*.

Por un lado, la sombra favorece la multiplicación de la broca en el interior de los frutos, pero por otro lado los frutos más atractivos son más abundantes al sol, lo que podría tener consecuencias sobre la distribución espacial del insecto a nivel de parcela y de paisaje.

Clima y variabilidad climática

Según el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el clima es el estado medio de los elementos meteorológicos (temperatura, precipitación, humedad, presión y viento) de una localidad considerando un período largo de tiempo. El clima de una localidad está determinado por factores como: latitud, longitud, altitud, orografía y continentalidad (SMN, 2014).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define el clima como “la síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado caracterizada por estadísticos de largo plazo (valores medios, varianza, probabilidades de valores extremos, etc.) de los elementos meteorológicos de dicho lugar”. El intervalo para identificar el clima de un lugar propuesto por la OMM es de 30 años (OMM, 1992).

La variabilidad climática se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente cortos. Durante un año en particular, se registran valores por encima o por debajo de lo normal. La *normal climatológica*, se utiliza para definir y comparar el clima y generalmente representa el valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un período de por lo menos 30 años. A la diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio se le conoce como *anomalía* (Montealegre y Pabon, 2000).

El fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur (ENOS)

Según la definición más aceptada, El Niño corresponde al estado climático en el que la temperatura de la superficie del mar está 0.5 °C o más, por encima de la media del período 1950-1979, por al menos seis meses consecutivos, en la región conocida como “Niño 3” (4°N-4°S, 150°W-90°W) (Trenberth, 1997).

En México el fenómeno de El Niño afecta las lluvias (Magaña y Quintanar 1997). De manera general, se ha observado que las lluvias de invierno se intensifican durante años El Niño en el noroeste y noreste de México, mientras que disminuyen hacia la parte sur (Magaña, 2004). Los inviernos de Niño resultan más fríos en casi todo el país. Por otra parte, los veranos de Niño son más secos y cálidos que los veranos de Niña.

Sin embargo, no es muy claro que los efectos en el clima en diferentes regiones del planeta sean simétricos durante El Niño y La Niña. Incluso, aunque el clima durante años de Niño tiende a seguir un cierto comportamiento (más lluvias, huracanes, etc.), las respuestas climáticas regionales de un año de Niño a otro pueden variar, por lo que se habla de la no linealidad del sistema océano-atmósfera. Además a un evento de El Niño, no siempre sigue uno de La Niña, lo que muestra la no periodicidad del sistema climático (Magaña, 2004).

Para el estado de Veracruz Pereyra Díaz *et al.* (1994), analizaron el efecto que tiene ENSO sobre la sequía interestival, encontrando que el déficit de lluvia es menor o desaparece en años de El Niño para casi todo el estado, excepto para la región montañosa del centro. A pesar del posible aumento anómalo de la lluvia durante el mes de la canícula durante años de El Niño, Pereyra Díaz y Sánchez Rodríguez (1995) encontraron que El Niño es capaz de inducir sequías multianuales sobre el territorio veracruzano.

El índice multivariado del ENSO

Para identificar y definir los eventos ENSO la NOAA ha diseñado varios índices entre los que se encuentra el Índice Multivariado El Niño/Oscilación del Sur (MEI por sus siglas en inglés), el cual se calcula como el primer componente principal sin rotar de seis campos observados y combinados los cuales son: la presión al nivel del mar, las componentes del viento en la superficie con dirección oeste y este, el viento con trayectoria sur y norte, las anomalías de la temperatura a nivel del mar, la temperatura del aire en superficie y la fracción de la cantidad total de la nubosidad en el cielo (Wolter y Timlin, 1993).

Los años en que se ha presentado el fenómeno El Niño según el índice MEI son: 1951, 1957, 1958, 1959, 1963, 1965, 1969, 1972, 1973, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1982, 1983, 1986, 1987, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2009, 2010 y 2012 (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>).

Los años en que se han presentado eventos La Niña según el índice MEI son: 1950, 1951, 1954, 1955, 1956, 1962, 1963, 1964, 1967, 1968, 1970, 1971, 1973, 1974, 1975, 1976, 1985, 1988, 1989, 1998, 1999, 2000, 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011 (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>) (figura 7).

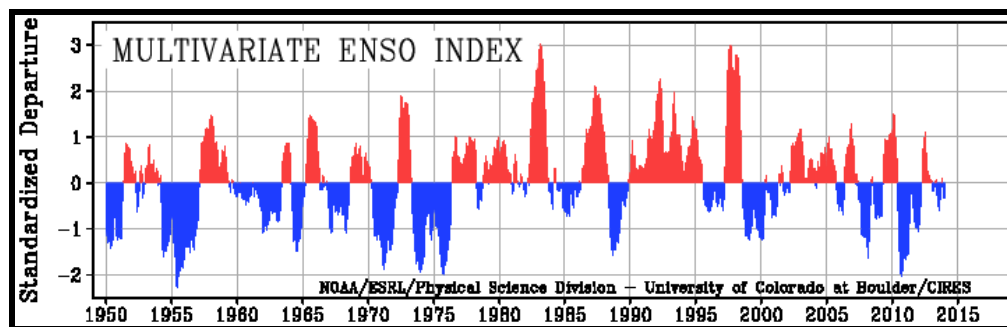


Fig. 7. Índice ENSO multivariado (MEI). Variaciones estandarizadas (sigmas) desde enero de 1950 hasta febrero de 2014

ANTECEDENTES

En Colombia se ha estimado que a una altura de 1,218 msnm un solo fruto brocado tirado en el suelo puede infestar hasta 590 frutos de un árbol en un periodo normal, 150 frutos durante un evento La Niña y 959 frutos durante un evento El Niño (figura 8). En cuanto al porcentaje de infestación un solo fruto en el suelo incrementa el porcentaje de infestación en un árbol de 4.6% hasta 41% durante un periodo normal y del 8.3% hasta el 60.6% durante un periodo de El Niño, entre los rangos altitudinales de 1, 280 y 1, 700 (Cenicafé 2010; Constantino, 2010; Benavides, 2012).

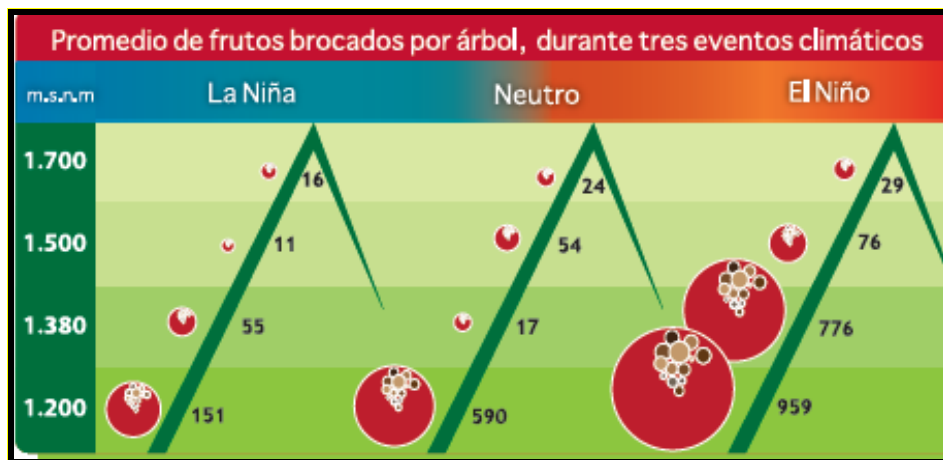


Fig. 8. Promedio de frutos brocados durante tres eventos climáticos (tomado de Cenicafé, 2010)

ÁREA DE ESTUDIO

La Región de Coatepec se localiza en la zona centro del Estado de Veracruz y abarca una superficie de 402, 056 has que corresponden al 5.49% del total del Estado. La superficie cafetalera declarada de la región es de 27,638.26 has, de la cual más del 90% se encuentra en los municipios de Coatepec, Emiliano Zapata, Cosautlán, Xalapa, Jilotepec, Teocelo y Naolinco (figura 9).

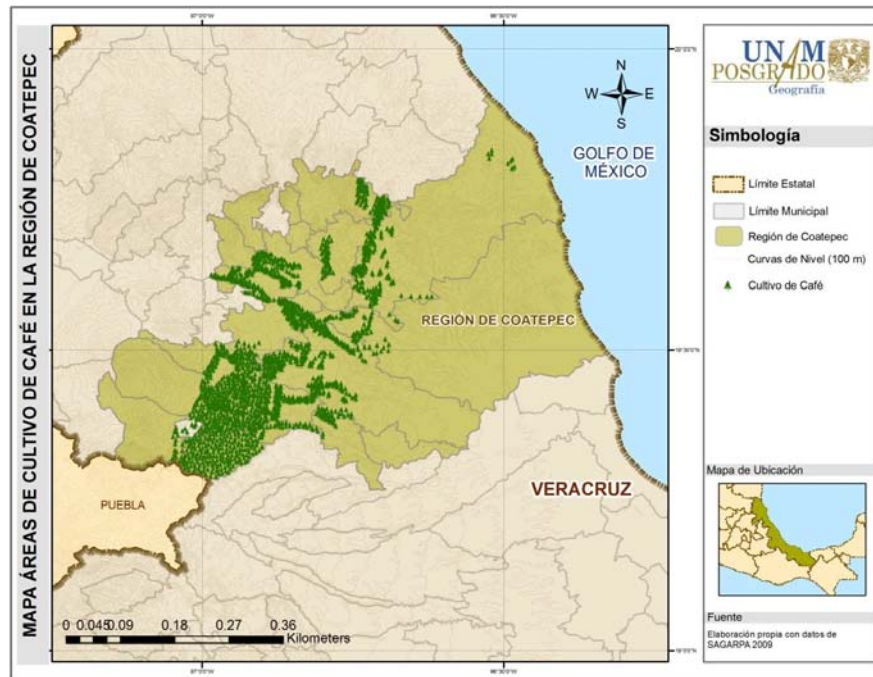


Fig. 9. Localización de la región de Coatepec, Veracruz (tomado de Pérez, 2010)

Clima

En las zonas por debajo de los 400 msnm se presenta el clima cálido subhúmedo con lluvias de verano y un porcentaje de lluvia invernal menor que

5% con clave Aw0. La temperatura del mes más frío es mayor que 18°C y la temperatura media anual es mayor que 22°C (figura 10).

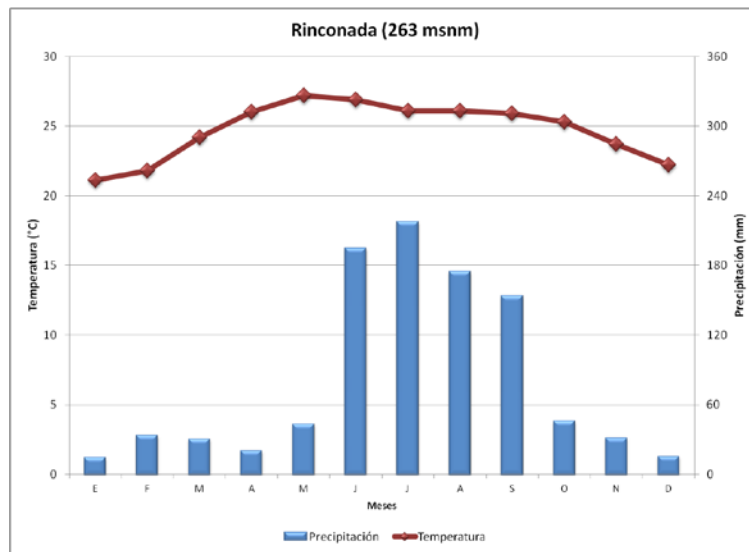


Fig. 10. Climograma de la localidad Rinconada municipio de Emiliano Zapata (263 msnm)

En alturas por encima de los 700 msnm se presenta el clima (A)C(w1) semicálido, templado subhúmedo con lluvias de verano del 5 al 10.2%. La temperatura del mes más frío es menor que 18°C y una temperatura media anual entre 18 y 22°C (figura 11).

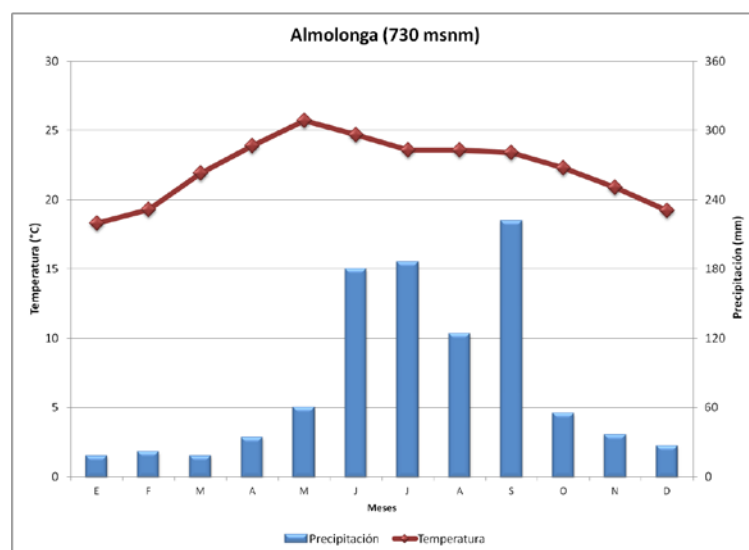


Fig.11. Climograma de la localidad Almolonga municipio de Naolinco (730 msnm)

En zonas entre 1000 y 1200 msnm se presenta el clima de tipo (A)C(m)(f) semicálido, templado húmedo, temperatura media anual mayor de 18°C temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más cálido mayor de 22°C; con precipitación anual mayor de 1,000 mm y precipitación del mes más seco de 0 a 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2 anual (figura 12).

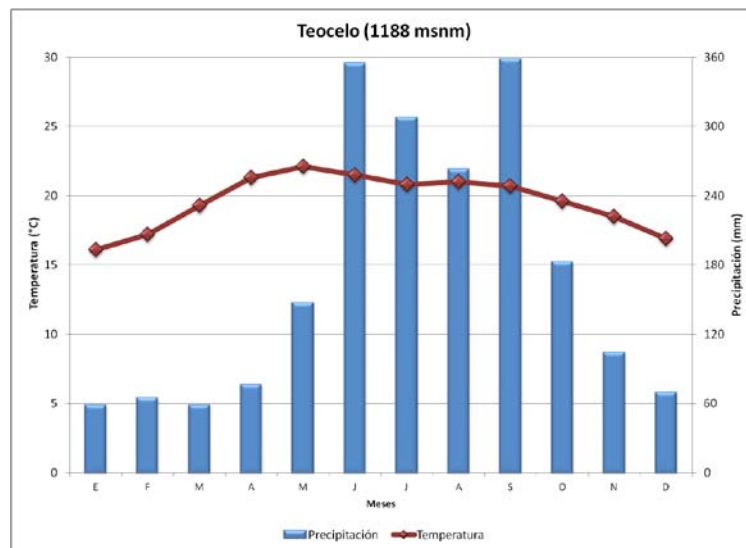


Figura 12. Climograma de la localidad Teocelo municipio de Teocelo (1188 msnm)

Vegetación

Los tipos de vegetación que se encuentran en la región de Coatepec son bosques de pino, selvas bajas caducifolias, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino y selva alta perennifolia (Zarate, 2009; INAFED, 2014). En la región el cultivo de café se sobrepone altitudinalmente con el bosque mesófilo de montaña.

En la región se han registrado 83 especies arbóreas nativas y 24 no nativas al bosque mesófilo o tropical subcaducifolio. Las familias con mayor número de especies identificadas son Leguminosae, Moraceae, Lauraceae, Solanaceae, Anacardiaceae, Euphorbiaceae, Fagaceae, Meliaceae y

Myrtaceae. Algunas de las especies más comunes son *Inga vera* (vainillo, chalahuite), *Citrus* spp. (cítricos), *Trema micrantha* (ixepepe), *Inga jinicuil* (jinicuil), *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaxtle, orejón), *Heliocarpus donnell-smithii* (jonote), *Inga latibracteata* (chalahuite) y *Alchornea latifolia* (carne de caballo), varias de ellas nativas del bosque regional, lo que les confiere importancia en términos de conservación (Williams Linera y López-Gómez, 2008).

Suelos

Los tipos de suelos que se encuentran en la región y en los cuales se realiza el cultivo de café son: *andosoles* (54%) de origen volcánico, color grisáceo y muy susceptibles a la erosión; *litosoles* (23%) tienen una capa superficial oscura y rica en nutrientes y materia orgánica; *feozems* (5%) tienen una marcada acumulación de materia orgánica en la superficie y arcilla en el subsuelo; *vertisoles* (5%) son generalmente negros con un alto contenido de arcilla; *acrisoles* (5%) tienen concentraciones elevadas de arcillas y se desarrollan principalmente sobre productos de alteración de rocas ácidas; *luvisoles* (3%) presentan acumulación de arcilla en el subsuelo; y *regosoles* y *rendzinas* (2.5%) que contienen una capa superficial rica en materia orgánica son poco profundos y moderadamente susceptibles a la erosión (Zárate, 2009).

Orografía

La región de Coatepec, al estar situada en la parte central del Estado de Veracruz sobre las estribaciones del cofre de Perote, presenta una orografía variada en la que predominan sierras con laderas tendidas y sierras altas complejas, lomeríos de llanuras y mesetas de formación basáltica (Zarate, 2009; INAFED, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para dar cumplimiento de los objetivos planteados en el presente estudio en primera instancia se identificaron las principales variables que afectan la incidencia y distribución de la broca del café.

Posteriormente se obtuvieron las normales de temperatura del periodo 1961-1990 de cinco estaciones del SMN ubicadas a diferente altura y con los datos registrados por las mismas estaciones durante fuertes eventos ENSO se calcularon las anomalías de verano (junio, julio y agosto) y otoño (septiembre, octubre y noviembre) que corresponden a las épocas de año en que ocurre la formación y maduración del fruto.

