

Diptera (Tephritidae) y su relación con factores abióticos, en la región Santa Elena, Ecuador

Diptera (Tephritidae) and their relation with a-biotic factors in Santa Elena Region, Ecuador

ÁLVARO CAÑADAS^{1,2}, DIANA RADE^{1,3} y CARLOS ZAMBRANO⁴

Resumen: El monitoreo de poblaciones de Tephritidae en campo es fundamental para el manejo moderno de estos insectos plaga. Para ello, es necesario recolectar información sobre las fluctuaciones ambientales con el propósito de determinar cómo afectan estos los patrones de distribución de las moscas de la fruta en áreas importantes de producción frutícola como la Península de Santa Elena. En este estudio se planteó analizar las fluctuaciones poblacionales de las moscas de la fruta en relación con factores bióticos y abióticos. La metodología aplicada se basó en la generación de mapas de pendientes, textura de suelo y climatológicos, incorporando datos de captura de 694 trampas georeferenciadas ubicadas en los cuatro puntos cardinales de la región de Santa Elena, en un área de estudio de 3.466 ha. Los resultados obtenidos señalan que la temperatura mínima y máxima, humedad relativa y precipitación fueron los factores que influenciaron la dinámica poblacional de moscas de la fruta. La textura de suelo no afectó el desarrollo de estados inmaduros (larva/pupa). *Ceratitis capitata* fue comúnmente encontrada en la temporada seca y alcanzó su cúspide máxima al final de esta temporada, atacando frutos tanto en la estación temprana como media del ciclo de producción agrícola en la región. Las especies *Anastrepha fraterculus*, *A. obliqua*, *A. serpentina*, *A. punensis*, *A. manihoti*, *A. chichayae* y *A. pickeli* fueron también colectadas, estas son nativas y con amplio rango de distribución. Los resultados resaltan la prioridad del manejo de la mosca de la fruta, lo cual es una barrera para las exportaciones de diversas frutas y vegetales en el Ecuador.

Palabras clave: Implicaciones económicas. Especies invasoras. Sistemas de información geográfica. Análisis de componentes principales. Vigilancia.

Abstract: Field monitoring of Tephritidae populations is fundamental for a modern agricultural management of these insect pest species. Thus, it is necessary to collect data on environmental conditions and their fluctuations with the purpose of determining how they affect the distribution patterns of fruit flies in an important fruit production region like the Santa Elena peninsula. In this study the fruit fly populations were analyzed in relation to biotic and abiotic factors. To reach this objective, maps of land slope, floor texture and climatology were generated and overlapped with 694 georeferenced traps located in the four cardinal points of the Santa Elena region, in a study area of 3.466 ha. The results indicate that the minimum-maximum temperatures, relative humidity, and rainfall were the major climatic factors influencing fly populations dynamics. Soil texture did not have any influence on immature stages (larvae/pupae). *Ceratitis capitata* was common during the dry season and reached its peak at the end of it. It attacked both early and mid-season agricultural production in the study region. *Anastrepha fraterculus*, *A. obliqua*, *A. serpentina*, *A. punensis*, *A. manihoti*, *A. chichayae* and *A. pickeli*, which were also collected, are native species widely distributed. Results highlight the importance of fruit fly management, which is the main limitation for the export of diverse fruits and vegetables produced in Ecuador.

Key words: Economic implications. Invasive species. Geographical information systems. Principal component analysis. Surveillance.

Introducción

Las moscas de la fruta son dípteros de la familia Tephritidae de amplia distribución, limitada solamente por la disponibilidad de hospederos. Acorde a sus características fisiológicas y ecológicas (Steck y McPherson 1996) se agrupan en especies (i) univoltinas con diapausa obligada, que se desarrollan en regiones templadas y (ii) multivoltinas que tienen una amplia distribución en regiones tropicales y subtropicales y no entran en diapausa (Zucchi 2000). El segundo grupo está constituido por los géneros *Anastrepha*, *Ceratitis* y *Bractocera*. En el Ecuador, Aldrich (1925) mencionó y describió los primeros registros del género *Anastrepha* (Schiner) sobre *Anastrepha ornata* (Aldrich) y *Phobema atrox* (Aldrich) (= *Anastrepha atrox*); para esta última además indicó su hospedero, luma (*Lucuma mammosa* Gaerth), en varios sitios del país. Poste-

riormente, Stone (1942), reportó la presencia de: *A. distincta* (Greene), *A. fraterculus* (Wiedemann), *A. mombinpraeoptans* (Sein), *A. ornata* (Aldrich), *A. serpentina* (Wiedemann) y *A. striata* (Schiner). Foote (1967) indicó que *A. serpentina*, *A. mombinpraeoptans*, *A. ornata*, *Phobema atrox* (Aldrich) son las especies concurrentes en el Ecuador. Norrbom (1985), en su tesis doctoral, informó sobre la presencia de *A. concava* (Greene) en este país, identificada de una hembra recolectada en 1976 en la reserva ecológica "Río Palenque" (provincia de Los Ríos). *Ceratitis capitata* (Wied) se detectó por primera vez en el continente americano en Brasil en 1901 (Malavasi et al. 1980) y se ha diseminado, poco a poco, por toda Sudamérica. Al Ecuador se introdujo desde Perú a la provincia sureña de Loja en 1976, siendo reportada por primera vez por Dellan y Ordóñez (1977). INIAP-PROMSA (2003) descubrieron la presencia de *C. capitata* en Guayas y Manabí;

¹ M. Sc. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Av. 17 de Julio 5-21 y José Córdova, Ibarra, Ecuador. Teléfono: 00593-6-2997800. dyrade@utn.edu.ec. ² Ph. D. alvarogustavo.canadaslopez@alumni.uni-goettingen.de. Autor para correspondencia.

