

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

**VALIDACIÓN Y SIMULACIÓN ESTADÍSTICA DE MÉTODOS PARA EL
MUESTREO DE *Copturus aguacatae* Kissinger, *Conotrachelus persea*
Barber y *C. aguacatae*; PLAGAS DEL AGUACATE (*Persea americana* Mill),
EN TINGÜINDÍN, MICHOACÁN, MÉXICO**

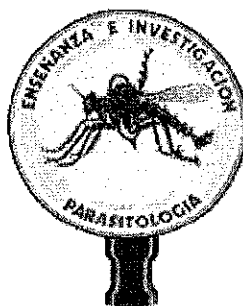
TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

PRESENTA:

NORMA ESPINOSA GARCÍA



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

**Mayo de 2007
Chapingo, México**

**VALIDACIÓN Y SIMULACIÓN ESTADÍSTICA DE MÉTODOS PARA EL
MUESTREO DE *Copturus aguacatae* Kissinger, *Conotrachelus persea*
Barber y *C. aguacatae*; PLAGAS DEL AGUACATE (*Persea americana* Mill),
EN TINGÜINDIN, MICHOACÁN, MÉXICO.**

Tesis realizada por Norma Espinosa García, bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial
para obtener el grado de:

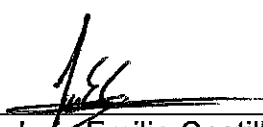
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:



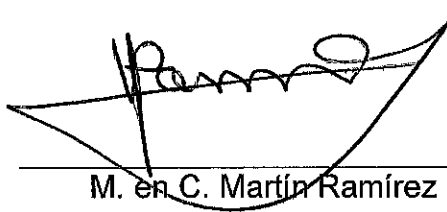
Dr. Juan Fernando Solís Aguilar

ASESOR:



M. en C. Luis Emilio Castillo Márquez

ASESOR:



M. en C. Martín Ramírez Del Ángel

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Parasitología Agrícola, por las facilidades y el soporte brindado para llevar a cabo mis estudios de Postgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para realizar la maestría, una de mis metas en el desarrollo profesional.

Al Postgrado en Protección Vegetal por brindarme las herramientas, conocimientos y experiencias para lograr mi formación integral.

A mi Comité Asesor:

Dr. Juan Fernando Solís Aguilar
M. en C. Luis Emilio Castillo Márquez
M. en C. Martín Ramírez Del Ángel

Por su dedicación en la conducción y desarrollo del trabajo de tesis, por su atención y acertadas sugerencias en la revisión del manuscrito; así como por su agradable amistad.

Al M. C. Horacio Koji Osada Velásquez, por su valiosa colaboración en la realización del Software SIDISE V.1.0[®], vital para llevar a cabo la investigación.

A la Junta Local de Sanidad Vegetal "Gral. Francisco J. Mújica", de Tingüindín, Michoacán, por las facilidades y apoyo para la realización de este trabajo.

A Mariela, Ricardo, Judith y Cristina por el apoyo, paciencia, confianza y amistad que hicieron posible la realización de la fase de campo de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi padre Dios

A mis padres Nicolás y María Elia

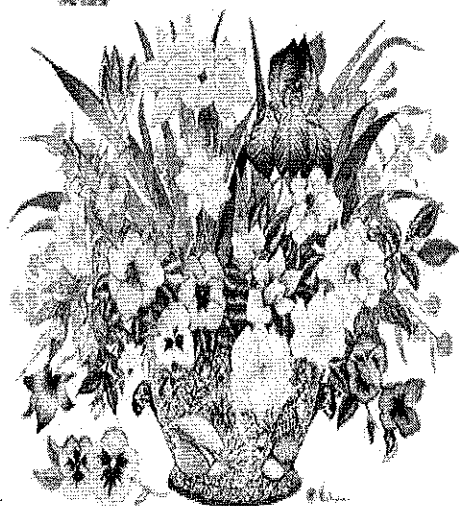
A mi esposo Enrique

A mis hermanas Miriam, Nohemí y Bibiana

A mi hermano Salvador

A mis abuelos Heriberto y Mercedes

A Alejandro, Priscila y Hazel



**Por su apoyo,
consejo, confianza,
comprensión,
paciencia y
sobretudo por su
amor; a todos
ustedes ¡GRACIAS!**

DATOS BIOGRÁFICOS

La Ing. Norma Espinosa egresó de la Universidad Autónoma Chapingo del Departamento de Parasitología Agrícola en el año 2000; en octubre del mismo año brindó sus servicios al Laboratorio de Pruebas de Efectividad Biológica de Agroquímicos, *Prueba Land* hasta julio de 2001, cuando ingresó a la Dirección de Regulación Fitosanitaria perteneciente a la Dirección General de Sanidad Vegetal (SENASICA/SAGARPA) ocupando cargos como Asistente Técnico del Departamento de Organismos Internacionales de Protección Fitosanitaria, Profesional Ejecutivo de Servicios Especializados y Jefa del Departamento de Organismos Internacionales de Protección Fitosanitaria adscritos a la Subdirección de Armonización y Evaluación Internacional hasta diciembre de 2004.

Al mismo tiempo fue Representante de México en el Grupo de Trabajo para la adaptación al idioma español de las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias, de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria de la FAO del 2002 al 2004.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 El mercado del aguacate.....	4
2.2 Principales plagas barrenadoras del cultivo.....	8
2.2.1 Barrenadores del hueso del aguacate (<i>Conotrachelus persea</i> Barber y <i>C. aguacatae</i>).....	10
2.2.1.1 Importancia económica.....	10
2.2.1.2 Distribución.....	11
2.2.1.3 Hospederos.....	11
2.2.1.4 Descripción y hábitos.....	11
2.2.1.5 Daños.....	15
2.2.2 Barrenador de ramas (<i>Copturus aguacatae</i> Kissinger).....	15
2.2.2.1 Importancia económica.....	15
2.2.2.2 Distribución y hospederos.....	16
2.2.2.3 Descripción y hábitos.....	16
2.2.2.4 Daños.....	18
2.3 Disposición espacial de insectos barrenadores.....	19
2.4 Distribución binomial negativa.....	23
2.5 Métodos de muestreo para barrenadores del hueso.....	24
2.6 Métodos oficiales de muestreo en México.....	27
2.6.1 Muestreo según la NOM-066-FITO-1995, Especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate, y el Manual operativo de la campaña: Manejo fitosanitario del aguacatero.....	27
2.6.1.1 Muestreo de frutos.....	28
2.6.1.2 Muestreo de follaje.....	29
2.6.2 Muestreo para detectar plagas del hueso de aguacate, según el Plan de Trabajo para la Exportación de Aguacate Hass de México a Estados Unidos de Norte América aplicado a huertos comerciales y empacadoras.....	29

2.6.2.1 Apéndice C: Procedimiento de muestreo de barrenadores del hueso, barrenador de las ramas y moscas de la fruta.....	31
2.6.2.2 Muestreo.....	31
2.6.2.3 Muestreo para detectar plagas del hueso de aguacate.....	32
2.6.2.3.1 Huertos comerciales.....	32
2.6.2.3.2 Muestreo del follaje.....	32
2.6.2.3.3 Muestreo de frutos en el campo.....	32
2.6.2.4 Muestreo para detectar barrenadores de las ramas <i>Copturus aguacatae</i> K.....	33
2.6.2.4.1 Muestreo de ramas.....	33
3. MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1 Muestreo tipo “manteo” para la detección del barrenador de ramas (<i>Copturus aguacatae</i> Kissinger) y barrenador de hueso (<i>Conotrachelus persea</i> Barber).....	34
3.1.1 Descripción general del área de estudio.....	34
3.1.2 Metodología y materiales usados.....	35
3.2 Simulación estadística para la validación de métodos para el muestreo de barrenador de ramas (<i>Copturus aguacatae</i> Kissinger) y barrenador de hueso (<i>Conotrachelus persea</i> Barber).....	43
3.2.1 Metodología y materiales usados.....	43
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1 Muestreo tipo “manteo” para la detección del barrenador de ramas (<i>Copturus aguacatae</i> Kissinger) y barrenador de hueso (<i>Conotrachelus persea</i> Barber).....	48
4.1.1 Densidades bajas.....	48
4.1.1.1 Un solo marcador por rama, colocado en follaje.....	48
4.1.1.2 Un solo marcador por rama, colocado en corteza.....	53
4.1.1.3 Cinco marcadores colocados en follaje y corteza.....	57
4.1.2 Densidades altas.....	61
4.1.2.1 Diez marcadores colocados en follaje y corteza.....	61
4.1.2.2 Veinte marcadores colocados en follaje y corteza.....	65
4.1.2.3 Cuarenta marcadores colocados en follaje y corteza.....	69
4.2 Simulación estadística para la validación de métodos para el muestreo de barrenador de ramas (<i>Copturus aguacatae</i> Kissinger) y barrenador de hueso (<i>Conotrachelus persea</i> Barber).....	73
4.2.1 Barrenador de hueso (<i>Conotrachelus persea</i> Barber y <i>C. aguacate</i>).....	74

4.2.1.1 Esquema de muestreo sistemático.....	74
4.2.1.2 Esquema de muestreo tipo w.....	74
4.2.1.3 Esquema de muestreo tipo doble w.....	75
4.2.1.4 Esquema de recorrido recomendado.....	75
4.2.2 Barrenador de ramas (<i>Copturus aguacatae</i> Kissinger).....	77
4.2.2.1 Esquema de muestreo sistemático.....	77
4.2.2.2 Esquema de muestreo tipo w.....	77
4.2.2.3 Esquema de muestreo tipo doble w.....	78
4.2.2.4 Esquema de recorrido recomendado.....	78
5. CONCLUSIONES.....	80
6. LITERATURA CITADA.....	82

LISTA DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1. Exportación de aguacate mexicano del 2000 al 2006.....	8
Cuadro 2. Metodología.....	39
Cuadro 3. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 1.....	49
Cuadro 4. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 2.....	49
Cuadro 5. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 3.....	50
Cuadro 6. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 4.....	50
Cuadro 7. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 5.....	50
Cuadro 8. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 6.....	51
Cuadro 9. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 7.....	51
Cuadro 10. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 8.....	51
Cuadro 11. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 9.....	52
Cuadro 12. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 10.....	52
Cuadro 13. Resumen final para un solo marcador por rama, colocado en follaje.....	52
Cuadro 14. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 1.....	54
Cuadro 15. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 2.....	54
Cuadro 16. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 3.....	54
Cuadro 17. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 4.....	55
Cuadro 18. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 6.....	55
Cuadro 19. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 7.....	55
Cuadro 20. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 7.....	56
Cuadro 21. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 8.....	56
Cuadro 22. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 9.....	56
Cuadro 23. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 10...	57
Cuadro 24. Resumen final para un solo marcador por rama, colocado en corteza.....	57
Cuadro 25. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 1.....	58
Cuadro 26. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 2.....	58
Cuadro 27. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 3.....	58
Cuadro 28. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 4.....	59
Cuadro 29. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 5.....	59
Cuadro 30. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 6.....	59
Cuadro 31. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 7.....	60
Cuadro 32. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 8.....	60
Cuadro 33. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 9.....	60
Cuadro 34. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 10.....	61

Cuadro 35.	Resumen final para cinco marcadores por rama, colocados en follaje y corteza.....	61
Cuadro 36.	Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 1.....	62
Cuadro 37.	Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 2.....	62
Cuadro 38.	Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 3.....	62
Cuadro 39.	Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 4.....	63
Cuadro 40.	Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 5.....	63
Cuadro 41.	Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 6.....	63
Cuadro 42.	Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 7.....	64
Cuadro 43.	Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 8.....	64
Cuadro 44.	Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 9.....	64
Cuadro 45.	Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 10.....	65
Cuadro 46.	Resumen final diez marcadores por rama, colocados en follaje y corteza.....	65
Cuadro 47.	Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 1.....	66
Cuadro 48.	Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 2.....	66
Cuadro 49.	Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 3.....	66
Cuadro 50.	Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 4.....	67
Cuadro 51.	Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 5.....	67
Cuadro 52.	Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 6.....	67
Cuadro 53.	Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 7.....	68
Cuadro 54.	Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 8.....	68
Cuadro 55.	Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 9.....	68
Cuadro 56.	Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 10....	69
Cuadro 57.	Resumen final veinte marcadores por rama, colocados en follaje y corteza.....	69
Cuadro 58.	Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 1.	70
Cuadro 59.	Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 2.	70
Cuadro 60.	Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 3.	70
Cuadro 61.	Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 4.	71
Cuadro 62.	Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 5.	71
Cuadro 63.	Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 6.	71
Cuadro 64.	Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 7.	72
Cuadro 65.	Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 8.	72
Cuadro 66.	Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 9.	72
Cuadro 67.	Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 10.....	73
Cuadro 68.	Resumen final cuarenta marcadores por rama, colocados en follaje y corteza.....	73
Cuadro 69.	Capacidad de detección y capacidad de conteo.....	73

Cuadro 70.	Valores obtenidos para los parámetros de la distribución binomial negativa.....	74
Cuadro 71.	Resultados para el esquema sistemático, barrenador de hueso.....	74
Cuadro 72.	Resultados para el esquema tipo w, barrenador de hueso.....	75
Cuadro 73.	Resultados para el esquema tipo doble w, barrenador de hueso.....	75
Cuadro 74.	Resultados sobre frecuencia en la presencia simulada del insecto por árbol, para barrenador de hueso.....	76
Cuadro 75.	Resultados para el esquema sistemático, barrenador de ramas.....	77
Cuadro 76.	Resultados para el esquema tipo w, barrenador de ramas....	78
Cuadro 77.	Resultados para el esquema tipo doble w, barrenador de ramas.....	78
Cuadro 78.	Resultados sobre frecuencia en la presencia simulada del insecto por árbol, para barrenador de ramas.....	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Principales países productores de aguacate a nivel mundial.....	5
Figura 2. Principales países importadores de aguacate a nivel mundial.....	5
Figura 3. Breve historia de las exportaciones de aguacate a los Estados Unidos.....	7
Figura 4-5. Adulto y larva de <i>Conotrachelus perseae</i> Barber.....	12
Figura 6. Daño por <i>Conotrachelus perseae</i> Barber en el hueso de aguacate.....	15
Figura 7. Adulto de <i>Copturus aguacatae</i> Kissinger.....	16
Figura 8. Daños y sitios de refugio en ramas atacadas por <i>Copturus aguacatae</i>	17
Figura 9. Árbol atacado por <i>Copturus aguacatae</i> Kissinger.....	19
Figura 10. Tingüindín, Michoacán.....	35
Figura 11. Comparación de <i>Copturus aguacatae</i> con el objeto marcador.....	36
Figura 12. Materiales usados en la investigación.....	37
Figura 13. Altura de las primeras ramas, la medida que aparece, marca 1.65 m	40
Figura 14. Colocación de los marcadores.....	40
Figura 15. Esquema de muestreo sistemático en una huerta con 100 árboles.....	45
Figura 16. Árboles marcados, incluidos en la muestra bajo el esquema de muestreo sistemático, muestreando 3% de árboles.....	45
Figura 17. Esquema de muestreo tipo w en una huerta con 100 árboles.....	46
Figura 18. Árboles marcados, incluidos en la muestra bajo el esquema de muestreo tipo w.....	46
Figura 19. Esquema de muestreo tipo doble w en una huerta con 100 árboles.....	47
Figura 20. Árboles marcados, incluidos en la muestra bajo el esquema de muestreo tipo doble w.....	47
Figura 21. Árboles con mayor presencia simulada de barrenador de hueso.....	76
Figura 22. Árboles con mayor presencia simulada de barrenador de ramas.....	79

VALIDACIÓN Y SIMULACIÓN ESTADÍSTICA DE MÉTODOS PARA EL MUESTREO DE *Copturus aguacatae* Kissinger, *Conotrachelus perseae* Barber y *C. aguacatae*; PLAGAS DEL AGUACATE (*Persea americana* Mill), EN TINGÜINDÍN, MICHOACÁN, MÉXICO.

VALIDATON AND STATISTICAL SIMULATION OF METHODOLOGIES TO SURVEY *Copturus aguacatae* Kissinger, *Conotrachelus perseae* Barber AND *C. aguacatae*; AVOCADO PESTS (*Persea americana* Mill), IN TINGÜINDIN, MICHOACAN, MEXICO.

Norma Espinosa-García¹, Juan Fernando Solís-Aguilar²

RESUMEN

La presente investigación validó el procedimiento de muestreo denominado "manteo" en aguacate a bajas y altas densidades de objetos marcadores colocados en ramas. Con el Software SIDISE V.1.0[®] se realizó la simulación de tres esquemas de muestreo (sistemático, tipo w y doble w) donde se simularon 100 números de una distribución binomial negativa correspondientes a 100 árboles de una huerta de 10x10m. El "manteo" presentó una capacidad de detección de 93 a 99% a altas densidades, mostrando una menor capacidad de conteo al aumentar la densidad poblacional. La posición de un único marcador en la rama fue determinante para la capacidad de detección del método, que demostró ser operable pero la altura recomendada oficialmente no fue factible. Los esquemas sistemático, tipo w y doble w, tuvieron una eficiencia de detección pobre (28%) y no son recomendables para muestrear al barrenador de hueso; se recomienda muestrear cuatro árboles en posiciones específicas, lo que eleva la eficiencia del método al 65%. El esquema de muestreo sistemático es bueno solo para muestrear al barrenador de ramas con una eficiencia de 75.6%. la eficiencia puede ser elevada hasta 83%, con el muestreo de cuatro árboles.

Palabras clave: Barrenadores del aguacate, validación, simulación, muestreo, aguacate.

ABSTRACT

In this research, the pest survey procedure called "manteo" was validated in avocado with low and high simulated object densities placed on stems. The SIDISE V.1.0[®] Software was used to simulate three survey shapes (systematic, w shape and double w shape) with one hundred numbers from a negative binomial distribution corresponding to one hundred trees from a 10x10 meter orchard. The "manteo" has 93 to 99 percent detection capacity with high densities. This procedure showed a lower count capacity when population densities increased. The position of only one simulated object in the stem was a deciding factor to detect the capacity of the survey procedure. It proved its operating capacity but the official recommended height was not feasible for avocado trees. The three survey shapes had poor detection efficiency (28%) and they are not recommended to survey small avocado seed weevils. Sampling four trees in specific positions could increase the procedure efficiency to 65%. The systematic survey shape is good only for stem weevil surveys, with 75.6% efficiency. With the recommended four-tree sampling, efficiency could be elevated to 83%.

