

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

REPORTE Y DISTRIBUCIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE LA
AGALLA EN *ERYTHRINA* (*Quadrastichus erythrinae*), EN PANAMÁ.

MARY F. HIGUERA S.

8-841-1177

PANAMÁ, PANAMÁ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2016

**REPORTE Y DISTRIBUCIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE LA
AGALLA EN *ERYTHRINA* (*Quadrastichus erythrinae*), EN
PANAMÁ.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN CULTIVOS
TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

APROBADO:

PROF. ING. EDDY BARRAZA Ph.D

DIRECTOR

PROF. ING. VICENTE ULISES ARCHIBOLD M.Sc

ASESOR

PROF. ING. LUIS CARLOS SALAZAR M.Sc

ASESOR

**PANAMÁ, PANAMÁ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2016

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a Dios Todopoderoso, por darme la sabiduría y fuerza para culminar esta etapa académica. A los miembros del Comité del Trabajo de Tesis, el profesor Eddy Barraza, por su compromiso, comprensión, paciencia, entrega y valiosos consejos a lo largo del proceso de investigación; de igual manera a los profesores Luis Carlos Salazar y Vicente Archibolt, por contribuir al enriquecimiento de una formación integral como estudiante, por sus aportes y conocimientos para concluir con éxito este trabajo.

DEDICATORIA

A DIOS, por ser mi guía y compañero fiel, ya que sin Él no hubiera podido llegar hasta donde estoy, por todas sus bendiciones durante todo este proceso académico y por su gran y eterna misericordia.

A mis padres por inculcar en mí la importancia de estudiar, por su paciencia; por ser el mayor ejemplo de fortaleza, constancia, superación y por haberme hecho el ser humano que soy ahora.

A mi Tío Juan Mendoza y a mi abuelo, porque desde el cielo me han acompañado durante todos estos años, por sus ejemplos de entereza, sabiduría y dedicación.

A mis hermanos por su apoyo, confianza y compañía durante todos los años de mi vida, a mi abuelita por estar siempre a mi lado, por su comprensión y paciencia.

"He peleado la buena batalla, he acabado la carrera, he guardado la fe."

2 Timoteo 4:7

RESUMEN

Se realizó un muestreo para determinar la incidencia y distribución de *Quadrastichus erythrinae* en árboles de *Erythrina variegata* en la república de Panamá. El periodo de ejecución estuvo comprendido entre los meses de Marzo a Julio de 2016. La metodología utilizada fue de muestreo al azar, mediante la inspección ocular directa de árboles de *Erythrina variegata* en las diferentes provincias de la república, seleccionando árboles de la especie al azar para verificar la presencia de daños como agallas, deformaciones en hojas, ramas y peciolos jóvenes u otras características de interés, asociadas al insecto plaga, verificando de igual manera la presencia del insecto en cualquiera de sus fases de desarrollo en la parte interna de las agallas. El resultado de las inspecciones y observaciones de laboratorio realizadas, permitieron identificar y reportar la incidencia de *Quadrastichus erythrinae* Kim (Eulophidae: Tetrastichinae), agente causal de las agallas de la *Erythrina* “*Erythrina* gall wasp” (EGW), en plantas de *Erythrina variegata*, en todas las provincias muestreadas en la república de Panamá, que incluyeron; Darién, Colón, Panamá Centro, Panamá Oeste, Coclé, Herrera, Los Santos, Veraguas y Chiriquí. Estos resultados nos permiten confirmar de manera científica la incidencia y distribución en todo el país del agente causal de las agallas de la *Erythrina* “*Erythrina* gall wasp” (EGW), *Quadrastichus erythrinae* Kim (Eulophidae: Tetrastichinae), uniéndose nuestro país a los reportes realizados de esta plaga, en el Sudeste de Asia, Hawaii, Taiwán , China y la Florida, donde igualmente fue reportado causando agallas y

deformaciones en las hojas y crecimientos anormales en brotes, pudiendo causar la muerte del árbol en pocos años.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR.....	3
1.2. ANTECEDENTES	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	8
1.4. OBJETIVOS	9
1.4.1 GENERAL	9
1.4.2 ESPECÍFICOS	9
1.5. HIPÓTESIS	10
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES	11
2. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. <i>Erythrina variegata</i> ; generalidades, usos e importancia de la especie.....	12
2.2. Taxonomía de <i>Erythrina variegata</i>	14
2.3. Generalidades de <i>Quadrastichus erythrinae</i>	14
2.4. Características de la Familia Eulophidae	16
2.5. Descripción de <i>Quadrastichus erythrinae</i>	17
2.6. Taxonomía de <i>Quadrastichus erythrinae</i>	19
2.7. Hospederos reportados para <i>Quadrastichus erythrinae</i>	20
2.8. Propagación y/o diseminación de <i>Quadrastichus erythrinae</i> :.....	20
2.10. Daños y síntomas.....	20
2.11. Manejo	21
2.11.1. Métodos de control	21
2.11.1.1. Control químico:.....	21