³ M. Sc. yasbeth_rade15@utn.edu.ec. ⁴ Ph. D. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, (INIAP-EETP) Km 5 vía Quevedo - El Empalme, cantón Mocache, Provincia Los Ríos. czambrano@iniap-pichilingue.gov.ec.

revistiendo mucha importancia su presencia en Guayas debido a que allí se encuentran las principales plantaciones de mango de exportación. En relación a los hospederos de las moscas de la fruta en el Ecuador, Tigrero (2009) observó que para *Toxotrypana recurcauda*, *Ceratitis capitata* Wiedemann y 21 especies del género *Anastrepha* se han registrado un total de 56 especies vegetales, repartidas en 23 familias, siendo las más importantes: Rutaceae, Myrtaceae y Sapotaceae con seis especies cada una. Los hospederos más importantes son *Psidium guajava* L., *Annona cherimola* Mill. y *Pouteria lucuma* (Ruiz y Pav.) Kuntze, respectivamente. El amplio rango de distribución de Tephritidae, así como su gran capacidad de adaptación y colonización pueden estar relacionados a su potencial reproductivo, derivado de características morfológicas desarrolladas en la fase de pre-imago (Morgante 1991; Schmolz y Lamprecht 2000). Las moscas de las frutas en muchos países del mundo, son consideradas como una plaga cuarentenaria y con esto la exportación de frutas depende a menudo de un control eficaz y la desinfección post-cosecha (Lloyd *et al.* 2010; Ovruski *et al.* 2004). Estos insectos representan una barrera al comercio y limitan la diversificación de la producción de frutas frescas de exportación, como resultado de las restricciones cuarentenarias impuestas por importadores como EEUU y Japón (Ovruski *et al.* 2004). De acuerdo a FAO (2002) los programas de control de moscas de la fruta pueden ser divididos en cuatro estrategias principales: (1) erradicación-eliminación de áreas, donde la plaga está establecida o existe un brote de la plaga introducida, (2) supresión y reducción de la población de la plaga, (3) contención – aplicación de medidas fitosanitarias y medidas reguladoras alrededor de una área infestada para prevenir la dispersión y (4) prevención – aplicación de medidas fitosanitarias y medidas regulatorias para evitar la introducción o reintroducción de la plaga dentro de un área libre.

Ecuador tiene prospectos para exportar algunas frutas nativas y/o exóticas hacia mercados internacionales pero las moscas de la fruta representan el principal problema fitosanitario que limita esta actividad. Actualmente se exporta banano; mango; aguacate; piña; cítricos; papaya, entre otros productos, una vez que se cumpla con las exigencias cuarentenarias de los países importadores (AGROCALIDAD 2013). De acuerdo al Banco Central del Ecuador (2012) entre enero-octubre del 2012, los países americanos que más compraron productos no petroleros ecuatorianos fueron EEUU (22,22%), Colombia (10,55%), Venezuela (8,87%) y Chile (3,33%), el componente agrícola fue una importante fuente de divisas, ya que aporta alrededor del 49,56% de las exportaciones no petroleras del país. Un área de importancia de producción frutícola en el Ecuador, gracias a la inversión del Tránsito Daule-Peripa con la finalidad de fomentar la producción agrícola (50.000 ha irrigables), es la península de Santa Elena. El aumento de la superficie de producción frutícola amplía la oferta de hospederos para las moscas de la fruta que hace que se presenten donde antes no se detectaban.

AGROCALIDAD es la Autoridad Nacional Sanitaria, Fitosanitaria y de Inocuidad de los alimentos del gobierno ecuatoriano, encargada de la definición y ejecución de políticas y de la regulación y control de las actividades productivas del agro-nacional, respaldados por normas nacionales e internacionales, dirigiendo sus acciones a la protección y mejoramiento de la producción agropecuaria (AGROCALIDAD 2013). Este organismo estatal mantiene un programa de monitoreo continuo en las provincias de Guayas, Santa

Elena y Los Ríos en cultivos de papaya, melón y mango, así como también un monitoreo de áreas bananeras para el mercado de China dirigido a implementar el manejo integral de plagas (MIP). Para ello es necesario que la información sobre dinámica poblacional y su relación con los factores ecológicos se analice e interprete adecuadamente y entonces llevar a cabo un apropiado control regional (“area-wide”) de plagas (Aluja *et al.* 2012). De ahí que, el control de plagas es uno de los retos más importantes para la agricultura moderna del Ecuador, ya que las fluctuaciones poblacionales de los géneros *Anastrepha* y *Ceratitis* en relación a los factores bióticos/abióticos y su distribución espacial de la plaga son muy poco conocidas. El objetivo de la presente investigación fue (i) identificar la composición de poblaciones de tefritidos y sus fluctuaciones estacionales en el periodo comprendido entre 2006–2007, (ii) determinar cómo los factores bióticos y abióticos afectan la dinámica poblacional de *Anastrepha* y *Ceratitis*, (iii) proponer estrategias del manejo de moscas de la fruta con estándares internacionales.

Materiales y métodos

El área de investigación está en la parte central-oeste de la costa del Ecuador, abarcando una superficie de 3.466 ha, dividida zonalmente entre norte, sur, centro y oeste de la península de Santa Elena, Ecuador. La clasificación ecológica del área de investigación corresponde a un Bosque Húmedo Pre-montano (Bh P) y Bosque Seco Tropical (Bs T) (Cañadas 1983). Los rangos de precipitación fluctúan entre 391,60 y 1.391,50 mm/año y los de temperatura entre los 28 y 20 °C (Cañadas 2009).

Materiales cartográficos. Los puntos de trapeo de moscas de la fruta del área de investigación están representados en la Fig. 1. El material cartográfico empleado para el análisis espacial de moscas de la fruta fueron los mapas topográficos escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM 2005), digitalizados con en el programa ARC/INFO. Con esta información, se generó un modelo digital del terreno y se hizo la clasificación de pendientes (0-5%, 5-12%, 12-25%, 25-50%, 50-70% y >70%) usando el programa ARC/VIEW (Fig. 1A). Además, se usaron los mapas de precipitación (Fig. 1B), temperatura (Fig. 1C) y textura de suelos (Fig. 1D) del Sistema de Información de Agricultura y Ganadería (SIGAGRO-MAGAP) escala 1:100.000 fueron empleados (SIGAGRO 2010). De acuerdo a AGROCALIDAD (2013) en la provincia de Santa Elena y Guayas se tienen cultivos de melón y mango para exportación hacia los EEUU, así como de papaya hacia Chile.