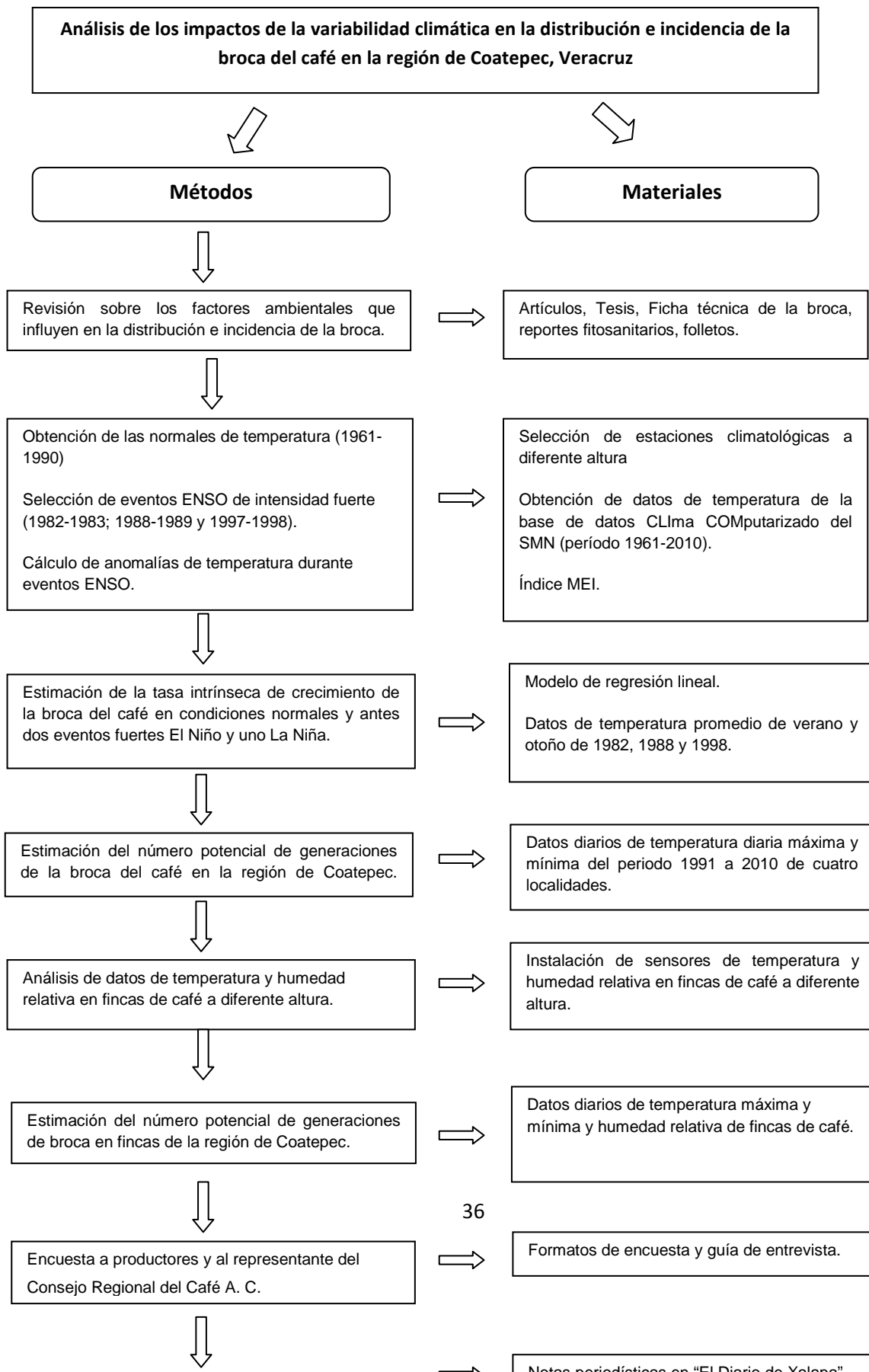
Con las constantes de crecimiento de la broca se estimó la tasa intrínseca de crecimiento de la broca (r) que corresponde al periodo 1961-1990 y a los ENSO seleccionados con el objetivo de identificar los posibles impactos de El Niño y La Niña en la misma.

Con los datos de temperatura mínima y máxima diaria de las estaciones del SMN se calculó el número potencial de generaciones de la broca a diferentes alturas.

Mediante la instalación de sensores de temperatura y humedad relativa en fincas de la región de Coatepec, ubicadas a diferente altura, se obtuvieron las condiciones de temperatura y humedad relativa al interior de las mismas y se estimó el número potencial de generaciones en cada una. Los resultados fueron comparados con los obtenidos de las estaciones del SMN.

Para identificar los periodos con mayores niveles de infestación en la región de Coatepec se realizó una encuesta a productores de la región y una

entrevista a los técnicos de la Campaña Contra la Broca quienes proporcionaron los porcentajes de infestación del periodo 2007-2010.



1. Revisión bibliográfica sobre los factores ambientales que influyen en la incidencia y distribución de la broca del café

Se realizó una revisión bibliográfica sobre las variables ambientales que influyen en la incidencia y distribución de la broca del café para lo cual se consultaron artículos científicos, folletos de divulgación así como la consulta a productores de café y a los técnicos de la Campaña Contra la Broca del Café en el Estado de Veracruz.

2. Obtención de las normales de temperatura promedio 1961-1990

Con los datos de temperatura mínima y máxima de cuatro estaciones del SMN ubicadas a diferente altura se obtuvieron las normales de temperatura promedio del periodo 1961-1990. Se utilizó el periodo base 1961-1990 ya que es sugerido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y también por el Data Distribution Center del IPCC (<http://www.ipcc-data.org/>), porque define mejor el clima actual y cuenta con series de datos observados de mejor calidad.

De las estaciones climatológicas seleccionadas se obtuvieron los datos de temperatura máxima y mínima de la base de datos Clima Computarizado (CLICOM) del Servicio Meteorológico Nacional, esta base fue proporcionada por investigadores de la Unidad de Investigación Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS) de la UNAM.

De la información climática obtenida se extrajeron las variables de temperatura mínima y máxima diaria y se agruparon los datos de forma

mensual y anual. Las normales climatológicas de cada estación se calcularon con los promedios mensuales y anuales. Las estaciones tuvieron un porcentaje de datos mayor al 90%.

Tabla 3. Estaciones del SMN ubicadas en el área de estudio

Clave	Estación	Municipio	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
30141	Rinconada	Emiliano Zapata	19.3528	-96.5639	263
30007	Almolonga	Naolinco	19.5883	-96.7842	730
30140	Rancho Viejo	Emiliano Zapata	19.4469	-96.7836	914
30179	Teocelo	Teocelo	19.3861	-96.9736	1188

3. Efectos del ENSO en la temperatura promedio de verano y otoño en la región de Coatepec, Veracruz.

Con base en el índice multivariado del ENSO (MEI por sus siglas en inglés) se seleccionaron los eventos El Niño de 1982-1983 y 1997-1998 y La Niña de 1988-1989. Estos eventos fueron seleccionados por ser los más intensos del siglo XX. El MEI ha sido usado en otros estudios para analizar los impactos del Niño en México (Conde, 2003; Magaña *et al.* 2004). Según este índice los eventos El Niño se consideran fuertes con anomalías por arriba de 1 y La Niña con anomalías por debajo de -1 (Figura 13).

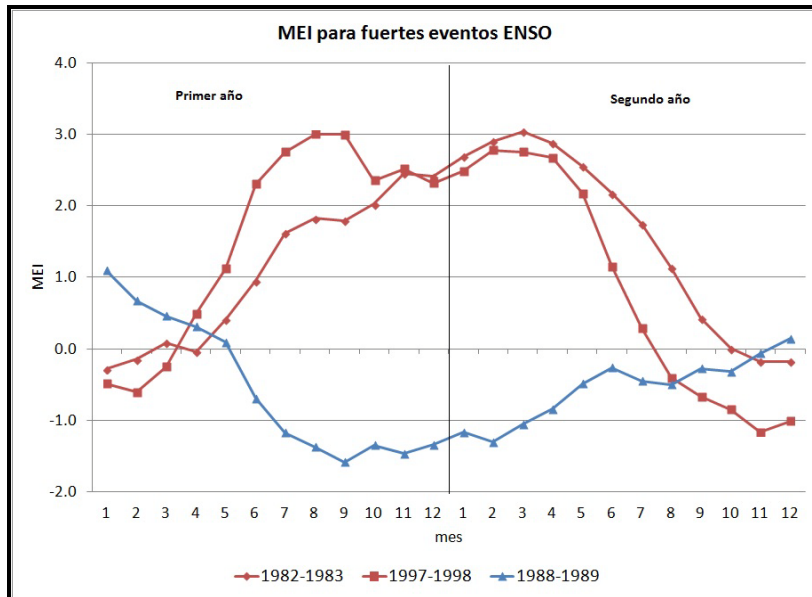


Fig. 13. Índice ENSO multivariado (MEI) para dos fuertes eventos El Niño (1982 – 1983 y 1997 – 1998) y un evento La Niña (1988 – 1989) (Conde, 2003)

En el presente estudio se analizaron los efectos del ENSO en las temperaturas promedio de verano (junio, julio y agosto) y de otoño (septiembre, octubre y noviembre) dado que corresponden a las épocas del año en que ocurren la formación y maduración de los frutos del café y son más susceptibles de ser atacados por la broca.

Con los datos de temperatura promedio de verano y otoño de los eventos ENSO seleccionados se calcularon las anomalías con respecto a la normal climatológica 1961-1990.

4. Estimación de la tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en condiciones normales y antes dos eventos fuertes El Niño y uno La Niña.

Con los datos de temperatura de las cuatro estaciones seleccionadas se calculó la tasa intrínseca de crecimiento (r) de la broca del café en condiciones normales y ante los fuertes eventos El Niño de 1982 y 1998 y La Niña de 1988

para lo cual se utilizaron los datos de verano y otoño de dichos años así como las constantes termales de huevo a adulto obtenidas por Jaramillo *et al.* (2009) que se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Constantes de crecimiento de la broca del café

Estadio	K1	K2
Huevo-adulto	-0.05689	0.00381

Para calcular la tasa de crecimiento se utilizó el modelo de regresión lineal dado por la ecuación

$$Y = K1 + K2T$$

Donde Y fue la tasa de crecimiento, K1 y K2 las constantes de desarrollo para los estadios de la broca y T la temperatura promedio de verano y otoño normal y durante los eventos ENSO de las tres estaciones.

5. Estimación del número potencial de generaciones de la broca del café en cuatro alturas de la región de Coatepec, Veracruz.

Se calculó el número potencial de generaciones en la región de Coatepec utilizando los datos de temperatura máxima y mínima con los datos de cuatro estaciones del SMN durante el período 1991-2010. Las estaciones seleccionadas fueron la 30007 (730 msnm), 30140 (914 msnm) y la 30179 (1188 msnm). Se empleó el período 1991-2010 ya que la broca se reportó por primera vez en el estado de Veracruz en 1991 y los datos de temperatura más recientes de la base CLICOM abarcan hasta el año 2010.

Los días-grado se calcularon entre los 120 y 240 días después de la floración principal, la cual se identificó con los datos de precipitación. Según la bibliografía la floración de los cafetos es estimulada por una precipitación mayor a 10 mm después de un período de sequía. En la región de Coatepec la floración ocurre entre los meses de marzo y abril por lo que con los datos de precipitación de las estaciones del SMN se identificó una lluvia mayor a 10 mm en dichos meses, a partir de los cuales se hizo el conteo de los días grado.

Según Jaramillo *et al.* (2009) la broca requiere un total de 262.47 unidades calor para completar su ciclo de vida y el umbral mínimo para que logre ovipositar es de 14.9 °C, si bien puede sobrevivir a temperaturas de 11.29 °C (Costa Villacorta, 1989). En el presente estudio se utilizó este valor como umbral mínimo para el cálculo de los días grado cuya fórmula se presenta a continuación:

$$\text{Días-grado} = \frac{1}{2} (T_{\text{max}} + T_{\text{min}}) - T_0$$

6. Análisis de datos de temperatura y humedad relativa en fincas de café ubicadas a diferente altura.

Para analizar las diferencias en la temperatura y humedad relativa en las diferentes alturas en que se realiza el cultivo de café en la región de Coatepec se instalaron sensores de temperatura y humedad relativa marca HOBO modelo Pro v2 en tres fincas de café arábigo ubicadas a diferente altura. Los datalogger se colocaron en condiciones similares de sombra y a una altura del suelo de 1.90 m aproximadamente (figura 14).



Fig. 14. Sensor de temperatura y humedad relativa instalado en la localidad Tuzamapan

Los sensores de temperatura y humedad relativa se instalaron el 10 de agosto de 2012 en los predios: "Regina" ubicado en la localidad de Tuzamapan en las coordenadas $19^{\circ} 26' 08.26''$ N y $96^{\circ} 52' 28.37''$ O a una altura de 1055 msnm, "Orduña" en la localidad de La Orduña en las coordenadas $19^{\circ} 28' 02.05''$ N y $96^{\circ} 55' 58.77''$ O a una altura de 1214 msnm en el municipio de Coatepec y "Palomar" en la localidad de Vista Hermosa en las coordenadas $19^{\circ} 36' 44.43''$ N y $96^{\circ} 55' 13.37''$ O a una altura de 1213 msnm en el municipio de Jilotepec. Un cuarto dispositivo se instaló el 4 de marzo de 2013 en la localidad de Chavarrillo en las coordenadas $19^{\circ} 25' 38.10''$ N y $96^{\circ} 47' 0.60''$ O a una altura de 850 msnm (figura 15).



Fig. 15. Ubicación de los sensores de temperatura y humedad relativa en el área de estudio

Con los datos obtenidos con los sensores de temperatura y humedad relativa se crearon bases de datos para analizar el comportamiento diario de las variables de temperatura y humedad relativa promedio desde el 10 de agosto de 2012 y hasta el 29 de enero de 2014. Asimismo, se calculó el número potencial de generaciones de broca en las fincas con los datos diarios de temperatura máxima y mínima contados a partir del 10 de agosto y hasta el 29 de diciembre de 2012 y entre el 24 de julio al 19 de noviembre de 2013. El número potencial de generaciones obtenido con los datos de los equipos HOBO fue comparado con el número obtenido con los datos de las estaciones del SMN para alturas similares.

7. Muestreo en dos fincas de café ubicadas a diferente altura

Para analizar diferencias en los niveles de infestación de la broca se realizó un muestreo en las fincas de Tuzamapan y La Orduña el 26 de octubre de 2013, con base en la metodología del “muestreo al azar simple” empleado por la Campaña Contra la Broca del Café para fincas con superficies de 1 a 3 has (SENASICA, 2008). Para ello se seleccionaron 5 sitios de muestreo distribuidos al azar, de cada sitio se revisaron 5 plantas las cuales se dividieron

imaginariamente en 3 tercios y se tomaron cuatro ramas del tercio medio, las cuales representan los 4 puntos cardinales, de cada rama se revisaron 10 frutos

El muestreo se realizó 150 días después de la floración principal la cual ocurrió a finales del mes de marzo según los productores del CRCC AC.

En total se revisaron 1000 frutos y después se calculó el porcentaje de infestación para cada finca de la siguiente manera:

$$\frac{\text{No. de frutos infestados} \times 100}{1000}$$

8. Encuesta a productores del Consejo Regional del Café de Coatepec A. C.

Para conocer la percepción de los productores de la región sobre los periodos con mayores niveles de infestación de la broca así como las características climáticas de dichos años se aplicó una encuesta a productores del Consejo Regional del Café de Coatepec A. C (CRCC). Para ello se diseñó un formato de encuesta con la colaboración de la Dra. Verónica Bunge del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, el cual se presenta en el anexo 1.

El CRCC es una organización que agrupa a productores de 87 localidades ubicadas en 17 municipios que cultivan una superficie aproximada de 9,000 ha. Los productores han colaborado en distintos proyectos con investigadores del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM para evaluar los impactos de la variabilidad y el cambio climático en el cultivo de café (Díaz, 2011; Pérez, 2012 y Rosales, 2013).

Dado que se ha señalado que los precios del café también influyen en los niveles de infestación, en la encuesta se incluyeron preguntas sobre la frecuencia con que se realizan las actividades de manejo y control de la broca en condiciones normales y cuando los precios del café son bajos.

9. Entrevista a los coordinadores de la Campaña Contra la Broca del Café a nivel estatal y regional.

Para conocer la opinión de los técnicos de la Campaña sobre los factores que influyen en la incidencia y distribución de la broca en el área de estudio se realizó una entrevista al Ing. Armando Méndez Ramos, coordinador de la Campaña a nivel estatal, y a la Ing. Lucía Mendoza Gómez encargada de la región de Coatepec. Para ello se diseñó un cuestionario guía el cual se presenta en el anexo 2.

Asimismo, se solicitaron los porcentajes de infestación disponibles a nivel de municipio los cuales abarcaron el periodo 2007-2010.

10.Revisión hemerográfica

Para corroborar la información obtenida mediante las entrevistas a los productores y técnicos de la campaña se realizó una búsqueda de notas periodísticas relacionadas con aumentos en los niveles de infestación en la región de Coatepec. Para ello se consultaron ejemplares del periódico regional “El Diario de Xalapa” del periodo 2000-2010, en la Unidad de Servicios Bibliotecarios y de Información (USBI) ubicada en la ciudad de Xalapa. La información obtenida mediante esta revisión sirvió para complementar la información proporcionada por los productores y por los coordinadores de la Campaña contra la Broca del Café.

RESULTADOS

1. Revisión bibliográfica sobre las variables ambientales que influyen en la distribución e incidencia de la broca del café.

El umbral mínimo en el cual sobrevive la broca es de 11.9°C según Costa y Villacorta (1989). Sin embargo, Jaramillo *et al.* (2009) encontraron que por debajo de 14.9°C la broca no se reproduce. El intervalo óptimo para el desarrollo de la broca va de los 20 a los 27°C mientras que por encima de los 30 la mortalidad de la broca aumenta significativamente hasta que alcanza el umbral máximo de supervivencia que es de 35°C por encima del cual la broca no sobrevive (Ticheler, 1961; Baker *et al.* 1982; Jaramillo *et al.* 2009).

La humedad relativa mínima en la cual se incrementa la mortalidad de la broca oscila entre el 20 y el 40% (Olvera, 2010). La humedad relativa óptima para que la broca de café sobreviva y se desarrolle ocurre entre 90 y 95% (Baker *et al.*, 1994).

En la tabla 5 se presentan los requerimientos térmicos de la broca del café y de humedad relativa que requiere la broca para su reproducción y desarrollo según la bibliografía consultada.

Tabla 5. Valores de temperatura y humedad que influyen en el desarrollo de la broca del café

Umbral	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Mínimo	≤ 11.9	≤ 20
Optimo	20 - 27	90 - 95
Máximo	≥ 35	--

Además de la temperatura y humedad relativa otros factores ambientales que influyen en la incidencia de la broca del café se describen en la tabla 6.