2.11.1.2. Control biológico:	23
2.11.1.3. Control Cultural.....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Selección de sitios de muestreo	29
3.1.1 Toma de muestras.....	29
3.2. Análisis en el laboratorio	30
3.2.1. Conservación de especímenes de <i>Quadrastichus erythrinae</i>	31
3.3. Identificación	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Localidades con incidencia de daños relacionados a la plaga <i>Erythrina</i> gall wasp (EGW) en árboles de <i>Erythrina</i> , en la República de Panamá.....	33
4.2. Especie de <i>Erythrina</i> con daños de <i>Erythrina</i> gall wasp (EGW).....	35
4.3. Incidencia e identificación de la Plaga	38
4.4. Mapa de distribución geográfica de la incidencia de <i>Quadrastichus erythrinae</i> en Panamá, en plantas de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i>	40
5. CONCLUSIONES	43
6. RECOMENDACIONES.....	44
7. REFERENCIAS CITADAS	45
ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de <i>Erythrina variegata</i> L. var <i>orientalis</i>	12
Figura 2. Adulto de <i>Quadrastichus erythrinae</i>	17
Figura 3. Antena de <i>Q. erythrinae</i>	18
Figura 4. Vista dorsal del tórax de <i>Q.erythrinae</i>	18
Figura 5. Vista lateral de alas de <i>Q. erythrinae</i>	19
Figura 6. Diferentes Sistema de Inyecciones para aplicación de insecticidas	22
Figura 7. Insecticida Merit 2F	22
Figura 8. <i>Eurytoma erythrinae</i> en agalla	24
Figura 9. Vistas morfológicas de <i>Eurytoma erythrinae</i>	25
Figura 10. <i>Aprostocetus exertus</i>	26
Figura 11. Alas y antenas de <i>Aprostocetus exertus</i>	27
Figura 12. Medidas de control cultural.....	28
Figura 13. GPS utilizado para georeferenciar los sitios muestreados	30
Figura 14. Análisis en el laboratorio con Estereomicroscopio Leica modelo EZ4	31
Figura 15. Árbol de <i>E. variegata</i> var. <i>orientalis</i> , Metetí, Darién.....	35
Figura 16. Árbol de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i> , con gran parte de su follaje perdido.....	36
Figura 17. Muestras de distintos lugares, de hojas de árboles de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i> afectadas por <i>Erythrina</i> gall wasp (EGW)	37
Figura 18. <i>Quadrastichus erythrinae</i> , observado en el Laboratorio	39
Figura 19. Árbol de <i>Erythrina variegata</i> var. <i>orientalis</i> ,Sardinilla, Colón	39
Figura 20. <i>Q. erythrinae</i> adulto (hembra), observada en una de las muestras...	40
Figura 21.Mapa de distribución geográfica de la incidencia de <i>Quadrastichus erythrinae</i> en Panamá, en plantas de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i>	41

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO I. Localidades con incidencia de *Erythrina* gall wasp (EGW), en árboles de *Erythrina variegata* var. *orientalis*, en la República de Panamá..... 33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Árbol de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i> , Vía España	49
ANEXO 2. Árbol de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i> , Parita Herrera..	49
ANEXO 3.Árbol de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i> , afectado por EGW, Parque Municipal de Parita Herrera	50
ANEXO 4. Colecta en campo de muestras de hojas, peciolos y brotes nuevos, en árboles de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i>	51
ANEXO 5.Muestra de brote nuevo afectado y árbol de <i>Erythrina</i> var <i>orientalis</i> , afectado por EGW, Buena vista, Colón	51
ANEXO 6. Árbol de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i> , Capilla San Martín, Penonomé	52
ANEXO 7. Brotes nuevos de hojas de árbol de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i> , Vía Brasil, Panamá	53
ANEXO 8. Colecta en campo de muestras en árbol de <i>Erythrina variegata</i> var <i>orientalis</i> , Vía Brasil, Panamá.....	53
ANEXO 9.Mapa de Ubicación Geográfica, Edificio PH, Hortencia y Calle 76 Este, Panamá	54
ANEXO 10.Mapa de Ubicación Geográfica de, Calle Manuel Robles, Penonomé y Biomuseo, Calzada de Amador,Panamá	55

1. INTRODUCCIÓN

El árbol de *Erythrina* (Fabaceae: *Erythrina* spp.) es muy apreciado y se encuentra a lo largo de la mayoría de las regiones tropicales a nivel mundial, con cerca de 120 especies en el género. Se utiliza como planta ornamental en jardinería, como barrera rompevientos y en el mejoramiento de los suelos; ya que es un árbol que fija nitrógeno en el suelo, además es tolerante a una amplia gama de texturas de suelo y a distintos pH del suelo. El tipo más atractivo, es la variedad *variegata*, el cual se cultiva por sus hojas combinadas de color verde y amarillo, así como sus vistosas flores rojas. .

La avispa de las agallas del árbol de *Erythrina*, *Quadrastichus erythrinae* Kim (Eulophidae: Tetrastichinae), fue inicialmente detectada en abril de 2005 en Oahu, Hawaii, Estados Unidos y en menos de seis meses fue encontrada en el resto de las Islas Hawaianas y ahora amenaza seriamente la supervivencia de los árboles de *Erythrina variegata* nativos en los bosques secos de Hawaii. Las poblaciones de este insecto crecen rápidamente y producen agallas y severas defoliaciones, pudiendo llegar a causar la muerte de los árboles en un periodo de uno a dos años.