Trampas empleadas. El área de investigación fue dividida en cuatro sub-zonas. La sub-zona central abarcó 1.095 ha y contiene 219 trampas, la sub-zona sur se encontraron 167 trampas en un área de 830 ha, la sub-zona norte están 100 trampas en 500 ha, mientras que la parte de la sub-zona oeste representa 1.041 ha con 208 trampas. La densidad de trampas por hectárea fue de cinco, el 50% fueron trampas del tipo McPhail y el otro 50% fueron del tipo Jackson. La distribución de las trampas en el campo siguió las recomendaciones internacionales para Programas de la Mosca de la Fruta (IAEA 2005), esto es alternando la colocación de una trampa McPhail después de una Jackson. Cada trampa fue debidamente identificada con un código, tomando sus coordenadas

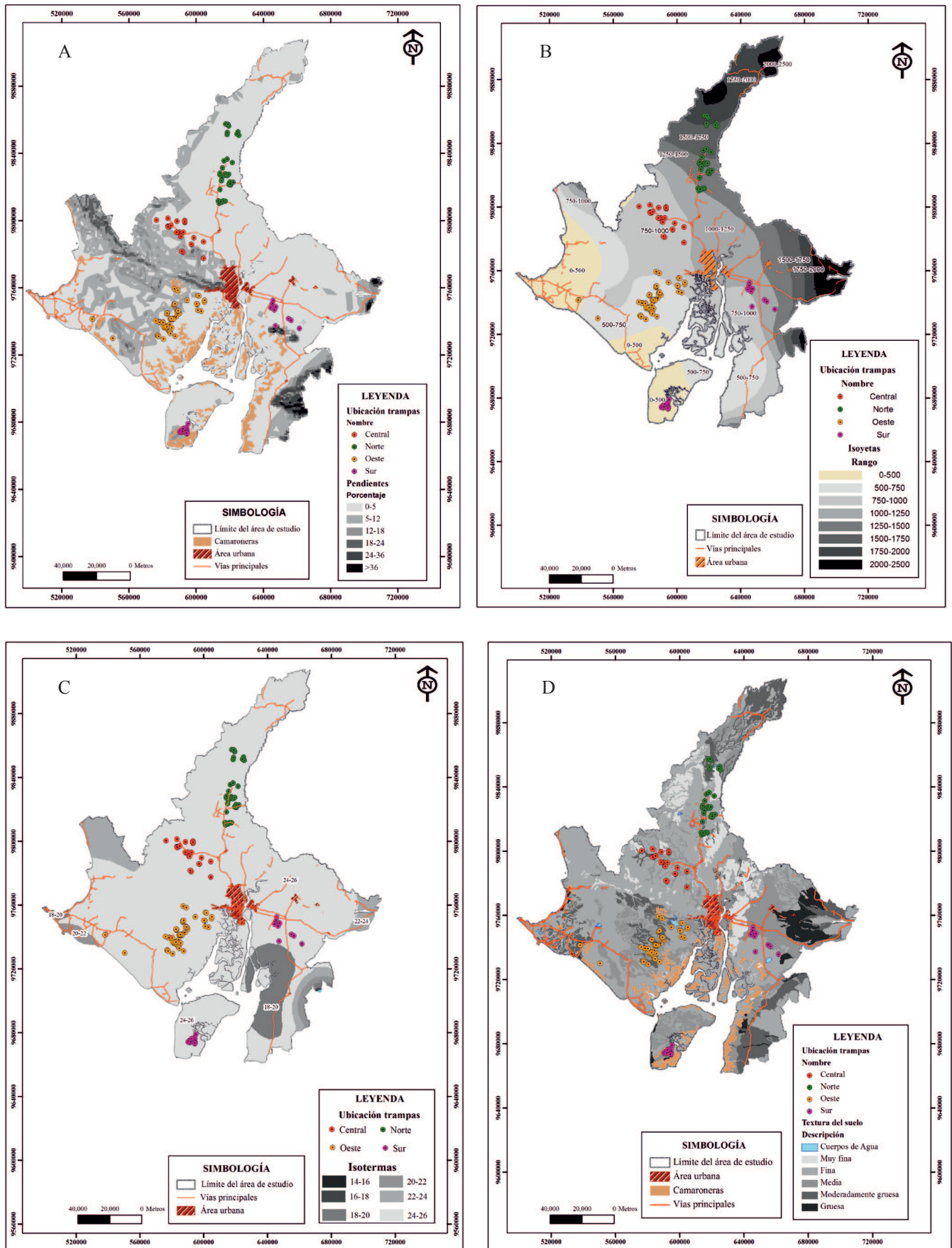


Figura 1. Mapas temáticos de los factores abióticos en la Península de Santa Elena, Ecuador. **A.** Clasificación de pendientes. **B.** Mapa de precipitación. **C.** Mapa de temperaturas. **D.** Mapa de texturas de suelo.