Tabla 6. Efectos de la altura, precipitación y sombra en la distribución e incidencia de la broca del café

Variable	Efectos
Altura	Niveles de infestación elevados ocurren en sitios con alturas menores a 700 msnm, moderados entre 700 y 900 msnm, bajos entre 1200 y 1500 msnm y nulos por encima de 1500 msnm (Benavides, 2011; Alonzo-Padilla, 1989).
Precipitación	Las lluvias influyen indirectamente en la incidencia de la broca al estimular la floración de los cafetos y permitir la disponibilidad de frutos. Además, favorecen la emergencia de las hembras adultas de los frutos remanentes que permanecen en los árboles durante el periodo intercosecha y de los frutos infestados que caen al suelo (Barrera <i>et al.</i> , 2006).
Sombra	La sombra favorece la multiplicación de la broca en el interior de los frutos, pero los frutos más atractivos son más abundantes al sol (Sánchez, 2011).

2. Normales de temperatura promedio 1961-1990

En la región de Coatepec se presenta un gradiente de temperatura en el cual las mayores temperaturas más cercanas al óptimo de desarrollo de la broca se presentan en alturas por debajo de los 300 msnm como lo mostró la estación Rinconada, ubicada a 263 msnm, cuya temperatura promedio fue de 24.6°C. En la región de Coatepec el cultivo se realiza principalmente por encima de los 700 msnm por lo que la temperatura promedio es menor a los 22.3°C según los datos de las estaciones Almolonga, Rancho Viejo y Teocelo (tabla 7).

Tabla 7. Normales de temperatura promedio anual en cuatro alturas de la región de Coatepec.

Clave	Estación	Altura (msnm)	Temperatura promedio anual 1961-1990 (°C)
30141	Rinconada	263	24.6
30007	Almolonga	730	22.3
30140	Rancho Viejo	914	20.8
30179	Teocelo	1188	19.6

En el verano se presentan mejores condiciones para el desarrollo de la broca ya que la temperatura se incrementa aproximándose al óptimo máximo de desarrollo de la broca que es de 27°C. En el otoño la temperatura media fue similar a la temperatura promedio anual (tabla 8).

Tabla 8. Normales de temperatura promedio de verano y otoño en cuatro alturas de la región de Coatepec

Clave	Estación	Altura (msnm)	Verano (1961-1990)	Otoño (1961-1990)
30141	Rinconada	263	27.8	24.9
30007	Almolonga	730	24.3	22.2
30140	Rancho Viejo	914	22.6	20.7
30179	Teocelo	1188	22.0	19.6

3. Efectos de tres eventos ENSO en la temperatura promedio de verano y otoño

Con los datos de temperatura de 1982, 1988 y 1998 se calcularon las anomalías anuales así como las de verano y otoño para identificar los impactos

de dos eventos El Niño y uno La Niña de intensidad fuerte en la región de Coatepec, los resultados se presentan a continuación.

En el verano de 1982 la estación Rinconada mostró un aumento de 1.5°C, mientras que el resto de las estaciones, registraron anomalías menores a 1°C. En el verano de 1998 las anomalías fueron mayores a 1.5°C, el mayor aumento fue de 3.1°C según los datos de la estación Teocelo (tabla 9).

Tabla 9. Temperatura promedio normal de verano normal y durante dos eventos El Niño

Estación y altura (msnm)	Verano 1961-1990	El Niño 1982	El Niño 1998
	Promedio (°C)	Anomalía (°C)	Anomalía (°C)
Rinconada (263)	27.8	1.5	2.0
Almolonga (730)	24.3	0.3	2.3
Rancho Viejo (914)	22.6	0.5	1.5
Teocelo (1188)	22.0	0.9	3.1

En el otoño de 1982 la estación Rinconada registró una anomalía de 1.1°C, mientras que las otras estaciones mostraron anomalías menores a 1°C. En el otoño de 1998 las mayores anomalías fueron de 1.5°C (estación Naolinco) y 2°C (estación Teocelo) (tablas 10).

Tabla 10. Temperatura promedio normal de otoño y durante dos eventos El Niño

Estación y altura (msnm)	Otoño 1961-1990	El Niño 1982	El Niño 1998
	Promedio (°C)	Anomalía (°C)	Anomalía (°C)
Rinconada (263)	24.9	1.1	1.2
Almolonga (730)	22.2	0.8	1.6
Rancho Viejo (914)	20.7	0	3.5
Teocelo (1188)	19.6	0.5	2.6

En el caso del evento La Niña de 1988 los resultados mostraron que en el verano la mayor anomalía fue de -3.8°C según los datos de la estación Rancho Viejo (tabla 11).

Tabla 11. Temperatura promedio normal de verano y durante un evento La Niña

Estación y altura (msnm)	Normal 1961-1990	La Niña 1988	
	Promedio (°C)	Promedio (°C)	Anomalía (°C)
Rinconada (263)	26.3	23.5	-2.8
Almolonga (730)	24.0	24.7	0.7
Rancho Viejo (914)	22.1	18.2	-3.9
Teocelo (1188)	21.1	21.6	0.5

En el otoño de 1988 la mayor anomalía fue de -3.6°C , mientras que el resto de anomalías no fueron mayores de 1°C por lo que las condiciones fueron parecidas a la normal (tabla 12).

Tabla 12. Temperatura promedio normal de otoño y durante un evento La Niña

Estación y altura (msnm)	Normal 1961-1990	La Niña 1988	
	Promedio ($^{\circ}\text{C}$)	Anomalía ($^{\circ}\text{C}$)	Promedio ($^{\circ}\text{C}$)
Rinconada (263)	24.9	21.3	-3.6
Almolonga (730)	22.2	21.6	-0.6
Rancho Viejo (914)	20.7	21.6	0.9
Teocelo (1188)	19.6	19.8	0.2

Los resultados indican que el evento de 1998 fue más intenso que el de 1982 no obstante que ambos fueron considerados los más intensos del siglo XX. Las anomalías registradas durante el evento de 1998 pudieron favorecer el desarrollo de la broca al aproximarse a su óptimo. En el caso de La Niña la temperatura mostró los mayores descensos en el verano, mientras que en el otoño las anomalías fueron menores a 1°C en las zonas altas.

4. Estimación de la tasa intrínseca de crecimiento en condiciones normales y durante eventos ENSO

Con los datos de temperatura normal y de los eventos fuertes El Niño y La Niña se calculó la tasa intrínseca de crecimiento de la broca para el verano y otoño. Para ello, se utilizaron los datos de temperatura de las cuatro estaciones

del SMN y las constantes de desarrollo de la broca del café de huevo a adulto, obtenidas por Jaramillo *et al.* (2009).

Los resultados mostraron que la tasa intrínseca de crecimiento (r) de la broca del café aumenta conforme disminuye la altura y en el verano es mayor que en el otoño por las condiciones de temperatura más cálidas (figura 16).

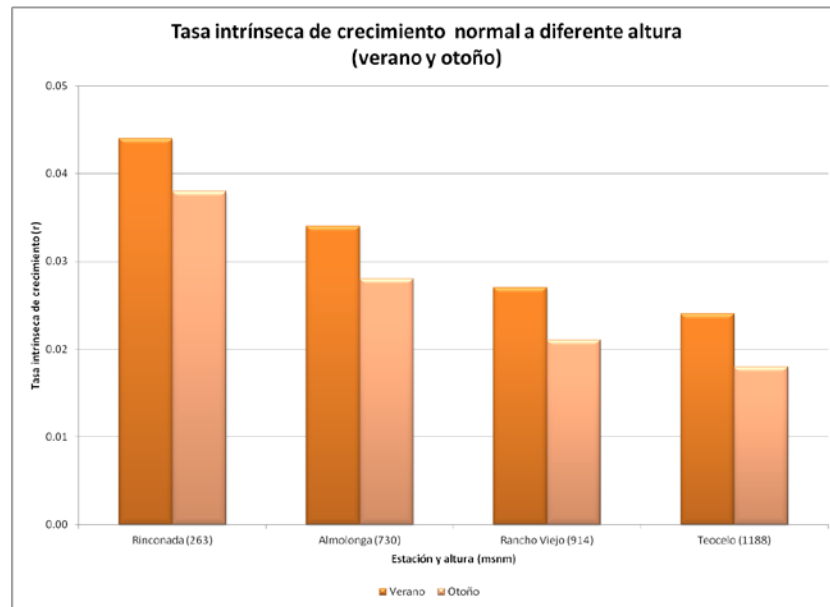


Fig. 16. Tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en cuatro alturas durante el verano y otoño

El modelo de regresión lineal y las constantes de crecimiento de la broca mostraron que durante los eventos El Niño la tasa intrínseca de crecimiento de la broca se puede incrementar debido al aumento de la temperatura promedio. Por ejemplo, en el verano de 1982 el mayor aumento fue de 1.5°C (estación Rinconada) por lo que la tasa intrínseca de crecimiento paso de 0.044 a 0.049 (día^{-1}). En el verano de 1998, el mayor aumento fue de 3.1°C (estación Teocelo) por lo que la tasa intrínseca paso de 0.024 a 0.036 (día^{-1}) (figura 17).

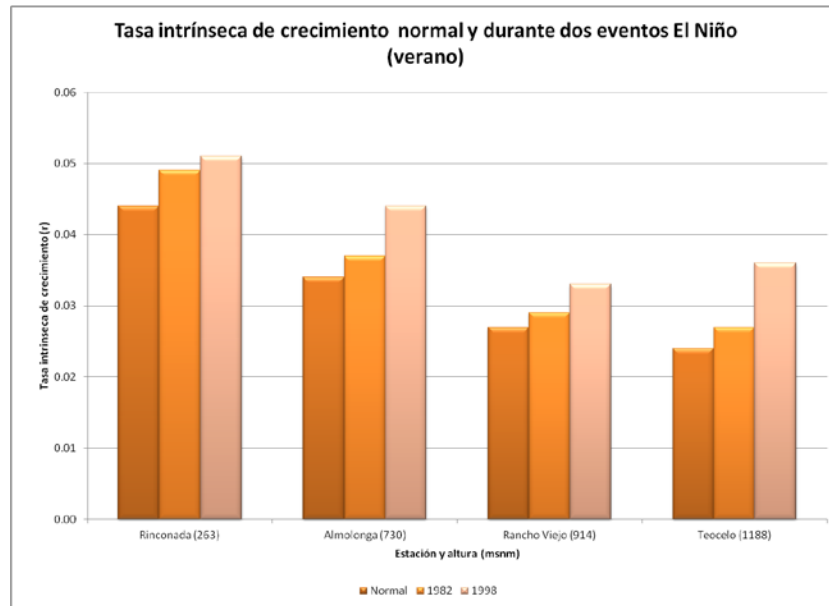


Fig. 17. Tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en cuatro alturas durante dos eventos El Niño (verano)

En el otoño de 1982 el mayor aumento de temperatura fue de 1.1°C por lo que la tasa de crecimiento paso de 0.038 a 0.042 (día⁻¹). En el otoño de 1998 la mayor anomalía fue de 3.5°C por lo que la tasa paso de 0.028 a 0.044 (día⁻¹) (figura 18).

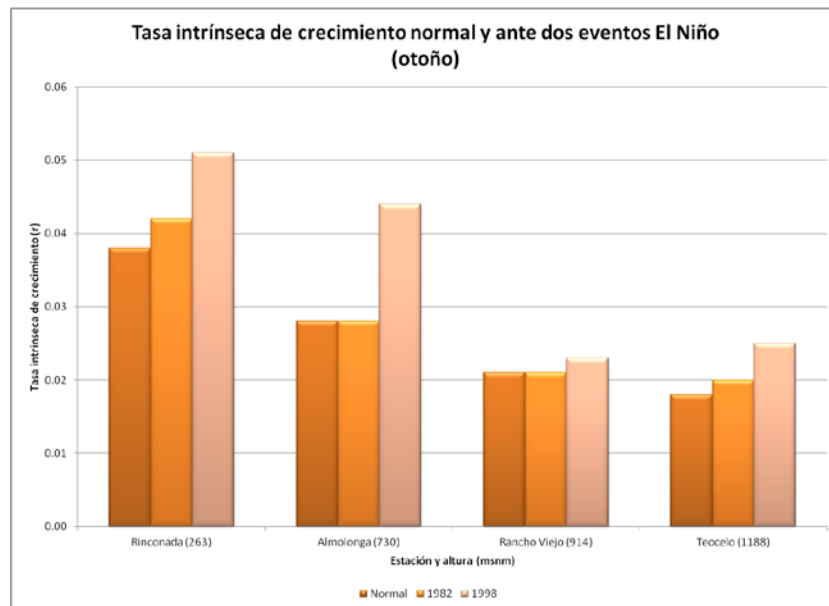


Fig. 18. Tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en cuatro alturas durante dos eventos El Niño (otoño)

En el caso del evento La Niña de 1988, la mayor anomalía fue de -3.9°C por lo que la tasa intrínseca paso de 0.027 a 0.007 (día^{-1}) (figura 19).

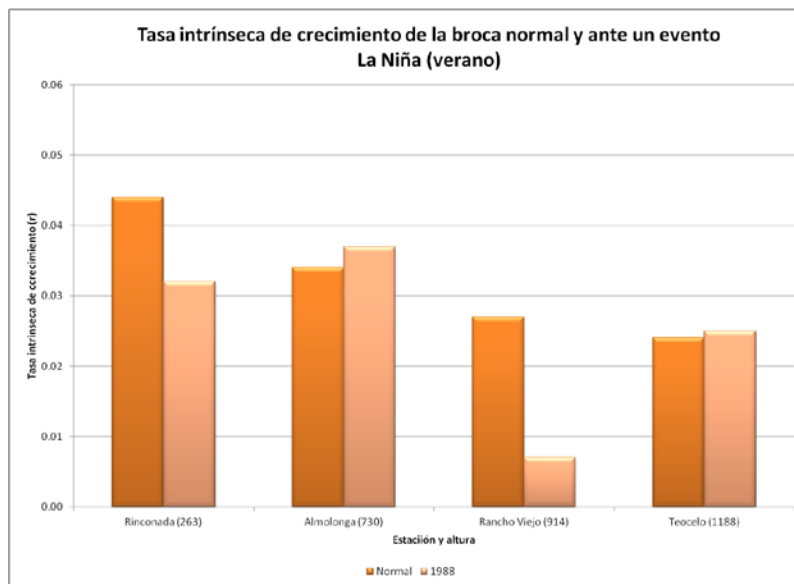


Fig. 19. Tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en cuatro alturas y durante un evento La Niña (verano)

Durante el otoño de 1988 la mayor anomalía fue de -3.6°C por lo que la tasa paso de 0.038 a 0.024 (día^{-1}) según los datos de la estación Rinconada ubicada a 263 msnm (figura 20).

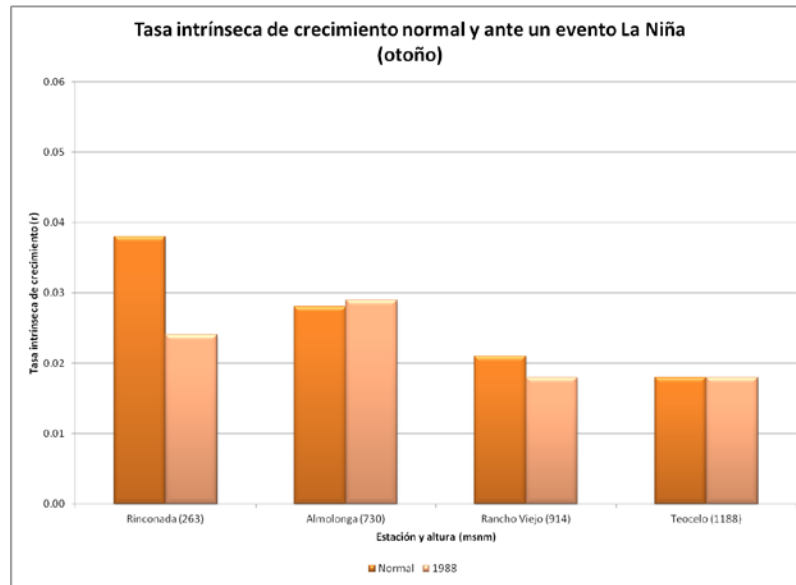


Fig. 20. Tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café en cuatro alturas y durante un evento La Niña (otoño)

5. Estimación del número potencial de generaciones de la broca del café en cuatro localidades de la región de Coatepec, Veracruz.

Con los datos de temperatura máxima y mínima de cuatro estaciones del SMN se calculó el número potencial de generaciones de la broca del café en la región de Coatepec del período 1991-2010. Para ello se realizó la suma de días-grado contados entre los 120 y 240 días después de la floración principal, la cual se identificó por una precipitación mayor a 10 mm entre los meses de marzo y abril. Las localidades seleccionadas para calcular el número potencial de generaciones fueron Almolonga (730 msnm), Rancho Viejo (914 msnm), Teocelo (1188 msnm) y Naolinco (1542 msnm).

El número potencial de generaciones de la broca estimado con los datos de temperatura máxima y mínima del periodo 1991-2010 de cuatro estaciones del SMN fue de 4 (± 0.3) para Almolonga (730 msnm), 3 (± 0.3) para Rancho Viejo (914 msnm), 3.1 (± 0.4) para Teocelo (1188 msnm) y de 1.6 (± 0.3) para Naolinco ubicada a 1512 msnm (figura 24).

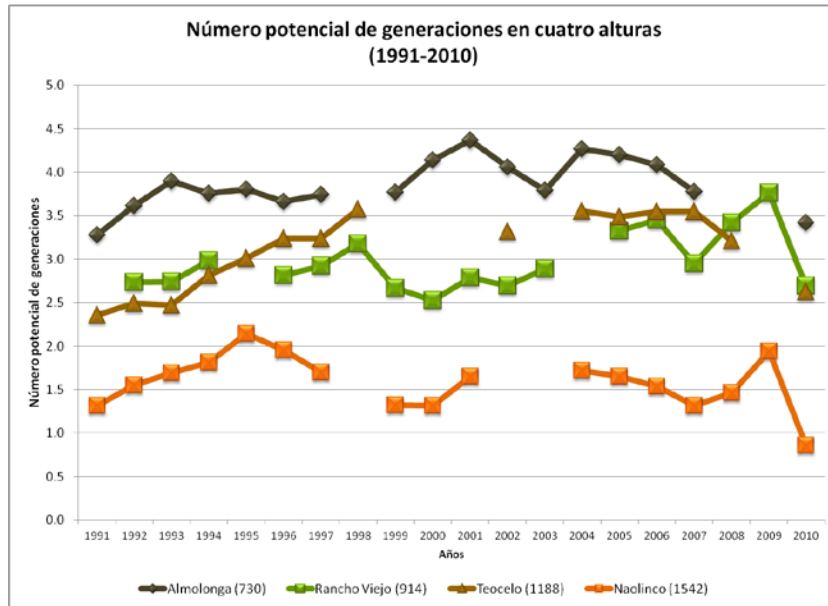


Fig. 21. Número potencial de generaciones en cuatro localidades de la región de Coatepec

En la región de Coatepec el cultivo se realiza principalmente entre los 900 y 1200 msnm por lo que el número de generaciones promedio en dicha altura oscila entre 2.5 y 3.8.