En Panamá no se tiene ningún reporte oficial de la incidencia de esta plaga (*Quadrastichus erythrinae*) en árboles de *Erythrina*, ya que no se han realizado muestreos o monitoreos de manera científica, que permitan afirmar con evidencias de que la plaga está presente en Panamá. Sin embargo, se han observado árboles de *Erythrina variegata* con agallas en hojas y peciolo en

algunos lugares de la República de Panamá, a nivel de la ciudad capital y otras provincias; lo que ha llamado la atención para realizar un muestreo a nivel nacional, que permita relatar de manera oficial y científica la incidencia de *Quadrastichus erythrinae* en árboles de *Erythrina variegata*, por lo cual surge este trabajo de investigación orientado a esclarecer este panorama, por ende se desarrolló un reporte con carácter científico que nos conduzca al reporte oficial de la incidencia de este insecto en la República de Panamá.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR

En la actualidad no existe ningún reporte oficial de la incidencia y distribución del agente causal de las agallas de la *Erythrina* “*Erythrina* gall wasp” (EGW), una nueva plaga (*Quadrastichus erythrinae*) en la especie *Erythrina variegata* (hospedero). Los impactos potenciales en *Erythrina variegata* y su hábitat pueden ser graves. El vigor de las plantas decrece por la defoliación progresiva y su muerte puede darse en uno o dos años. El árbol de *Erythrina variegata* es importante para las culturas nativas y son especies clave en muchos ecosistemas tropicales y subtropicales. *Quadrastichus erythrinae*, es una plaga cuarentenaria importante, originaria de África, y ha causado serios daños en el Sudeste de Asia, Hawaii, Taiwán y China. Recientemente fue reportada en Florida, EEUU., donde el árbol de *Erythrina variegata* es usado como árbol ornamental, por sus llamativas flores y hojas, además es muy utilizado como cerca viva en sistemas agroforestales. Ataca solo especies del Género *Erythrina* (Fabaceae) y causa agallas que deforman las hojas y produce crecimientos anormales en brotes.

La declinación y pérdida de esta especie, puede ser devastador para la ecología. En Panamá y otros países de Centroamérica y Sudamérica, no se ha reportado esta plaga hasta ahora, por lo que se hace necesario levantar información local actualizada, para verificar la incidencia y distribución; lo que puede dar origen al reporte de una nueva plaga en Panamá.

1.2. ANTECEDENTES

En Panamá el árbol de *Erythrina variegata*, se ha utilizado a lo largo de los años como especie ornamental, por sus vistosas hojas, en urbanizaciones, parques, áreas recreativas, entre otras.

Quadrastichus erythrinae, agente causal de las agallas de la *Erythrina* “Erythrina gall wasp” (EGW), fue identificado por primera vez en el continente Africano alrededor del año 2004 en La Reunión, Mauricio y Singapur (Kim *et al.* 2004).

Posteriormente se propagó a otros continentes como Asia, en donde se manifestó en países y ciudades como China (Hong Kong) en el año 2005, (Heu *et al.* 2006); Taiwán en el año 2004 (Yang *et al.* 2004); en China continental, EGW fue detectado en la ciudad de Shenzhen en la provincia de Guangdong, en julio de 2005; Filipinas en el año 2005 (Heu *et al.* 2006); Tailandia en el año 2004 (Yang *et al.* 2004); India en el 2005 (Heu *et al.* 2006); Malasia en el 2006 (Messing *et al.* 2008).

En Oceanía en la Isla de Guam en el año 2005 (Heu *et al.* 2006); Vietnam en el 2007 (Messing *et al.* 2008) y en Okinawa (Japón) en donde la avispa de las agallas en *Erythrina* fue reportada por primera vez en la Prefectura de Okinawa (Japón) en las islas: Okinawa, Kume, Miyako, Ishigaki, Iriomote y Hateruma en árboles de *Erythrina variegata*; ya que no se informó sobre las agallas en estos árboles antes de 2005, los autores asumen que la avispa pudo haber llegado a Okinawa después del año 2005, a través de la dispersión natural, mediante el

viento o la introducción accidental de árboles de *Erythrina* importados (Uechi *et al.* 2007).

En América se ha identificado en los Estados Unidos, en estados como Florida y Hawaii. En Florida, las muestras de la avispa de las agalla en *Erythrina* fue por primera vez colectada por Edward Putland y Olga García del Departamento de Agricultura de la Florida, División de Industria Vegetal en árboles de *Erythrina variegata* L. en el condado de Miami-Dade, en el zoológico de Miami el 15 de octubre de 2006 (Wiley y Skelley, 2006).

En Hawaii las muestras de hojas y peciolos de árboles de *Erythrina* afectados fueron colectados por primera vez en Manoa, Oahu, el 19 de abril de 2005, por un estudiante de la Universidad de Hawaii. Las agallas que se encontraron en las muestras fueron estudiadas, y se comprobó que las mismas habían sido inducidas por la larva de una avispa minúscula que posteriormente fue identificada como la avispa de las agallas en *Erythrina* (*Quadrastichus erythrinae* Kim) (familia Eulophidae) por J. La Salle de la Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth (CSIRO) de Australia.

Desde su descubrimiento en Oahu, en abril de 2005, se extendió rápidamente a otras islas de Hawaii. En julio de 2005 se informó de daños en árboles de *Erythrina variegata* en Isla Grande Hawaii (Heu *et al.* 2006).

El 26 de julio de 2005 se informó de daños en el aeropuerto de Lihue en Kauai.

El 9 de agosto de 2005 se detectó en Molokai y en octubre de 2005, se observó en Kahoolawe y Lanai (Heu *et al.*2005).