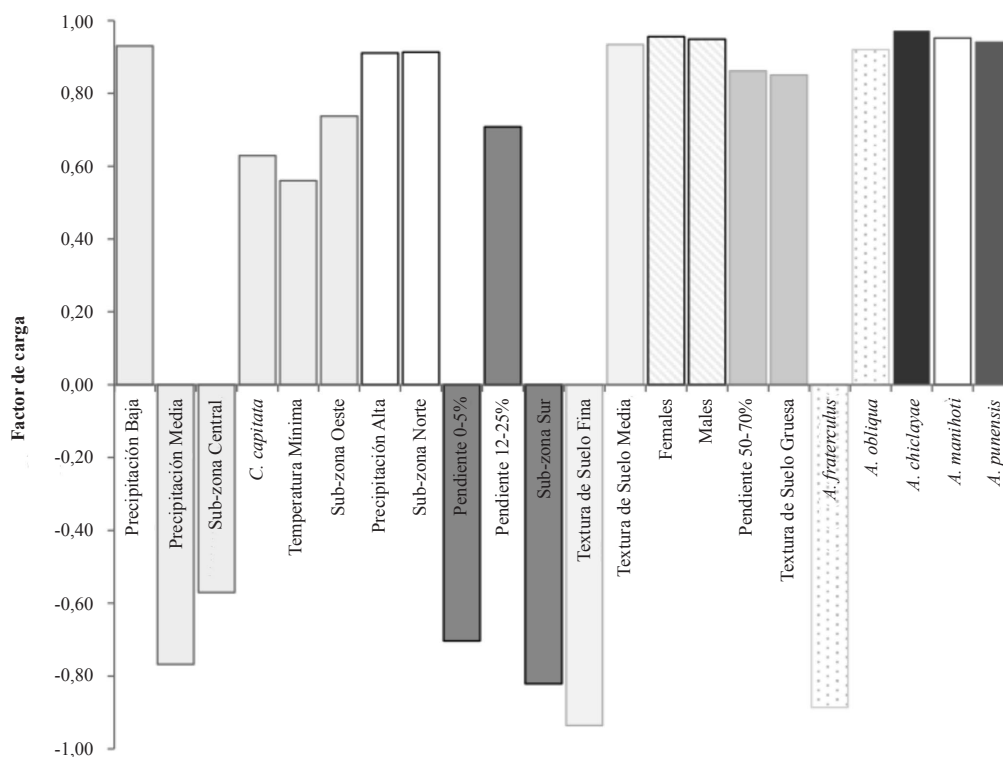


Figura 2. Representación del factor carga (entre 0 and ± 1) por variable de acuerdo a la matriz rotada de Varimax, para la interpretación del análisis de componentes principales (PCA), en la península de Santa Elena, Ecuador.

UTN y su altura sobre el nivel del mar. Las trampas McPhail fueron instaladas para el género *Anastrepha* y fueron cebadas con una mezcla de proteína hidrolizada Nulure al 10%, tabletas de levadura (20 gr.) más borax de Torula al 5%. Las trampas Jackson fueron instaladas en el monitoreo de *Ceratitis* y fueron cebadas con Trimedlure (2-6 ml de líquido en una mecha de algodón) (AGROCALIDAD 2013). El periodo de investigación fue entre 2006 y 2007. Los criterios para el establecimiento de las rutas de monitoreo fueron: importancia como zona productora de frutales de exportación, zonas productoras de frutales con fines de consumo interno, zonas con especies de moscas de la fruta, disponibilidad de vías de acceso (AGROCALIDAD 2013). El espaciamiento entre trampas fue de un kilómetro de las vías principales (Fig. 1). A lo largo de las rutas se eligieron puntos geográficos registrando sus coordenadas UTM, donde hay presencia de plantas o árboles hospederos y las trampas fueron colocados en el tercio medio de los árboles (AGROCALIDAD 2013).

Índice de mosca por trampa por día. El índice moscas por trampa por día (MTD) es un parámetro poblacional que calcula el promedio de moscas capturadas por una trampa en un día, en que la trampa se ha expuesto en el campo (IAEA 2005). La función de este índice es contar con una medida relativa del tamaño de la población de adultos plaga en un espacio y tiempo determinados. Se utiliza como información base para comparar el tamaño de la población antes de la aplicación del programa de control de la mosca de la fruta, durante y después de éste (IAEA 2005). El valor de MTD en un área libre de moscas de la fruta debe ser igual a cero para mantener el estatus fitosanitario. Su valor es el resultado de la fórmula siguiente (IAEA 2005):

$$MTD = \frac{\text{Número de moscas capturadas}}{\text{Número de trampas instaladas} \times \text{Promedio de días exposición de las trampas}}$$

Análisis de datos. Los siguientes variables fueron generadas mediante un Sistema de Información Geográfica sobreponiendo los siguientes mapas: a) cinco patrones de precipitación en mm/mes, b) tres temperaturas ($^{\circ}\text{C}$), c) seis clases de pendientes (%), d) cuatro tipos de suelos predominantes (m^2), e) cuatro sub-áreas de investigación, f) número de trampas, g) sexo de las moscas de la fruta (macho, hembra), h) moscas por trampa por día (MTD) e i) doce especie de mosca de la fruta. Para reducir el número de las variables investigadas (37) y encontrar las de mayor peso, se hizo un análisis de componentes principales, con la ayuda del programa SPSS- Procedimiento PCA, que extrae p factores estocásticos independientes $F_1, \dots, F_p$, permitiendo explicar la totalidad de la varianza de la matriz generada. Se utilizó el método de rotación de ejes tipo Varimax e identificando correlaciones entre las variables de los componentes (Bortz 2005).

Escenarios de trampeo. El análisis de correspondencia (CA) fue aplicado para analizar tablas de contingencia en forma de frecuencias numéricas y sus resultados se expresaron en un gráfico (Greenacre 1993). Este método fue empleado para interpretar los índices poblacionales en área infestada, supresión, erradicación y exclusión, expresado en porcentaje de MTD durante 2006-2007, relacionándolo con las sub-zonas del área de investigación (Central, Sur, Norte, Oeste) y con esto determinar el nivel de manejo de poblaciones de la moscas de la fruta adecuado para las condiciones prevalecientes en la península de Santa Elena.

Resultados

Identificación de moscas de la fruta. Las especies de moscas de la fruta identificadas en el área de investigación fueron: *Ceratitis capitata* (Wiedemann), *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann), *A. serpentina* (Wiedemann), *A. manihoti* Lima, *A. obliqua* (Macquart), *A. chicleyae* Greene, *A. punensis* Triguero & Salas, *A. macrura* Hendel, *A. distincta* Greene, *A. striata* Schiner, *A. peruviana* Townsend y *A. pickei* Lima.