Key words: avocado weevils, validation, simulation, pest survey, avocado.

¹ Tesista

² Director de tesis

¹ Thesis author

² Thesis director

1. INTRODUCCIÓN

El aguacatero es un cultivo de distribución mundial, su fruto es considerado importante en la dieta alimenticia humana y es materia prima para la industria cosmetiquera. En el 2004, la producción mundial de aguacate se estimó en 3.18 millones de toneladas, siendo México el mayor productor con 1.04 millones de toneladas (FAOSTAT¹, 2005). En México, la fruta es cosechada los 365 días del año, lo que permite exportar a Japón, Hong Kong, Francia, Canadá, Reino Unido, los Países Bajos, Alemania, Bélgica, Luxemburgo, y los Estados Unidos de Norteamérica (ASERCA², 2007).

En nuestro país existen cuatro especies de insectos que en estado de larva barrenan el hueso del aguacate: el Barrenador pequeño del hueso (*Conotrachelus perseae* Barber y *Conotrachelus aguacatae*); Barrenador grande del hueso (*Heilipus lauri* Boheman) y la Palomilla barrenadora del hueso del aguacate (*Stenomoma catenifer* Walshingam) (Martínez, 1989); estas especies además del Barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger) son consideradas plagas de importancia cuarentenaria que, según la Ley Federal de Sanidad Vegetal, se definen como una *plaga de importancia reconocida o potencial para un país o área, la cual no está presente, o que estándolo, no se encuentra ampliamente distribuida y está bajo control oficial*. Estas plagas, provocan pérdidas del 40 al 85% y representan un obstáculo para la exportación de aguacate (SARH-DGSV, 1983; USDA, 2003, 2004; SAGARPA, 2005).

¹www.faostat.fao.org

²www.sagarpa/aserca.gob.mx

En las zonas libres de infestación de plagas barrenadoras de hueso y ramas de aguacate, se realizan muestreos periódicos basados en Normas Oficiales Mexicanas, para detectar su posible presencia (SAGARPA, 2005). Sin embargo, al tratarse de una zona libre de infestación la situación que prevalece es la de cero detecciones en los muestreos, obviamente porque están libres de estas.

Surge entonces el siguiente cuestionamiento: si llegaran a la huerta, individuos de una plaga de importancia cuarentenaria a bajas densidades ¿los métodos oficiales de muestreo serán capaces de detectarlos con prontitud y exactitud para adoptar una medida de control oportuna? Desafortunadamente, dichos métodos de muestreo al ser utilizados en zonas libres no han sido probados en situaciones reales de presencia de plagas, por lo que no se cuenta con evidencia tangible a cerca de su eficacia en la detección de plagas.

Los métodos de muestreos especificados en la *NOM-066-FITO-1995, especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate* (SAGARPA, 1995, 2002), tienen bases empíricas no validadas científicamente, no presentan sustento estadístico para amparar su confiabilidad ni respaldo bibliográfico oficial para sustentarlos; se usan de buena fe pero su validez estadística no está comprobada, por lo que se considera que no se tiene un fundamento científico sólido a cerca de la eficacia de los métodos de muestreo, es decir no se tiene evidencia estadística de su capacidad de detección a altas o bajas densidades.

Por lo anteriormente expuesto, los objetivos del presente trabajo son:

- Validar la operatividad y confiabilidad estadística de las metodologías existentes para el muestreo del barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger), en huertas de aguacate.
- Bajo simulación en computadora y, en base a los resultados de González (2003), probar la eficiencia de los esquemas de muestreo para la detección del barrenador pequeño del hueso (*Conotrachelus persea* Barber y *C. aguacate*) y el barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger) a diferentes densidades.
- En caso de ser necesario, proponer una nueva metodología para el muestreo del barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger) y el barrenador pequeño del hueso (*Conotrachelus persea* Barber), con una confiabilidad estadística alta.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El mercado del aguacate

México es el principal productor del cultivo de aguacate a nivel mundial (Rodríguez, 1992; SAGARPA, 2007³), pero hay otros países productores potenciales, por lo que el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) está ampliamente distribuido a nivel mundial, y puede ser encontrado en cada continente. En el año 2004, la producción mundial de aguacate se estimó en 3.18 millones de toneladas métricas, con México como el mayor productor (1.04 millones de toneladas métricas).

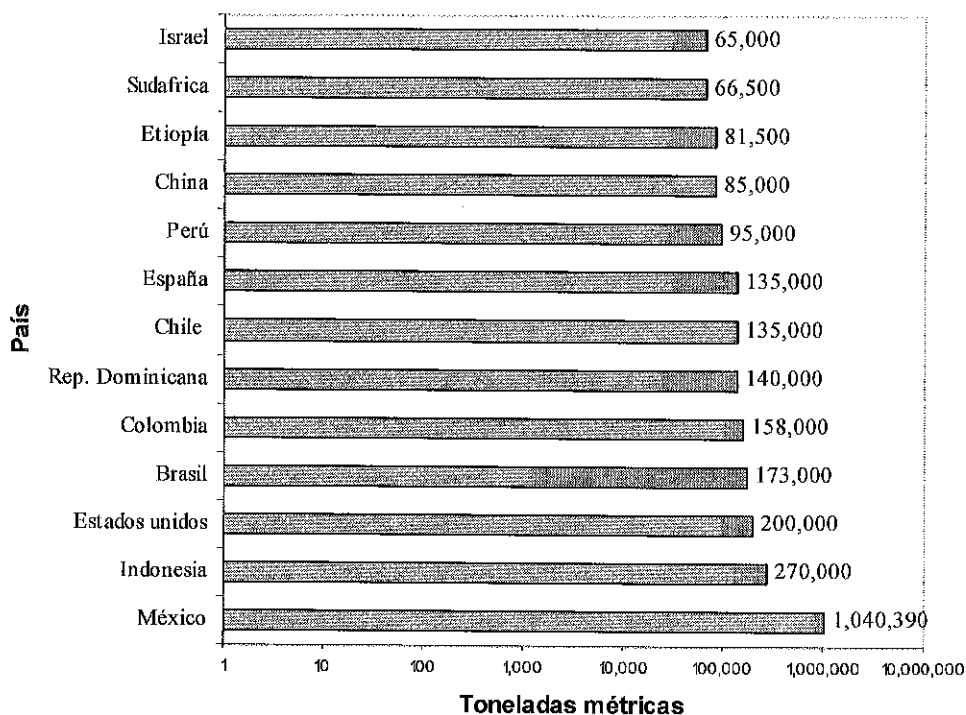
Como puede también observarse en la Figura 1, en ese mismo año se notaron otros grandes productores como Indonesia (270,000 toneladas métricas), Estados Unidos de Norteamérica, (200,000 toneladas métricas), Brasil (173,000 toneladas métricas), Colombia (158,000 toneladas métricas), República Dominicana (140,000 toneladas métricas), España (135,000 toneladas métricas) y Chile (135,000 toneladas métricas). Perú, Etiopía, Israel, Sudáfrica y China son también productores significativos (FAOSTAT, 2005¹).

Pequeñas cantidades de aguacates producidos principalmente en Israel, España, Sudáfrica y Estados Unidos de Norteamérica entran al Mercado internacional. En la Figura 2, se puede observar a los principales países importadores de aguacate en el mundo que son Francia, Estados Unidos de

¹www.faostat.fao.org

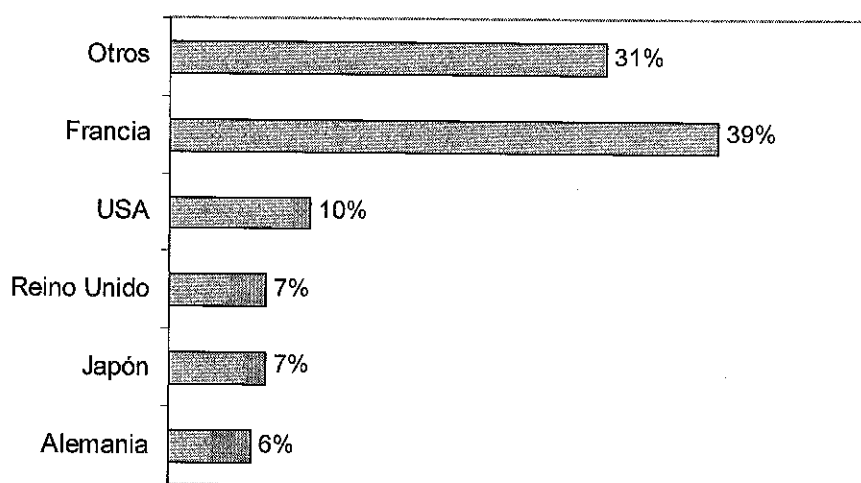
³www.sagarpa.gob.mx

Norteamérica, Reino Unido, Japón y recientemente algunos otros países de la Unión Europea (FAOSTAT, 2005)¹.



Fuente: FAOSTAT, 2005

Figura 1. Principales países productores de aguacate a nivel mundial



Fuente: FAOSTAT, 2005¹

Figura 2. Principales países importadores de aguacate a nivel mundial

¹www.faostat.fao.org

El aguacate es cosechado los 365 días del año, lo que permite a México exportar a países como Japón, Hong Kong, Francia, Canadá, Reino Unido, los Países Bajos, Alemania, Bélgica, Luxemburgo, y desde 1997 a Estados Unidos de Norteamérica (APEAM, 2006⁴).

El aguacate mexicano había estado sujeto durante 83 años a disposiciones fitosanitarias (Figura 3) que impedían su comercialización directa a Estados Unidos de Norteamérica y partir de 1997, después de un largo tiempo de negociación, se permitió la importación de aguacate Hass proveniente de Michoacán a 19 Estados de la Unión Americana y en el Distrito de Columbia (Bakshi, 2003; SAGARPA, 2007³; APEAM, 2006⁴).

A partir de 1997, se estableció el Programa de exportación de aguacate México – Estados Unidos, que asegura la detección de frutos en huerto, embarque, empacadora y/o frontera. Éste esquema determina que una sola detección de plaga es suficiente para el rechazo de un embarque y la eliminación del huerto o municipio del programa de exportación, si así lo determina el APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service).

Este programa está siendo observado rutinariamente por personal de USDA (United States Department of Agriculture) - APHIS, por lo que el establecimiento de un programa de muestreo confiable, es básico para los predios y áreas autorizadas para exportación (US Federal Register 30/11/04).

³www.sagarpa.gob.mx

⁴www.apeamac.org

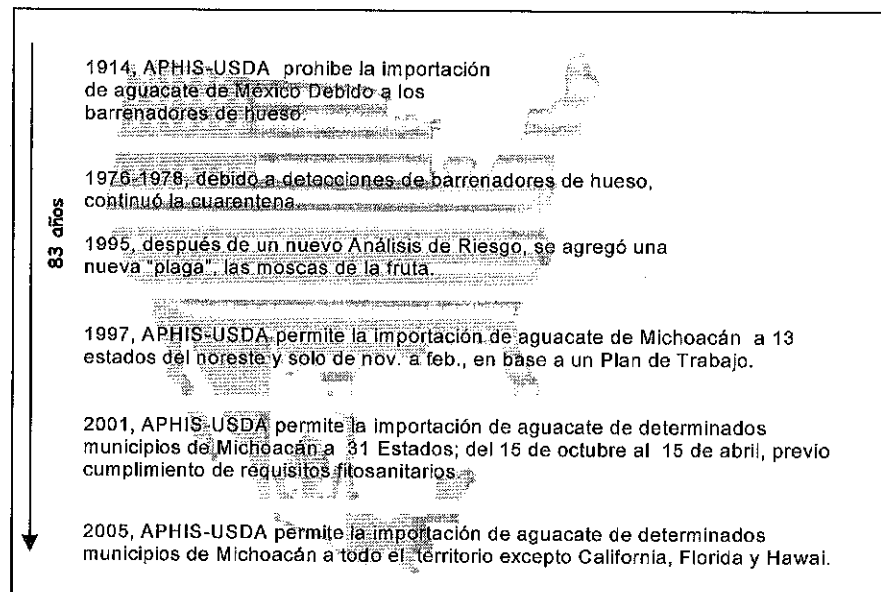


Figura 3. Breve historia de las exportaciones de aguacate a los Estados Unidos

México es el mayor productor de aguacate en el mundo, consume el 90% de su producción y el 10% restante es exportado en fresco o procesado, la producción de éste cultivo en México ha ido en aumento pasando de 92,669 Ha sembradas en 1999 a 102,467 Ha en el 2004. Se produce en 28 Estados de la República, en cinco de ellos, Michoacán (84% del volumen cosechado) Morelos, Nayarit, Estado de México y Puebla, se concentra el 90% de la superficie sembrada y el 92% de la producción (Téliz, 1982; Téliz, 2000).

Michoacán es el principal Estado productor de aguacate en el país y el único Estado exportador, tiene una superficie promedio de 75,677 hectáreas que representa el 81.63% del total nacional, le siguen los Estados de Morelos con 2,367 Ha, Nayarit 2,365 Ha, Puebla 2,315 Ha y Estado de México con 2,075 Ha (SAGARPA, 2007³). Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo

³www.sagarpa.gob.mx

Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA³, durante la temporada 2005-2006, el Estado de Michoacán exportó 187,000 toneladas de aguacate de las cuales 130,000 se exportaron a los Estados Unidos, 30, 000 a Japón, 15,000 a la Unión Europea y 12,000 a otros países en Centro América. A partir del año 2002, el incremento en los volúmenes exportados fue evidente, pero de 2004 a 2005 el incremento fue superior al 281%. Se espera que para el año en curso, las exportaciones alcancen las 170,000 toneladas solo hacia los Estados Unidos. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Exportación de aguacate mexicano del 2000 al 2006.

Año	Miles de toneladas		
	E.U.A.	Otros	Total
2000	11,729	70,771	82,500
2001	10,221	44,875	55,096
2002	24,477	44,554	69,032
2003	29,912	42,992	72,904
2004	42,607	56,710	99,317
2005	120,000	47,000	167 000
2006	130,000	57,000	187 000

Fuente: SAGARPA, 2007³.

2.2 Principales plagas barrenadoras del cultivo

El cultivo del aguacate, es considerado en algunos países como de alto riesgo cuarentenario, desde el punto de vista comercial pues es atacado por gran cantidad de ácaros e insectos que causan daños de consideración, si no se les controla oportunamente (CABI, 2003). Los daños se manifiestan en pérdidas en la producción y calidad de los frutos (Martínez, 1989).

³www.sagarpa.gob.mx

Con respecto a barrenadores, existen especies que en estado de larva barrenan el hueso del aguacate; entre ellas se encuentran: Barrenador de ramas del aguacatero (*Copturus aguacatae*), Barrenadores del hueso (*Conotrachelus persea* Barber y *Conotrachelus aguacatae*), Picudo grande del hueso (*Heilipus lauri* Boheman), Palomilla del aguacate (*Stenoma catenifer* Walshingam) (SAGARPA, 1995, 2002, 2005; USDA, 2003, 2004).

De las plagas mencionadas anteriormente, *Copturus aguacatae*, *Conotrachelus persea* Barber, *Conotrachelus aguacatae* y *Heilipus lauri* pertenecen a la familia Curculionidae y son conocidas como picudos o barrenadores. Los barrenadores pueden encontrarse en flores, hojas, frutos o ramas, según la especie; en toda la planta o en partes de ella. Los adultos frecuentemente se encuentran posados al sol y cuando son molestados, pueden plegar sus patas y antenas dejándose caer al suelo. Algunos de los insectos más destructivos de ésta familia son el picudo del algodónero (*Anthonomus grandis*), el picudo del chile (*Anthonomus eugenii*) y los barrenadores del aguacate (Dillon y Dillon, 1972).

Las cinco plagas que limitan el comercio internacional del aguacate son: Barrenador de ramas del aguacatero (*Copturus aguacatae*), Barrenador pequeño del hueso del aguacate (*Conotrachelus persea* Barber y *Conotrachelus aguacatae*), Barrenador grande del hueso del aguacate (*Heilipus lauri* Boheman) y la Palomilla barrenadora del hueso (*Stenoma catenifer*), esta última no reportada en México (SAGARPA, 2005).

2.2.1 Barrenadores del hueso del aguacate (*Conotrachelus persea* Barber y *C. aguacatae*)

2.2.1.1 Importancia económica

Se considera que *C. persea* es la plaga más importante en el cultivo de aguacate, debido a que puede causar pérdidas del 40 al 85% en la producción, al provocar la caída de los frutos (SARH-DGSV, 1983).

C. aguacatae es considerado como plaga económica en la región del centro México; Coahuila, Jalisco, Michoacán y Nayarit (Whitehead, 1979). Es causante de la cuarentena impuesta en contra de la fruta producida en la entidad y que impide su comercialización en el noroeste del país así como la exportación hacia los Estados Unidos de América (Cuevas et al., 1989).

Es una plaga de importancia cuarentenaria para los Estados Unidos de Norteamérica y está bajo regulación de la Dirección General de Sanidad Vegetal de México (APHIS, 1999). De 1997 al 2004, se realizaron muestreos de mas de 12,281,138 frutos en huertas, empaques y fronteras con el fin de su detección, resultando negativos a la presencia de plagas de importancia cuarentenaria, entre ellas *C. persea* que implicó altísimos costos por pérdida de fruta (APEAM, 2006⁴).

⁴www.apeamac.org

2.2.1.2 Distribución

Conotrachelus perseae y *C. aguacatae* son reportados en México y Centroamérica, hasta el sur de Panamá (Ebeling, 1959; Whitehead, 1979). En México, se encuentra distribuida en los Estados de Querétaro, Jalisco, Puebla, Morelos y Guanajuato (Whitehead, 1979; SARH-DGSV, 1983; SAGARPA, 2005). En el caso de Michoacán, la presencia de esta plaga se confina a pequeñas áreas de los municipios de Ziracuaretiro, Tocuambo y Susupuató (SAGARPA, 2005).