6. Análisis de la temperatura y humedad relativa en dos fincas de café a diferente altura

De los cuatro sensores de temperatura y humedad relativa colocados en cuatro fincas ubicadas a diferente altura sólo se obtuvo información de los equipos instalados en las localidades de Tuzamapan (1055 msnm) y La Orduña (1214 msnm) debido a la pérdida y descompostura de los equipos colocados en Vista Hermosa y Chavarrillo. Los resultados obtenidos con los sensores de temperatura y humedad relativa para el año 2013 se describen a continuación.

En la finca ubicada en la localidad de Tuzamapan la temperatura promedio del año 2013 fue de 19.7°C, la máxima fue de 23.5°C y la mínima de 15.8°C. Los meses más cálidos fueron mayo y junio con temperaturas promedio

de 21.5°C y 21.4°C, mínimas de 17.4°C y 17.3°C y máximas de 25.6°C y 25.4°C. El mes más frío fue enero con una temperatura media de 16.6°C, una mínima de 12.8°C y una máxima de 20.4°C (fig. 22).

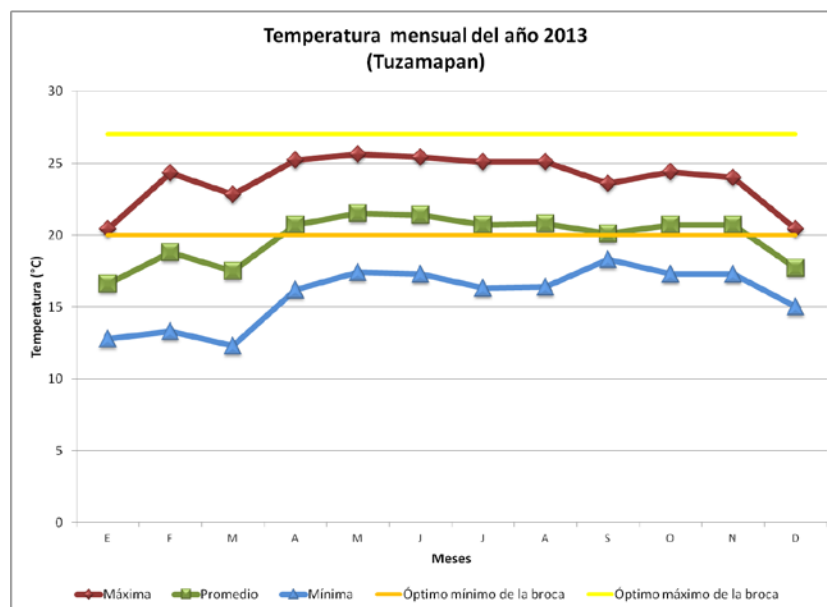


Fig. 22. Temperatura máxima, mínima y promedio mensual en la localidad Tuzamapan

La humedad relativa promedio del año 2013 fue de 87.4%. El mes más húmedo fue septiembre con un valor promedio del 95.7% y los menos húmedos fueron marzo y abril con valores promedio de 80.8% (figura 23).

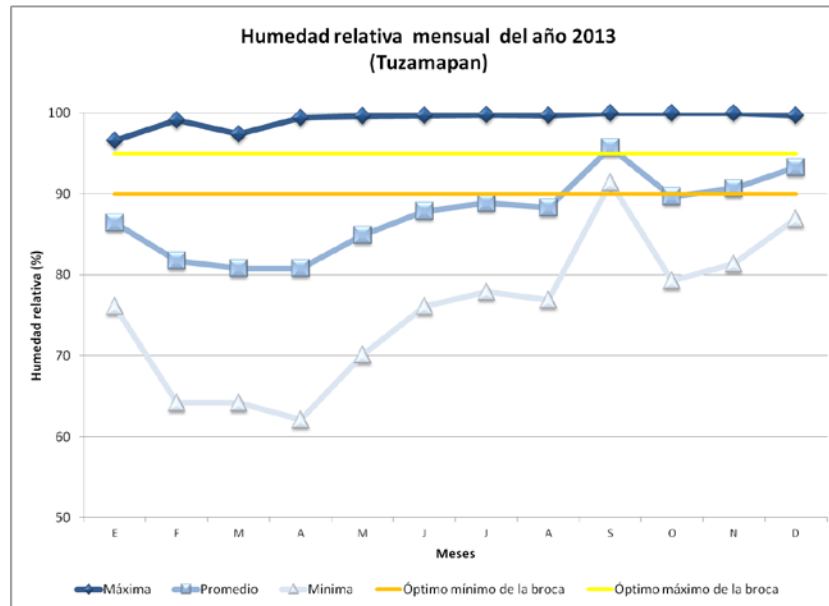


Fig. 23. Humedad relativa máxima, mínima y promedio mensual en la localidad Tuzamapan

En la finca ubicada en la localidad La Orduña (1218 msnm) la temperatura promedio durante el año 2013 fue de 18.7 °C con una máxima de 22.9 y una mínima de 14.5°C (figura 24). La temperatura promedio de verano fue de 19.9°C y de otoño fue de 19.4°C.

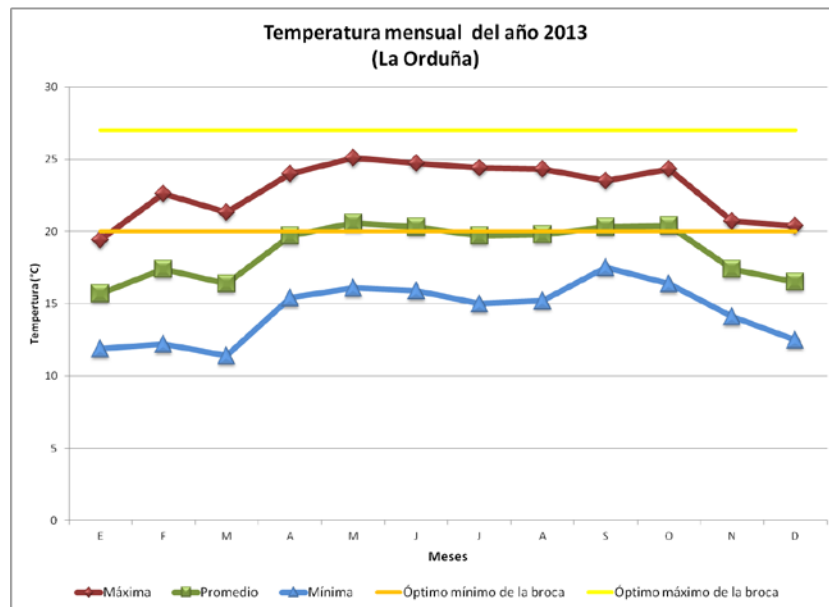


Fig. 24. Temperatura máxima, mínima y promedio mensual en la localidad La Orduña

La humedad relativa promedio del año 2013 de la finca ubicada en La Orduña fue de 90.7%. El mes más húmedo fue septiembre con un valor promedio del 94.4% y el menos húmedo fue marzo con un valor promedio fue del 81.4% (figura 25).

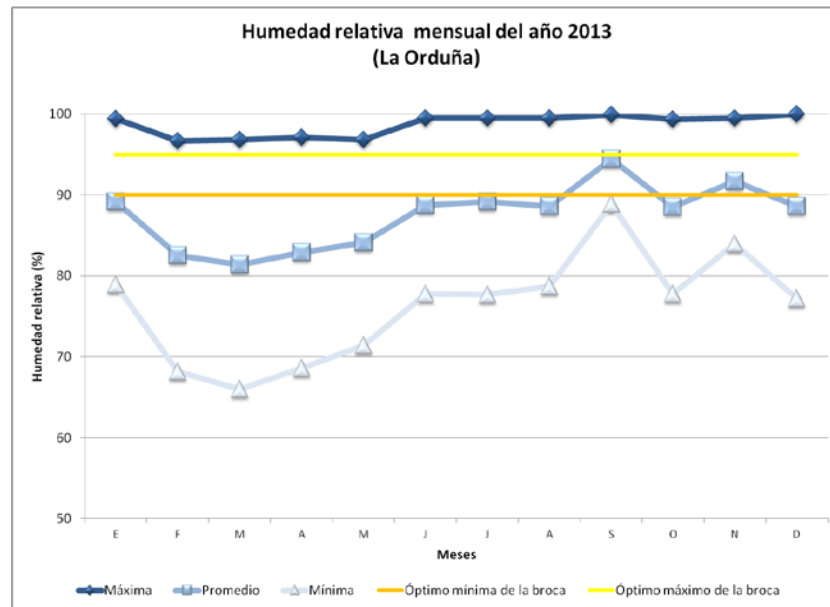


Fig. 25. Humedad relativa máxima, mínima y promedio mensual en la localidad La Orduña

Con respecto a la variación diaria de la temperatura en la finca de Tuzamapan se encontró que las temperaturas más cercanas al óptimo de desarrollo de la broca ocurren entre las 12:00 y las 4:00 pm (figura 26).

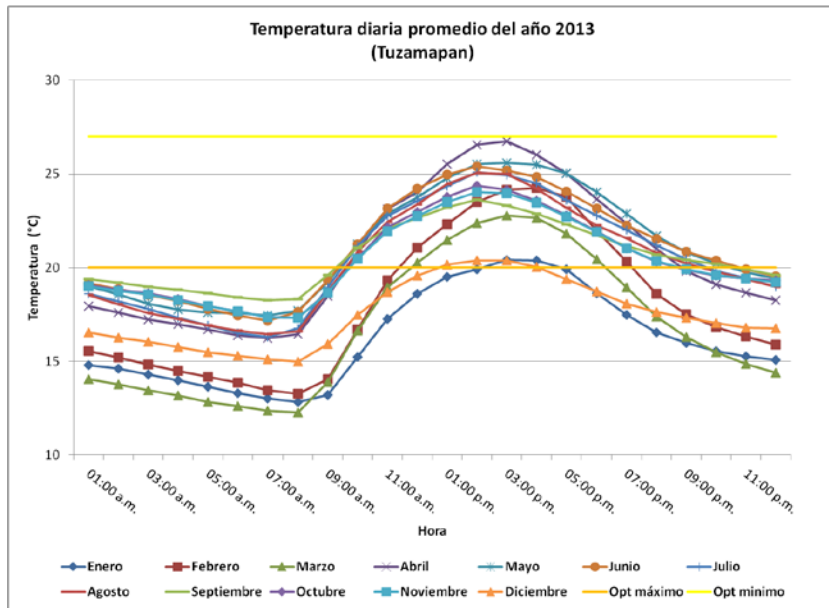


Fig. 26. Temperatura diaria promedio en la finca Tuzamapan

La humedad relativa promedio alcanzó sus máximos valores (mayores al 95%) entre la 1:00 y las 9:00 am. Mientras que los valores más bajos ocurren entre las 1:00 y 3:00 pm (figura 27).

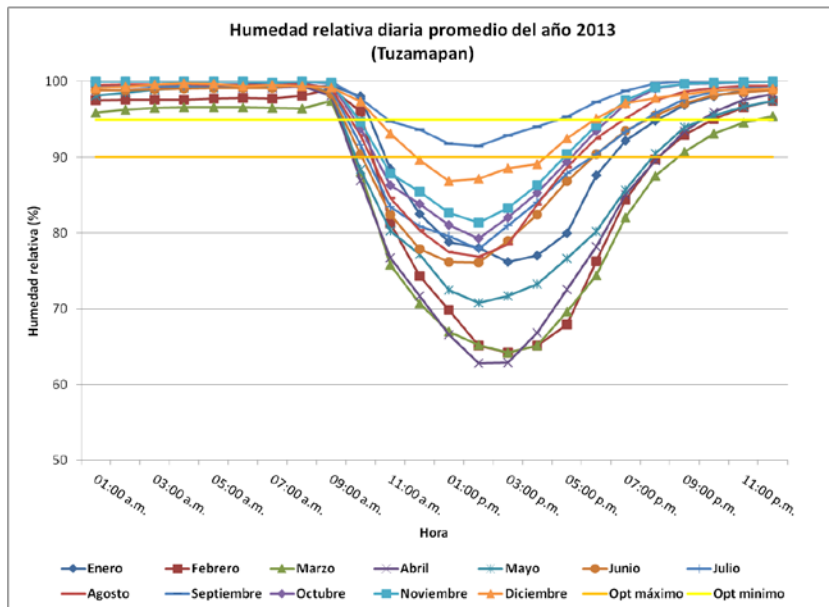


Fig. 27. Humedad relativa diaria promedio en la finca Tuzamapan

En el caso de la finca ubicada en La Orduña las máximas temperaturas diarias se presentaron entre las 12:00 y 4:00 pm. En el mes de abril se presentaron las máximas temperaturas que no superaron los 25°C mientras que en el mes de enero la temperatura se mantuvo por debajo de los 20°C incluso en las horas más cálidas del día (figura 28).

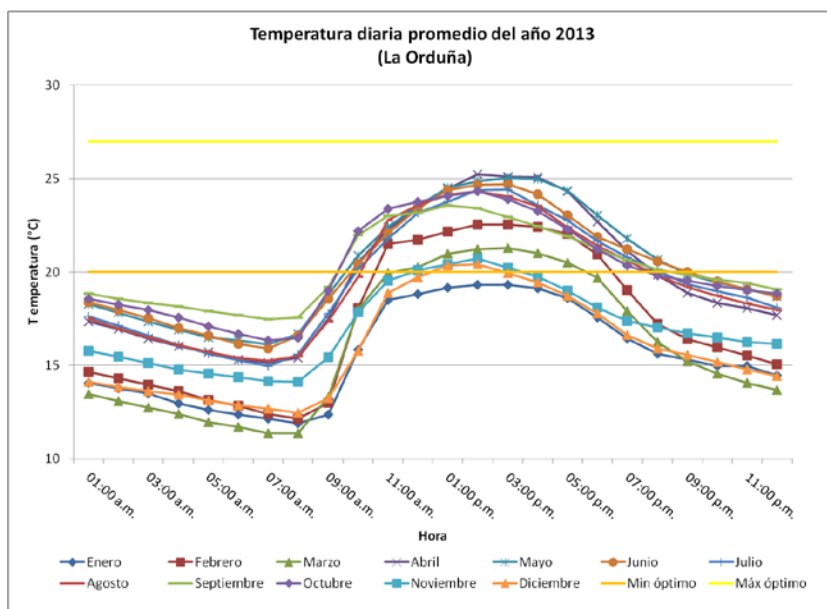


Fig. 28. Temperatura diaria promedio en la finca La Orduña

En el caso de la humedad relativa diaria se encontró que valores más cercanos al óptimo de desarrollo de la broca (90 al 95%) se presentaron entre la 1:00 am y las 9:00 am mientras que esta se redujo entre las 10:00 am y las 5:00 pm, el mes más seco fue marzo con una humedad menor al 70% entre las 11:00 am y las 4:00 pm (figura 29).

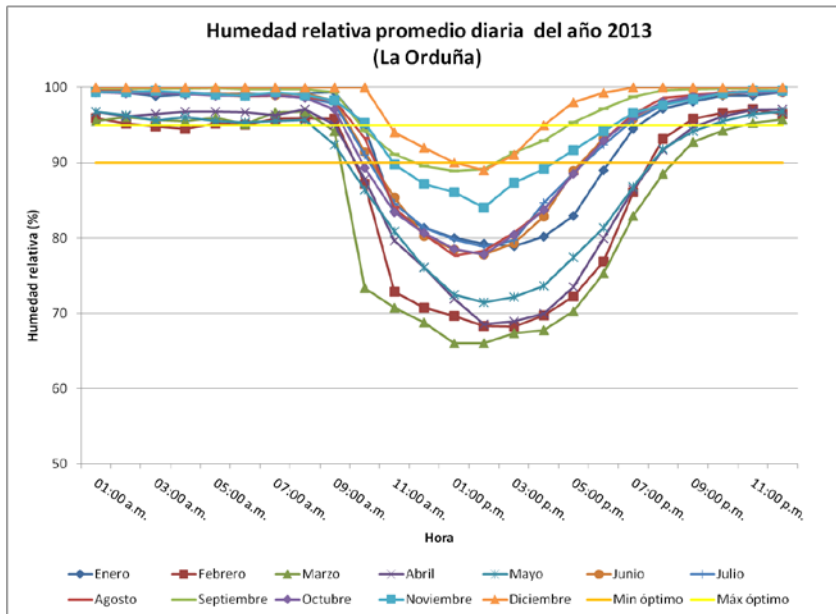


Fig. 29. Humedad relativa diaria promedio en la finca La Orduña

Con los datos de los sensores de temperatura y humedad relativa se calculó el número potencial de generaciones de broca del café para las dos fincas utilizando el método de días grado acumulados a partir del día 10 de agosto al 9 de diciembre de 2012 y del 25 de julio al 21 de noviembre de 2013. En el primer caso el conteo se realizó a partir de la fecha de instalación de los sensores de temperatura y humedad relativa y en el segundo a partir de la fecha de la floración principal que ocurrió el 27 de marzo según los productores del CRCC.

Para el año 2012 la suma de días grado para la finca Tuzamapan (1055 msnm) dio como resultado un total de 565.7 unidades calor o días-grado, lo cual equivale a 2.2 generaciones, mientras que para el año 2013 el total fue de 730.2, lo que equivale a 2.8 generaciones.

Para el año 2012 la suma de días grado para la finca La Orduña (1214 msnm) dio como resultado un total de 570.3 unidades calor lo cual equivale a 2.2 generaciones, mientras que para el año 2013 fue de 673.1, lo que equivale a 2.5 generaciones.

Los resultados indican que el número potencial de generaciones fue mayor en la finca Tuzamapan, lo cual se debe a que hay una diferencia de temperatura entre ambas fincas que va de 1 a 2°C.

Asimismo, el número potencial de generaciones obtenido con los registradores de temperatura fue menor al esperado con los datos de las estaciones del SMN, lo cual se debe fundamentalmente a que la temperatura es menor al interior del cafetal por efecto de la sombra.

7. Muestreo en dos fincas de café de la región de Coatepec

Se revisaron 1000 frutos en cada uno de los predios, de los cuales se encontraron 23 frutos dañados en la finca Tuzamapan y 2 frutos en la finca La Orduña. Esto equivale al 2.5 % de infestación para la finca Tuzamapan mientras que para la finca La Orduña fue del 0.2 % es decir, en ambas fincas el porcentaje de infestación fue bajo y estuvo por debajo del umbral de daño económico que es del 5%.