Factores que afectaron la distribución de Tephritidae. El análisis de componentes principales se ejecutó mediante la selección de variables. De acuerdo a Bortz (2005) todas las variables que presentaron un valor mayor de comunalidades de 0,7, ofrecen un buen ajuste para la interpretación del análisis de componentes principales. Aquellas que presentaron valores menores a los indicados fueron descartadas. En la tabla 1, se presentan el 62,16% del total de variables analizadas y con las cuales se procedió a realizar el análisis de componentes principales, el cual creó 10 nuevos Factores (grupo de nuevas variables), los cuales explicaron el 87% de total de la varianza (Fig. 2) en capturas y pueden ser interpretados de la siguiente manera:

Factor 1: Elementos abióticos relacionados con la distribución de la mosca de la fruta. Este factor agrupó a seis variables: precipitación baja, *C. capitata*, sub-zona oeste y temperatura mínima. Estas variables estuvieron positivamente cargadas y demostraron una relación directamente proporcional. Esto indica que, la sub-zona oeste de la península de Santa Elena se caracteriza por una baja precipitación (500 mm/año) y registró la menor temperatura del área de investigación (14,1 °C) y estas condiciones fueron favorables para *C. capitata* (Fig. 3). La captura de *C. capitata* se incrementó durante la época seca, cuando alcanzó su mayor nivel (244 moscas para enero 2006 y 223 para enero 2007). Las dos va-

riables restantes de este factor fueron: sub-zona centro y precipitación media estuvieron negativamente cargados o fueron inversamente proporcionales a la captura de *C. capitata*.

Factor 2: Este factor estuvo asociado a la sub-zona norte, que estuvo directamente ligado a una alta precipitación entre 1.500 y 1.750 mm/año y pendientes fuertes (pendientes del 50-70%) y textura de suelo gruesa, sin embargo no estuvo relacionado con la captura de ninguna especie de mosca de la fruta.

Factor 3: Dentro de este factor se juntaron la sub-zona sur del área de investigación, la cual presentó una topografía moderada (pendientes entre 12 a 25%) y menos pendientes planas (pendientes de 0-5%).

Factor 4: Confrontó a la textura de suelo fina con la textura de suelo media y este factor no estuvo relacionado con la captura de ninguna especie de mosca de la fruta.

Factor 5: Presentó una relación directamente proporcional entre el sexo de las moscas de las frutas y la captura. Esto es a mayor número de machos, mayor será el número de hembras. No existieron diferencias estadísticas entre sexos (machos y hembras) para todas las especies de moscas de la fruta en la península de Santa Elena ($P > 0,05$).

Factor 6: Se identificó a *Anastrepha fraterculus* negativamente asociada con los Factores 7 (*A. obliqua*), 8 (*A. chicleyae*), 9 (*A. manihoti*) y 10 (*A. punensis*). Los datos de las trampas y la nula relación con los Factores del 1 al 6, demuestran que el género nativo *Anastrepha* domina durante todo el año, sin presentar una estacionalidad para el periodo 2006-2007 (Fig. 3).

Mosca de la fruta por día. Con la finalidad de establecer el nivel de manejo de poblaciones de las moscas de la fruta,

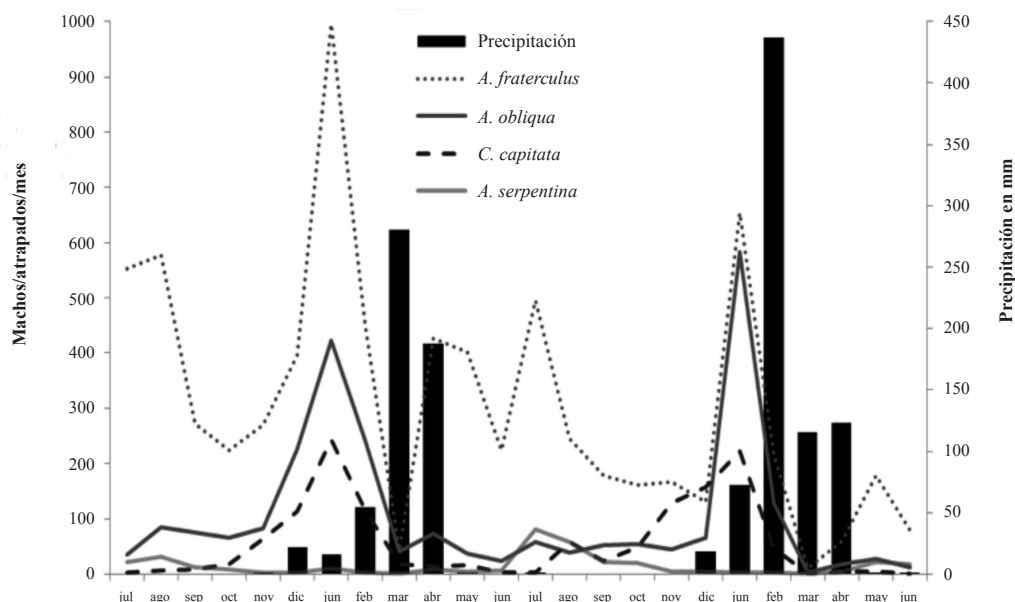


Figura 3. Fluctuación de la población de moscas de la fruta en relación a la precipitación, en el área de estudio, para el periodo 2006-2007.

Tabla 1. Variables seleccionadas para el análisis de componentes principales.

Número	Variable	Extracción
1	Precipitación baja	0,89
2	Precipitación media	0,90
3	Sub-zona central	0,88
4	<i>C. capitata</i>	0,84
5	Sub-zona oeste	0,89
6	Mínima temperatura	0,71
7	Precipitación alta	0,77
8	Sub-zona norte	0,94
9	Pendiente 0-5%	0,94
10	Pendiente 12-25%	0,81
11	Sub-zona sur	0,88
12	Textura de suelo fina	0,89
13	Textura de suelo media	0,76
14	Área media	0,78
15	Hembra	0,75
16	Macho	0,80
17	Pendiente 50-70%	0,79
18	Textura de suelo gruesa	0,93
19	<i>A. fraterculus</i>	0,94
20	<i>A. obliqua</i>	0,76
21	<i>A. serpentina</i>	0,90
22	<i>A. manihoti</i>	0,76
23	<i>A. punensis</i>	0,75

adecuado para las condiciones prevalecientes en la península de Santa Elena se muestra el mapa asimétrico del análisis de correspondencia (Fig. 4), el cual reveló una larga proporción de la inercia (87,20 %) desplazada en la primera coordenada, la cual localizó a la sub-zona oeste (57,69% de erradicación y 42,31% de supresión) y la sub-zona central (68,95% de erradicación y 31,05% de supresión) en la parte izquierda del mapa, las cuales se contraponen en la parte derecha a la sub-zona sur (62,42% de erradicación y 37,58% de supresión) y sub-zona norte (74,51% de erradicación y 25,49% de supresión). La segunda coordenada acumuló el 12,8% de la varianza y contrapuso a las sub-zonas oeste y sur (arriba), con las sub-zonas centro y norte (abajo).