2.2.1.3 Hospederos

El único hospedero reportado para *C. perseae* y *C. aguacate* es el aguacatero (*Persea americana*) (CABI, 2003). La Dirección General de Sanidad Vegetal reporta que ambas especies prefieren las variedades criollas, pero también pueden encontrarse en la variedad Hass, la cual es una variedad de exportación (APHIS, 1999, SAGARPA, 2005).

2.2.1.4 Descripción y hábitos

El adulto es un picudo de color café oscuro de 5 milímetros de longitud que deposita sus huevecillos preferentemente en la mitad inferior del árbol y en la parte basal de frutos pequeños y medianos (Figura 4). Al nacer la larva se introduce en el fruto hasta llegar al hueso del que se alimenta destruyéndolo por completo (Figura 5), provocando la caída de los frutos, que posteriormente abandona para pupar en el suelo de donde emerge el adulto en forma de un picudo que se alimenta del follaje del árbol (Salinas, 1999, SAGARPA, 2005).

Los adultos son de hábitos nocturnos, se alimentan de hojas, frutos y ramas tiernas, y durante el día reposan en huecos de la corteza, hojas enrolladas, axilas de las hojas o en las inflorescencias (Martínez et al., 1997; USDA, 2003, 2004). Se pueden observar en las hojas ó comiendo ramitas y retoños; sus movimientos son rápidos y nerviosos y pueden desplazarse con facilidad (Muñiz, 1960; Salinas, 1999).

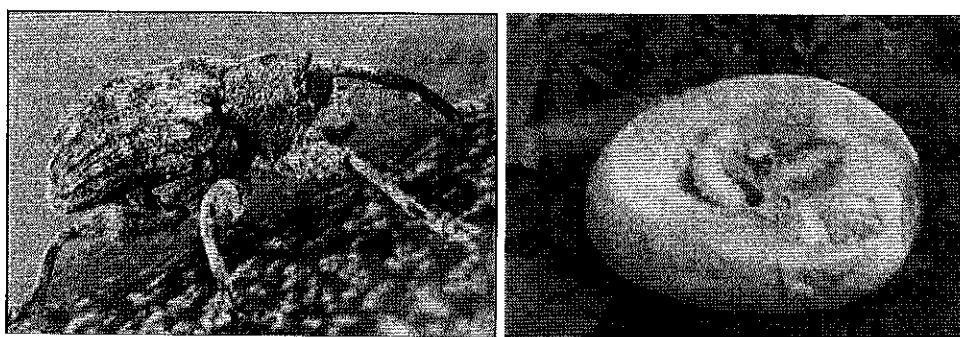


Figura 4-5. Adulto y larva de *Conotrachelus persea* Barber

El radio de vuelo aún no ha sido determinado, pero parece limitarse a árboles vecinos. Como muchos curculiónidos, se tiran al suelo cuando son molestados, durando en ocasiones varias horas sin movimiento (tanatosis), aún cuando se les intente estimular (Muñiz, 1960; SAGARPA, 2005).

La dispersión de estos insectos la ha realizado el hombre, ya que en forma natural la movilidad de estos curculiónidos es muy lenta, su dispersión de árbol a árbol es por medio de vuelos cortos y a largas distancias se desplazan dentro de sus hospederos, transportados generalmente por el hombre (Díaz, 1971; CABI, 2003; USDA, 1999, 2003, 2004).

En algunos huertos se han observado brotes muy aislados con un avance restringido, solo de un árbol a otro (Díaz, 1971). Los adultos son sedentarios y tienden a permanecer en el follaje del árbol hospedero (García et al., 1998; APHIS, 1999; Téliz, 2000; CABI, 2003), son de vuelo poco activo por lo cual, para localizarlos es necesario realizar un muestreo de éstos en follaje, éste debe realizarse por la mañana antes de la salida del sol, que es cuando presentan menos movimiento (Martínez et al., 1997; Salinas, 1999; SAGARPA, 2005).

El insecto prefiere ovipositar en las ramas más expuestas a los rayos solares, concentrándose en la parte media superior y externa de la copa de los árboles y ramas terciarias. Por consiguiente, los ataques son más frecuentes en los frutos de las ramas terminales (Díaz, 1971).

La hembra oviposita en frutos en desarrollo (tamaño pequeño), las larvas emergen entre 7 y 10 días después de la oviposición. Al nacer éstas se introducen en la pulpa hasta llegar al hueso, al que barrenan para alimentarse destruyéndolo casi completamente. Permanecen dentro del fruto de 20 a 35 días, encontrándose hasta 3 o 4 larvas por fruto en ocasiones, al completar su desarrollo larvario, perforan la pulpa para abandonar el fruto y pupar en el suelo a una profundidad de 0.5 cm y emerger como adulto después de 4 a 6 semanas. En total el ciclo biológico de esta especie transcurre en 42 a 75 días de huevo a adulto (SAGARPA, 2005).

Martínez et al., (1997) reportan que el ciclo biológico de *Conotrachelus perseae* B. en Zitácuaro, Michoacán dura en promedio 76.5 días en los machos y 78.6 días en las hembras, desde la oviposición hasta que el adulto emerge. Sin embargo, dependiendo de la temperatura, el ciclo de vida puede durar de 74.5 a 94.6 en las hembras y 72.4 a 89.6 días en los machos.

Este mismo autor reporta que la presencia de adultos ocurre al inicio de las lluvias, en esta época se encuentran una gran cantidad de frutos donde ovipositan y empieza a desarrollarse la primera generación, que concluye a finales de agosto con la aparición de la “flor loca”, la segunda generación finaliza a mediados o finales de diciembre. De esta manera, el barrenador pequeño del hueso presenta dos generaciones por año (USDA, 2003, 2004; SAGARPA, 2005).

En general se ha definido que la duración del ciclo biológico es de 70.75 días (desde huevo hasta la emergencia del adulto), pueden presentarse de dos a tres generaciones completas al año dependiendo de las características de la región, manejo del cultivo y condiciones climáticas, en algunas ocasiones, se presentan superpuestas (Salinas, 1999; SAGARPA, 2005).

El ciclo de vida toma de 80 a 92 días dependiendo de las condiciones climáticas. En México, se presentan usualmente dos generaciones, posiblemente tres cuando las condiciones son favorables (APHIS, 1999).

2.2.1.5 Daños

C. aguacatae y *C. perseae* pueden causar serios daños a los aguacates al barrenar el hueso del fruto, por esto los frutos caen al suelo en forma prematura (Figura 6) y por lo tanto son invendibles (CABI, 2005).

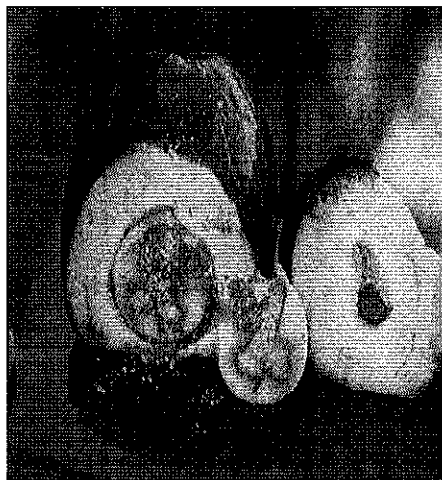


Figura 6. Daño por *Conotrachelus perseae* Barber en el hueso de aguacate

2.2.2 Barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger)

2.2.2.1 Importancia económica

Este insecto adquiere su importancia debido a que barrena gran cantidad de ramas en etapa productiva, mismas que se rompen por el peso de la fruta ocasionando mermas en la producción (APHIS, 1999). Las ramas afectadas por las larvas, se mueren e incluso pueden matar árboles jóvenes y/o débiles bajo altas infestaciones (Muñiz, 1960; Cuevas et al., 1989).

2.2.2.2 Distribución y hospederos

Este barrenador se encuentra distribuido sobre todo en huertos localizados en climas cálidos en los Estados de Puebla, Morelos, México, Guerrero, Querétaro, Oaxaca, Veracruz y en algunos municipios de Michoacán (SAGARPA, 2005). Hasta ahora, solo se le ha encontrado presente en árboles de aguacate (Muñiz, 1960).

2.2.2.3 Descripción y hábitos

El adulto es un picudo negro-rojizo de 4 a 5 milímetros de longitud, la hembra hace orificios en ramas terminales y expuestas a los rayos del sol, colocando un huevecillo por orificio (Figura 7).

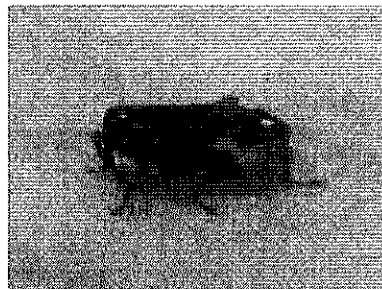


Figura 7. Adulto de *Copturus aguacatae* Kissinger

Aun cuando son insectos muy activos, sobre todo en días soleados, su vuelo es reducido, se pueden encontrar en grupos asoleándose. Las hembras abren orificios con su rostro en ramas terminales expuestas al sol, que les sirven posteriormente como refugio (Muñiz, 1960, SAGARPA, 2005).

El insecto prefiere ovipositar en las ramas más expuestas a los rayos solares, concentrándose en la parte media superior y externa de la copa de los árboles y ramas terciarias; por consiguiente, los ataques son más frecuentes en las ramas terminales (González, 2003). Durante la oviposición la hembra hace pequeños orificios tanto en las ramas como en el tronco y posteriormente en cada uno de ellos coloca un huevecillo entre la cutícula y la epidermis, generalmente de forma aislada (Cuevas et al., 1989).

Al nacer la larva se alimenta de la madera hasta llegar a la médula, de ahí parten las galerías en un desplazamiento paralelo a los tejidos y continúan barrenando hasta el momento en que inicia la pupación (Figura 8). En ramas gruesas y troncos las larvas no penetran más de dos centímetros de profundidad en un área de daño que no es mayor de 4 centímetros cuadrados. ((Muñiz, 1960, Cuevas et al., 1989).

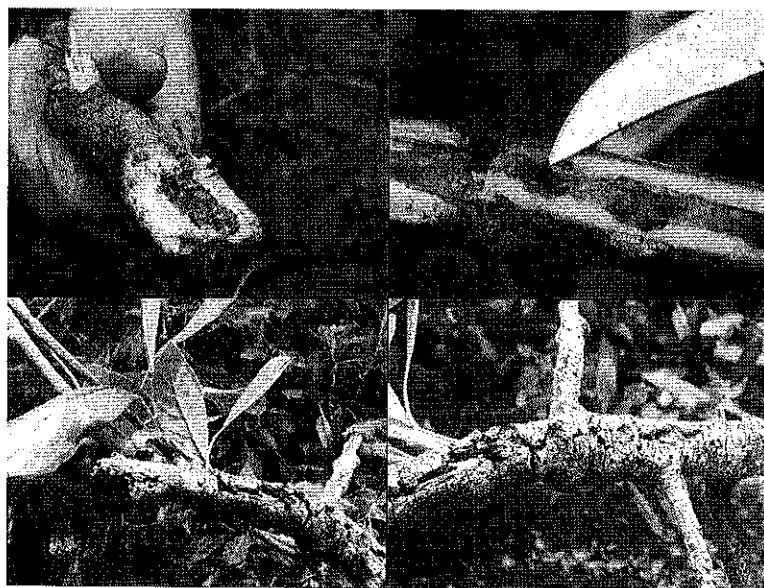


Figura 8. Galerías y sitios de refugio en ramas atacadas por *C. aguacatae*

Según Cuevas et al., 1989, las hembras maduras copulan entre los 30 y 35 días posteriores a la emergencia y ovipositan entre los 10 a 15 días siguientes; la oviposición es realizada principalmente en ramas y troncos jóvenes.

Cuando la larva comienza a alimentarse ocasiona un escurrimiento de savia, que al evaporarse deja un residuo típico de color blanco. Al paso de dos o tres años, la corteza se desprende en las partes afectadas y, si continúa el ataque, las ramas gruesas se secan (SAGARPA, 2005). Las galerías labradas por la larva se encuentran obturadas por excretas y residuos de la masticación, que tienen consistencia de aserrín fino, amasado y muy compacto (Muñiz, 1960).

Cuevas et al., 1989 mencionan que en la región aguacatera del estado de Michoacán se presentan dos generaciones anuales; la primera inicia a principios del mes de junio y perdura hasta los primeros quince días de septiembre; la segunda inicia a finales de diciembre y se prolonga hasta principios de marzo. Los días para completar el ciclo biológico van de 169 a 192 (SAGARPA, 2005).

2.2.2.4 Daños

Las ramas afectadas presentan savia por la perforación inicial de entrada, ésta se cristaliza en el exterior y aumenta conforme la larva continúa su alimentación, posteriormente, las ramas se defolian y tiran la flor ó frutos debido al peso, acción de vientos fuertes o maniobras de manejo, las ramas terminales del árbol tienen un aspecto seco en altas infestaciones (Figura 9) (SAGARPA,

2005). Las ramas afectadas mueren e incluso pueden matar al árbol, si este es joven o débil (Muñiz, 1960; Cuevas et al, 1989).



Figura 9. Árbol atacado por *Copturus aguacatae* Kissinger

Generalmente, en el punto de inicio de la galería se observan puntos blancos de consistencia polvosa facilitando con esto la localización del daño (Cuevas et al, 1989).

2.3 Disposición espacial de insectos barrenadores

De forma natural los organismos tienden a estar presentes en un hábitat específico y bajo una forma determinada. A la forma en que se distribuyen los organismos se le conoce como la disposición espacial.

El conocimiento de esta es importante para la elección del método de muestreo, procedimientos de muestreo y las técnicas de control que se utilizarán para un organismo en particular (Castillo, 2005).

Por disposición espacial se entiende el arreglo o acomodo que tienen los insectos en el espacio. La disposición se reserva para referirse a la distribución estadística que representa una cierta disposición espacial (Domínguez, 1992).

Le Blanc et al. (1984) al trabajar con el barrenador de frutos del manzano (*Conotrachelus nenuphar* Herbst), analizó la distribución espacial en diferentes niveles del árbol y diferentes orientaciones, así como sectores dentro de la huerta, encontrando que las cicatrices de oviposición fueron detectadas predominantemente en frutos de la parte media superior del árbol. Estos autores probaron que existen diferencias significativas en la distribución vertical del insecto dentro del árbol.

En cuanto a la disposición horizontal, no se detectaron diferencias en la frecuencia de oviposición. Resultados semejantes para esta misma especie son los reportados por Le Roux (1961), quien observó que la capacidad de infestar la parte inferior del árbol es influida por altas densidades de la población del insecto.

Lewis (1992), en el noreste de California, E. U. A., estudió la disposición espacial de *Curculio occidentalis* Cassey, especie barrenadora de bellotas en

árboles de *Quercus* spp, mediante la toma de nueve muestras en sentido vertical arregladas en tres bloques de dosel (superior, medio e inferior), este autor encontró que el daño por el insecto está distribuido zonalmente dentro de la copa, ya que el mayor porcentaje de bellotas dañadas fue localizado en la región inferior y media.

Eikenbari y Raney (1973) encontraron que los adultos del barrenador *Curculio cariae* Horn, tuvieron una mayor preferencia por la porción inferior de los árboles de nogal. Resultados opuestos son los reportados por Peacock (1988), citado por Lewis (1992), con *Curculio latifereana*, especie en la que la oviposición de las hembras se observó con mayor frecuencia en la región superior de la copa.

Schaefer (1963), citado por Lewis (1992), menciona que la preferencia diferencial por hábitat de los insectos ha sido atribuida a diferencias en temperatura, la cual presenta gradientes en el dosel del hospedero. En general los estudios espaciales de curculiónidos se han restringido al dosel de la planta y no se ha enfatizado en la dispersión horizontal, ambos tipos de estudios son importantes para una completa caracterización de este atributo poblacional (González, 2003).

González (2003), reportó la existencia de disposición espacial de contagio dentro de la copa del árbol, encontrando que el barrenador del hueso y barrenador de ramas tienen preferencia por las orientaciones suroeste y

noreste, esta preferencia podría ser explicada por la trayectoria solar durante el día. Los patrones de crecimiento de ambos barrenadores tuvieron una tendencia en dirección norte-sur, probablemente debido a la dirección de los vientos dominantes, el daño por estos insectos fue proporcional a la intensidad de la agregación.

Existen básicamente tres formas de disposición espacial: uniforme, aleatoria y de contagio. En la disposición espacial uniforme, los organismos se distribuyen en el hábitat bajo un patrón determinado en cuanto a distancia o alejamiento de un individuo con respecto a otro. En la espacial aleatoria, los organismos se distribuyen en el hábitat de manera aleatoria en cuanto a la distancia o alejamiento de un individuo respecto a otro. En la disposición espacial de contagio los organismos se agregan o forman pequeños grupos que se disponen de manera aleatoria en cuanto a la distancia o alejamiento de un grupo de individuos con respecto a otro (Castillo, 2005).

De los tres tipos de disposición, el más común que describe a los insectos es el de agregado o contagio, el patrón aleatorio es mas bien raro (Domínguez, 1992). La estadística proporciona herramientas para determinar la disposición espacial de los organismos, cuando el área de estudio es grande, se realiza un muestreo y se lleva a cabo una prueba de bondad de ajuste para probar la adecuación de los datos hacia la distribución Poisson o la distribución binomial negativa (Castillo, 2005).

El modelo usado con mayor frecuencia ha sido la distribución binomial negativa, que es descrita por la media (μ) y un parámetro k . El ajuste a la distribución binomial negativa denota agregación contrario al patrón aleatorio representado por la distribución de Poisson (Campbell y James, 1985).

2.4 Distribución binomial negativa

La manera mas sencilla de ver hacia que disposición se ajustan los datos que obtenemos en campo, es usar el índice conocido como razón varianza media. El cual se obtiene al dividir la varianza entre la media del grupo de datos. Si el valor del índice es mayor, igual o menor a 1, indica contagio, aleatoriedad o regular, respectivamente (Domínguez, 1992).

Castillo (2005), menciona que la distribución binomial negativa debe su nombre a que la probabilidad de obtener un determinado número de éxitos se obtiene al desarrollar al binomio $(q - p)^k$. Esta distribución es de gran utilidad en el recuento de insectos y enfermedades que atacan cultivos agrícolas.