En febrero de 2012 se detectó por primera vez en Puerto Rico la presencia de *Quadrastichus erythrinae* en un árbol de *Erythrina variegata*, en los alrededores del Jardín Botánico de Río Piedras. La detección fue efectuada por Shirley Cruz y Aixa Ramírez, del programa CAPS de la oficina de Sanidad Vegetal del Departamento de Agricultura de Puerto Rico. El Dr. Michael Gates, USDA-ARS, Laboratorio de Entomología Sistemática (SEL, por sus siglas en inglés), confirmó el hallazgo en marzo de 2012 (Cruz *et al.* 2012).

Desde el primer informe de EGW en 2004, se ha convertido en China, Hawaii y la India, en el peligro más aterrador altamente asociada con árboles ornamentales específicamente de *Erythrina variegata*.

EGW ha atacado a los árboles de la especie *Erythrina* como son: *E. variegata*, *E. variegata var. orientalis*, *E. corallodendron*, *E. cristagalli*, *E. abyssinica*, *E. berteriana*, *E. sandwicensis*, *E. indica* y *E. fusca* (Yang *et al.*, 2004).

La amenaza se toma tan en serio que los científicos han comenzado a guardar un banco semillas de especies de *Erythrina* como medida de precaución en caso de que la población existente sea completamente destruida.

Aunque la avispa invasora puede, en última instancia, impactar en muchas regiones a nivel mundial, no se ha intentado estimar su potencial de distribución en todo el mundo.

En Panamá, un primer hallazgo fue realizado en los jardines del Museo de la Biodiversidad, localizado en la Calzada de Amador, Corregimiento de Ancón, en el distrito de Panamá, provincia de Panamá, en plantas de 1.5 m de altura de *Erythrina variegata*, que presentaban la formación de agallas en hojas, utilizados en la ornamentación de estas instalaciones, el 2 de diciembre de 2014. De este primer hallazgo, surge el interés por su validación y de igual manera conocer la incidencia y distribución en otras áreas del país (Barraza, 2014).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido a la falta de información que existe en Panamá, sobre la incidencia de éste insecto plaga *Quadrastichus erythrinae* en la especie de *Erythrina variegata*, se hace necesario generar información sobre problemas fitosanitarios asociados a esta especie vegetal de tal manera que se pueda caracterizar y filiar este insecto, a la vez que permitan identificar su estrategia de manejo, manera de propagarse y las medidas de detección temprana en el huésped.

Son pocos o inexistentes los estudios sobre la presencia de *Quadrastichus erythrinae* en *Erythrina variegata* a nivel local, es por ello que la identificación del agente causal de la agalla en ésta especie vegetal, puede aportar información relevante para dar a conocer los daños que causa esta plaga, distribución geográfica en Panamá, e importancia para futuras investigaciones concernientes a la especie huésped y a esta plaga o agente causal de la agalla *Quadrastichus erythrinae*.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 GENERAL

Realizar un muestreo a nivel nacional para verificar la incidencia y distribución de *Quadrastichus erythrinae*, agente causal de las agallas de la *Erythrina* “Erythrina gall wasp” (EGW), en árboles de *Erythrina variegata* en la República de Panamá.

1.4.2 ESPECÍFICOS

- Reportar la incidencia de la avispa de las agallas (*Quadrastichus erythrinae*), en árboles de *Erythrina variegata*, en Panamá.
- Conocer el nivel de distribución geográfica del agente causal de las agallas en *Erythrina* (*Quadrastichus erythrinae*), en Panamá.
- Realizar una identificación científica del agente causal de la agalla en la especie *Erythrina variegata* en Panamá.

1.5. HIPÓTESIS

Hipótesis nula H_0 : *Quadrastichus erythrinae*, está asociado a la producción de las agallas en *Erythrina variegata* en Panamá.

Hipótesis alternativa H_a : *Quadrastichus erythrinae*, no está asociado con la producción de las agallas en *Erythrina variegata* en Panamá.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

Con este estudio se podrá identificar la avispa, *Quadrastichus erythrinae*, agente causal de las agallas en árboles de *Erythrina variegata*, en distintas partes del país. Al extraer muestras en diferentes partes del país, se podrá determinar cuál es la magnitud de la incidencia de esta plaga y su proliferación.

El estudio solo podrá determinar si se trata de *Quadrastichus erythrinae*, en *Erythrina variegata*; no se considerará la identificación en otras especies ornamentales. Además el estudio será realizado mediante la observación a nivel de campo en diferentes regiones del país de árboles que presenten la formación de agallas en hojas y tallos, con deformación de brotes y caídas de hojas y su análisis en laboratorio, para la identificación de *Quadrastichus erythrinae*, a nivel local, pudiendo existir árboles que no presenten ésta afección limitándose a áreas específicas en el país.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. *Erythrina variegata*; generalidades, usos e importancia de la especie.



Figura 1. Árbol de *Erythrina variegata* L. var. *Orientalis*

Nombre científico: *Erythrina variegata* L.

Otros nombres: árbol de la cuaresma, árbol de coral, búcaro, pompón haitiano.

Es un árbol nativo del Asia Tropical, que comprende Taiwán, el sur de China, las Islas Filipinas, Indonesia, Malaya, la India y las Islas del Océano Indico, así como la franja tropical del Este de África. *Erythrina* proviene del griego que significa rojo y del latín *variegatus* que quiere decir que su follaje presenta distintos colores. Es un árbol de reciente introducción a Panamá como ornato por sus lindas flores, que resaltan cuando pierden sus hojas (Fig.1), las cuales perduran durante nueve meses y tienen una gama de coloraciones, que lo hacen muy atractivo.