La diferencia en el porcentaje de infestación se debe tanto a la diferencia en la temperatura como a las actividades de manejo que se realizan ya que en La Orduña se realizan con mayor frecuencia actividades tales como renovación de plantas, fertilización, control de malezas, podas y colocación de trampas, mientras que en la finca Tuzamapan no se observó la realización de estas actividades en el año 2013.

8. Encuesta a productores del Consejo Regional del Café de Coatepec A. C.

El día 28 de julio de 2013 se realizó una encuesta a productores del CRCC en la sede de la organización. En la encuesta se contó con la participación de 26 productores de 16 comunidades que se ubican en los municipios de Coatepec, Cosautlán, Emiliano Zapata, Xico, Teocelo y Jilotepec (tabla 12).

Tabla 13. Localidades representadas por los productores del CRCC en la encuesta

Municipio	Localidad
Coatepec	Las Lomas El Grande Vista Hermosa Puerto Rico Mahuixtlan Pacho Viejo
Cosautlán	Emiliano Zapata Vista Hermosa
Emiliano Zapata	Rancho Viejo Palmarejo
Jilotepec	Las Lomas
Teocelo	Llano Grande Monte Blanco Baxtla
Xalapa	Chiltoyac
Xico	San Marcos La Laguna

➤ **Edad de los productores y del cafetal**

La edad promedio de los productores entrevistados fue de 67 años. La edad promedio de los cafetales fue de 40 años.

➤ **Tamaño de las fincas y tipo de propiedad**

Los resultados de la encuesta mostraron que el tipo de propiedad predominante de los productores del CRCC fue ejidal y que la mayoría de las fincas miden menos de 2 ha (figura 30 y 31).

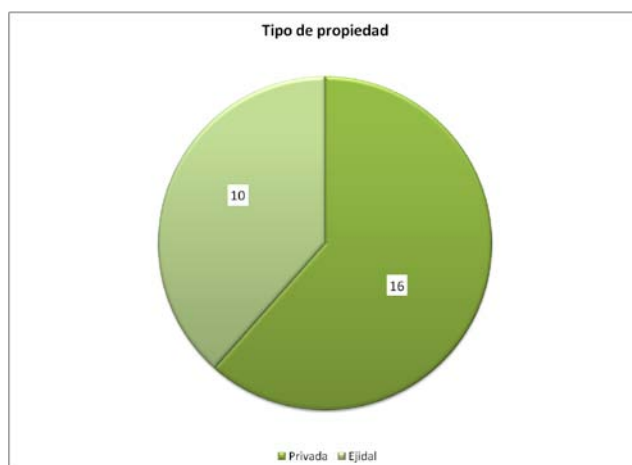


Fig. 30. Tipo de propiedad de los productores del CRCC



Figura 31. Tamaño de las fincas de los productores del CRCC

➤ **Años con niveles de infestación elevados**

Según los productores del CRCC los mayores niveles de infestación se observaron en el periodo 2000-2012, siendo el año 2009 el más citado. Sólo 1 productor respondió nunca haber tenido problemas de broca y 2 no recordaron (figura 32).

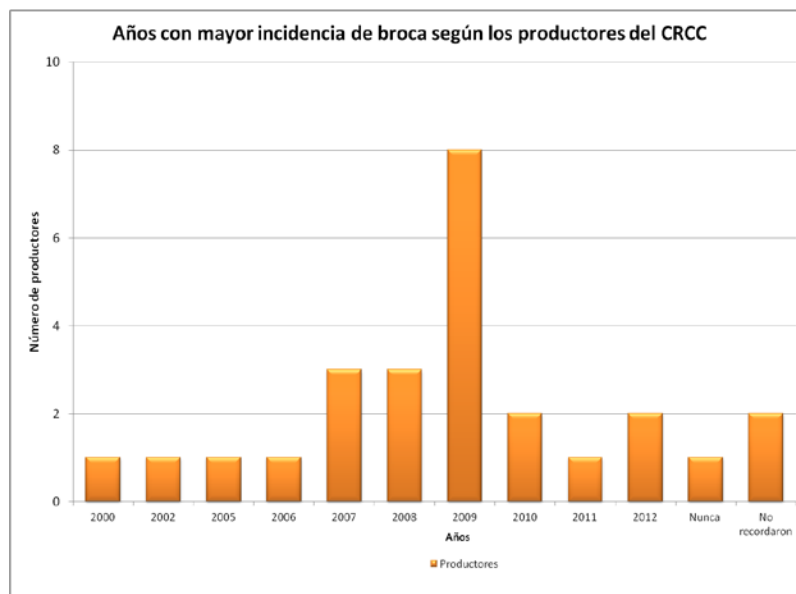


Fig. 32. Años con mayor incidencia de broca según los productores del CRCC

➤ **Características climáticas de los años con mayor incidencia de broca**

La mayoría de los productores consideraron que durante los años con mayor incidencia de broca, que abarcan el periodo 2000-2012, las condiciones de temperatura fueron cálidas con respecto a las condiciones normales (figura 33).

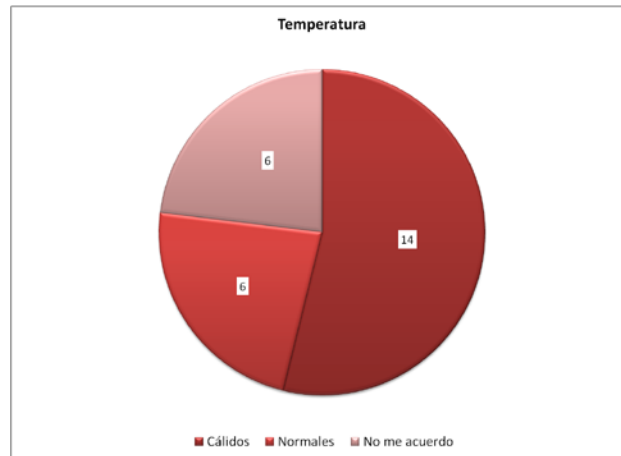


Fig. 33. Características de la temperatura durante los años con mayor presencia de broca según los productores del CRCC

La mayoría de los productores consideraron que los años con mayor presencia de broca fueron lluviosos, a pesar de que más de una tercera parte no recordó (figura 34).

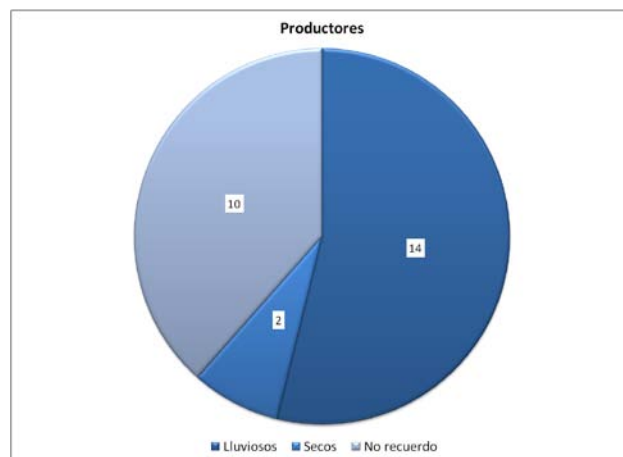


Fig. 34. Características de la precipitación durante los años con mayor presencia de broca según los productores del CRCC

La percepción de los productores sobre las condiciones de temperatura y precipitación durante los años con mayor incidencia de broca fueron

corroboradas con los datos de temperatura y precipitación del periodo 2001-2010 registrados por la estación Teocelo ubicada a 1188 msnm.

Las anomalías de temperatura durante los veranos de 2001 a 2010 muestran que ésta se mantuvo por encima de la normal en todos los casos y fueron de 1.2 a 3.9°C. Los años con aumentos mayores a 2°C fueron 2002, 2004, 2005, 2007, 2008 y 2009 (figura 35).

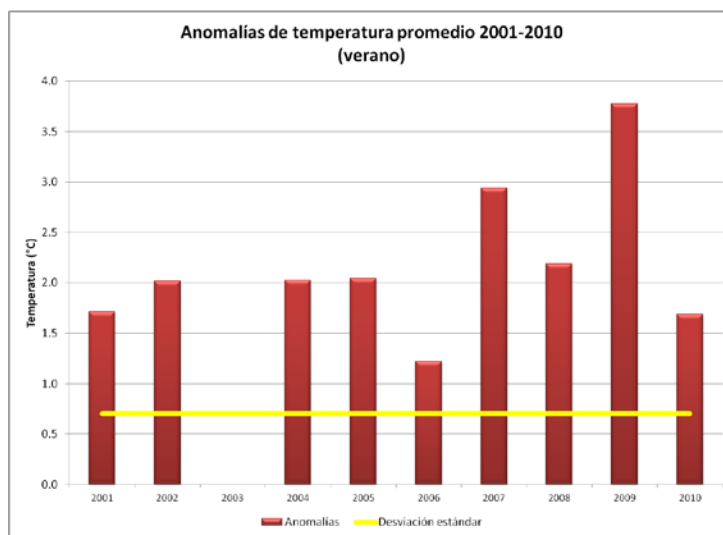


Fig. 35. Anomalías de temperatura promedio anual 2000-2010 en verano (estación Teocelo)

En el caso de los otoños del periodo 2001-2010, la temperatura también se encontró por encima de la normal en la mayoría de los casos con excepción del año 2010 en que fue menor a 0.5°C. Los otoños con aumentos mayores a 2°C fueron 2004, 2006 y 2007 (figura 36).

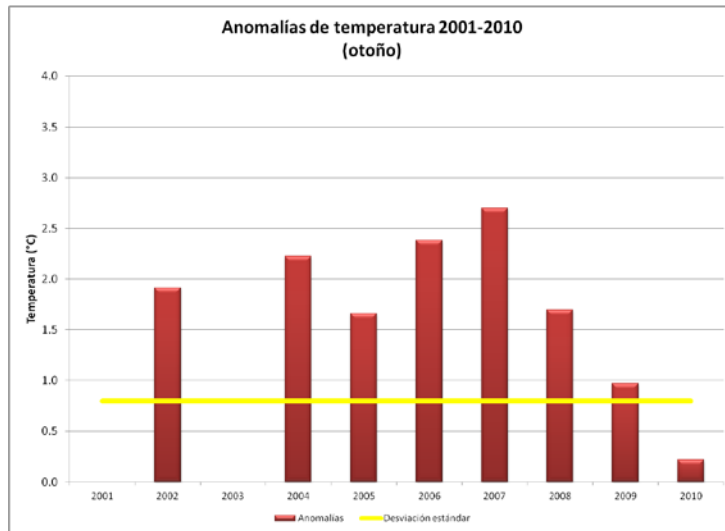


Fig. 36. Anomalías de temperatura promedio anual 2000-2010 en otoño (estación Teocelo)

En el caso de la precipitación, durante el periodo 2001-2010 la mayoría de los veranos fueron lluviosos ya que la precipitación se mantuvo por encima del valor normal que fue de 648 mm. El año más lluvioso fue 2008 debido a que la precipitación fue de 1200 mm. Mientras que el más seco fue 2009 ya que la precipitación fue de 339 mm.

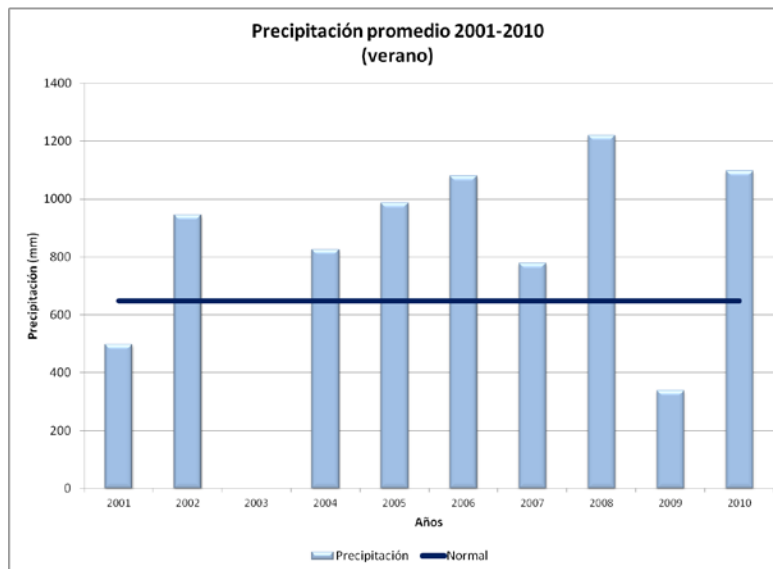


Fig. 37. Precipitación promedio acumulada del periodo 2000-2010 durante el verano (Teocelo)

En los otoños del mismo periodo la precipitación se mantuvo en un nivel similar a la normal o por encima de ésta. El otoño de 2002 fue el más lluvioso ya que la precipitación fue de 820 mm, casi el doble de la normal. En el resto de los años se mantuvo por encima de la normal tal como se observa en la figura 38.

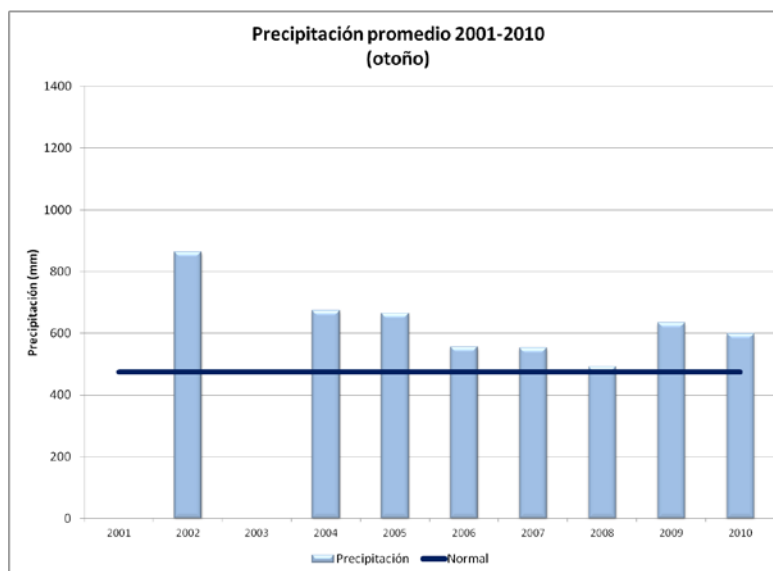


Fig. 38. Precipitación promedio acumulada del periodo 2000-2010 durante el otoño (Teocelo)

➤ **Influencia de los precios en la incidencia de la broca del café y en las actividades de manejo y control.**

La mayoría de los productores del CRCC consideraron que durante los años con mayor incidencia de la broca los precios del café fueron bajos, aunque un número parecido consideró que fueron altos por lo que el efecto de los precios no fue del todo claro. En el caso de la producción la mayoría contestó que fue alta (figura 39 y 40).

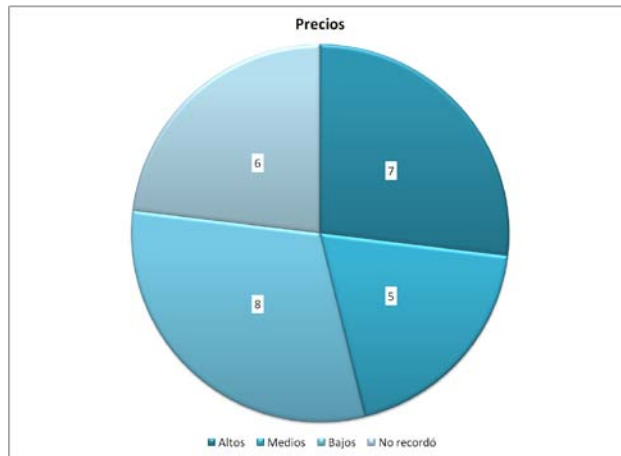


Figura 39. Características de los precios del café durante los años con mayor nivel de infestación

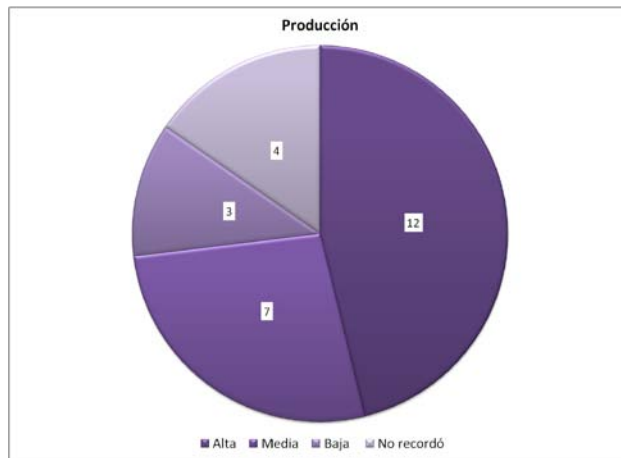


Fig. 40. Características de la producción del café durante los años con mayor nivel de infestación

➤ **Efecto de los precios bajos en las actividades de manejo y control**

La mayoría de los productores respondieron que aún cuando los precios del café son bajos siempre realizan las podas, regulación de sombra, recolección de frutos del suelo y control de malezas (figura 41).

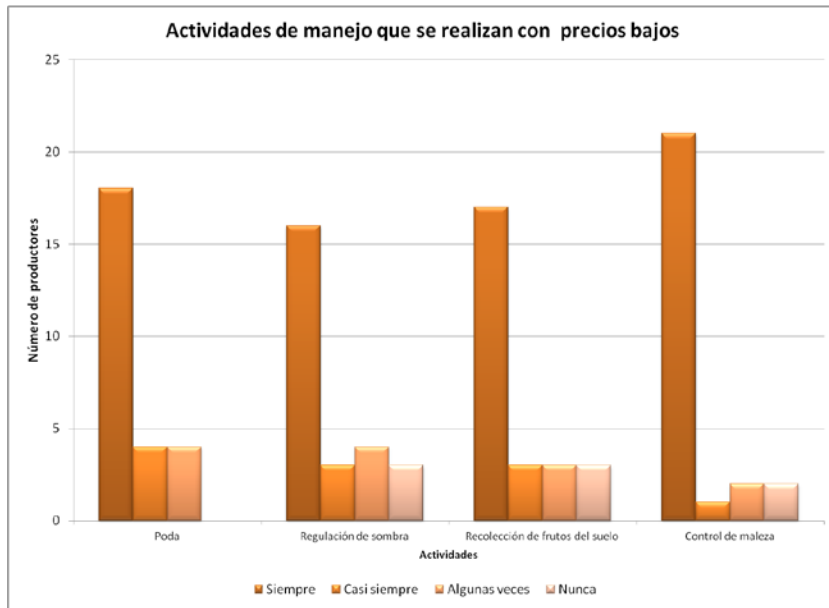


Fig. 41. Actividades de manejo que se realizan cuando los precios del café son bajos

En condiciones de precios normales el principal tipo de control empleado fue el trampeo o control etológico y los menos empleados fueron el control biológico y químico (figura 42).