Los parámetros que caracterizan a esta distribución son m y k :

Media: $\mu_x = m$

Varianza: $\sigma_x^2 = m + m^2/k$

Nomenclatura: $X \sim BN(m, k)$

La variable X se distribuye o tiene distribución binomial negativa con parámetros m y k .

2.5 Métodos de muestreo para barrenadores del hueso

El muestreo de poblaciones de insectos, patógenos ó síntomas de enfermedad, es un componente básico en estudios de entomología y fitopatología. El objetivo general del muestreo es estimar la densidad poblacional de insectos o patógenos, o la intensidad del daño en un tiempo y espacio determinados con alta confiabilidad estadística (Yamamura y Sugimoto, 1995).

El muestreo, quizás más que cualquier otro método numérico usado en la biología, requiere de un conocimiento amplio de la interacción de factores del clima, manejo del agroecosistema, hospedero y las características del organismo. Es necesario enfatizar que la dimensión espacial y temporal confieren al tamaño de muestra un carácter dinámico. No puede existir un tamaño de muestra único en estudios en los que se requiere medir atributos poblacionales en el tiempo y espacio, ya que la dinámica poblacional es variable en estas dimensiones por lo que la varianza, base del muestreo, también es fluctuante (Mora, 1997).

Pocos casos de distribución de organismos son verdaderamente al azar, lo que lleva con frecuencia a una estimación inadecuada de parámetros o atributos poblacionales. En la elección del diseño de muestreo es donde se determina el tamaño de muestra, que no es únicamente la utilización de un modelo matemático, sino que involucra otros factores como: recursos económicos, precisión relativa o absoluta de las estimaciones, confiabilidad,

variabilidad, distribución normal de los estimadores y el cumplimiento de los supuestos del modelo utilizado (Binns y Nyrop, 1992).

El muestreo es la piedra angular de cualquier programa de manejo integrado de plagas y significa la unión de esfuerzos entre la teoría y la práctica para su desarrollo así como la aplicación de métodos de muestreo. En nuestros días, la decisión de apoyar a un sistema de cultivo, está integrada por estimaciones del muestreo, umbrales y sistemas de información geográfica basados en una plataforma de base de datos. En entomología, los planes de muestreo secuencial están basados en patrones de muestreo y umbrales de acción, los cuales facilitan la ubicación de poblaciones en categorías (endémica, epidémica) con un ahorro en números muestra (Fetting, *et al*, 2005).

Un método de muestreo se define como el conjunto de directrices que orientan a cerca de la forma en que deben disponerse y elegirse las unidades de muestreo que integran la muestra y la forma de analizar los datos derivados de la misma es decir, la descripción estadística. El esquema o patrón de muestreo es la forma del recorrido en campo ó área para la toma de muestra y el procedimiento de muestreo es el conjunto de materiales y aparatos para tomar la muestra (Castillo, 2005).

En los métodos de muestreo especificados en la modificación a la NOM-066-FITO-1995, la determinación de la unidad, procedimiento y esquema de

muestreo tienen bases empíricas no validadas científicamente. Por otra parte, no ha sido posible definir hasta ahora un número fijo de unidades de muestreo por la naturaleza dinámica de la densidad de las poblaciones de estas plagas, tanto en el proceso temporal como espacial (González, 2003).

La metodología de muestreo usada para *C. perseae* y *C. aguacatae*, generada hasta el momento, ha sido establecida bajo un criterio de muestreo simple aleatorio (Martínez, 1989).

Como antecedente encontramos que el mejor método de muestreo para *Conotrachelus nenuphar* en huertos comerciales en Quebec, Canadá es la examinación cuidadosa de miles de pequeños frutos con el fin de encontrar huevecillos ó marcas de ovipositoras, para lo cual se usan satisfactoriamente umbrales del 1% de frutos dañados, con un monitoreo cuidadoso tres veces por semana (EPPO⁵, 2005).

Para el muestreo de barrenadores del hueso y ramas se recomienda elegir 15 árboles siguiendo un patrón de muestreo en doble W o diamante por unidad de producción estimada en una hectárea (González, 2003). Según este mismo autor, el método de muestreo oficial describió la media poblacional del 1 al 20% solo en 3 de 18 evaluaciones. El número de 10 árboles que marca la Norma oficial no fue adecuado en la mayoría de los casos, recomienda hacer un muestreo del estrato bajo, en las orientaciones noreste y suroeste de la copa del árbol y sugiere observar 50 frutos (25 por orientación para *C. perseae* y un

⁵www.eppo.int

metro terminal de rama en las orientaciones noreste y suroeste para *Conotrachelus aguacate*)

Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica, el muestreo de follaje sacudiendo las ramas más bajas del árbol sobre una lona o tela está calibrado para detectar plagas, si están presentes, en un 1% o más con un nivel de confianza del 95% (USDA, 2004), pero en la bibliografía no se ha encontrado evidencia estadística de esta afirmación.

Una de las interrogantes con mayor importancia es, ¿qué tamaño de muestra usar para estimar una población? El tamaño de muestra (n) depende de varios factores, entre ellos: la precisión del método de muestreo y la disposición espacial de la plaga. La disposición espacial determina la distribución estadística dada y cada distribución tiene su forma particular para obtener n (Domínguez, 1992).

2.6 Métodos oficiales de muestreo en México

2.6.1 Muestreo según la modificación a la NOM-066-FITO-1995, Especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate, y el Manual operativo de la campaña: Manejo fitosanitario del aguacatero.

La modificación a la NOM-066-FITO-1995 establece los principios básicos de muestreo para barrenadores del hueso en frutos, zonas bajo control fitosanitario

y zonas libres; barrenadores del hueso en el follaje, zonas bajo control fitosanitario y zonas libres; barrenadores de ramas en zonas bajo control fitosanitario y empacadoras y centros de acopio en zonas libres de barrenadores del hueso.

Para el muestreo de barrenadores del hueso en frutos, en zonas bajo control fitosanitario, se seleccionarán 10 árboles de aguacate por hectárea de manera aleatoria, inspeccionándose visualmente 10 frutos de cada árbol (pueden ser frutos adheridos al árbol o frutos caídos). Además, los frutos que presenten síntomas o daños externos similares a los causados por la plaga, serán rebanados en su totalidad para comprobar su estado fitosanitario. En zonas libres el muestreo será del 5% de los árboles por hectárea, seleccionando 10 frutos por árbol (SAGARPA, 1995, 2002, 2005).

Para lograr un mayor entendimiento de los procedimientos de muestreo, la SAGARPA cuenta con el Manual operativo de la campaña: *Manejo fitosanitario del aguacatero, aplicable en zonas bajo control fitosanitario, zonas libres y huertos temporalmente libres, que comprenden huertos comerciales y de traspatio* (SAGARPA, 1995, 2002, 2005).

2.6.1.1 Muestreo de frutos

Según el Manual operativo de la NOM referida, el muestreo de frutos se realiza un muestreo de manera sistemática, que consistirá en la obtención de una muestra del 5% de los árboles por hectárea en zonas libres.

Para seleccionar los árboles a muestrear se procede primero a multiplicar el número total de árboles por hectárea en el predio por 0.05, asimismo, se elige una unidad de muestreo entre las k primeras unidades de muestreo hasta completar la muestra, de los cuales se verifican mediante disección de 10 frutos de cada árbol que deben ser de los frutos caídos y solo en caso de no completar la muestra por árbol, se muestrean los frutos adheridos al árbol, seleccionando para este caso, los frutos cuyo diámetro sea de 2 a 5 cm.

2.6.1.2 Muestreo de follaje

El muestreo se debe realizar por la mañana antes de la salida del sol, se muestrea utilizando una tela o plástico de un color que permita identificar con claridad a los insectos (regularmente blanca), en la parte inferior de una rama a la altura de 1.65 m, sacudiéndola con fuerza para derribar a los insectos en caso de encontrarse presentes. En cada árbol seleccionado se debe tomar una rama en cada punto cardinal. Se debe realizar una muestra del 5% de los árboles por hectárea (SAGARPA, 1995, 2002, 2005).

2.6.2 Muestreo para detectar plagas del hueso de aguacate, según el Plan de Trabajo para la Exportación de Aguacate Hass de México a Estados Unidos de Norte América aplicado a huertos comerciales y emparadoras.

Los Planes de Trabajo Binacionales son desarrollados y firmados entre dos países interesados en el intercambio comercial para describir los requisitos

fitosanitarios, establecidos por el país importador, basados en un Análisis de Riesgo de Plagas, para la importación de productos regulados, en el que se especifica su propósito fitosanitario (DGSV⁶, 2007).

Las instancias oficiales y/o privadas que intervendrán tanto en la certificación fitosanitaria como en la comercialización del producto así como el método de muestreo para determinar la presencia, ausencia o prevalencia de una plaga deberán estar indicadas en dicho Plan de Trabajo. Asimismo, los métodos de prueba y medidas para prevenir el ingreso de plagas deben ser claramente establecidos (NRMF - NAPPO No. 19, 2003).

Los municipios de Michoacán, exportadores de aguacate deben hacer un muestreo por lo menos semestral, con resultados negativos para el barrenador grande del hueso del aguacate *Heilipus lauri*, la palomilla del hueso del aguacate *Stenoma catenifer*, y los barrenadores pequeños de la semilla del aguacate *Conotrachelus aguacatae* y *C. perseae*.

Los muestreos deben conducirse de acuerdo al *Apéndice C* del Plan de Trabajo para la Exportación de Aguacate Hass de México a Estados Unidos de Norte América, e incluir partes seleccionadas al azar de cada huerto, así como áreas con árboles de aguacate silvestres o de traspatio (SAGARPA, 2005).

⁶www.sagarpa/senasica.gob.mx

2.6.2.1 Apéndice C: Procedimiento de muestreo de barrenadores del hueso, barrenador de las ramas y moscas de la fruta.

En éste apéndice se describen los procedimientos de muestreo requeridos para detectar posibles ejemplares de plagas del hueso de aguacate (*Conotrachelus aguacatae*, *Conotrachelus perseae*, *Heilipus lauri* y *Stenoma catenifer*) y el barrenador de las ramas (*Copturus aguacatae*) en huertos seleccionados para exportar aguacate a los Estados Unidos.

Debe realizarse un primer muestreo durante la época seca, comenzando el 1o. de Febrero, y un segundo muestreo durante la temporada de lluvias, comenzando el 1o. de Julio de cada año. Los huertos registrados y todos los huertos y predios contiguos deberán ser muestreados semestralmente y encontrarse libres del barrenador de las ramas del aguacate (*Copturus aguacatae*). Los muestreos se realizan durante la temporada seca y también en la temporada de lluvias.

2.6.2.2 Muestreo

Del total de huertos propuestos se seleccionará el 10%, este porcentaje cuando más será equivalente al 10% de la superficie total propuesta en el Plan de trabajo para la exportación, en los huertos seleccionados se aplicará el siguiente plan de muestreo:

2.6.2.3 Muestreo para detectar plagas del hueso de aguacate

2.6.2.3.1 Huertos comerciales

Esta acción permite detectar cualquier estadio biológico de las plagas del hueso y para seleccionar la muestra se debe tomar en cuenta la fenología del cultivar Hass, el ciclo biológico de la plaga y las condiciones ecológicas específicas de cada área de producción. Las áreas que se deben muestrear en cada huerto se seleccionan al azar. Se muestrea el follaje para detectar adultos, y los frutos para detectar larvas y huevecillos.

2.6.2.3.2 Muestreo del follaje

Se muestreará el follaje para detectar barrenadores del hueso adultos. Se tomará el 15% de árboles por hectárea, seleccionados al azar. Se selecciona una rama con abundantes hojas a una altura promedio de 1.65 m. Se coloca un cuadro de tela de 1.62 m (18 pies cuadrados) bajo la rama, que se sacude enérgicamente para que se caigan los insectos. Esto debe hacerse temprano en la mañana.

2.6.2.3.3 Muestreo de frutos en el campo

De los mismos árboles seleccionados para el muestreo del follaje, se tomarán un total de 10 frutos por cada árbol (pegados al árbol y/o del suelo). En caso de no existir suficientes frutos en el suelo, se tomará de estos al menos el 50%. Se abrirán todos los frutos para buscar la presencia de huevecillos o larvas de barrenadores. Para superficies menores a la hectárea se debe aplicar una regla de tres simple, en caso de que el resultado sea menor a la unidad se muestreará un árbol.

Los árboles de aguacate de huertos colindantes con los propuestos para la exportación se muestrearán de acuerdo a lo señalado anteriormente. Los árboles silvestres o de traspatio se deberán muestrear hasta completar 25% de traspacios por municipio. Se entiende por traspatio una explotación de hasta 5 árboles de aguacate, localizada en predios urbanos.

2.6.2.4 Muestreo para detectar barrenadores de las ramas *Copturus aguacatae* K.

Para detectar adultos se toman muestras del follaje y de las ramas de los mismos 15 árboles ya seleccionados, para el muestreo de barrenadores del hueso.

2.6.2.4.1 Muestreo de ramas

Se realizará una inspección visual: Si se encuentran utilizando un patrón como de un ocho, donde este ocho es del tamaño del huerto. Las propiedades adyacentes al huerto certificado para exportación también serán muestreadas. Si se encuentran síntomas, la rama se cortará, se abrirá e inspeccionará buscando larvas y pupas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Muestreo tipo “manteo” para la detección del barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger) y barrenador de hueso (*Conotrachelus perseae* Barber).

3.1.1 Descripción general del área de estudio

La franja aguacatera del Estado de Michoacán está localizada en la Subprovincia Fisiográfica Tarasca, la cual ocupa 7,752 kilómetros cuadrados y representa el 12.9 %; el clima prevalente es templado, húmedo y subhúmedo, con temperatura media de 8 a 21 grados centígrados y una precipitación anual de 1200 a 1600 mm (APEAM⁴, 2006).

El municipio de Tingüindín (Figura 10) está inmerso en la franja productora de aguacate en el Estado de Michoacán, y forma parte del eje neovolcánico mexicano. Debido a las características fisiográficas de abundantes montañas, valles y lagos; según la clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García (1976), se registran 11 subtipos climáticos, desde el cálido húmedo (A)C(m)(w), al semifrío C(E)(m)(w).

La investigación se realizó en la huerta productora de aguacate variedad Hass “Agua escondida 3”, ubicada en Ojo de Bagre, municipio de Tingüindín, Michoacán. El destino de los frutos de esta huerta es la exportación y se encuentra bajo cumplimiento de la NOM-066-FITO-1995 (Registro HUE0816/091/0118).

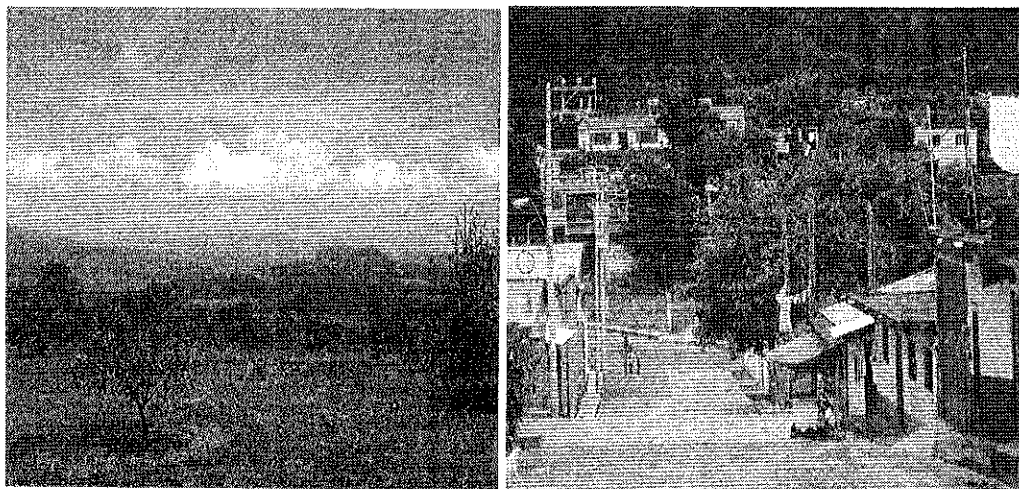


Figura 10. Tingüindín, Michoacán

3.1.2 Metodología y materiales usados

Debido a la imposibilidad de criar e introducir el insecto para realizar estudios de validación estadística, se optó por usar *objetos marcadores*, que sirven para simular una población de insectos adultos en las ramas de los árboles que dan la facilidad de hacer cambios en su densidad y facilita la mimetización de los hábitos de los insectos, principalmente en lo que se refiere a lugares de refugio.

Se procuró hallar un objeto que reemplazara al insecto adulto y fuera lo más parecido en forma y tamaño, se intentó usar bolas de unicel, que resultaron ser muy grandes en tamaño y con poco peso. Asimismo, se probaron botones para ropa de plástico colores rojo y amarillo, de 0.5 cm de diámetro, son de bordes planos, lo cual impide que se rueden pero su tamaño no permitió esconderlos en los lugares de refugio del insecto.

Los objetos marcadores que se usaron a lo largo de la investigación son chakirones de vidrio de color amarillo, rojo y azul de 2.5 mm de diámetro y 3.8 mm de longitud aproximadamente, con bordes redondeados.

Al ser comparados con mediciones de individuos colectados, que en promedio tuvieron 4.0 mm de longitud y 2.2 mm en la parte más ancha del abdomen, tienen una semejanza en cuanto a volumen corporal y longitud con el insecto, lo anterior nos permitió esconderlos en los lugares de refugio del insecto y su color nos facilitó su recuperación después del empleo del procedimiento de muestreo (Figura 11).