La altura de esta planta llega a alcanzar de 8 a 10m, tiene la corteza verdosa con escasas espinas negras. Sus hojas tienen folíolos ovados de 25 cm de longitud, con nervaduras de color amarillo que sobresalen mucho sobre el fondo verde. La inflorescencia de 30 cm de longitud tiene un pedicelo cubierto de vellosidades; la corola es de color rojo a color coral, uniendo sus pétalos en forma de estandarte de 7 cm de longitud y de 3 cm en su parte más ancha. El fruto es una vaina o legumbre de 25 cm de longitud, con semillas de color rojo-castaño o purpúreo-negruzco de 1.5cm de largo. Se multiplica tanto por estaca como por semilla. Las hojas, frutos, flores y corteza tienen aplicaciones medicinales en sus países de origen (Castañeda, 2006).

El árbol de *E. variegata* tiene hermosas hojas que adornan y embellecen la ciudad y según Correa *et al.* (2009), proporciona recursos como:

- Alimento: su forraje es consumido; las hojas tienen un alto contenido proteínico por lo que las usan como de alimento bovino, porcino y caprino.
- Maderable: su madera es utilizada en cajonería, tableros aglomerados, revestimiento de interiores.
- Medicinal: el líquido resultante del cocimiento de sus flores es sedativa y ligeramente laxante, alivia el reumatismo y los dolores musculares.
- Protección: es usada como cerca viva, barrera rompe vientos, contribuye a la conservación de cauces y fuentes de agua y al mejoramiento de suelos como fijadora de nitrógeno.
- Sombra: proporcionar sombra a cultivos de café, cacao, otros cultivos y al ganado.

2.2. Taxonomía de *Erythrina variegata*

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Papilionoideae

Género: *Erythrina* L.

Especie: *E. variegata* L. (Castañeda, 2006).

2.3. Generalidades de *Quadrastichus erythrinae*

EGW (*Erythrina* gall wasp) por sus siglas en inglés (avispa de las agallas) *Quadrastichus erythrinae* Kim, es una pequeña avispa parasitoide que se caracteriza por inducir agallas. Los adultos de *Quadrastichus erythrinae* muestran marcado dimorfismo sexual, éstos son muy pequeños, alrededor de 1 milímetro de largo; el daño al huésped es generalmente detectado antes de que se observen avispas adultas.

Las hembras son ligeramente más grandes que los machos y de un amarillo más intenso. La hembra es de color amarillo con marcas de color marrón oscuro y mide 1.45-1.6 mm de largo, mientras el macho mide 1.0-1.15 mm de largo, su coloración va de blanco a amarillo pálido y tiene marcas de color marrón oscuro. Las hembras producen cientos de huevos y prefieren ovipositar en hojas jóvenes, suculentas y pecíolos (Kim y La Salle, 2004).

Desde la puesta de huevos hasta el adulto, el ciclo de vida promedio es de 20 días por lo tanto se puede ver el daño antes del surgimiento del adulto. Los adultos viven de 3 a 10 días y la hembra puede llegar a poner hasta 320 huevos. Las especies de *Erythrina* son los únicos huéspedes reportados para EGW. Se han descrito cerca de 120 especies de *Erythrina*, y por los menos 49 están confirmadas como huéspedes. Se han observado diferencias en la severidad del ataque a *Erythrina*, sin embargo la susceptibilidad de cada especie aun no se ha determinado.

Quadrastichus erythrinae pertenece al orden Hymenoptera, de la familia Eulophidae, y fue descrita por primera vez en 2004 como una nueva especie en Singapur, Mauricio y la isla de La Reunión (Kim *et al.* 2004).

Sólo nueve géneros de Eulophidae son conocidos por estar involucrados en la inducción de agallas, como *Quadrastichodella*, *Aprostocetus*, *Epichrysocharis*, *Oncastichus*, *Exurus*, *Paragaleopsomyia*, *Ceratoneura*, *Leptocybe* y *Quadrastichus* (Kim *et al.* 2004).

Algunas de las avispas que inducen agallas han sido registradas como plagas invasoras, tal es el caso de *Quadrastichodella girault*, *Flockiella eucalypti*, *Epichrysocha risburwelli*, *Aprostocetus* sp y *P. erythrinae* Kim. (Yang *et al.* 2004).

La avispa de las agallas en *Erythrina* (*Quadrastichus erythrinae*), es la primera en el género *Quadrastichus* invasor, y constituye una grave amenaza para los entornos naturales y paisajísticos. Aunque su origen exacto sigue siendo

desconocido, ha causado graves problemas en las zonas afectadas, y su velocidad invasiva es increíble (Yang *et al.* 2004).

2.4. Características de la Familia Eulophidae

Los eulófidos (Eulophidae) son una gran familia de himenópteros apócritos con más de 4.300 especies descritas en 300 géneros agrupados en 5 subfamilias. Son unos insectos diminutos y difíciles de estudiar porque se deterioran rápidamente después de muertos a menos que se los conserve bien en alcohol. Las larvas de unas pocas especies se alimentan de plantas pero la mayoría son parasitoides de una gran variedad de artrópodos, especialmente Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera y Homoptera (La Salle, 1994).