Discusión

Fluctuación poblacional de Tephritidae. La fluctuación de las poblaciones de la mosca de la fruta varía de año a año. Durante 2006 y 2007, la población de la especie nativa, *A. fraterculus*, fue considerablemente mayor que la de la especie exótica, *C. capitata*. La disponibilidad y abundancia de hospederos de cultivos y especies nativas (pechiche, guayabas) son factores importantes, que influyen sobre la fluctuación de estas poblaciones (Harris *et al.* 1993). Si la población de *A. fraterculus* fue alta, esto se debió posiblemente, a la presencia de muchos hospederos (ej. *Vitex gigantea* Kunth; *Capparis crotonoides* Kunth; *Spondias mombin* L.; *Psidium guajava* L.; *Annona* spp.; *Averrhoa carambola* L.; etc.), durante todo el año (comparar con Drew y Hooper 1983). Mientras

que para *C. capitata* presentó un incremento entre octubre y diciembre (Fig. 3). Este comportamiento podría haber sido favorecido, similar a las observaciones de Mwatawala *et al.* (2006) en huertos de mango en el este de África, a la coincidencia con la época de fructificación de la fruta. En la península de Santa Elena, la época de fructificación de mango se da entre octubre y enero (Fig. 3). Por otro lado, la presencia de hospederos silvestres y árboles de anacardiáceas pueden ser de mucha importancia en relación a la re-infestación de diversas moscas de la fruta durante la floración y las fases de fructificación, como se registró en Sudán (Vayssières *et al.* 2008). De tal manera que, estos hospederos silvestres, así como árboles de anacardiáceas silvestres deben ser completamente integrados en cualquier programa integrado de mosca de la fruta.

Factores abióticos y bióticos que afectan la dinámica poblacional de moscas de la fruta. Los factores abióticos, tales como la temperatura y precipitación, son elementos que están fuertemente relacionados con la distribución de la mosca de la fruta (Duyck *et al.* 2006) así como también con la dinámica de sus poblaciones (Amice y Sales 1997; Aluja *et al.* 2012). Acerca del género *Anastrepha*, la temperatura, no se presentó como un factor que restrinja la distribución espacial de este género en el área de investigación. Por otro lado, la máxima precipitación promedio por mes registrada en febrero y marzo, no influyó negativamente en la distribución geográfica de *Anastrepha*, al igual que la pendiente y la textura. Los resultados de esta investigación revelaron una consistente explosión de la población de *A. fraterculus* al inicio de la estación lluviosa y altos niveles poblacionales en la segunda mitad del año, donde predomina el clima seco. Este comportamiento de *Anastrepha* es diferente a patrones observados para moscas en el género *Bactrocera* de acuerdo a Chen *et al.* (2006), quienes enfatizan que, los meses de mayor precipitación, coinciden con el mayor tamaño de población para este género y concluyeron que, es el factor que influye fuertemente para su proliferación. Similares estudios

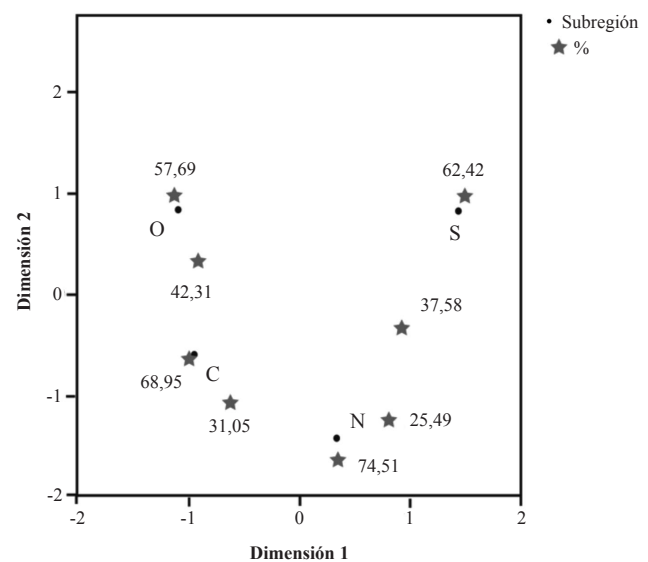


Figura 4. Mapa asimétrico indicando las sub-zonas (N, S, C, O), el porcentaje de erradicación y supresión en la península Santa Elena, Ecuador.

con factores abióticos fueron realizados para *B. dorsalis*, *B. zonata* y *B. correcta*, que son plagas de huertos de mango en la India, manifestando una relación directa entre las capturas de *B. dorsalis* y los periodos de alta humedad relativa, que coinciden con el comienzo del periodo de lluvias (Sarada *et al.* 2001). En oposición con esto, los patrones presentados por *C. capitata* en la península de Santa Elena, estuvieron directamente relacionados con la temperatura mínima mensual y la baja precipitación mensual (Fig. 3). De tal manera que, para *C. capitata*, el pico poblacional coincide con la época seca y, en consecuencia, los daños se limitan a las fases tempranas y medias de los cultivos. Estos resultados coinciden con las observaciones de Vayssières *et al.* (2008) en Benín para *C. quinaria* y *C. silvestrii*.

Por otro lado, la lluvia hace que la tierra se humedezca y proporcione condiciones favorables para la eclosión de pupas. Las evidencias obtenidas en este estudio sugieren que ni la textura del suelo ni las pendientes de la región de investigación juegan algún rol en relación a la dispersión geográfica de moscas de la fruta.