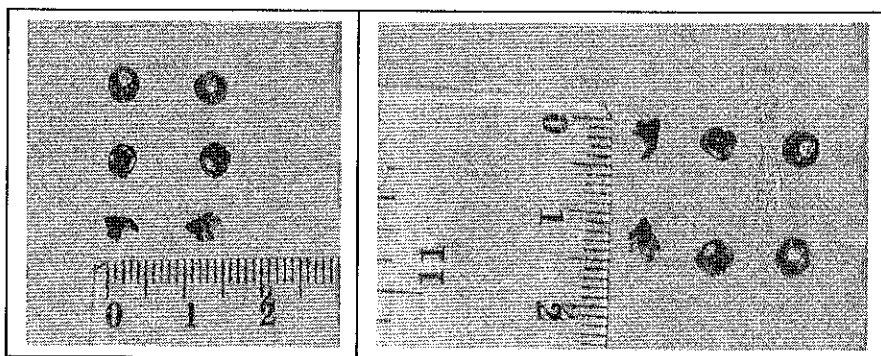


Figura 11. Comparación de *Copturus aguacatae* con el objeto marcador

La zona de estudio utilizada fue un huerto que participa en la exportación al mercado estadounidense, del cual se tomó una hectárea de aguacate variedad Hass, con una distancia entre plantas de 10 m y entre hileras de 10 m, lo cual da un total de 100 árboles por hectárea. Se realizó una selección de 10 árboles por hectárea, para validar las densidades y colocación de marcadores, de acuerdo a lo recomendado en la NOM-066 para el muestreo en zonas bajo control fitosanitario.

Para llevar a cabo el procedimiento de muestreo conocido como “manteo”, se utilizó una tela de color blanco (2m x 2m) para identificar con claridad a los objetos marcadores y evitar su pérdida, un gancho retráctil que alcanza hasta 3 metros de longitud, agujas y pinzas de disección, cinta métrica, escalera, objetos marcadores de diferentes colores, navaja, cámara fotográfica, formatos para el registro de los datos obtenidos, así como un radio localizador (Figura 12).

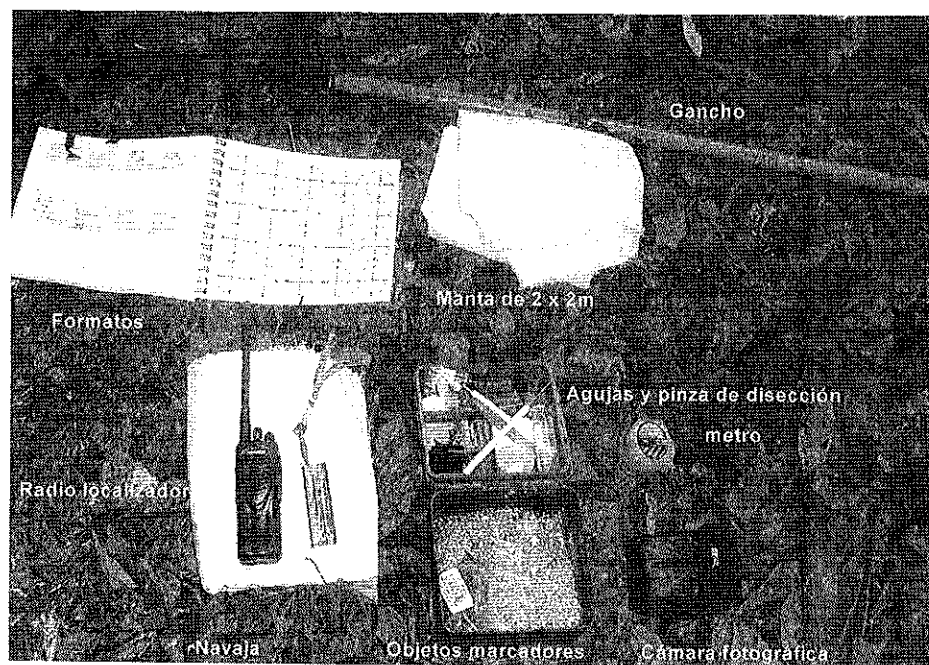


Figura 12. Materiales usados en la investigación

Una vez identificados los árboles a utilizar para llevar a cabo este estudio, se procedió a ejecutar la metodología, colocando los marcadores simulando adultos a bajas y altas densidades, haciendo énfasis en las bajas

densidades y colocándolos conforme a los sitios de refugio señalados por la bibliografía. Los marcadores fueron colocados en el follaje y corteza de los árboles, excepto al probar la densidad 1, donde se colocaron primero en follaje y, posteriormente en corteza, lo anterior con el fin de descartar la influencia del lugar de refugio del insecto (grietas en corteza, agujeros hojas enrolladas).

La metodología se aplicó al 10% de los árboles (10 árboles por cada densidad probada), ya que la huerta presentó una densidad de 100 árboles por hectárea, ejecutándose ésta 10 veces para las densidades bajas (1, 5); y 5 veces para las densidades altas (10, 20, y 40).

Para cada densidad, se usaron de una hasta n sacudidas por rama, terminando en el momento en que se detectó el total de marcadores colocados. Con lo anterior se obtuvieron resultados por rama, por árbol, por densidad y por tipo de colocación.

Cabe mencionar que, en el caso de la densidad 40 la aplicación de la metodología llevó 7 días de prueba, considerando una jornada laboral de 8 horas diarias para las densidades altas y 3 para las bajas. Una cantidad proporcional de tiempo se invirtió para las otras densidades.

El experimento tomó 30 días (240 horas aproximadamente), aplicando la metodología 450 veces. Lo anterior asegura una confiabilidad alta en la ejecución del estudio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Metodología

No. de marcadores	Colocación del marcador	No. de árboles a los que se aplicó la metodología	No. de veces que se ejecutó la metodología por árbol
1	Solo follaje	10	10
1	Solo corteza	10	10
5	Follaje y corteza	10	10
10	Follaje y corteza	10	5
20	Follaje y corteza	10	5
40	Follaje y corteza	10	5
Total 5 densidades	3 tipos de colocación	60 árboles	450 veces que se ejecutó la metodología

Los objetos marcadores fueron colocados no solamente conforme a los lugares de refugio del insecto adulto sino también conforme a la biología y comportamiento, así entonces fue tomada en cuenta la orientación de las ramas para su colocación, buscando las ramas expuestas al sol, éstas se mostraron en apariencia más verdes, flexibles, delgadas y con más follaje, que las ramas del resto del árbol.

Al tratar de seguir la normatividad establecida para llevar a cabo esta metodología de muestreo, la altura (1.65 m según la metodología oficial) en la mayoría de las primeras ramas se encuentra por encima. Las ramas que están a 1.65 m no presentan flores o frutos sino que son ramas caídas (Figura 13). Además, el adulto se encuentra en las ramas expuestas al sol y en la copa del árbol.



Figura 13. Altura de las primeras ramas, la medida que aparece, marca 1.65m

La colocación de los marcadores se realizó haciendo uso de pinzas y agujas de disección para colocarlos en inflorescencias, follaje y corteza de las ramas; para realizar esta actividad fue necesaria la ayuda de una escalera (Figura 14).

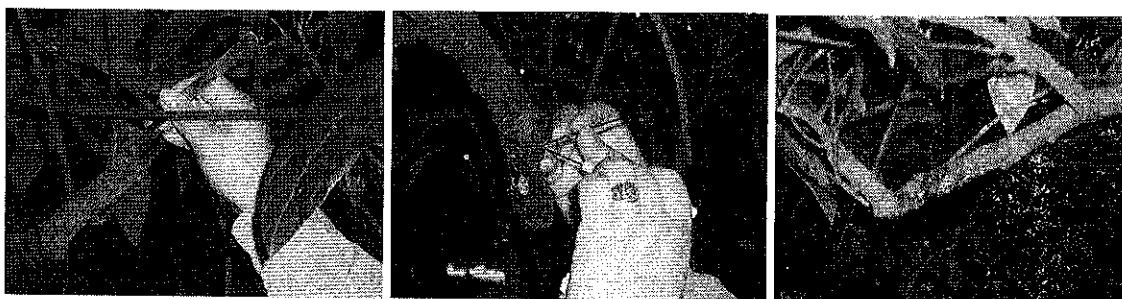
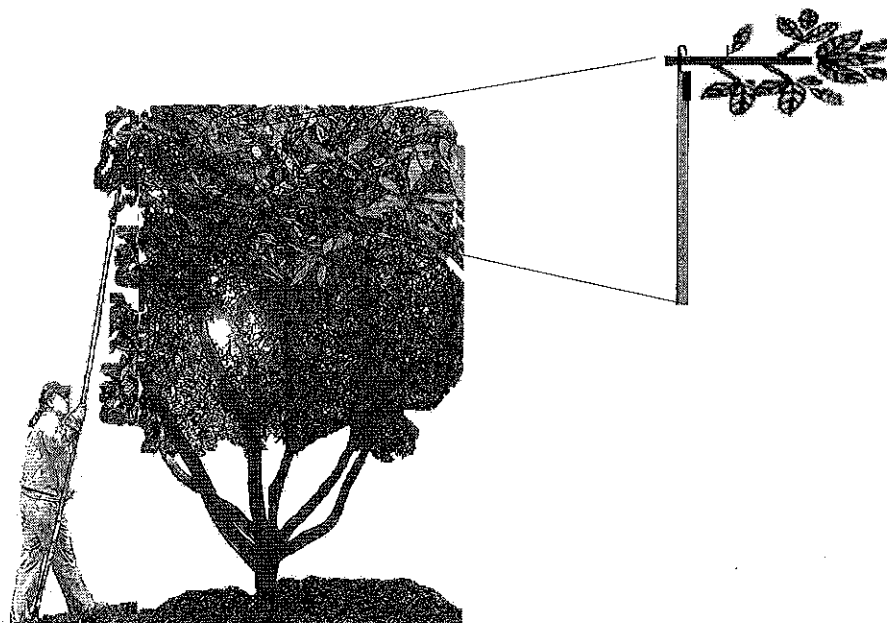


Figura 14. Colocación de los marcadores

Posteriormente, se procedió a sacudir con fuerza para derribar a los objetos, con la ayuda de un gancho de 2 m de longitud, el sacudido (que según el Diccionario Webster's Universal College, se define como mover con movimientos cortos, vibratorios y rápidos ó agitar) no está descrito en alguna referencia bibliográfica por lo que, después de observar la ejecución del método en múltiples ocasiones se llegó a la conclusión de utilizar cinco segundos (tiempo promedio que toma la realización de esta técnica) de sacudido tomando la base

de la rama con un gancho, que es la técnica de sacudido usada normalmente por el personal que lleva a cabo este muestreo en los huertos de aguacate de Tingüindín. A continuación se detalla el procedimiento:

a) Se coloca el gancho en la base de la rama elegida



b) Se agita la rama con movimientos cortos, vibratorios y rápidos, durante cinco segundos.



c) La manta de 2 x 2 m se extendió bajo la rama elegida para probar la metodología, para la recuperación de los objetos marcadores y su conteo.



Después de cada sacudida, se contaron los objetos marcadores recuperados, de forma acumulativa. Para cada repetición (Cuadro 2) se usaron de una hasta n sacudidas por rama, terminando en el momento en que se detectó el total de marcadores colocados. Con lo anterior, se registraron resultados por rama, por árbol, por densidad y por esquema de muestreo. En algunos casos, fue imposible localizar los objetos marcadores por lo que fueron registrados como marcadores perdidos, y no formaron parte de los resultados. Cuando se obtuvieron resultados con decimales, se procedió a anotar el número inmediato superior.

3.2 Simulación estadística para la validación de métodos para el muestreo de barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger) y barrenador de hueso (*Conotrachelus persea* Barber).

3.2.1 Metodología y materiales usados

Para probar la eficiencia de los esquemas de muestreo para la detección de barrenadores del aguacate, se usaron los datos sobre Magnitud de daño del Apéndice de González (2003) para obtener los valores de las variables m y k , necesarias para la distribución binomial negativa y llevar a cabo una simulación estadística.

Conotrachelus persea y *Copturus aguacatae* presentaron altos índices de agregación por lo que el comportamiento de las plagas se puede explicar bajo un modelo de distribución binomial negativa (Campbell y James, 1985, González, 2003).

Con ayuda del Software SIDISE V.1.0[®], desarrollado por el M. C. Horacio Koji Osada Velásquez, investigador del Área de Estadística y Apoyo del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, se llevó a cabo la simulación. Este programa es un simulador de distribuciones espaciales el cual utiliza parámetros de distribución de poblaciones, binomial negativa y poisson para generar n datos pertenecientes a ambas distribuciones.

Los esquemas de muestreo utilizados en la simulación fueron el sistemático (recomendado por la NOM-066-FITO-1995 para una zona libre y el Plan de Trabajo para la Exportación de Aguacate Hass de México a Estados Unidos de Norte América), el tipo w y el doble w .

Para los tres esquemas de muestreo y para una sola huerta, se simularon 100 números provenientes de una distribución binomial negativa con parámetros m y k , los cuales corresponden a los 100 árboles de una huerta dispuestos a 10x10 m de distancia.

Dependiendo del valor de cada uno de los 100 números simulados, se determinó la presencia o ausencia simulada de las plagas, en cada uno de los 100 árboles. Se contabilizó, el número de veces que un árbol incluido en el recorrido aparecía en la simulación utilizando como referencia de conteo, de la Figura 15 a la 20, las cuales representan de forma gráfica los tipos de recorrido mencionados.

Con el análisis de las frecuencias se determinó la eficiencia simulada de detección del esquema de recorrido correspondiente. Se simularon 100 huertas de 10x10 m para el análisis total.

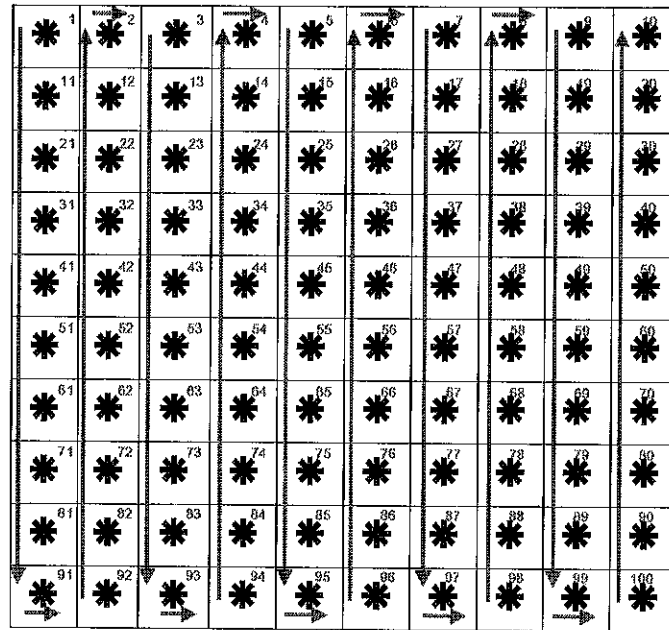


Figura 15. Esquema de muestreo sistemático en una huerta con 100 árboles

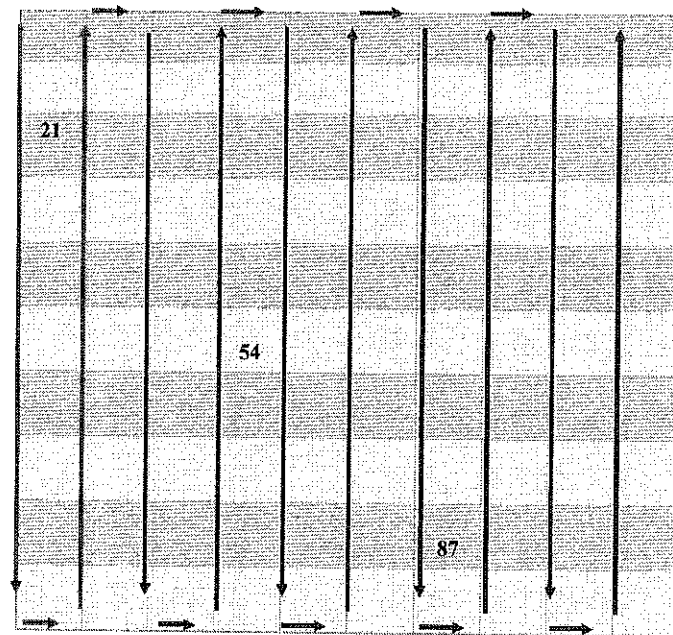


Figura 16. Árboles marcados, incluidos en la muestra bajo el esquema de muestreo sistemático, muestreando 3% de árboles

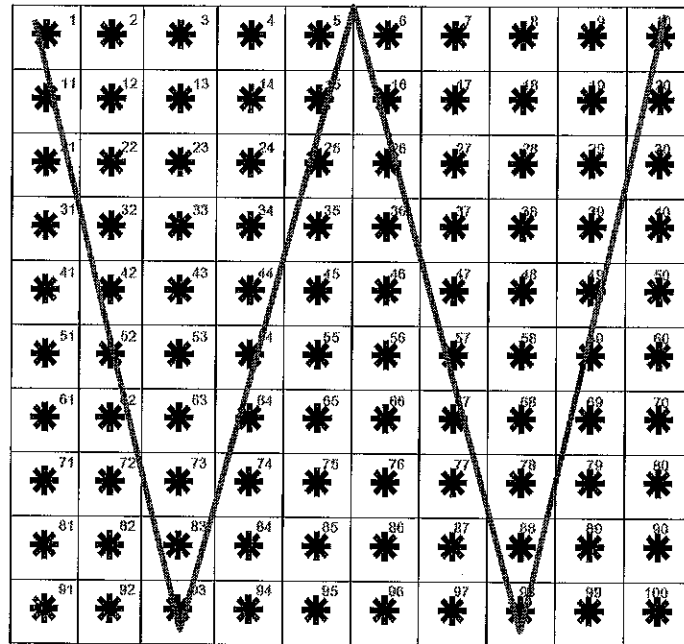


Figura 17. Esquema de muestreo tipo w en una huerta con 100 árboles

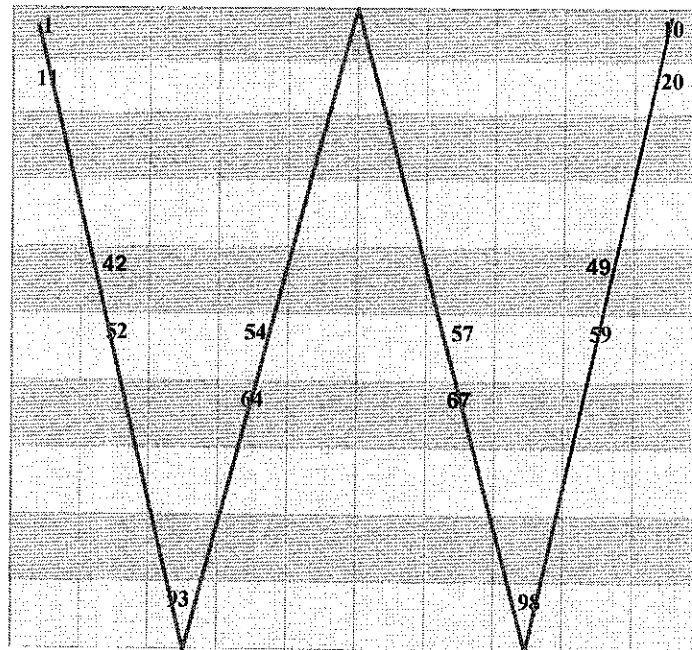


Figura 18. Árboles marcados, incluidos en la muestra bajo el esquema de muestreo tipo w