Los eulófidos (Eulophidae), tienen antenas generalmente con dos a cuatro segmentos funiculares, antenas insertadas en o debajo del margen inferior del ojo; espolón tibial anterior corto y recto; metasoma constreñido en la base; vena marginal larga, varias veces más larga que ancha y extendida hasta la mitad de la longitud del ala anterior, venas estigmal y posmarginal frecuentemente cortas.

Los eulófidos presentan un amplio rango pero muchos son de cuerpo blando; fluctúan en talla desde casi 0.5 a 6mm y la mayoría encuentra entre 1 y 2 mm. Su color es altamente variable pero la mayor parte de las especies son marrón oscuro, negro, o con colores metálicos oscuros con amarillo; también son comunes las especies marrón claro (Noyes, 2002).

Además de los grupos mencionados, algunos son parásitos de tisanópteros, lo cual es poco común entre los himenópteros parasíticos. Los eulófidos se encuentran en todo el mundo y en todo tipo de hábitat (hasta hay uno acuático que parasita a escarabajos de la familia Psephenidae) (La Salle, 1994).

Se los distingue de otros calcídidos porque las patas tienen sólo 4 segmentos o tarsómeros y un pequeño espolón protibial en vez de uno largo y curvo como otros calcídidos. Las antenas tienen 2 a 4 segmentos intermedios, entre la base y el final ensanchado, llamados funículos. Son importantes como control biológico de ciertas plagas, atacando las larvas de algunos insectos (La Salle, 1994).

2.5. Descripción de *Quadrastichus erythrinae*

➤ Cabeza

La cabeza de la hembra es de color amarillo, excepto la gena o mejilla que es de color marrón oscuro, en el macho la cabeza es de color blanco a amarillo pálido, también la región de la gena es de color marrón oscuro; tanto el macho como la hembra tienen dos ojos compuestos y tres ocelos, (Fig.2).

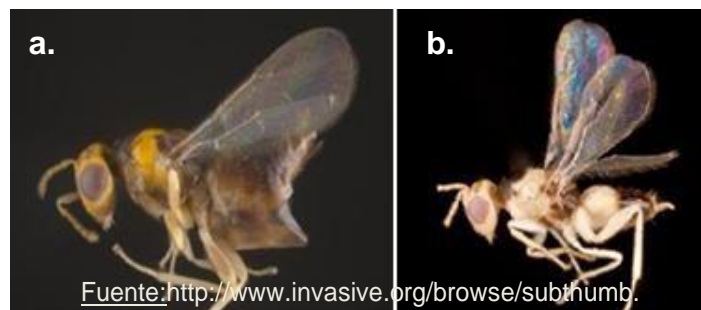


Figura 2. Adulto de *Quadrastichus erythrinae* a. *Quadrastichus erythrinae* ♀ b. *Quadrastichus erythrinae* ♂

➤ Antenas

En la hembra las antenas son geniculadas de color marrón, excepto el escapo (Primer segmento o parte basal de la antena) que es de color amarillo pálido, presenta un flagelo con 3 funículos; en el macho las antenas también son geniculadas, de color más claras que las de la hembra, con 4 funículos, más largos y más delgados que los de la hembra, con uno de los funículos mucho más corto que el resto de lo funículos, (Fig3.).

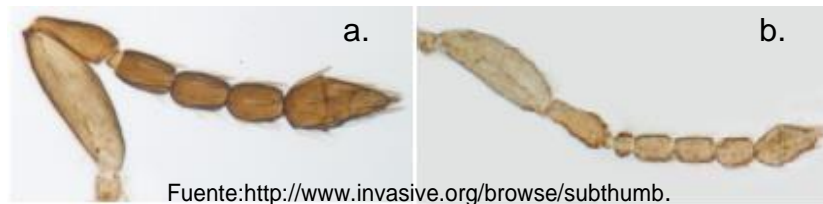


Figura 3. Antena de *Q. erythrinae* a. antena de *Q. erythrinae* ♀; b. *Q. erythrinae* ♂

➤ Pronoto

Es de color marrón oscuro tanto en el macho como en la hembra, (Fig.4).

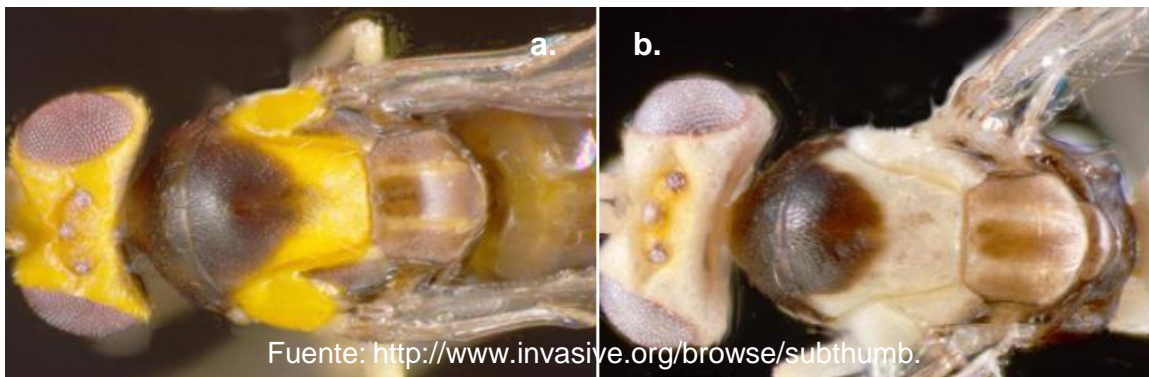


Figura 4. Vista dorsal del tórax de *Q.erythrinae*; a. pronoto ♀. b. pronoto ♂

➤ Alas

Dos pares de alas membranosas, con nervación reducida, alas posteriores más pequeñas que las anteriores, (Fig.5).