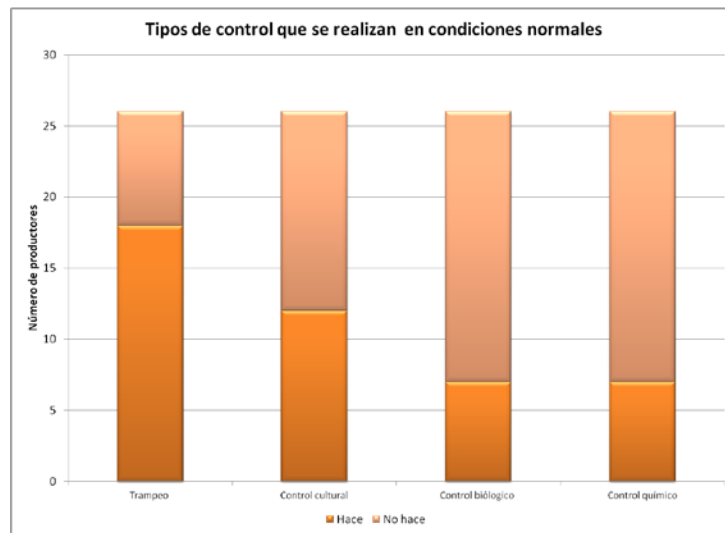


Fig. 42. Tipos de control que se aplican normalmente

Cuando los precios son bajos el trampeo también fue el más empleado, mientras que el control biológico y el químico mostraron una reducción (figura 43).

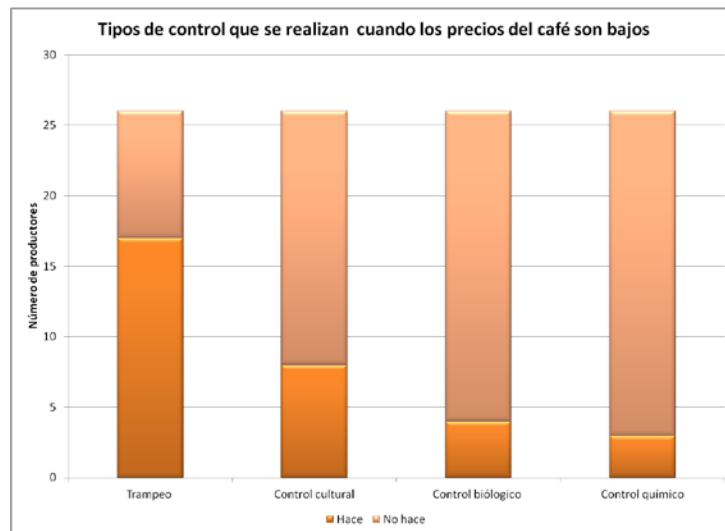


Fig. 43. Tipos de control que se aplican cuando los precios del café son bajos

➤ **Atención de la Campaña Contra la Broca y situación actual de los niveles de infestación**

La mayoría de los productores respondieron que algunas veces reciben atención de la campaña y que los niveles de infestación actualmente son bajos (figura 44 y 45).



Fig. 44. Niveles de infestación actuales según los productores del CRCC



Fig. 45. Frecuencia con que reciben atención de la Campaña los productores del CRCC

9. Entrevista a los coordinadores de la Campaña Contra la Broca del Café a nivel regional y estatal

Según los coordinadores de la Campaña Contra la Broca del Café a nivel estatal y regional los mayores porcentajes de infestación en el estado de Veracruz y en la región de Coatepec se presentaron en el periodo 2001-2005. Uno de los factores que influyó en el aumento de los niveles de infestación fue que se dejaron de realizar actividades de manejo y las cosechas no se realizaron completamente como consecuencia de la caída de los precios que alcanzó un máximo en el año 2002.

Los técnicos señalaron que cuando los niveles de infestación son elevados se han llegado a contabilizar hasta 60 brocas en un solo fruto. Asimismo, ha observado que cuando los porcentajes de infestación son altos las brocas intentan colonizar los frutos aún cuando estos se encuentran en estado “lechoso”, es decir, que no tienen el porcentaje de peso seco necesario del 20%, lo que impide que se reproduzcan y mueran.

Además, mencionaron que cuando las poblaciones del insecto se incrementan también se observa un mayor número de brocas atacadas por el hongo *Beauveria bassiana*, el cual es el único agente de control biológico que se aplica en el área de estudio. En el año 2000 se intentó introducir el parasitoide de origen africano *Cephalonomia stephanoderis* sin embargo no se logró.

Una de las principales actividades de control que promueve la campaña contra la broca es el trampeo, para lo cual proporciona goteros y alambre a los productores para que construyan sus trampas. Las primeras trampas que utilizó la campaña estaban hechas con un plato y con un recipiente, en el cual se colocaba un corcho que contenía una mezcla del 50% de alcohol etílico y metílico y café molido, la broca se comía el corcho y moría envenenada; este

tipo de trampas se utilizaron entre 2001 y 2003. Posteriormente se utilizaron trampas artesanales fabricadas con botellas de plástico, a las cuales se le hacían de 1 a 3 ventanas por donde entraban las brocas hembras; las botellas tenían un gotero con atrayente en la parte superior y su base estaba llena de agua, en donde las brocas morían ahogadas al caer. Este tipo de trampas dejaron de usarse por la falta de recursos y por el fin de sexenio. En el año 2013 se implementaron otro tipo de trampas, las cuales utilizan una cinta adhesiva en la cual quedan adheridas las brocas.

Con el aumento de los precios del café y la intensificación de las medidas de control por parte de la Campaña Contra la Broca, los porcentajes de infestación se redujeron a partir del año 2007 (figura 45). Además, se implementó el Programa Nacional Contra la Broca del Café, lo cual contribuyó a que los niveles de infestación se redujeran en los siguientes años en todo el estado. Sin embargo, el programa se canceló debido a conflictos con las organizaciones cafetaleras por el manejo de los recursos.

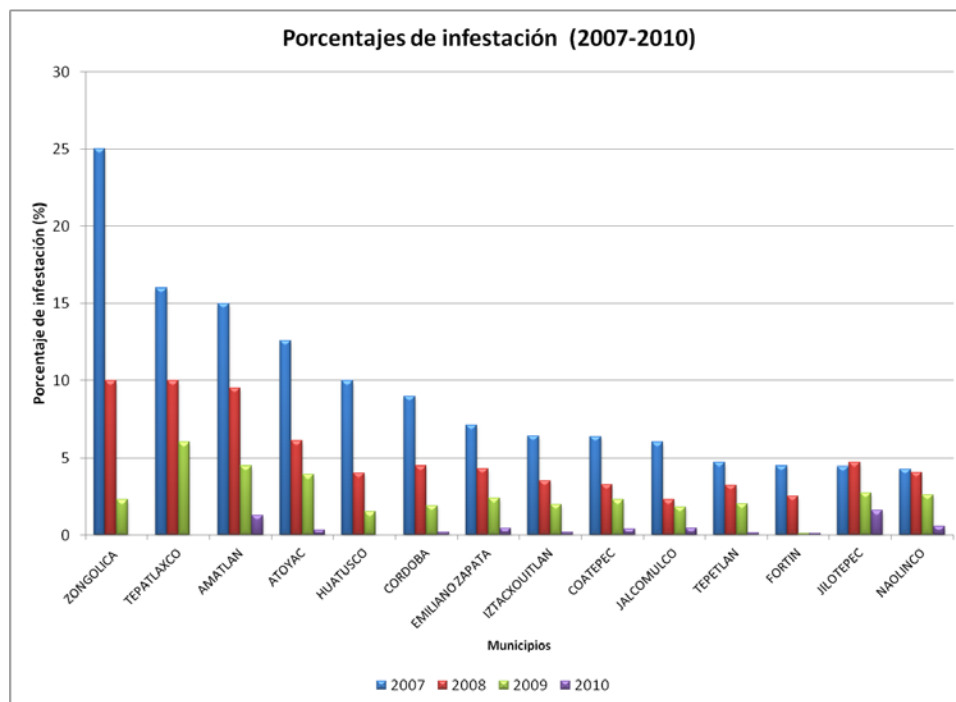


Fig. 46. Porcentajes de infestación a nivel municipio del período 2007-2010

A partir del año 2009 y hasta el mes de julio de 2013, las asistencias a los productores disminuyeron debido principalmente a la falta de recursos. Las brigadas para realizar muestreos se redujeron de 11 a 3 y ante la amenaza ocasionada por la roya del café, *Hemileia vastatrix*, se brindó mayor atención a ésta.

Los técnicos mencionaron que en la región de Coatepec la broca realiza el vuelo en los meses de febrero y marzo para colonizar los frutos de café y los mayores daños se observan a partir del mes de agosto y hasta el mes de noviembre cuando se realiza la cosecha. Es por ello que realizan los muestreos se realizan durante el verano y otoño. Los meses en que la broca ataca el cultivo varían con respecto a la ubicación y altura de las localidades, ya que conforme aumenta la altitud la maduración de los frutos se atrasa y también el ataque de la broca.

Con respecto a las condiciones climáticas más favorables para la broca mencionaron que le favorecen las condiciones de sequía y temperaturas elevadas ya que el exceso de agua dificulta la perforación de los frutos.

Entre las dificultades que enfrenta la Campaña actualmente se encuentran: la falta de recursos y el retraso en su entrega, la falta de interés de los productores por realizar las medidas de control preventivo como la colocación y mantenimiento de las trampas y la falta de interés para solicitar apoyo a la misma.

Los muestreos más recientes, realizados en el año 2013, indican que los porcentajes de infestación broca podrían volver a aumentar por lo que resulta de suma importancia no dejar de realizar las labores preventivas para su control.

10. Revisión hemerográfica

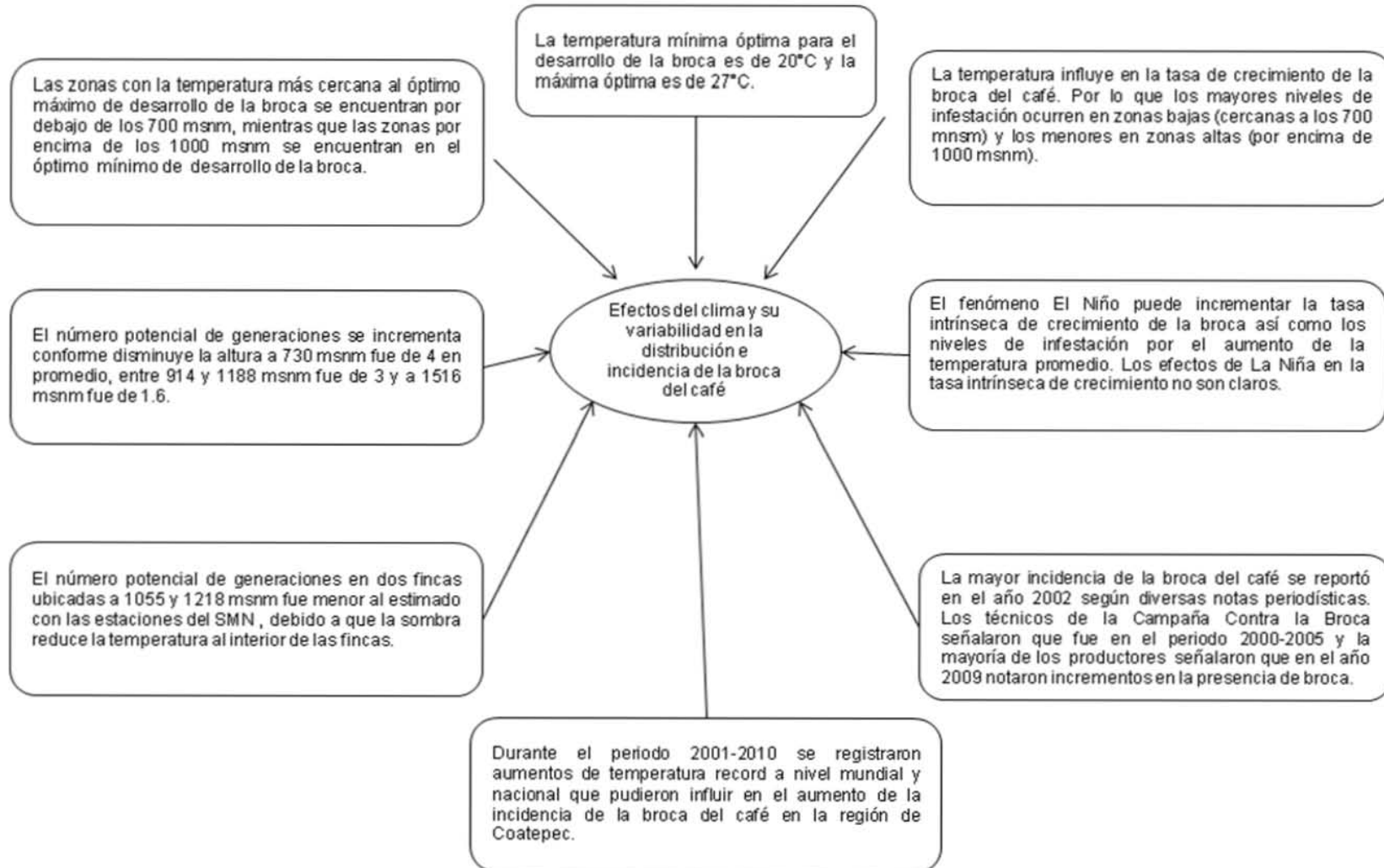
La mayoría de las notas periodísticas mencionaron que los mayores niveles de infestación ocurrieron a principios de la década de los años 2000, lo cual se debió a la falta de actividades de manejo y control adecuados debido a los precios bajos del café que se presentaron en dichos años. Para contrarrestar los efectos de la broca se empleó el hongo *Beauveria bassiana* como controlador biológico y se destinaron recursos para apoyar a los productores.

Asimismo, se encontró que los productores del CRCC solicitaron recursos para la renovación de cafetales. Sin embargo, muchos productores optaron por cambiar de cultivo debido a la crisis del café. En la búsqueda hemerográfica no se encontraron notas que relacionaran los impactos del clima en la broca; sin embargo sí se encontró que en el año 2009 se presentó una intensa sequía como lo mencionan diversos reportes.

Tabla 14. Notas periodísticas sobre años con mayor incidencia de broca y sus causas

Fecha	Titulo	Descripción
27 de octubre de 2000	<i>Soluciones a fondo, exigen cafetaleros</i>	<p>Se menciona que debido al bajo precio muchos productores optaron por no cortar, por lo que el café se pudría en el suelo incrementando la incidencia de la broca.</p> <p>El precio del café en ese momento oscilaba entre 80 centavos y un peso y a los cortadores se les pagaba un peso por kilogramo.</p> <p>Además de los precios bajos, no existía una regulación en las alturas en que se realizaba el cultivo ya que en algunas regiones se encontraba entre 150 y 300 msnm cuando el café de mejor calidad se cultiva en alturas de 600 a 1200 msnm.</p>
29 de mayo de 2002	<i>Productores dejan que se pierda café de la región</i>	<p>Se menciona que “la crisis en el precio del café orilló a los productores de la región de Xalapa a dejar que el grano se echara a perder en el suelo o en la mata por no poder pagar su procesamiento”</p> <p>Según las cifras hasta el año 2002, la superficie sembrada de café en el país disminuyó en más de 100 mil hectáreas y el número de productores aumento en más de 200 mil.</p>
10 de noviembre de 2008	Cafeticultores de Teocelo optan por otros cultivos	<p>En esta nota se menciona que “poco más del 30 por ciento de productores de café optaron por otro cultivo debido a que los altos costos para lograr la producción del grano terminaron por desmoralizarlos, principalmente lo caro del fertilizante” según el alcalde del municipio.</p>
6 de septiembre de 2009	Lluvias no salvarán cultivos; el daño ya está hecho: productores	<p>En esta nota se menciona que “a pesar de las constantes lluvias que se han registrado en gran parte de la región, los campesinos de Actopan, Perote y Cosautlán aseguran que la humedad no será de alivio para sus cultivos de maíz y chayote que sufrieron graves afectaciones a causa de las altas temperaturas, principalmente durante la canícula”.</p>

Síntesis de resultados



DISCUSIÓN

El clima tiene una gran influencia en la distribución y abundancia de los insectos plaga. Los insectos son organismos poiquiloterms por lo que la temperatura es probablemente el factor más importante del medio ambiente que influye en su comportamiento, distribución, el desarrollo, supervivencia y reproducción (Yamamura and Kiritani 1998; Bale et al. 2002; Petzolet y Seaman, 2010). Los cambios en los regímenes de temperatura involucran alteraciones en las tasas de desarrollo, voltinismo y sobrevivencia de los insectos y subsecuentemente influyen en el tamaño, densidad y composición genética de las poblaciones (Bale *et al.* 2002). En el caso de la broca del café se han realizado numerosos estudios sobre los efectos de la temperatura y distintos aspectos biológicos del insecto encontrando que existe una relación significativa entre ésta y la duración de su ciclo de vida, su tasa intrínseca de crecimiento, el tiempo en que tarda en perforar el fruto y su posición con respecto al mismo. La mayoría de los estudios coinciden en que la broca requiere temperaturas entre 20°C y 27°C para desarrollarse mientras que a temperaturas por debajo de 15°C y por encima de 35°C la mortalidad aumenta significativamente (Ticheler, 1961; Baker *et al.* 1992; Jaramillo *et al.* 2009).

En el presente estudio se analizaron los posibles efectos del clima y su variabilidad en la incidencia y distribución de la broca del café en la región de Coatepec, Veracruz. Para ello se analizaron los efectos de dos eventos El Niño de intensidad fuerte y uno La Niña en la temperatura promedio de verano y otoño con base en los datos de temperatura de cuatro estaciones climatológicas ubicadas en la zona de estudio. Los resultados mostraron que durante el fenómeno El Niño de 1998 la temperatura promedio durante el verano aumentó hasta 3.1°C por encima de la normal y en el otoño hasta 3.5°C a 1188 y 914 msnm según los datos de las estaciones Teocelo y Rancho Viejo. Durante el evento La Niña las mayores anomalías en el verano fueron de -2.8 y -3.9°C a 263 y 1188 msnm según los datos de las estaciones Rinconada y Rancho Viejo,

mientras que en el otoño fue de -3.6 a 263 msnm mientras que en el resto de las alturas fueron menores a 1°C.

La tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café aumenta conforme disminuye la altura ya que a 263 msnm fue de 0.044 (día^{-1}) en el verano y de 0.038 (día^{-1}) en el otoño. Mientras que a 1188 msnm fue de 0.024 (día^{-1}) en el verano y de 0.018 (día^{-1}) en el otoño. Esto puede explicar porque los niveles de infestación son mayores en las zonas bajas (por debajo de 700 msnm) de la región de Coatepec en comparación con las zonas altas (por encima de 900 msnm), como lo menciona Cruz (2012), quien encontró diferencias significativas en los porcentajes de infestación en tres alturas del municipio de Coatepec siendo mayores a 624 y 768 msnm que a 901 msnm. Según Alonzo-Padilla (1984) la razón por la cual la tasa de crecimiento se incrementa en las zonas bajas está relacionada con el aumento de la temperatura que a su vez influye en la tasa respiratoria del insecto, el cual demanda procesos metabólicos de síntesis más acelerados que son compensados con una tasa respiratoria mayor. Esto tiene impactos en la longevidad de los estadios de huevo y larva principalmente.

Tal como se ha mencionado la temperatura tiene una gran influencia en la tasa de crecimiento de la broca, por lo que los cambios ocasionados por el Niño y la Niña en la temperatura promedio también pueden afectar su tasa de crecimiento. Por ejemplo, durante el verano de 1998 la tasa de crecimiento paso de 0.024 a 0.036 (día^{-1}) y en el otoño de 0.018 a 0.025 (día^{-1}) a una altura de 1188 msnm. Esto sugiere que ante condiciones cálidas ocasionadas por El Niño los niveles de infestación podrían incrementarse en todas las alturas incluidas las zonas altas de la región de Coatepec donde los niveles de infestación son bajos.

Aunque no se han realizado muchos estudios sobre los impactos del ENSO en los insectos plaga en México, Contreras (2009) encontró una relación entre los brotes de la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons*, que ocasiona daños a cultivos de maíz y frijol entre otros, con los eventos El

Niño que han ocurrido durante el periodo que va de 1796 a 2007. En el mismo estudio se encontró que en el periodo 1997-1998 la langosta centroamericana ocasionó daños en varias localidades de la huasteca potosina. Otro estudio en que se reportaron daños debido al Niño de 1997-1998 es el de Martín (1997) quien encontró que debido a las condiciones cálidas ocasionadas por El Niño diversas poblaciones de diversos insectos ocasionaron daños en cultivos de papa, tomate, espárragos, maíz, hortalizas y frutales en Perú por lo que los productores de aquel país tuvieron que aplicar grandes cantidades de pesticidas.

Un ejemplo más reciente de los impactos del ENSO en las poblaciones de insectos es el estudio realizado por Estay y Lima (2009) en Chile, encontraron que la densidad de nidos de avispas de la especie *Vespula germanica* Fabricius fue favorecida por inviernos cálidos y secos, que pudieron favorecer la supervivencia de las reinas durante el invierno, ocasionados por los fenómenos climáticos de gran escala El Niño/Oscilación del Sur y el Modo Anular del Hemisferio Sur (SAM por sus siglas en inglés).

En el caso de La Niña se encontró que la tasa de crecimiento podría mantenerse en estado similar al normal o reducirse ya que por ejemplo en el verano de 1988 pasó de 0.027 a 0.007 según los datos de la estación Rancho Viejo, pero en el caso de la estación Teocelo paso de 0.024 a 0.025 por lo que sería necesario analizar más eventos para determinar cuáles serían los efectos de La Niña en la tasa de crecimiento de la broca y en los niveles de infestación.

Una forma de mitigar los efectos negativos de los aumentos de la temperatura debido a la variabilidad climática y al ENSO es el uso de árboles de sombra (Gaston y Chown, 1999; Lin, 2007). Entre las ventajas de utilizar árboles de sombra se encuentra que protegen a las plantas de café ante los eventos climáticos extremos, reducen la radiación solar elevada y amortiguan los cambios diurnos en la temperatura del aire y humedad que pueden ser perjudiciales para los cafetos (Vaast *et al.* 2006; Jaramillo, 2005). Asimismo, la sombra reduce la temperatura alrededor de los frutos de café hasta 4°C en

condiciones de baja altitud (700 msnm) (Jaramillo, 2005) y hasta 2°C en condiciones de gran altitud (es decir más de 1100 msnm) (Kirkpatrick, 1935). Por otra parte, Teodoro *et al.* (2008) demostraron que las densidades de la broca del café fueron significativamente más bajas en comparación con plantaciones sin sombra, posiblemente porque los agroecosistemas de café bajo sombra pueden servir de refugio para los artrópodos beneficiosos (nativos e introducidos), que conduce a mayores niveles de control biológico de la broca del café (Perfecto *et al.* 1996). En la región de Coatepec sólo se utiliza el hongo *Beauveria bassiana* como control biológico. Sin embargo, en otros estudios se ha reportado que hormigas depredadoras de la broca pueden contribuir significativamente en su control (Perfecto y Vandermeer, 2006)

Ante la ausencia de una serie amplia de datos sobre la dinámica poblacional de la broca del café, se utilizó el método de Jaramillo *et al.* (2009) para estimar el número potencial de generaciones de la broca del café en diferentes alturas del período 1991-2010. Los resultados mostraron que la temperatura influye en el número de generaciones que se presentan al año en la región de Coatepec, por lo que el número de generaciones promedio que se presenta en alturas cercanas a los 700 msnm fue de 3.9 mientras que a 1500 msnm el número promedio fue de 1.6.

La variación de temperatura diaria en dos fincas de café ubicadas a diferente altura siguió un patrón sinusoidal. En la finca ubicada en la localidad de Tuzamapan la temperatura promedio fue del año 2013 fue de 20°C. En la finca ubicada en La Orduña la temperatura promedio fue de 18.7°C. Según Barrera (2002) la broca tarda 21 días en completar su ciclo biológico a 27°C, 32 días a 22°C y 63 días a 19.2°C por lo que es probable que la broca tarde aproximadamente 60 días en completar su ciclo biológico en las condiciones de temperatura registradas en las finca de Tuzamapan y La Orduña.

El nivel de infestación entre ambas fincas fue diferente ya que para la finca ubicada en Tuzamapan fue del 2.5% mientras que para La Orduña fue de 0.2%. No obstante que en ambos casos se encontró por debajo del umbral de

daño económico que es del 5%. La diferencia en el porcentaje de infestación se atribuye a la diferencia de temperatura así como al manejo del cultivo, ya que en la finca de La Orduña fue más intensivo que en la finca de Tuzamapan. Asimismo, en la finca de La Orduña se observó la presencia de trampas para la captura de broca mientras que en la finca de Tuzamapan no se observó la presencia de las mismas.

Aunque la temperatura en las zonas altas se encuentra actualmente por debajo de máximo óptimo de desarrollo de la broca, es posible que los cambios en la temperatura ocasionados por la variabilidad climática durante los eventos El Niño puedan incrementar los niveles de infestación por encima del umbral de daño económico. Asimismo, el aumento de la temperatura promedio esperado según los escenarios de cambio climático puede favorecer el desarrollo de la broca en las zonas altas aumentando la incidencia de la misma. Existe una extensa bibliografía sobre los posibles efectos del cambio climático en la incidencia y distribución de las plagas agrícolas, los cuales coinciden en que el aumento de la temperatura puede favorecer aumentos en la distribución y abundancia de muchos insectos plaga (Hill y Dymock, 1989; Parry y Carter, 1989; Cannon, 1998; Patterson *et al.* 1999; Yamamura y Kiritani, 1998; Neuvonen, 1999; Matthew *et al.* 1999, Rosenzweig *et al.* 2001; Bale *et al.*, 2002; Elphinstone y Toth, 2008; Diffenbaugh *et al.* 2008; Karuppaiah y Sujayanad, 2012).

Para tratar de establecer una relación entre los niveles de infestación y las variables climáticas durante un período amplio de tiempo se solicitó información a la Campaña Contra la Broca del Café sobre los porcentajes de infestación. Sin embargo, no fue posible obtener información anterior al año 2007, a pesar de que los mayores niveles de infestación se presentaron en el periodo que va de 2001 a 2005, según los técnicos de la Campaña. Además de consultar a los técnicos de la Campaña, se realizó una encuesta a los productores del Consejo Regional del Café para identificar los periodos con mayor incidencia de broca y la mayoría indicaron que en el año 2009 notaron

aumentos en los niveles de infestación. Por otra parte, al realizar una revisión sobre las notas periodísticas sobre los años con mayor incidencia de broca se encontró que en el año 2002 se reportaron daños importantes al cultivo, lo cual se relacionó con la caída de los precios del café ya que impidió que se realizaran las actividades de manejo y control adecuadas.

Tanto los técnicos de la Campaña Contra la Broca como los productores del CRCC coincidieron en que la temperatura de la región ha aumentado lo que ha favorecido que la broca se desplace a las zonas altas donde anteriormente no se encontraba. Los datos de la estación Teocelo ubicada a 1188 msnm muestran que la temperatura promedio del período 2001-2010 se mantuvo por encima de la normal y que se presentaron anomalías fueron mayores, incluso a las registradas durante el evento El Niño de 1982, como ocurrió en el verano de 2009 cuando la temperatura aumentó hasta 3.9°C por encima de la normal 1961-1990. Cabe señalar que en dicho año se presentó un evento El Niño de intensidad moderada según el índice MEI.

Las observaciones de los productores y de los técnicos de la Campaña así como los datos de la estación Teocelo coinciden con el informe de la OMM de 2013 titulado “El estado del clima mundial 2001-2010. Un decenio de fenómenos climáticos extremos”, en donde se señala que el periodo que abarca de 2001 a 2010 fue el más cálido desde que se tienen registros climáticos y que durante este período de 10 años se estimó que la temperatura media mundial del aire sobre la superficie terrestre fue 0.5°C por encima de la media mundial del período comprendido entre 1961 y 1990 y 0.9°C por encima de la temperatura media del periodo 1901-1910.

En el informe de la OMM también se señala que todos los años del decenio, salvo 2008, se contaron entre los 10 años más cálidos de los que se tiene registro. El año más cálido jamás registrado fue 2010, con una anomalía de temperatura media estimada en 0.54 °C por encima del promedio a largo plazo de 14.0 °C del período de referencia de 1961-1990, seguido muy de cerca por 2005.

Asimismo, el estudio de López (2014) sobre tendencias de las temperaturas máximas y mínimas realizado con datos de la estación Teocelo, muestra que en la región de Coatepec la temperatura máxima muestra una tendencia significativa de incremento de $0.087^{\circ}\text{C/año}$. Esto sugiere que en la región de Coatepec, si existe una tendencia al calentamiento que puede influir en la incidencia de la broca incrementando la presencia de la broca en las zonas altas en donde los niveles de infestación actuales son bajos.

Por otra parte, es importante señalar que aunque algunas proyecciones señalaban que los eventos ENSO serán más intensos y frecuentes en el siglo XXI, el IPCC (2013) menciona al respecto que “existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) seguirá siendo el modo dominante de variabilidad interanual en el Pacífico tropical, con efectos que se sentirán a nivel mundial en el siglo XXI”. Por otra parte señala que “las variaciones naturales de la amplitud y el patrón espacial de ese fenómeno son grandes y, por lo tanto, persiste un *nivel de confianza bajo* en cualquier cambio proyectado concreto para el siglo XXI, en relación con el fenómeno ENOS y con los fenómenos regionales conexos”, por lo cual aún no es posible asegurar que los eventos El Niño serán más frecuentes o intensos.

Además de las variables climáticas, el cultivo de café es influenciado por el precio del mismo, tal como lo señalan (Gay *et al.* 2006), ya que éste impacta en los ingresos de los productores, así como en los salarios que se paga a los jornaleros que laboran en las fincas de café. Cuando los precios llegaron a su mínimo nivel en el año 2002, muchos productores optaron por abandonar el cultivo, lo que contribuyó a que los niveles de infestación de la broca se incrementaran en todas las regiones cafetaleras del estado. Este comportamiento se mantuvo hasta el año 2007, en que se implementó el Programa Nacional Contra la Broca, la cual contribuyó a que los porcentajes de infestación se redujeran y aunado a que los precios del café también se incrementaron ocasionaron que los niveles de infestación se redujeran por debajo del umbral de daño económico en el cual se mantienen actualmente.

Es por ello que para tener una mejor comprensión sobre el problema de la broca del café es necesario es necesario considerar el análisis de otras variables relevantes, como las sociales, económicas y políticas. Una propuesta es el Manejo Holístico de Plagas (MHP) que propone que el estudio y manejo de las plagas no debe sólo limitarse sólo a su biología, manejo o control sino a establecer relaciones causales entre éstas y otros componentes (Barrera, 2007).

CONCLUSIONES

- El fenómeno el Niño puede incrementar los niveles de infestación por el aumento de la tasa intrínseca de crecimiento de la broca del café. Los efectos de La Niña no fueron del todo claros ya que la tasa intrínseca puede reducirse o permanecer en un estado similar al normal.
- El número potencial de generaciones de la broca se incrementa conforme disminuye la altura por lo que los niveles de infestación son mayores en las zonas bajas en comparación con las zonas altas.
- La sombra reduce la temperatura al interior de las fincas por lo que el número potencial de generaciones se reduce.
- En el periodo 2001-2010 se registraron aumentos de temperatura que pudieron influir en el incremento de los niveles de infestación los cuales fueron más notables en condiciones de precios bajos.
- Además de las variables climáticas las variables socioeconómicas tienen una gran influencia en la incidencia de la broca del café en la región de Coatepec, Veracruz.

BIBLIOGRAFÍA

Alejo, L. 2000. Impacto del daño ocasionado por la broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) en el beneficio húmedo de la región de Huatusco, Veracruz. Tesis de licenciatura. Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma de Chapingo.

Alonzo-Padilla, F. R. 1984. El problema de la broca (*Hypothenemus hampei*, Ferr.) (Col: Scolytidae) y la caficultura. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 242 pp.

Alvarado S., M. y G. Rojas C. 2007. El cultivo y beneficiado del café. Segunda Reimpresión. San Jose, Costa Rica. EUNED. 184 pp.

Baker, P. S. 1984. Some aspects of the behavior of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 61: 9–24.

Baker, P. S., J. F. Barrera y A. Rivas. 1992. Life history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *Journal of Applied Ecology*, 29: 656-666.

Baker, P. S. y J. F. Barrera. 1993. A field study of a population of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), in Chiapas, Mexico. *Tropical Agriculture*, 70: 351-355.

Bale, J., G Masters, I. Hodkinson, C. Awmack, T. M. Jnbezemer, V. K. Brown, J. Butterfield, A. Buse, J. C. Coulson, J. Farrar, J. G. Good, R. Harrington, S.

Hartley, T. H. Jones, L Lindroth, M. Press. I. Mrnioudis, A. Watt y A. Whittaker. 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperatura on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8: 1-16

Barrera, J. F. 1994. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyridae), au Chiapas, Mexique. Tesis de Doctorado, Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia. 301 pp.

Barrera, J. F. 2007. Manejo holístico de plagas: más allá del MIP. Memorias del XXX Congreso Nacional de Control Biológico-Simposio de IOBC, Mérida, Yucatán. Noviembre, 2007.

Barrera, J. F. 2008. Coffee pests and their management, p. 961-998. En: J. L. Capinera (ed.), *Encyclopedia of Entomology*. 2nd ed., Springer.

Benavides, P. 2005. Distribución global de la broca del café: la versión molecular. En: Memorias XXXII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). Ibagué, 27-29 de julio. p. 7-11.

Benavides, M. P., F. E. Vega, J. Romero-Severson. A. E. Bustillo y J. J. Stuart. 2005. Biodiversity and biogeography of an important inbred pest of coffee, coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Annals of the Entomological Society of America*, 98: 359-366.

Benavides M., P. 2011. Vuelos de la broca del café durante la cosecha principal. Cenicafé. *Brocarta 45*. Chinchina, Colombia, 3 p.

Benavides M., P. 2012. El repase: Actividad para el manejo de la broca del café en Colombia. *Brocarta 46*. Chinchina, Colombia. 1 p.

Bergamin, J. 1943. Contribution to an improved knowledge of biology of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) (Col.: Ipidae). *Archivos do Instituto Biológico*, 14: 31–72.

Bustillo P., A., M. R. Cárdenas, G. D. Villalba, P. M. Benavides, J. H. Orozco y F. F. Posada. 1998. Manejo Integrado de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia, Chinchiná, CENICAFÉ, Colombia.

Bustillo P., A. E. 2006. Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(2): 101-116.

Camilo, J. F., F. F. Olivares y A. H. Jiménez. 2003. Phenology and reproduction of the coffee borer (*Hypothenemus hampei* Ferrari) during the fruit growth. *Agronomía Mesoamericana*, 14: 59-63.

Cannon, R. J. C. 1998. The implications of predicted climate change for insect-pests in the UK, with emphasis on non-indigenous species, *Global Change Biology*, 4: 785-796.

Carvajal, J. F. 1984. Cafeto: Cultivo y Fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza. 254 pp.

Castillo R., E, J. P. Arcila, A. R. Jaramillo y R. J. Sanabria. 1996. Estructura del dosel e interceptación de la radiación solar en café *Coffea arabica* L., var. Colombia. *Cenicafé* 47(1): 4-15.

Cenicafé (Centro Nacional de Investigaciones de Café). 2010. Resumen del informe anual de actividades. Chinchiná, Colombia, p. 82 – 97.

CESVVER (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz). 2011. Campaña Contra la Broca del Café (*Hypothenemus hampei*). Programa de Trabajo 2010.

Conde, C. 2003. Cambio y Variabilidad Climáticos. Dos Estudios de Caso en México. México: Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Contreras, H., A. 2010. Los cafetales de Veracruz y su contribución a la sustentabilidad. *Revista Estudios Agrarios*, 20 pp.

Contreras S., C. 2009. "Conexión Climática del fenómeno de "El Niño" con la plaga de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) localizada en el estado de Yucatán y la Huasteca Potosina" pp 347-351 en: *Entomología Mexicana*, vol. 8. Sociedad Mexicana de Entomología.

Constantino, L. M. 2010. La broca del café... un insecto que se desarrolla de acuerdo con la temperatura y la altitud. Brocarta No 39. Chinchiná, Colombia, 2 p.

Corbett, G. H. 1933. Some preliminary observations on the coffee berry beetle borer, *Stephanoderes* (Cryphalus) *hampei* Ferr. *Malaysian Agricultural Journal*, 21: 8-22.

Costa, T. C. S. y A. Villacorta. 1989. Modelo acumulativo para *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae) com base em suas exigências térmicas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 18 (supl.): 91- 99.

Damon, A. 2000. A review of the biology and control of the berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research*, 90: 453-465.