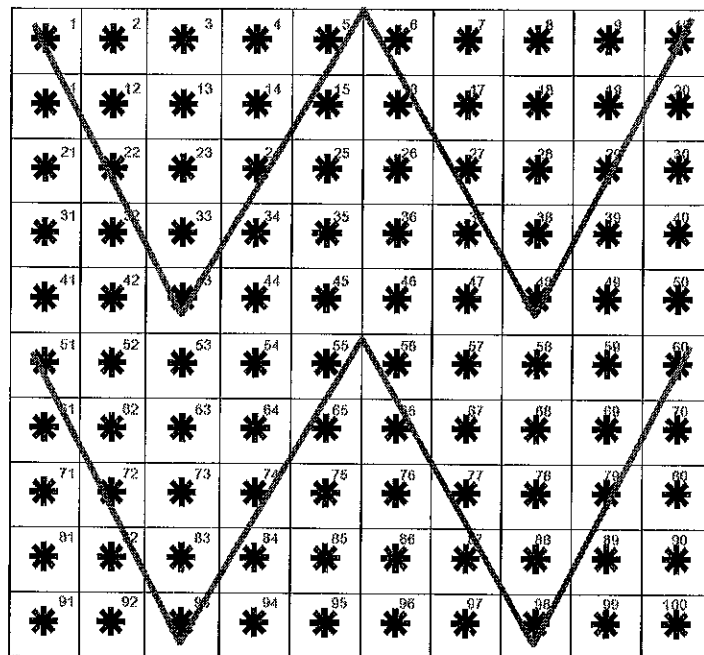


Figura 19. Esquema de muestreo tipo doble w en una huerta con 100 árboles

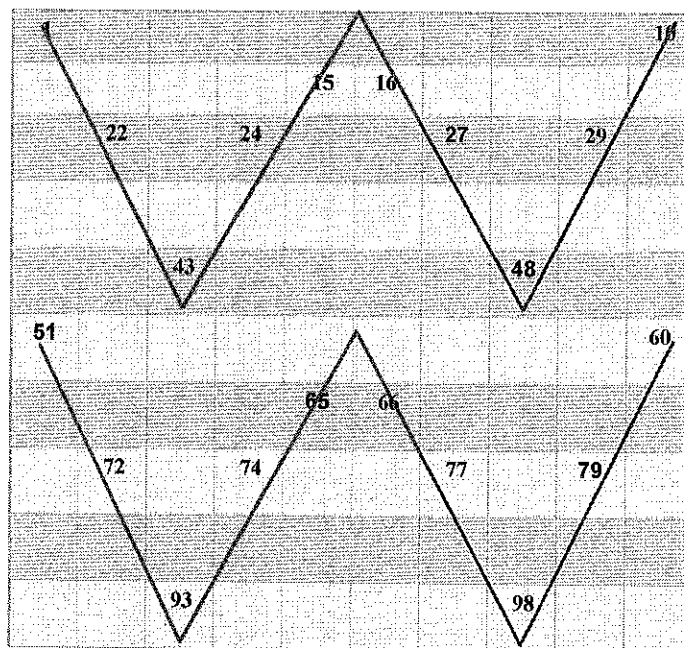


Figura 20. Árboles marcados, incluidos en la muestra bajo el esquema de muestreo tipo doble w

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Muestreo tipo “manteo” para la detección del barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger) y barrenador de hueso (*Conotrachelus persea* Barber).

Se llevó a cabo la determinación del número de sacudidas mínimas necesarias para detectar el 100% de los marcadores, lo que a su vez permitió determinar el número máximo de sacudidas a bajas (1,5) y altas densidades de marcadores, el promedio de objetos marcadores detectados por sacudida, capacidad de detección y capacidad de conteo. Se entiende por *capacidad de detección* la capacidad del método para detectar por lo menos un solo individuo de n existentes en la unidad de muestreo, en la primera vez que se ejecuta el procedimiento de muestreo. La *capacidad de conteo* se define como la capacidad de obtener el total ó la gran mayoría de los n individuos existentes en la unidad de muestreo a las pocas veces que se utiliza el procedimiento del muestreo.

4.1.1 Densidades bajas

4.1.1.1 Un solo marcador por rama, colocado en follaje

Se utilizó un solo marcador en 100 ocasiones, colocándolos 10 veces sobre 10 árboles diferentes. Del total de veces que se usó el marcador, se comparó el número de veces que no cayó en la primera sacudida y se determinó el

porcentaje de capacidad de detección del método, mediante proporción simple (Cuadros 3-13).

Para el caso de un solo marcador en follaje, se encontró que con una sola sacudida, el método tiene una capacidad de detección y de conteo de 93% (Cuadro 13).

Cuadro 3. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 1

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	1			1	1
2	1			1	1
3	1			1	1
4	1			1	1
5	1			1	1
6	1			1	1
7	1			1	1
8	1			1	1
9	0	1	1	2	2
10	0	1	1	2	2
Total			2	12	12
Promedio				1.2	1.2

Cuadro 4. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 2

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	1			1	1
2	1			1	1
3	1			1	1
4	1			1	1
5	1			1	1
6	1			1	1
7	0	1	1	2	2
8	1			1	1
9	1			1	1
10	1			1	1
Total			1	11	11
Promedio				1.1	1.1

Cuadro 5. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 3

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	1			1	1
2	1			1	1
3	1			1	1
4	1			1	1
5	1			1	1
6	1			1	1
7	1			1	1
8	1			1	1
9	1			1	1
10	1			1	1
Total			0	10	10
Promedio				1	1

Cuadro 6. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 4

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	0	1	1	2	2
2	1			1	1
3	1			1	1
4	1			1	1
5	1			1	1
6	1			1	1
7	1			1	1
8	1			1	1
9	1			1	1
10	1			1	1
Total			1	11	11
Promedio				1.1	1.1

Cuadro 7. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 5

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	1			1	1
2	1			1	1
3	1			1	1
4	1			1	1
5	1			1	1
6	1			1	1
7	1			1	1
8	1			1	1
9	1			1	1
10	1			1	1
Total			0	10	10
Promedio				1	1

Cuadro 8. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 6

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	0	1	1	2	2
2	1			1	1
3	1			1	1
4	1			1	1
5	1			1	1
6	1			1	1
7	1			1	1
8	1			1	1
9	1			1	1
10	1			1	1
Total			1	11	11
Promedio				1.1	1.1

Cuadro 9. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 7

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	1			1	1
2	1			1	1
3	1			1	1
4	1			1	1
5	1			1	1
6	1			1	1
7	1			1	1
8	1			1	1
9	1			1	1
10	1			1	1
Total			0	10	10
Promedio				1	1

Cuadro 10. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 8

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	1			1	1
2	1			1	1
3	1			1	1
4	1			1	1
5	1			1	1
6	1			1	1
7	1			1	1
8	1			1	1
9	1			1	1
10	1			1	1
Total			0	10	10
Promedio				1	1

Cuadro 11. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 9

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	1			1	1
2	1			1	1
3	1			1	1
4	1			1	1
5	1			1	1
6	1			1	1
7	1			1	1
8	1			1	1
9	1			1	1
10	1			1	1
Total			0	10	10
Promedio				1	1

Cuadro 12. Un solo marcador por rama, colocado en follaje, árbol 10

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	1			1	1
2	1			1	1
3	1			1	1
4	1			1	1
5	1			1	1
6	1			1	1
7	1			1	1
8	0	1	1	2	2
9	0	1	1	2	2
10	1			1	1
Total			2	12	12
Promedio				1.2	1.2

Cuadro 13. Resumen final para un solo marcador por rama, colocado en follaje

No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Capacidad de detección	Promedio de sacudidas para detección	Promedio de sacudidas para conteo total	Capacidad de conteo	Sacudidas recomendadas para conteo
7	93%	1	1	93%	1 ó más

4.1.1.2 Un solo marcador por rama, colocado en corteza

Se utilizó un solo marcador en 100 ocasiones, al colocarlo 10 veces sobre 10 árboles diferentes. Del total de veces que se usó el marcador, se comparó el número de veces que no cayó en la primera sacudida, determinando la capacidad de detección del método, mediante proporción simple (Cuadros 14-23).

Para el caso de un solo marcador colocado en corteza, se encontró que el método tuvo una capacidad de detección del 64% ya que fue necesario en 36 ocasiones sacudir más de una vez (2 en promedio) y tuvo una capacidad de conteo del 50% ya que se debió utilizar el método en 2 ocasiones en promedio para lograr contar al total de individuos (Cuadro 24).

Al realizar una comparación entre la colocación de un solo marcador en follaje y en corteza, se observó que para el caso de la corteza, este quedó atorado entre las grietas y orificios de la corteza debido al tamaño del marcador, esto podría pasar con el insecto de forma natural, por lo que es necesario examinar cuidadosamente si las ramas a sacudir presentan grietas en la corteza.

Siempre y cuando se sospeche de la presencia del insecto en la corteza, se recomienda aumentar el número de sacudidas, pero de ser posible se recomienda verificar si el organismo bajo estudio realmente tiende a refugiarse en las grietas de la corteza para aplicar la medida recomendada anteriormente.

Cuadro 14. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 1

Repeticiones	No. sacudidas								No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6	7	8			
No. acumulado de marcadores											
1	0	0	0	0	0	1			1	6	6
2	0	0	0	0	0	1			1	6	6
3	1									1	1
4	0	0	0	1					1	4	4
5	0	1							1	2	2
6	0	0	0	1					1	4	4
7	1									1	1
8	0	0	0	1					1	4	4
9	0	0	1						1	3	3
10	1									1	1
Total									7	32	32
Promedio										3.2	3.2

Cuadro 15. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 2

Repeticiones	No. sacudidas								No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6	7	8			
No. acumulado de marcadores											
1	0	0	0	0	0	1			1	6	6
2	0	1							1	2	2
3	1									1	1
4	1									1	1
5	1									1	1
6	1									1	1
7	1									1	1
8	0	1							1	2	2
9	1									1	1
10	0	0	0	0	1				1	5	5
Total									4	21	21
Promedio										2.1	2.1

Cuadro 16. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 3

Repeticiones	No. sacudidas								No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6	7	8			
No. acumulado de marcadores											
1	1									1	1
2	1									1	1
3	0	1							1	2	2
4	1									2	2
5	0	0	1						1	3	3
6	0	1							1	2	2
7	1									1	1
8	1									1	1
9	0	0	0	1					1	4	4
10	1									1	1
Total									4	18	18
Promedio										1.8	1.8

Cuadro 17. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 4

Repeticiones	No. sacudidas								No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6	7	8			
No. acumulado de marcadores											
1	1									1	1
2	1									1	1
3	1									1	1
4	0	1							1	2	2
5	0	1							1	2	2
6	0	0	1						1	3	3
7	0	0	1						1	3	3
8	1									1	1
9	1									1	1
10	1									1	1
Total									4	16	16
Promedio										1.6	1.6

Cuadro 18. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 5

Repeticiones	No. sacudidas								No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6	7	8			
No. acumulado de marcadores											
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	8	8
2	1									1	1
3	1								1	1	1
4	0	0	0	0	0	1			1	6	6
5	0	0	0	0	1				1	5	5
6	0	0	1							3	3
7	1									1	1
8	0	0	1						1	3	3
9	1									1	1
10	1									1	1
Total									5	30	30
Promedio										3	3

Cuadro 19. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 6

Repeticiones	No. sacudidas								No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6	7	8			
No. acumulado de marcadores											
1	1									1	1
2	0	1							1	2	2
3	1									1	1
4	1									1	1
5	1									1	1
6	1									1	1
7	1									1	1
8	1									1	1
9	0	0	0	1					1	4	4
10	1									1	1
Total									2	14	14
Promedio										1.4	1.4

Cuadro 20. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 7

Repeticiones	No. sacudidas								No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6	7	8			
No. acumulado de marcadores											
1	1									1	1
2	1									1	1
3	0	1							1	2	2
4	1									1	1
5	1									1	1
6	1									1	1
7	1									1	1
8	1									1	1
9	0	1							1	2	2
10	0	0	0	0	1				1	5	5
Total									3	16	16
Promedio										1.6	1.6

Cuadro 21. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 8

Repeticiones	No. sacudidas								No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6	7	8			
No. acumulado de marcadores											
1	1									1	1
2	0	0	0	0	0	1			1	6	6
3	0	0	0	1					1	4	4
4	0	0	1						1	3	3
5	1									1	1
6	1									1	1
7	1									1	1
8	1									1	1
9	1									1	1
10	1									1	1
Total									3	20	20
Promedio										2	2

Cuadro 22. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 9

Repeticiones	No. sacudidas								No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6	7	8			
No. acumulado de marcadores											
1	1									1	1
2	0	1							1	2	2
3	1									1	1
4	0	0	0	1					1	4	4
5	1									1	1
6	1									1	1
7	1									1	1
8	1									1	1
9	0	0	0	1					1	4	4
10	1									1	1
Total									3	17	17
Promedio										1.7	1.7

Cuadro 23. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 10

Cuadro 28. Un solo marcador por rama, colocado en corteza, árbol 16											
Repeticiones	No. sacudidas								No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6	7	8			
No. acumulado de marcadores											
1	1									1	1
2	1									1	1
3	1									1	1
4	1									1	1
5	1									1	1
6	1									1	1
7	1									1	1
8	0	1							1	2	2
9	1									1	1
10	1									1	1
Total									1	11	11
Promedio										1.1	1.1

Cuadro 24. Resumen final para un solo marcador por rama, colocado en corteza

No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Capacidad de detección	Promedio de sacudidas para detección	Promedio de sacudidas para conteo total	Capacidad de conteo	Sacudidas recomendadas para conteo
36	64%	1	1.0	50%	2-4 ó más

4.1.1.3 Cinco marcadores colocados en follaje y corteza

Se utilizaron cinco marcadores en 100 ocasiones colocándolos 10 veces sobre 10 árboles diferentes. Del total de veces que se usó el marcador, se comparó el número de veces que no cayó en la primera sacudida y se determinó el porcentaje de capacidad de detección del método mediante proporción simple (Cuadros 25- 34).

Para el caso de cinco marcadores colocados en follaje y corteza, se encontró que el método tuvo una capacidad de detección del 99% ya que en todas las ocasiones que se ejecutó, cayeron 1 o más marcadores a la primer sacudida y tuvo una capacidad de conteo del 50% (Cuadro 35).

Cuadro 25. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 1

Sacudidas por rama, en follaje y corteza, árbol					
Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	5			1	1
2	1	5		1	2
3	4	5		1	2
4	4	5		1	2
5	3	5		1	2
6	5			1	1
7	4	5		1	2
8	4	5		1	2
9	5			1	1
10	5			1	1
Total			0	10	16
Promedio				1	1.6

Cuadro 26. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 2

Repeticiones	No. sacudidas		No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2			
No. acumulado de marcadores					
1	5			1	1
2	5			1	1
3	5			1	1
4	4	5		1	2
5	3	5		1	2
6	4	5		1	2
7	5			1	1
8	5			1	1
9	4	5		1	2
10	5			1	1
Total			0	10	14
Promedio				1	1.4

Cuadro 27. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 3

Repeticiones	No. sacudidas				No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4				
No. acumulado de marcadores								
1	5					1	1	1 marcador perdido
2	5					1	1	
3	5					1	1	
4	4	5				1	2	
5						1		
	4	4	4					
6	5					1	1	
7	4	5				1	2	
8	5					1	1	
9	4	5				1	2	
10	3	4	5			1	3	
Total					0	10	14	1
Promedio						1	1.5	

Cuadro 28. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 4

Repeticiones	No. sacudidas				No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4				
	No. acumulado de marcadores							
1	5					1	1	
2	5					1	1	
3	5					1	1	
4	5					1	1	
5	5					1	1	
6	5					1	1	
7	4	5				1	2	
8	5					1	1	
9						1		1 marcador perdido
10	4	4	4					
	5					1	1	
Total					0	10	10	1
Promedio						1	1.1	

Cuadro 29. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 5

Repeticiones	No. sacudidas				No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4			
	No. acumulado de marcadores						
1	4	5				1	1
2	5					1	1
3	5					1	1
4	5					1	1
5	5					1	1
6	4	5				1	2
7	4	5				1	2
8	5					1	1
9	5					1	1
10	5					1	1
Total					0	10	12
Promedio						1	1.2

Cuadro 30. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 6

Repeticiones	No. sacudidas				No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4			
	No. acumulado de marcadores						
1	5					1	1
2	4	5				1	2
3	5					1	1
4	5					1	1
5	5					1	1
6	5					1	1
7	3	5				1	2
8	5					1	1
9	5					1	1
10	5	5				1	2
Total					0	10	13
Promedio						1	1.3

Cuadro 31. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 7

Repeticiones	No. sacudidas				No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4				
No. acumulado de marcadores								
1	4	5				1	2	
2	5					1	1	
3	5					1	1	
4	5					1	1	
5						1		1 marcador perdido
	4	4	4	4				
6	5					1	1	
7	5					1	1	
8	5					1	1	
9	5					1	1	
10	5					1	1	
Total					0	10	10	1
Promedio						1	1.1	

Cuadro 32. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 8

Marcadores por Rama, en follaje y corteza, arbore							
Repeticiones	No. sacudidas				No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4			
	No. acumulado de marcadores						
1	5					1	1
2	5					1	1
3	4	4	5			1	3
4	5					1	1
5	5					1	1
6	5					1	1
7	5					1	1
8	5					1	1
9	5					1	1
10	5					1	1
Total					0	10	12
Promedio						1	1.2

Cuadro 33. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 9

Repeticiones	No. sacudidas				No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4				
No. acumulado de marcadores								
1	4	5				1	2	
2	5					1	1	
3	5					1	1	
4	5					1	1	
5	4	5				1	2	
6	4	5				1	2	
7	5					1	1	
8	5					1	1	
9						1		
10	3	4	4	4				1 marcador perdido
	5					1	1	
Total					0	10	12	1
Promedio						1	1.2	

Cuadro 34. Cinco marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 10

Repeticiones	No. sacudidas				No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4			
	No. acumulado de marcadores						
1	5					1	1
2	5					1	1
3	5					1	1
4	5					1	1
5	5					1	1
6	5					1	1
7	5					1	1
8	4	5				1	2
9	5					1	1
10	5					1	1
Total					0	10	11
Promedio						1	1.1

Cuadro 35. Resumen final para cinco marcadores por rama, en follaje y corteza

No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Capacidad de detección	Promedio de sacudidas para detección	Promedio de sacudidas para conteo total	Capacidad de conteo	Sacudidas recomendadas para conteo
0	99%	1	2.0	50%	2 ó más

4.1.2 Densidades altas

4.1.2.1 Diez marcadores colocados en follaje y corteza

Se utilizaron diez marcadores en 50 ocasiones al colocarlos 5 veces sobre 10 árboles diferentes. Del total de veces que se usó el marcador, se comparó el número de veces que no cayó en la primera sacudida y se determinó el porcentaje de capacidad de detección del método mediante proporción simple (Cuadros 36-45).