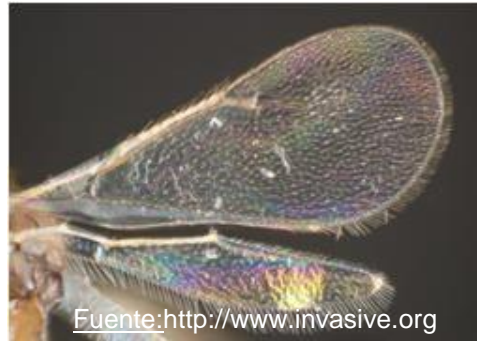


Figura 5. Vista lateral de alas de *Quadrastichus erythrinae*

➤ Patas

En general las patas tienen tarsos con sólo 4 segmentos o tarsómeros y un pequeño espolón protibial.

2.6. Taxonomía de *Quadrastichus erythrinae*

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Familia: Eulophidae

Género: *Quadrastichus*

Especie: *Quadrastichus erythrinae* (Kim, 2004).

2.7. Hospederos reportados para *Quadrastichus erythrinae*

Erythrina abyssinica, *E. berterona*, *E. corallodendrum*, *E. cristagalli*, *E. fusca*, *E. glauca*, *E. indica*, *E. sandwicensis*, *E. stricta*, *E. subumbrans*, *E. variegata* var. *orientalis* (Cruz et al. 2012).

2.8. Propagación y/o diseminación de *Quadrastichus erythrinae*:

EGW fue inicialmente descrita como nueva especie en 2004 a partir de especímenes de Asia. Desde entonces se ha movido más de 10,000 millas hacia otras localidades incluyendo China, Guam, Samoa Americana, Hawaii, y Florida.

La mayoría de las primeras detecciones en las Islas Hawaianas fueron cerca del aeropuerto en árboles de *Erythrina* introducidos. La primera detección en Florida, fue en el zoológico Metropolitano de Miami, donde múltiples especies de *Erythrina* son cultivadas. Es probable que la propagación local y de largo alcance sea debido al viento, transporte comercial y particularmente en contenedores de plantas. Las avispas caen sin distinción sobre ropa y automóviles y pueden ser observadas debajo o alrededor de árboles infestados (Smith y Strom, 2007).

2.10. Daños y síntomas

Quadrastichus erythrinae, forma agallas en las hojas, tallos, pecíolos, y los retoños de *Erythrina variegata*. La hembra pone sus huevos en el tejido tierno de la planta, en el envés de la hoja y en el tallo. Las agallas en las hojas y pecíolos son consecuencia de la formación de las larvas dentro del tejido. A medida que

se desarrolla la avispa las hojas se distorsionan, se deforman y los tallos se hinchan. Una vez el insecto está desarrollado emerge haciendo un orificio hacia el exterior. *Quadrastichus erythrinae* es fuertemente un huésped específico, siendo dañinos parásitos de árboles de *Erythrina variegata* (Kim *et al.* 2004).

Dentro de las agallas en las hojas normalmente solo hay una avispa por celda, mientras que en los tejidos inflamados de brotes, ramitas y pecíolos, más de cinco individuos están presentes (Kim *et al.* 2004).

Altas poblaciones de la avispa causan pérdida de vigor, deformación de hojas y tallos, defoliación y en casos extremos la muerte del árbol de *Erythrina*; esto se ha observado en un periodo de uno o dos años después de infestados (Faizal *et al.* 2006).

2.11. Manejo

Una oportuna detección de EGW ofrece las mejores opciones de manejo, sin embargo, otras estrategias efectivas están siendo desarrolladas y evaluadas. Las técnicas de erradicación, como la poda y remoción del árbol, no han sido exitosas. En Hawaii se están llevando a cabo tratamientos con insecticidas sistémicos (principalmente imidacloprid) y agentes de control biológico.

2.11.1. Métodos de control

2.11.1.1. Control químico:

Según un estudio realizado; para el cual se utilizaron tres insecticidas sistémicos imidacloprid (Merit 200 SL, Merit 2 F (Fig.7) y Imicide 10%), dinotefuran (Safari

20 SG) y abamectina (Abacide 1%) los cuales fueron aplicados en árboles de *Erythrina variegata*, a través de inyecciones (Mauget, Wedgle y Arborjet),(Fig.6), para el control de la infestación de *Quadrastichus erythrinae* kim, en diferentes formulaciones, se encontró que de los tres insecticidas sistémicos probados, Imidacloprid fue el insecticida más efectivo para el control de EGW, en árboles de *Erythrina variegata*. Demostrando que una concentración de 4ppm de imidacloprid, resulta ser necesaria para el control eficaz de EGW, reduciendo la emergencia del adulto en un 80% (Xu *et al.* 2006).



Figura 6. Sistema de Inyecciones para aplicación de insecticidas; a. Wedgle; b. IMA-Jet; c. Arborjet; d. Mauget.