En relación a los factores bióticos, para el conjunto de poblaciones de moscas de la fruta no existieron diferencias estadísticas en la captura de machos y hembras a excepción *C. capitata* ($P < 0,0001$). El problema principal en discusión es el número relativamente bajo de hembras atrapadas en concordancia al número de machos. En esta investigación no existió una relación directa o inversamente proporcional entre el número de machos y hembras. Sin embargo, la captura de hembras *C. capitata* pudieran mejorarse conduciendo pruebas con otros atrayentes (y otros tipos de trampas) con la finalidad de hacerlas mayormente efectiva y eficiente en un futuro cercano en el programa de la mosca de la fruta conducida por AGROCALIDAD.

Nivel internacional del manejo de la población de la mosca de la fruta en la península de Santa Elena. En el área de estudio no se registraron niveles de MTD correspondientes a áreas de infestación ($MTD > 1$) y tampoco de exclusión ($MTD 0-0$) de acuerdo a los criterios establecidos por la IAEA (2005). Las sub-zonas oeste y centro tuvieron niveles de erradicación ($0-0,1$) en el 63,32% (% de valores observados en esta categoría) de la superficie, mientras que la sub-zona sur y norte mostraron un 68,47%. Esto indica que, la plaga estuvo en un nivel de baja prevalencia. Es decir que, en esta etapa se registraron capturas ocasionales de adultos. Por otro lado, las sub-zonas oeste y centro presentaron un 36,68% (% de valores observados en esta categoría) de supresión ($1-0,1$) y las sub-zonas sur se registraron un 31,53%. Esto implicaría, el tomar medidas fitosanitarias en forma intensiva para reducir el tamaño de las poblaciones de plaga a niveles de baja prevalencia.

En síntesis, en esta investigación se ha generado la información de base estableciendo la identidad de las diferentes especies de mosca de la fruta existentes en la península de Santa Elena: se ha determinado la influencia de los factores abióticos sobre la dinámica de las poblaciones de plaga y se han delimitado y caracterizado las sub-zonas para el proceso de erradicación y supresión. Las condiciones están dadas para establecer un programa de manejo integrado de plagas, a gran escala, en la península (Hendrichs *et al.* 2007). Las medidas de manejo son a menudo aplicadas sobre todas los sitios de infestación en el área de interés con la finalidad de limitar las probabilidades de re-infestación por inmigración

de hábitats no manejados (Elliott *et al.* 2008.). El manejo regional (“area-wide”) se ha usado a menudo, como enfoque sistemático de control de moscas de la fruta. Distintos ejemplos, como los de la mosca del melón, *B. curubita* (Coquiliet) la mosca del Mediterráneo *C. capitata* (Wiedemann) en Hawái (Vargas *et al.* 2008), la mosca de la fruta oriental, *B. dorsalis* (Hendel) y de la mosca de la fruta de la guayaba en Taiwán (Chiang *et al.* 2007), han demostrado la utilidad de las estrategias de manejo regional bajo diferentes circunstancias.

Agradecimientos

Nosotros estamos agradecidos por el apoyo financiero y logístico para la realización de esta investigación a la Universidad Técnica del Norte (UTN), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Agencia Ecuatoriana para el Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) y a los dos revisores anónimos por sus aportes sustanciales e importantes para la estructuración de este artículo.

Literatura citada

- AGROCALIDAD. 2013. Moscas de la fruta en Ecuador y acciones de AGROCALIDAD frente a este problema. Disponible en: <http://www.agrocalidad.gob.ec/agrocalidad/images/pdfs/sanidadvegetal/moscas%20de%20la%20fruta.pdf> [Fecha de revisión: 20 mayo 2013].
- ALDRICH, J. 1925. New Diptera or two-winged flies in the United States. National Museum. Washington Government Printing Office. N°. 2555-Proceedings U.S. National Museum 66(18):1-36.
- ALUJA, M.; ORDANO, M.; GUILLÉN, L.; RULL, J. 2012. Understanding long-term fruit fly (Diptera: Tephritidae) population dynamics: implications for area wide management. Journal of Economic Entomology 105 (3): 823-836.
- AMICE, R.; SALES, S. 1997. Seasonal abundance of fruit flies in New Caledonia. pp. 134-139. In: Allwood, A. J.; Drew, R. A. I. (Eds.). Management of fruit flies in the Pacific. ACIAR, Canberra. Australia. 430 p.
- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR (BCE). 2012. Comercio Exterior, 2012. Quito: Ecuador. Información Oficial. Disponible en: http://www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp. [Fecha de revisión: 20 mayo 2013].
- BORTZ, J. 2005. Statistik für Sozialwissenschaftler. 5. Auflage. Springer-Verlag, Berlin. 910 p.
- CANADAS, A. 2009. Can the reforestation projects stop the extraction of wood from the Protected Forest Chongón-Colonche? Tropentag, Hamburg University. Disponible en: http://www.tropentag.de/links/Cantildeadas_Loacuteppez_QWhNchy5.pdf. [Fecha de Revisión: 20 mayo 2013].
- CANADAS, L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Editores Asociados. Quito, Ecuador. 210 p.
- CHEN, P.; YE, H.; LIU, J. 2006. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera Tephritidae) and analysis of the factors influencing the population in Ruili, Yunnan Province, China. Acta Ecologica Sinica 26: 2801-2808.
- CHIANG, M. Y.; KAO, C. H.; HUANG, Y. B.; CHENG, E. Y.; LEE, M. C. 2007. Studies on small model area-wide control of the oriental fruit fly for wax apple in Taiwan. Journal of Taiwan Agricultural Research 56: 153-164.
- DELLAN, L.; ORDÓÑEZ, N. 1977. Estudio de los géneros *Anastrepha* y *Ceratitis*, evaluación de cebos atrayentes y distribución ecológica de la mosca de la fruta en la provincia de Loja. Tesis de Grado Ing. Agr. Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 89 p.