Para el caso de diez marcadores colocados en follaje y corteza, se encontró que el método tuvo una capacidad de detección de 99% ya que en todas las

ocasiones que se ejecutó, cayeron 1 ó más marcadores a la primer sacudida y tuvo una capacidad de conteo del 50% (Cuadro 46).

Cuadro 36. Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 1

Repeticiones	No. sacudidas			No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3			
	No. acumulado de marcadores					
1	7	10			1	2
2	9	10			1	2
3	9	10			1	2
4	8	10			1	2
5	10				1	1
Total				0	5	9
Promedio					1	1.8

Cuadro 37. Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 2

Repeticiones	No. sacudidas			No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3			
	No. acumulado de marcadores					
1	10				1	1
2	10				1	1
3	10				1	1
4	10				1	1
5	9	10			1	2
Total				0	5	6
Promedio					1	1.2

Cuadro 38. Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 3

Repeticiones	No. sacudidas			No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3				
	No. acumulado de marcadores						
1	9				1		1 marcador perdido
	10				1	1	
2	9	9	9		1		1 marcador perdido
3	10				1	1	
4					1		
5	7	10				2	
Total				0	5	4	2
Promedio					1	1.3	

Cuadro 39. Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 4

Repeticiones	No. sacudidas			No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3				
	No. acumulado de marcadores						
1	9	9	9		1		1 marcador perdido
2	9	10			1	2	
3	10				1	1	
4	10				1	1	
5	9	10			1	2	
Total				0	5	6	1
Promedio					1	1.5	

Cuadro 40. Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 5

Repeticiones	No. sacudidas			No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3				
	No. acumulado de marcadores						
1	8	10			1	2	1 marcador perdido
2	8	10			1	2	
3	10				1	1	
4	10				1	1	
5	9	9	9		1		
Total				0	5	6	1
Promedio					1	1.5	

Cuadro 41. Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 6

Repeticiones	No. sacudidas			No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3				
	No. acumulado de marcadores						
1	10				1	1	1 marcador perdido
2	10				1	1	
3	10				1	1	
4	8	9	9		1		
5	10				1	1	
Total				0	5	4	1
Promedio					1	1	

Cuadro 42. Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 7

Repeticiones	No. sacudidas			No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3				
	No. acumulado de marcadores						
1	10				1	1	
2	10				1		1 marcador perdido
3	10				1	2	
4							1 marcador perdido
	8	9	9		1		
5	10				1	2	
Total				0	5	5	2
Promedio					1	1.6	

Cuadro 43. Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 8

Repeticiones	No. sacudidas			No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3				
	No. acumulado de marcadores						
1	10				1	1	
2	10				1	1	
3	9	9	10		1	3	
					1		1 marcador perdido
4	9	9	9				
5	10				1	1	
Total				0	5	6	1
Promedio					1	1.5	

Cuadro 44. Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 9

Repeticiones	No. sacudidas			No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3				
	No. acumulado de marcadores						
1	10				1	1	
2	9	9	9		1		1 marcador perdido
3	10				1	1	
4							1 marcador perdido
5	9	9	9		1		
	8	10			1	2	
Total				0	5	4	
Promedio					1	1.3	

Cuadro 45. Diez marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 10

Repeticiones	No. sacudidas			No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3				
	No. acumulado de marcadores						
1	9	10			1	2	
2	10				1	1	
3	9	9	9		1		1 marcador perdido
4	9	10			1	2	
5	10				1	1	
Total				0	5	6	
Promedio					1	1.5	

Cuadro 46. Resumen final, diez marcadores por rama, colocados en follaje y corteza

No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Capacidad de detección	Promedio de sacudidas para detección	Promedio de sacudidas para conteo total	Capacidad de conteo	Sacudidas recomendadas para conteo
0	99%	1	2.0	50%	2 ó más

4.1.2.2 Veinte marcadores colocados en follaje y corteza

Se utilizaron veinte marcadores en 50 ocasiones, al colocarlos 5 veces sobre 10 árboles diferentes. Del total de veces que se usó el marcador se comparó el número de veces que no cayó en la primera sacudida y se determinó el porcentaje de capacidad de detección del método mediante proporción simple (Cuadros 47- 56).

Para el caso de 20 marcadores colocados en follaje y corteza, se encontró que el método tuvo una capacidad de detección de 99% ya que en todas las ocasiones que se ejecutó cayeron 1 ó más marcadores a la primer sacudida y tuvo una capacidad de conteo del 33% (Cuadro 57).

Cuadro 47. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 1

Repeticiones	No. sacudidas					No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5				
No. acumulado de marcadores									
1	17	18	20				1	3	1 marcador perdido
2	20						1	1	
3	18	19	19	19	19		1		
4	18	20					1	2	
5	17	20					1	4	
Total						0	5	10	1
Promedio							1	2.5	

Cuadro 48. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 2

Repeticiones	No. sacudidas					No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5				
No. acumulado de marcadores									
1							1		2 marcadores perdidos
2	17	18	18						
3	19	20					1	2	
4	15	16	20				1	3	
5	18	20					1	2	
	18	19	20				1	3	
Total						0	5	10	3
Promedio							1	2.5	

Cuadro 49. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 3

Repeticiones	No. sacudidas					No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5			
No. acumulado de marcadores								
1	17	18	20				1	3
2	20						1	1
3	17	20					1	2
4	18	19	20				1	3
5							1	
	19	20						2
Total						0	5	11
Promedio							1	2.2

Cuadro 50. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 4

Repeticiones	No. sacudidas					No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5			
No. acumulado de marcadores								
1	19	20					1	2
2	20						1	1
3	15	19	20				1	3
4	20						1	1
5	19	20					1	2
Total						0	5	9
Promedio							1	1.8

Cuadro 51. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 5

Repeticiones	No. sacudidas					No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5				
No. acumulado de marcadores									
1	16	19	19				1		1 marcador perdido
2		20					1	2	
3	17	18	18	18			1		2 marcadores perdidos
4	20						1	1	
5	17	19	19				1		1 marcador perdido
Total						0	5	3	
Promedio							1	1.5	4

Cuadro 52. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 6

Repeticiones	No. sacudidas					No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5				
No. acumulado de marcadores									
1	16	17	20				1	3	
2	20						1	1	
3	17	19	19	19			1		1 marcador perdido
4	16	19	19	19			1		1 marcador perdido
5	19	20					1	2	
Total						0	5	6	
Promedio							1	2	

Cuadro 53. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 7

Repeticiones	No. sacudidas					No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5			
No. acumulado de marcadores								
1	11	18	20				1	3
2	20						1	1
3	18	20					1	2
4	20						1	1
5	18	20					1	2
Total						0	5	9
Promedio							1	1.8

Cuadro 54. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 8

Repeticiones	No. sacudidas					No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5				
No. acumulado de marcadores									
1	15	17	20				1	3	
2	20						1	1	
3	18	19	20				1	3	
4	17	18	20				1	3	
5	17	19	19	19	19		1		1 marcador perdido
Total						0	5	10	
Promedio							1	2.5	

Cuadro 55. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 9

Repeticiones	No. sacudidas					No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5				
No. acumulado de marcadores									
1	17	18	20				1	3	
2	18	19	19	19	19		1		1 marcador perdido
3	18	20					1	2	
4	19	19	19	19	19		1		1 marcador perdido
5	17	20					1	2	
Total						0	5	7	2
Promedio							1	2.3	

Cuadro 56. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 10

Cajón 66. Veinte marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 10									
Repeticiones	No. sacudidas					No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5				
No. acumulado de marcadores									
1	15	17	18	1			1		2 marcadores perdidos
				8					
2	19	20					1	2	
3				2			1		
4	15	16	19	0				4	
5	18	20					1	2	
	17	18	20				1	3	
Total							5	11	2
Promedio							1	2.75	

Cuadro 57. Resumen final veinte marcadores por rama, colocados en follaje y corteza

No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Capacidad de detección	Promedio de sacudidas para detección	Promedio de sacudidas para conteo total	Capacidad de conteo	Sacudidas recomendadas para conteo
0	99%	1	3.0	33%	3 ó más

4.1.2.3 Cuarenta marcadores colocados en follaje y corteza

Se utilizaron cuarenta marcadores en 50 ocasiones, al colocarlos 5 veces sobre 10 árboles diferentes. Del total de veces que se usó el marcador, se comparó el número de veces que no cayó en la primera sacudida y se determinó el porcentaje de capacidad de detección del método mediante proporción simple (Cuadros 58-67).

Para el caso de 40 marcadores colocados en follaje y corteza, se encontró que el método tuvo una capacidad de detección de 99% ya que en todas las ocasiones que se ejecutó, cayeron 1 ó más marcadores a la primer sacudida y tuvo una capacidad de conteo del 25% (Cuadro 68).

Cuadro 58. Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 1

Repeticiones	No. sacudidas						No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6			
No. acumulado de marcadores									
1	28	29	30	33	36	40		1	6
2	31	33	36	40				1	4
3	28	29	34	36	40			1	5
4	34	36	36	40				1	4
5	35	36	37	39	40			1	5
Total							0	5	24
Promedio								1	4.8

Cuadro 59. Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 2

Repeticiones	No. sacudidas						No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5	6				
No. acumulado de marcadores										
1	24	32	37	37	40			1	5	2 marcadores perdidos 3 marcadores perdidos
2	28	32	35	40				1	4	
3	35	36	36	36	38	38		1		
4	25	27	28	37	37	37		1		
5	24	35	38	40				1	4	
Total							0	5	13	5
Promedio								1	4.3	

Cuadro 60. Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 3

Repeticiones	No. sacudidas						No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5	6				
No. acumulado de marcadores										
1	32	32	38	38	38	38		1		2 marcadores perdidos 1 marcador perdido
2	33	34	37	39	39	39		1		
3	36	37	38	40				1	4	
4	37	37	38	40				1	4	
5	33	38	39	40				1	4	
Total							0	5	12	3
Promedio								1	4	

Cuadro 61. Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 4

Repeticiones	No. sacudidas						No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5	6				
No. acumulado de marcadores										
1	30	33	37	39	39	39		1		1 marcador perdido
2	37	39	40					1	3	
3	29	31	33	33	34	34		1		6 marcadores perdidos
4	28	34	35	36	36	36		1		4 marcadores perdidos
5	32	33	38	39	39	39		1		1 marcador perdido
Total							0	5	3	
Promedio								1	3	

Cuadro 62. Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 5

Repeticiones	No. sacudidas						No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5	6				
No. acumulado de marcadores										
1	35	36	38	38	38			1		2 marcadores perdidos
2	35	35	38	38	38			1		2 marcadores perdidos
3	37	39	39	39	39			1		1 marcador perdido
4	37	37	38	38	38			1		2 marcadores perdidos
5	40							1	1	
Total							0	5	1	
Promedio								1	1	

Cuadro 63. Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 6

Repeticiones	No. sacudidas						No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5	6				
No. acumulado de marcadores										
1	34	36	38	38	38			1		2 marcadores perdidos
2	32	34	38	39	39			1		1 marcador perdido
3	28	32	36	39	39			1		1 marcador perdido
4	29	35	37	38	38			1		2 marcadores perdidos
5	30	32	33	37	39	39		1		1 marcador perdido
Total							0	5		7
Promedio								1		

Cuadro 64. Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 7

Repeticiones	No. sacudidas						No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5	6				
No. acumulado de marcadores										
1	35	36	37	39	40			1	5	
2	31	33	36	40				1	4	
3	28	29	31	35	40			1	5	
4	35	36	37	40				1	4	
5	27	37	39	39	39	39		1		1 marcador perdido
Total							0	5	18	1
Promedio								1	4.5	

Cuadro 65. Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 8

Repeticiones	No. sacudidas						No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones	
	1	2	3	4	5	6					
No. acumulado de marcadores											
1	36	37	38	40				1	4	3 marcadores perdidos	
2	29	30	35	37	37	37		1			
3	30	34	36	40				1	4		
4	38	39	39	40				1	4	1 marcador perdido	
5	27	36	39	39				1			
Total								0	5	12	4
Promedio									1	4	

Cuadro 66. Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 9

Repeticiones	No. sacudidas						No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total	Observaciones
	1	2	3	4	5	6				
No. acumulado de marcadores										
1	32	35	37	39	39	39		1		1 marcador perdido
2	27	29	38	38	38	38		1		2 marcadores perdidos
3	29	37	38	39	39	39		1		1 marcador perdido
4	32	37	39	40				1	4	
5	22	36	37	37	39	39		1		1 marcador perdido
Total							0	5	4	
Promedio								1	4	

Cuadro 67. Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 10

Sacudida 01: Cuarenta marcadores por rama, en follaje y corteza, árbol 16									
Repeticiones	No. sacudidas						No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Sacudidas para detección	Sacudidas para conteo total
	1	2	3	4	5	6			
No. acumulado de marcadores									
1	28	29	30	35	36	40		1	6
2	28	29	34	36	40			1	5
3	33	35	36	40				1	4
4	28	36	38	40				1	4
5	30	38	40					1	3
Total							0	5	22
Promedio								1	4.4

Cuadro 68. Resumen final cuarenta marcadores por rama, colocados en follaje y corteza

No. veces que no se recuperó marcadores en 1er sacudida	Capacidad de detección	Promedio de sacudidas para detección	Promedio de sacudidas para conteo total	Capacidad de conteo	Sacudidas recomendadas para conteo
0	99%	1	4	25%	4 ó más

Cuadro 69. Capacidad de detección y capacidad de conteo

No. de marcadores	Colocación del marcador	Capacidad de detección (%)	Capacidad de conteo (%)
1	Solo follaje	93	93
1	Solo corteza	64	50
5	Follaje y corteza	99	50
10	Follaje y corteza	99	50
20	Follaje y corteza	99	33
40	Follaje y corteza	99	25

4.2 Simulación estadística para la validación de métodos para el muestreo de barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger) y barrenador de hueso (*Conotrachelus persea* Barber)

Los valores de m y k obtenidos a partir de los datos de magnitud de daño de González, 2003 que se utilizaron para generar las variables aleatorias de la distribución binomial negativa necesarias para llevar a cabo las simulaciones, se muestran en el Cuadro 70.

Cuadro 70. Valores obtenidos, para los parámetros de la distribución binomial negativa

Plaga	Varianza	m	K
<i>Conotrachelus persea</i> B.	1.5815075	0.5812	0.337688
<i>Copturus aguacatae</i> K.	146.041142	8.342	0.505369626

4.2.1 Barrenador de hueso (*Conotrachelus persea* Barber y *C. aguacatae*)

4.2.1.1 Esquema de muestreo sistemático

En este esquema los árboles a muestrear fueron el 21, 54 y 87, obteniendo un 31% de eficiencia en la detección. Este valor es muy bajo por lo que este esquema de muestreo no es recomendable para realizar el muestreo de barrenador de hueso (Cuadro 71).

Cuadro 71. Resultados para el esquema de muestreo sistemático, barrenador de hueso

	Número del árbol a muestrear en el recorrido			% de eficiencia en la detección
	21	54	87	
Frecuencia de aparición	30	34	29	<u>31</u>

4.2.1.2 Esquema de muestreo tipo w

En este esquema los árboles a muestrear fueron el 1, 10, 11, 15, 16, 20, 25, 26, 42, 49, 52, 54, 57, 59, 64, 67, 93 y 98. Se obtuvo un 27.4% de eficiencia en la

detección. Este valor es muy bajo por lo que este esquema de muestreo no es recomendable para realizar el muestreo de barrenador de hueso (Cuadro 72).

Cuadro 72. Resultados para el esquema tipo w, barrenador de hueso

Número del árbol a muestrear en el recorrido																			% de eficiencia en la detección
	1	10	11	15	16	20	25	26	42	49	52	54	57	59	64	67	93	98	
Frecuencia de aparición	26	26	37	35	23	24	23	27	28	29	26	34	29	19	28	29	30	31	27.4

4.2.1.3 Esquema de muestreo tipo doble w

En este esquema los árboles a muestrear fueron el 1, 10, 15, 16, 22, 24, 27, 29, 43, 48, 51, 60, 65, 66, 72, 74, 77, 79, 93, y 98. Se obtuvo un 27.5% de eficiencia en la detección. Este valor es muy bajo por lo que este esquema de muestreo no es recomendable para realizar el muestreo de barrenador de hueso (Cuadro 73).