Decazy, B. 1989. Le scolyte du fruit du caféier, *Hypothenemus hampei*: considérations sur la lutte intégrée contre ce ravageur. ASIC, 13 Colloque, Paipa. pp. 655–665

Díaz M., A. 2011. Estimación de los efectos del cambio climático sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) y la broca (*Hypothenemus hampei*) del cafeto en la región de Coatepec, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. 84 pp.

Diffenbaugh, N.S, C. H. Krupke, M. A. White y C. E. Alexander. 2008. Global warming presents new challenges for maize pest management. *Environmental Research Letters*, 3: 1-9.

Elphinstone, J. y I. K. Toth. 2008. *Erwinia chrysanthemi* (*Dikeya spp.*) - The facts. Potato Council, Oxford, U.K.

Equihua M, A. y A. Burgos S. 2002. Scolitydae. 539-557. En Llorente B. J. y J. J. Morrone (eds). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. CONABIO-IBUNAM, Vol. III México, D. F. 539-557.

Estay, S. A. y M. Lima. 2010. Combined effect of ENSO and SAM on the population dynamics of the invasive yellowjacket wasp in central Chile. *Population Ecology*, (52) 2:289-294.

Gaston K., J y S. L. Chown. 1999. Elevation and climatic tolerance: a test using dung beetles. *Oikos*, 86: 584–590.

Gay., C., F. Estrada, C. Conde, H. Eakin y L. Villers. 2006. Potential Impacts of Climate Change on Agriculture: A Case of Study of Coffee Production in Veracruz, México. *Springer*, 79: 259-288.

Hill, M. G. y J. J. Dymock. 1989. Impact of Climate Change: Agricultural/Horticultural Systems. DSIR Entomology Division Submission to the New Zealand Climate Change Program. Department of Scientific and Industrial Research, Auckland, New Zealand, pp. 16.

ICO (International Coffee Organization). 2014. <http://www.ico.org/prices/po.htm>

INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2014. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Disponible en: http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia

Jaramillo, J. A. 2005. Andean climate and coffee in Colombia. Colombian National Federation of Coffee Growers. Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé. Chinchiná, Colombia. 192 pp.

Jaramillo, A. 2005. Solar radiation and rainfall distribution within coffee plantations (*Coffea arabica* L.). *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* (Colombia), 29: 371–382.

Jaramillo, J., C. Borgemeister, P. Baker. 2006. Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): Searching for Sustainable Control Strategies. *Bulletin of Entomological Research*, 96:1-12, Inglaterra.

Jaramillo, J., A. Chabi-Olaye, C. Kamonjo, A. Jaramillo, F. E. Vega, H-M. Poehling y C. Borgemeister. 2009. Thermal tolerance of the Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei*: predictions of climate change impact on a tropical insect pest. *PLOS ONE*, 4(8): 11.

Jaramillo, J., E. Muchugu, F. E. Vega, A. Davis, C. Borgemeister y A. Chabi-Olaye: 2011. Some Like It Hot: The Influence and Implications of Climate

Change on Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) and Coffee Production in East Africa. *PLOS ONE*, 6 (9):14

Jarquín, G. R. y J. F. Barrera. 1999. Investigaciones participativas en manejo integrado de broca del café con productores chiapanecos de escasos recursos. Mem. XXII Congreso Nacional de Biología. Colegio Postgraduados, Montecillo, Estado de México, pp. 165-170.

Karuppaiah, V y G. K. Sujayanad. 2012. Impact of Climate Change on Population Dynamics of Insect Pests. *World Journal of Agricultural Sciences*, 8 (3): 240-246.

Kirkpatrick, T. W. 1935. The Climate and Eco-Climates of Coffee Plantations. *East African Agricultural Research Station*, Amani. 66 pp.

Le Pelley, R. H. 1968. Las plagas del cafeto. Editorial Labor S.A. Barcelona. 693 pp.

Liogier, H. A. 1997. Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent islands. Vol. 5. Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, PR. 436 pp.

Lin B., B. 2007. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microlimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144: 85-94.

López D., F. 2014. Análisis Regional de Eventos Extremos de Temperatura en México y sus posibles variaciones en el contexto de cambio climático. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Tierra, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. 129 pp.

Magaña, V. y A. Quintanar. 1997. On the use of a general circulation model to study regional climate. 2nd. UNAM-CRA Y Supercomputing Conference on Earth Sciences . Mexico City. Ed. Cambridge University Press. 39-48.

Magaña, V. (Editor). 2004. Los impactos del niño en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación. México, 229 pp.

Martin R., Hugo. 1997. Efectos del Fenómeno El Niño sobre la ecología y la sanidad vegetal de los cultivos de la costa peruana. *Revista peruana de Entomología*, 40: 1-8

Mathieu, F., O. Brun, B. Frerst, D. Suckling y C. Frampton. 1999. Progression in field infestation is linked with tramping of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Col: Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*, 123: 535-540.

Matthew J. U., P. A. Matthew y J Maria. 1999. Climate and the northern distribution limits of *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Biogeography*, 26, 1133-1145

Mendez-Montiel, J. T. y A. Equihua M. 1999. Presencia e importancia de *Scolytus multistriatus* (Marsham), descortezador del olmo en Aguascalientes, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 76:1-15.

Morfin V., A., P. G. Castillo y G. A. Vizcaíno. 2006. El cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en Colima. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico Num. 1. Campo Experimental Ticomán*. 85 pp.

Montealegre, J. E. y J. D. Pabon C. 2000. La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña - Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana*, No. 2. 21 pp.

- Montoya, S. A., R. Cárdenas. 1994. Biología de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en frutos de café con diferentes edades. *Cenicafé* 45 (1):5-13.
- Muñoz, R. 1989. Ciclo biológico y reproducción partenogenética del cafeto, *Hypothenemus hampei* (Ferr.). *Turrialba* 39 (3): 415-421.
- Murphy, S. T. y D. Moore. 1990. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, (Ferrari) (Coleoptera: Scolytida): previous programmes and possibilities for the future. *Biocontrol News and Information*, 11, 107–117
- Neuvonen, S., P. Niemelä y T. Virtanen. 1999. Climatic Change and Insect Outbreaks in Boreal Forests: The Role of Winter Temperatures. *Ecological Bulletins*, 47: 63-67.
- Nolasco, M. 1985. Café y Sociedad en México. *Centro de Ecodesarrollo*. Pág. 108-109, 148, 412-413.
- Romero N., J. S. Anaya R. y A. Equihua M. 1996. Catálogo de Insectos de la Colección del Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, Montecillo. 786 p.
- Olvera V., L. A. 2010. Análisis espacial y temporal de la propagación de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en la Huasteca potosina. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 119 pp.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1992. *Vocabulario meteorológico internacional*. Ginebra: Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2013. El Estado del Clima Mundial 2001-2010. Un decenio de fenómenos climáticos extremos. Informe Resumido. OMM-No. 1119. 15 pp.
- Parry, M. L. y T. R. Carter. 1989. An assessment of the effects of climatic change on agriculture, *Climatic Change*, 15, 95-116.

Patterson, D. T., J. K Westbrook, R. J. V. Joyce, P. D. Lingren, y J. Rogasik. 1999. Weeds, Insects and Disease. *Climatic Change*. 43: 711- 727.

Pérez M, M. A. 2012. La construcción social de la vulnerabilidad en la propuesta de estrategias para la adaptación al cambio y variabilidad climáticos. El caso de los productores de la región de Coatepec, Veracruz. Tesis para obtener el grado de Maestría en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 174 pp.

Pérez, R. 2005. Impacto económico por daño de la broca de café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en Santiago Choapan, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo.

Pereyra D., D., Q. A. Córdoba y B. E. P. Grayeb. 1994. Effect of ENSO on the mid-summer drought in Veracruz state, Mexico. *Atmósfera*, 7: 111-219.

Pereyra D., D., B. E. Sánchez Rodriguez. 1995. Sequías prolongadas y déficit hídrico en el estado de Veracruz, *La Ciencia y el Hombre*, 21: 153-167.

Perfecto I, R. A. Rice, R. Greenberg y M. E. van der Voort. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 46: 598–608

Petzoldt, C. y A. Seaman. 2010. Climate Change Effects on Insects and Pathogens. Climate Change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses. 6-16. <http://www.climateandfarming.org/pdfs/FactSheets/III.2Insects.Pathogens.pdf>.

Plan de innovación de la caficultura en el Estado de Veracruz. 2011. Proyecto Estratégico Fomento Productivo 2010. Estrategia de innovación hacia la competitividad en la caficultura mexicana. Huatusco, Veracruz. 144 pp

Ramamoorthy. T. P., R. Bye, A. Lot, J. Fa, editores. 1993. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press, NY, 812 p.

Ramírez Del Ángel, M., M. González, A. Bello y S. Romero. 2007. Campaña nacional contra la broca del café en México: Operación y perspectivas. En: J. F. Barrera, A. García, V. Domínguez y C. Luna (eds.). 2007. *La Broca del Café en América Tropical: Hallazgos y Enfoques*. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. México, p. 73-81.

Ramírez, M. y B. Reyes. 2000. 3ª Reunión Nacional de la Campaña contra la Broca del Café. Tepic, Nayarit, México, 110 pp.

Reyes C., E. 2012. Propuesta de proyecto de inversión para la exportación de café a Estados Unidos. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Pág. 3

Rosenzweig, C., A. Iglesias, X. B. Yang, P. R. Epstein y E. Chivian. 2001. Climate change and extreme weather events. Implications for food production, plant diseases, and pests. *Climate change and human health - World Health*, No. 2

Ruiz, R. 1996. Efecto de la fenología del fruto del café sobre los parámetros de la tabla de vida de la broca del café; *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tesis: Ingeniero Agrónomo. Manizales, Colombia. 87 pp.

Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*, 35:25-44

Salazar G., M., Arcila R., J., Riano H., N. Bustillo P., A. E. 1993. Crecimiento y desarrollo del fruto de café y su relación con la broca. Chinchina (Colombia). Avances Técnicos Cenicafe No. 194. Cenicafé.

Senasica (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2011. Ficha Técnica Broca del Café *Hypothenemus hampei* con la colaboración del Dr. Juan Francisco Barrera Gaytán. SAGARPA. 30 p.

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2014. Disponible en:
http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=137&Itemid=15.

SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta). 2011.
Disponible en:
http://www.siap.gob.mx/?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=426

SIAP (Sistema de Información de Atención Primaria). 2013. Disponible en:
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350

Teodoro, A., A. M. Klein y T. Tschardt. 2008. Environmentally mediated coffee pest densities in relation to agroforestry management, using hierarchical partitioning analyses. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 125: 120–126.

Ticheler, J. H. G. 1961. An analytical study of the epidemiology of the coffee berry borer in the Ivory Coast. *Meded. Landbhoogeschool Wageningen*, 61 (11): 1-49.

Trenberth, K. E. 1997. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78 (12), 2771-2777.

Waterhouse, D. F. y K. R. Norris. 1989. Biological control: Pacific prospects (pp. 33-41) Melbourne: Inkata Press.

Williams-Linera, G. y A. López-Gómez. 2008. Estructura y diversidad de la vegetación leñosa. En: Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, manejo y conservación. Manson, R. H., V. Hernández-Ortiz, S. Gallina, K. Mehlreter Eds. Instituto de Ecología A. C. Instituto Nacional de Ecología INE-SEMARNAT. 330 pp.

Wolter, K., y M. S. Timlin. 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. *Proc. of the 17th Climate Diagnostics Workshop*, Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Clim. Survey, CIMMS and the School of Meteor., Univ. of Oklahoma, 52-57.

Wood, S. L. 1982. The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a Taxonomic Monograph. *Great Basin Naturalist Memoirs*, (6): 1359 pp.

Zárate, C. A. 2009. Manual por Regiones. Distrito de Desarrollo Rural 04 Coatepec. Departamento de Gestión Educativa Área Productiva. Red Comunitaria Vasconcelos. Xalapa, Veracruz. 41 pp.

Yamamura, K. y K. Kiritani. 1998. A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zone. *Applied Entomology and Zoology*, 33 (2): 289-298.

Anexo 1. Formato de encuesta aplicado a productores del Consejo Regional del
Café de Coatepec, A. C.

ENCUESTA A PRODUCTORES DE CAFÉ

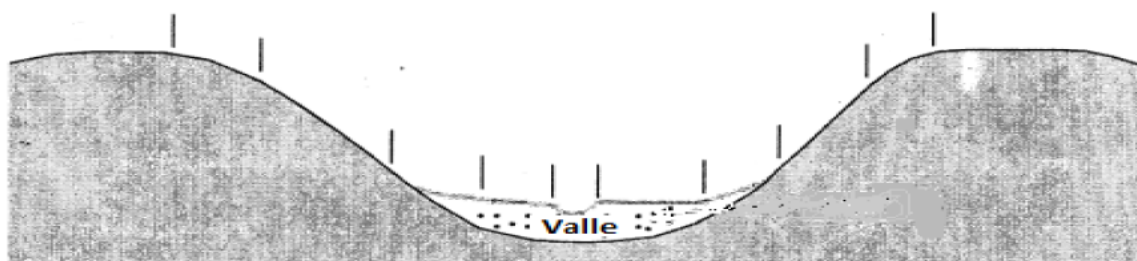
Nombre: _____ Fecha: _____
 Edad: _____
 Municipio: _____ Localidad: _____ Número de fincas: _____
 Superficie total (ha): _____ Propiedad privada () Propiedad ejidal o comunal ()
 Teléfono o correo electrónico para posible contacto: _____

1. Datos de la finca

Nombre de la finca _____ Superficie (ha) _____
 Localidad _____

En el siguiente esquema, marque con una "X" la zona donde se ubica su finca con respecto a la ladera.

Posición de la pendiente en terrenos ondulados y montañosos



Marque con una "X" las características que mejor describen su finca			
Considera que el suelo de su finca es: 1. Fértil () 2. Medio fértil () 3. Poco fértil ()			
El suelo de su finca es: 1. Profundo () 2. Medio profundo () 3. Poco profundo ()			
La finca colinda con: (Puede elegir más de una opción) 1. Cafetal () 2. Otro cultivo () 3. Carretera () 4. Zona urbana () 5. Bosque ()			
Cuando los precios del café son bajos ¿realiza la poda sanitaria?: Siempre () Casi siempre () Algunas veces () Nunca ()	Cuando los precios del café son bajos ¿realiza la recolección de los frutos del suelo?: Siempre () Casi siempre () Algunas veces () Nunca ()	Cuando los precios del café son bajos ¿realiza la regulación de sombra?: Siempre () Casi siempre () Algunas veces () Nunca ()	Cuando los precios del café son bajos ¿realiza el control de la maleza?: Siempre () Casi siempre () Algunas veces () Nunca ()

2. Productividad		
Mencione un año que recuerde con mayor presencia de broca _____		
¿Cómo fue la producción de ese año?: a) Alta () b) Media () c) Baja () d) No se acuerda () Cantidad de quintales _____	¿Cómo fue la producción del año anterior?: a) Alta () b) Media () c) Baja () d) No se acuerda () Cantidad de quintales _____	¿Cómo fue la producción del año siguiente?: a) Alta () b) Media () c) Baja () d) No se acuerda () Cantidad de quintales _____
¿Cuál fue el precio del café cereza en ese año? a) Alto () b) Medio () c) Bajo ()	En el año elegido, ¿Cuál era la edad del cafetal? _____ En ese año, la cosecha se realizó: a) Totalmente () b) Se cosecho una parte () c) No se cosecho () d) No se acuerda ()	Cuando los precios del café son bajos, ¿usted le da mantenimiento a su finca? a) Siempre () b) Algunas veces () c) Nunca () Cuando los precios del café son bajos, ¿cosecha el café cereza? a) Si () b) No ()
En ese año los meses de julio a noviembre fueron: a) Muy cálidos () b) Cálidos () c) Normales () d) Fríos () e) No me acuerdo ()	En ese año los meses de julio a noviembre fueron: a) Muy lluviosos () b) Lluviosos () c) Normales () d) Secos () e) No me acuerdo ()	¿Ha notado un incremento en la temperatura a partir del año que eligió? a) Si () b) No ()

3. Control de la broca del café		
Indique las actividades que realiza en su finca para el control de la broca a) Control biológico () b) Trampeo () c) Control químico () d) Control Cultural ()	Indique los tipos de control que realizan sus vecinos en sus fincas para el control de la broca a) Control biológico () b) Trampeo () c) Control químico () d) Control Cultural ()	Cuando los precios del café son bajos, ¿Qué tipos de control realiza en su finca? a) Control biológico () b) Trampeo () c) Control químico () d) Control Cultural ()
¿Cuántas trampas que coloca en su finca? _____	¿Recibe atención de la Campaña Contra la Broca? a) Siempre () b) Regular () c) A veces () d) Nunca ()	¿Cuál es el nivel de infestación de la broca actualmente en su finca? a) Alto () b) Medio () c) Bajo ()

Anexo 2. Cuestionario guía aplicado a los coordinadores de la Campaña Contra la Broca del Café en Veracruz.

Cuestionario

1. ¿En qué año, se reportó por primera vez la presencia de la broca del café en la región de Coatepec?
2. ¿Qué municipios de la región de Coatepec fueron los primeros afectados?
3. ¿Cuándo se estableció la Campaña Contra la Broca en Veracruz y en la región de Coatepec?
4. ¿Cuáles son las medidas preventivas y de control que realiza la Campaña?
5. ¿En qué meses del año se realizan y a que fase del ciclo agrícola corresponden?
6. ¿Cómo se realizan los muestreos y cómo se calculan los porcentajes de infestación?
7. ¿Cómo son los porcentajes de infestación de la región Coatepec en comparación con los de la región Huatusco y Córdoba?
8. ¿Aproximadamente qué porcentaje del total de de productores recibe el apoyo de la campaña en la región de Coatepec?
9. ¿Cómo seleccionan a los productores que serán beneficiados por la campaña?
10. ¿Hay productores que nunca hayan recibido asesoría de la Campaña?
11. ¿En la región de Coatepec se realizan muestreos en fincas donde no se realice ningún método de control por parte de la campaña?
12. ¿Cómo son los porcentajes de infestación en relación con la altura?
13. ¿En qué años se han presentado los mayores porcentajes de infestación?
14. ¿Cuál es el umbral de daño económico de la broca?
15. ¿Cuándo los porcentajes de infestación son altos cómo han sido las variables climáticas?
16. ¿Cómo son actualmente los porcentajes de infestación de la broca en la región de Coatepec y en las otras regiones de la zona centro de Veracruz?
17. ¿Cree que podrían volver a elevarse los niveles de infestación? ¿Por qué?

18. ¿Cómo han sido los porcentajes de infestación con respecto a los precios del café?