- DREW, R.; HOOPER, G. 1983. Population studies of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in South East Queensland. *Oecologia* 26: 153-159.
- DUYCK, P. F.; DAVID P.; QUILICI, S. 2006. Climatic niche partitioning following successive invasions by fruit flies in La Reunion. *Journal of Animal Ecology* 75: 518-526.
- ELLIOTT, N. C.; ONSTAD, D. W.; BREWER, M. J. 2008. History and ecological basis for areawide pest management. pp. 15-33. In: Koul, O.; Cuperus, G., Elliott, N. (Eds.). *Areawide Pest Management: Theory and Implementation*. www.cabi.org, E-book.
- FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2002. Glossary of phytosanitary terms. Reference standard. ISPM/NIMP/NIMF, Publication Number 5. IPPC, FAO, Roma, Italia. 200 p.
- FOOTE, R. H. 1967. Family Tephritidae. In: Vansolini, M. (Ed.). *A catalogue of the Diptera of the Americas South of the United States* 57: 1-91. Dept. Zool., Sec. Agri., Sao Paulo, Brasil.
- GREENACRE, M. 1993. Correspondence analysis in practice. Academic Press Limited, Londres, Inglaterra. 193 p.
- HARRIS, E. J.; VARGAS, R. I.; GILMORE, J. E. 1993. Seasonality in occurrence and distribution of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in upland and lowland areas on Kauai, Hawaii. *Environmental Entomology* 22: 404-410.
- HENDRICH, J.; KENMORE, P.; ROBINSON, A. S.; VREYSEN, M. J. B. 2007. Area-wide integrated pest management (AW-IPM): principles, practice and prospects. pp. 3-33. In: Vreysen, M. J. B.; Robinson, A. S.; Hendrichs, J. (Eds.). *Area-wide control of insect pests: from research to field implementation*. Springer, Dordrecht. Países Bajos.
- IAEA, International Atomic Energy Agency. 2005. Guía para el trampeo en programas de control de la mosca de la fruta en áreas amplias. Viena – Austria. Impreso en Austria. Organismo Internacional de Energía Atómica, Sección de Lucha contra Plagas de Insectos. 45 p.
- INIAP-PROMSA. 2003. Generación de alternativas tecnológicas para el control de moscas de las frutas en el litoral ecuatoriano. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Ecuador. 57 p.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM). 2005. Cartas topográficas de la Península de Santa Elena. Esc 1:50.000, Quito, Ecuador.
- LLOYD, A.; HAMACEK, E.; KOPITKE, R.; PEEK, TH.; WYATT, P.; NEALE, CH.; EELKEMA, M.; GU, H. 2010. Area-wide management of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Central Burnett district Queensland, Australia. *Crop Protection* 29: 462-469.
- MALAVASI, A.; MORGANTE, J. S.; ZUCCHI, R. A. 1980. Biología de “moscas-das-frutas” (Diptera: Tephritidae) I: Lista de hospedeiros e distribuição geográfica. *Revista Brasileira de Biologia* 40: 9-16.
- MORGANTE, J. S. 1991. Mosca-das-frutas (Tephritidae): características biológicas, detecção e controle. *Boletim Técnico de Recomendações para os Perímetros Irrigados do Vale do São Francisco*, Brasília, 190 p.
- MWATAWALA, M. W.; DE MEYER, M.; MAKUNDI, R. H.; MAERERE, A. P. 2006. Biodiversity of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in orchards in different agro-ecological zones of the Morogoro region, Tanzania. *Fruits* 61: 321-332.
- NORRBOM, A. 1985. Phylogenetic analysis and taxonomy of the *cryptostrepha*, *daciformis*, *robusta*, and *shausi* species groups of *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae). Ph.D. Thesis. Pennsylvania. EEUU. pp. 38-40.
- OVRUSKI, M.; SCHLISERMAN, P.; ALUJA, M. 2004. Indigenous parasitoids (Hymenoptera) attacking *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in native and exotic host plants in Northwestern Argentina. *Biological Control* 29: 43-57.
- SARADA, G.; MAHESWARI, T.U.; PURUSHOTHAM, K. 2001. Seasonal incidence and population fluctuation of fruit flies in mango and guava. *Indian Journal of Entomology* 63: 272-276.
- SCHMOLZ, E.; LAMPRECHT, I. 2000. Calorimetric investigations on activity states and development of holometabolous insects. *Thermochimica Acta* 349: 61-68.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO AGROPECUARIO (SIGAGRO). 2010. Cartas climatológicas del Ecuador. Esc 1:100,000, Quito, Ecuador.
- STECK, G. J.; McPHERON, B. A. 1996. Fruit fly pests: A world assessment of their biology and management. St. Lucie Press, Delray Beach. EEUU. 596 p.
- STONE, A. 1942. The fruit flies of the genus *Anastrepha*. USDA. Miscellaneous publication N° 239. Washington, D.C. EEUU. 122 p.
- TIGRERO, J. O. 2009. Lista anotada de hospederos de moscas de la fruta presentes en Ecuador. Sangolquí – Ecuador. *Revista Boletines Técnico* 8. Ser. Zool. 4-5:107-116.
- VARGAS, R. I.; MAU, R. F. L.; JANG, E. B.; FAUST, R. M.; WONG, L. 2008. The Hawaii fruit fly areawide pest management programme. pp. 300-325. In: Koul, O., Cuperus, G., Elliott, N. (Eds.). *Areawide pest management: Theory and implementation*. www.cabi.org, E-book.
- VAYSSIÉRES, J. F.; KORIE, S.; COULIBALY, O.; TEMPLE, L.; BOUEYI, S. P. 2008. The mango tree in central and northern Benin: cultivar inventory, yield assessment, infested stages and loss to fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Fruits* 63: 335-348.
- ZUCCHI, R. A. 2000. Especies de *Anastrepha*, sinónimas, plantas hospedeiras e parasitoides. pp. 41-54. In: Malvasi, A.; Zucchi, R.A. (Eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil*. Holos Editora. Ribeirão Preto. Brasil. 350 p.

Recibido: 22-ago-2013 • Aceptado: 30-abr-2014

Citación sugerida:

CAÑADAS, A.; RADE, D.; ZAMBRANO, C. 2014. Diptera (Tephritidae) y su relación con factores abióticos, en la región Santa Elena, Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología* 40 (1): 55-62. Enero-julio 2014. ISSN 0120-0488.