Cuadro 73. Resultados para el esquema tipo doble w, barrenador de hueso

Número del árbol a muestrear en el recorrido																					% de eficiencia en la detección
Frecuencia de aparición	1	10	15	16	22	24	27	29	43	48	51	60	65	66	72	74	77	79	93	98	
	26	26	35	21	32	26	25	27	25	29	25	27	21	34	34	26	36	22	30	31	
																					27.5

4.2.1.4 Esquema de recorrido recomendado

En el Cuadro 74 se muestran los árboles con mayor frecuencia de aparición bajo la simulación realizada. En base al análisis de la Figura 21, se

recomienda muestrear 4 árboles en la parte central de las huertas, tomando dos árboles, (preferentemente los marcados como 34 y 35) en la parte superior izquierda (NO) y dos árboles (marcados como 66 y 67) en parte inferior derecha (SE), ya que teóricamente se elevaría la eficiencia del recorrido hasta un 65%, lo cual es mayor que el 28% promedio en los tres esquemas simulados.

Cuadro 74. Resultados sobre frecuencia en la presencia simulada del insecto por árbol, para barrenador de hueso

No. de árbol	2	5	7	9	14	15	17	22	33	34	35	39	42	46	48	54	55	57	62	66	67	69	72	77	83	87	91	95	96
Frecuencia de aparición (%)	30	32	30	30	40	36	33	34	33	82	30	34	31	31	30	35	30	30	32	67	68	35	33	36	34	30	30	31	31

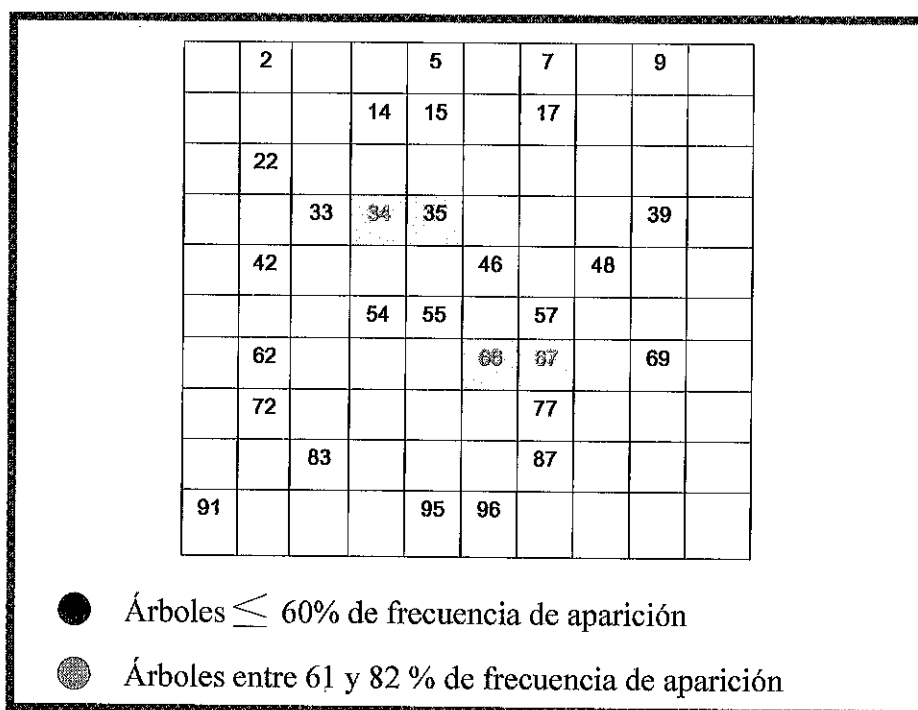


Figura 21. Árboles con mayor presencia simulada de barrenador de hueso

4.2.2 Barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger)

4.2.2.1 Esquema de muestreo sistemático

En este esquema, los árboles a muestrear fueron el 21, 54 y 87, obteniendo un 75.7% de eficiencia en la detección. Este valor es aceptable por lo que este esquema de muestreo es recomendable para realizar el muestreo de barrenador de ramas (Cuadro 75).

Cuadro 75. Resultados para el esquema de muestreo sistemático, barrenador de ramas

	Número del árbol a muestrear en el recorrido			% de eficiencia en la detección
	21	54	87	
Frecuencia de aparición	84	71	77	<u>75.7</u>

4.2.2.2 Esquema de muestreo tipo w

En este esquema, los árboles a muestrear fueron el 1, 10, 11, 15, 16, 20, 25, 26, 42, 49, 52, 54, 57, 59, 64, 67, 93 y 98, obteniendo un 75.6% de eficiencia en la detección. Este valor es aceptable pero implicaría el muestreo del total de los árboles involucrados (en este caso 18) para mantener el porcentaje de eficiencia, lo que incrementaría el tiempo y costos del muestreo, lo que hace impráctica su implementación (Cuadro 76).

Cuadro 76. Resultados para el esquema tipo w, barrenador de ramas

Número del árbol a muestrear en el recorrido																			% de eficiencia en la detección
	1	10	11	15	16	20	25	26	42	49	52	54	57	59	64	67	93	98	
Frecuencia de aparición	80	78	79	77	74	73	71	74	81	84	81	71	73	69	76	84	74	72	<u>75.6</u>

4.2.2.3 Esquema de muestreo tipo doble w

En este esquema, los árboles a muestrear fueron el 1, 10, 15, 16, 22, 24, 27, 29, 43, 48, 51, 60, 65, 66, 72, 74, 77, 79, 93, y 98, obteniendo un 77.2% de eficiencia en la detección. Este valor es aceptable pero implicaría el muestreo del total de los árboles involucrados (en este caso 20) para mantener el porcentaje de eficiencia, lo cual incrementaría el tiempo y costos del muestreo, lo que hace impráctica su implementación (Cuadro 77).

Cuadro 77. Resultados para el esquema tipo doble w, barrenador de ramas

	Número del árbol a muestrear en el recorrido																				% de eficiencia en la detección
	1	10	15	16	22	24	27	29	43	48	51	60	65	66	72	74	77	79	93	98	
Frecuencia de aparición	80	78	77	74	66	82	80	79	77	83	81	80	86	79	71	74	72	80	74	72	<u>77.2</u>

4.2.2.4 Esquema de recorrido recomendado

En el Cuadro 78 se muestran los árboles con mayor frecuencia de aparición bajo la simulación realizada. En base al análisis de la Figura 22,

se recomienda muestrear 4 árboles de la hilera 5 (árbol 51, 53, 56, 60) ya que teóricamente se elevaría la eficiencia hasta un 83%, lo cual es mayor que el 76% promedio en los tres esquemas simulados.

Cuadro 78. Resultados sobre frecuencia en la presencia simulada del insecto por árbol, para barrenador de ramas

No. de árbol	1	5	24	27	31	35	40	42	47	48	49	51	53	56	60	62	65	67	75	79	80	81	82	86	88	91
Frecuencia de aparición (%)	82	80	81	80	86	81	81	81	81	85	85	83	85	84	80	81	87	85	86	81	82	80	82	82	82	88

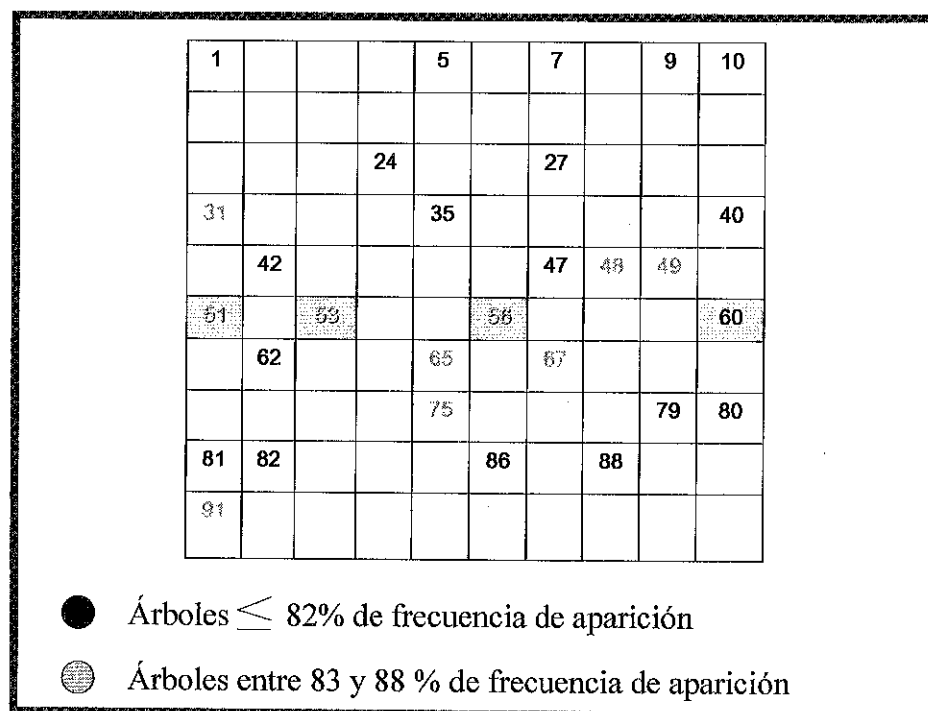


Figura 22. Árboles con mayor presencia simulada de barrenador de ramas

5. CONCLUSIONES

La técnica de muestreo tipo "manteo" especificado en la NOM-066-FITO-1995, es altamente confiable desde el punto de vista estadístico en virtud de su alta capacidad de detección de la presencia de individuos a altas densidades, ya que con una sola sacudida es posible detectar al menos a un individuo, en un rango de 93 a 99%.

La posición dentro de la rama de un solo marcador fue determinante ya que el método fue más eficiente cuando el marcador quedó colocado en el follaje que cuando estuvo colocado en la corteza.

Conforme aumenta la densidad poblacional, el método evidencia su baja capacidad de conteo pero mantiene una alta capacidad de detección en todos los casos, excepto en la corteza por las causas explicadas anteriormente. Esto no significa un problema pues el objetivo de las Normas oficiales es una alta capacidad de detección.

En general, la metodología es operable, solo la altura recomendada por la Norma oficial no es factible debido a que los árboles de los cuales se destina el fruto a exportación son viejos y por lo tanto la altura de sus ramas es mayor al 1.65 m recomendado, por lo que se recomienda cambiar la especificación de la altura.

Según la simulación de la presencia del insecto, los esquemas de muestreo sistemático, muestreo tipo w y muestreo tipo doble w, cuentan con una pobre eficiencia en la detección (28%) y no son recomendables para realizar el muestreo del barrenador de hueso. Se recomienda muestrear 4 árboles en la parte central de las huertas, tomando dos árboles en la parte superior izquierda (NO) y dos árboles en la parte inferior derecha (SE), con esto teóricamente se elevaría la eficiencia de detección hasta un 65%.

El esquema de muestreo sistemático, con 75% de eficiencia de detección es bueno solamente en el caso del barrenador de ramas, el cual comparado con el muestreo tipo w y el muestreo tipo doble w tiene una eficiencia similar; sin embargo, solo involucra el muestreo de tres árboles, a diferencia de 18 y 20 árboles respectivamente en los dos esquemas mencionados.

Para el muestreo de barrenador de ramas, se recomienda muestrear 4 árboles en los extremos de la hilera 5 ya que teóricamente se elevaría la eficiencia de detección hasta un 83%.

6. LITERATURA CITADA

- APHIS. 1999.** *Conotrachelus aguacatae*. Washington DC, USA: USDA Animal and Plant Health Inspection Service.
- Bakshi N. 2003.** The Case of Mexican Avocados. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia, USA.
- Binns, M. R. and Nyrop. 1992.** Sampling insect populations for the purpose of IPM decision making. Annual review of entomology 27: 427-453.
- Campbell, C. L. and N.E. James. 1985.** The spatial analysis of soliborne pathogens and root diseases. Annual review al Phytopathology. 23: 129-148.
- Castillo Márquez, L. E. 2005.** Elementos de muestreo de poblaciones 2ª edición. Depto. Parasitología Agrícola, U. A. Ch. , México. 267 pp.
- CAB International. 2003.** Crop protection Compendium. Wallingford, United Kingdom.
- CAB International. 2005.** Crop Protection Compendium, Wallingford, United Kingdom.
- Cuevas, J. G., G. Pérez, F. Hernández, G. M. González, y R. Gómez. 1989.** Barrenador del tronco y ramas (*Copturus aguacatae* Kiss.) del aguacate (*Persea americana* Mill), en Nayarit. Resúmenes del XXIV Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Oaxtepec, Morelos. 71-79 pp.
- DGSV-SARH. 1983.** Principales plagas del aguacate. México, D. F.
- Díaz, C. F. 1971.** Biología y control del barrenador pequeño del aguacate (*Conotrachelus perseae* Barber), en la Región de Toliman, Querétaro. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 84 p.
- Dillon Elizabeth and Dillon S. Lawrence. 1972.** A manual of common beetles of eastern North America. Dover Publications. New York.
- Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). 2005.** Plan de Trabajo para la Exportación de Aguacate Hass de México a Estados Unidos de Norte América.

- Dóddoli Murguía, Guido. 1991.** Situación y perspectivas de producción del aguacate en el Estado de Michoacán. Memorias del Seminario Internacional de Aguacate: *postcosecha y comercialización*. Banco de México/FIRA. Uruapan, Michoacán. 40-43 pp.
- Domínguez R. B. 1992.** Introducción al muestreo de plagas agrícolas. *In*: Manejo Fitosanitario de las hortalizas en México. Centro de Entomología y Acarología. Anaya R. S, Bautista M. (eds.). Chapingo, México mayo 1992, SARH-C.P. Pp 152-180
- Ebeling, W. 1959.** University of California, Division of Agricultural Sciences 314-315 pp.
- Eikenbary, R. D. and H. G. Raney. 1973** Intratree dispersal of the pecan weevil, environmental. *Entomology*. 2:927-930.
- FAO. 2002.** Glossary Phytosanitary *Terms*. Secretariat of the International Plant Protection Convention, Roma.
- FAO. 1996.** Requisitos para el establecimiento de áreas libres de plagas. NIMF Pub. No 4. Secretariat of the International Plant Protection Convention, Roma.
- Fetting, Christopher J, Fidgen, Jeffrey G, Salom, Scott M. 2005.** A review of sampling procedures available for IPM decision-making of forest and shade tree insects in North America. *Journal of Arboriculture*. USDA, USA.
- García, A. P. 1962.** *Heilipus lauri* Boheman un barrenador de la semilla o hueso del aguacate en México. Chapingo, México: Escuela Nacional de Agricultura; Tesis profesional. México. 124 pp.
- García, E. 1973.** Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México. 243 pp.
- García, J. L. M., Navarrete, L. E., Contreras, M. G. 1998.** El cultivo del aguacate en Michoacán. Universidad de Michoacán, Uruapan, México. 199 pp.
- González, Aguilar, Jesús. 2003.** Aplicaciones epidemiológicas en estudios espacio-temporales y de muestreo del barrenador del hueso (*Conotrachelus perseae* Barber) y barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger) del

- aguacate en Tacámbaro, Michoacán. Tesis de maestría. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México. 121 pp.
- Le Blanc J-PR, 1982.** Trapping and monitoring techniques for plum curculio, *Conotrachelus nenuphar* (Herbst), (Coleoptera:Curculionidae), in a southwestern Quebec apple orchard. PhD thesis, McGill University, Sainte-Anne-de-Bellevue, Quebec, Canada.
- Lewis , V. R. 1992.** Within- tree distribution of acorns infested by *Curculio occidentalis* (Coleoptera:Curculionidae) and *Cydia latiferreana* (Lepidoptera-Tortricidae) on the coast live oak . Environmental Entomology 2(5):975-982.
- Martínez B. R., 1989.** El cultivo del aguacate en México, sus problemas fitosanitarios, soluciones y perspectivas. Fruticultura de México. UCAIM. Uruapan, Michoacán, México.
- Martínez, B. R., J. C. Cabrera y N. L. Estrada. 1997.** Manual técnico aprobado en el manejo fitosanitario del aguacate. SAGAR. Facultad de Agrobiología UMSNH. Uruapan, Michoacán. 256 p.
- Mora , A. G. 1997.** Notas del curso de Uso de la microcomputadora en la entomología, tema 10: Introducción al muestreo. C. P. IFIT. Montecillos, Texcoco, México.
- Muñiz, V. R. 1960.** *Copturus aguacatae* Kissinger, plaga del aguacatero (*Persea gratissima* Gaertn) en México. SARH/ Fitófilo No. 25. 28 pp
- Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO). 2004.** NRMF No. 19, Directrices para la Elaboración de Planes de Trabajo Bilaterales. **Rodríguez, S. F. 1992.** El aguacate. AGT Editor, S. A. México, D. F. 167 pp.
- SAGARPA. 1995.** Norma Oficial Mexicana NOM-066-FITO-1995, Especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate. D.O.F.26 de agosto de 1996.
- SAGARPA, 2002.** Norma Oficial Mexicana NOM-066-FITO-2002, Especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate. D. O. F. 21 de mayo de 2002.

- SAGARPA, 2005.** Manual operativo de la campaña: Manejo fitosanitario del aguacatero. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Dirección General de Sanidad Vegetal. México, D. F.
- Salinas C. A. 1999.** Biología del barrenados pequeño de hueso de aguacate (*Conotrachelus perseae* Barber) en Tacámbaro, Michoacán. Tesis de maestría. C. P. Montecillos, Texcoco, México. 60 pp
- SARH-DGSV. 1983.** Principales plagas del aguacate. México, D. F. 35 pp.
- Téliz, O, D. 2000.** El Aguacate y su manejo integrado. Mundi-Prensa, Méx. 219 pp.
- Téliz, O, D. y R. García. 1982.** Manejo Integrado de la tristeza del aguacatero. X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Culiacán, Sinaloa, México. Resumen 55.
- USDA. 2004.** Importation of Avocado Fruit (*Persea americana* Mill. var. 'Hass') from México, a Risk Assessment.
- USDA. 2003.** Importation of 'Hass' Avocado Fruit (*Persea americana*) from Mexico, a Risk Analysis.
- U. S. A. Federal Register:** 30/Nov./2004.
- Whitehead DR, 1979.** Recognition characters and distribution records for species of *Conotrachelus* (Coleoptera: Curculionidae) that damage avocado fruits in Mexico and Central America. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 81(1):105-107.
- Yamamura, K. And Sugimoto. 1995.** Estimation of the pest prevention ability of the imported plant quarantine an Japan. Biometrics 51: 482-490.