Figura 7. Insecticida Merit 2F

2.11.1.2. Control biológico:

Éste tipo de control es una solución a largo plazo y amigable con el ambiente. Tras una larga búsqueda para encontrar los enemigos naturales para *Q. erythrinae*, los entomólogos Michael Gates (Estadounidense) y Gerard Delvare (Francés) pasaron varios meses en 2005 y 2007 en las zonas de África buscando los enemigos naturales de EGW, encontrando a *Eurytoma erythrinae* (Fig.8), una avispa de la propia especie de *Q. erythrinae* cuya distribución se encuentra en Ghana, Tanzania, y Sur África (Gates y Delvare 2008).

Las pruebas mostraron que la avispa *Eurytoma erythrinae* tiene especificidad sobre su hospedador *Q. erythrinae* y no afecta otras plantas o a otros insectos es decir que no es una amenaza para otras especies de insectos y plantas (Gates y Delvare 2008).

Tras recibir todas las aprobaciones, el Departamento de Agricultura de Hawaii (HDOA) efectuó el primer lanzamiento de la beneficiosa avispa africana liberando en masa 500 especímenes criados en cautiverio el 28 de noviembre de 2008 en los jardines botánicos de Liliuokalani, Honolulu. La hembra de la avispa *Eurytoma erythrinae* mide aproximadamente 2.4 mm y el macho mide de 1.9 a 2.3 mm ambos son de color negro excepto las patas y antenas que tienen una coloración amarilla.

Eurytoma erythrinae, en su fase larval necesita consumir entre 1 a 5 larvas de la plaga (*Q. erythrinae*), para completar su desarrollo; la pupa emerge dos semanas más tarde como adulto. La avispa de biocontrol se ha extendido rápidamente y se ha establecido en todo el estado (Gates y Delvare 2008).

El parasitismo de larvas en el interior de agallas de EGW, oscila entre 20-100% dependiendo de la ubicación del lugar, época del año, y las condiciones ambientales. Las deformaciones producidas por las agallas en árboles de *Erythrina variegata* se han reducido significativamente por las acciones del control biológico ejercido por el controlador (Gates y Delvare 2008).



Figura 8. *Eurytoma erythrinae* en agalla.

Los adultos de ambos sexos de *Eurytoma erythrinae*, son de color negro, pero son fácilmente distinguibles por la morfología, (Fig.9). El metasoma del abdomen de la hembra es ovalado y comprimido lateralmente, mientras que el del macho es peciolado. La hembra inserta su ovopositor; un solo huevo mide 0.14 x 0.26 mm. El parasitoide en fase

larval, se alimenta del hospedero mediante la extracción de los fluidos del cuerpo de la larva con sus mandíbulas. La avispa adulta emergente en su camino hacia el exterior, produce un orificio de salida más grande que aquellos realizados por adultos de *Q. erythrinae* emergentes (Gates y Delvare 2008).

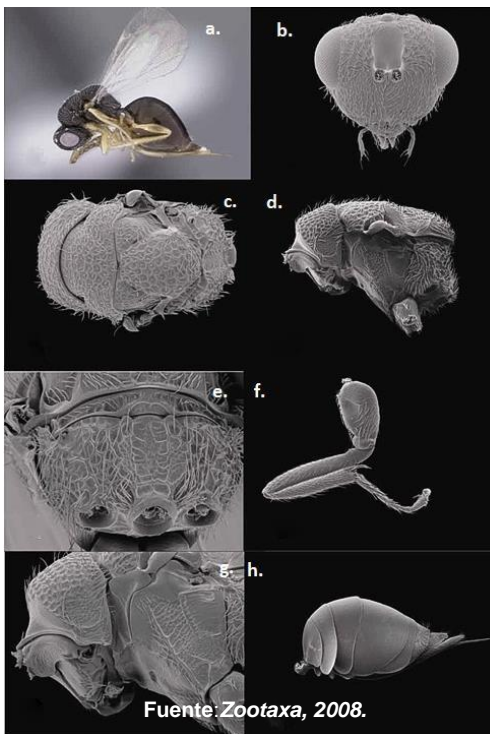


Figura 9. Vistas morfológicas de *Eurytoma erythrinae* (hembra); a. vista lateral; b. parte frontal de la cabeza; c. mesosoma (dorsal); d. mesosoma (lateral); e. propodeo; f. región protorácica, donde va el primer par de patas; g. mesosoma (latero-ventral); h. vista lateral del abdomen.

Además de *Eurytoma erythrinae*, también existe otro agente de control biológico para la avispa de las agallas en *Erythrina*, llamado *Aprostocetus exertus* (Fig.10), La Salle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae) es descrito como un parasitoide de la avispa invasora *Quadrastichus erythrinae* Kim

(Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae), capturado en Tanzania y Sudáfrica (La Salle, 2004).

Ésta especie es fácilmente reconocible por el ovopositor que es ligeramente más largo que la longitud total de la cabeza y el cuerpo; la hembra tiene una longitud de 1.45 - 1.75 mm desde la cabeza hasta la parte donde comienza el ovopositor, la cabeza es de color verde al azul metálico y los palpos tienen una coloración amarilla, el tórax y el abdomen son de color negro y las patas son de color amarillo; la longitud del cuerpo del macho es de 1.0-1.6 mm, (Fig.11) y la coloración del cuerpo es casi la misma como la de la hembra (La Salle, 2004).

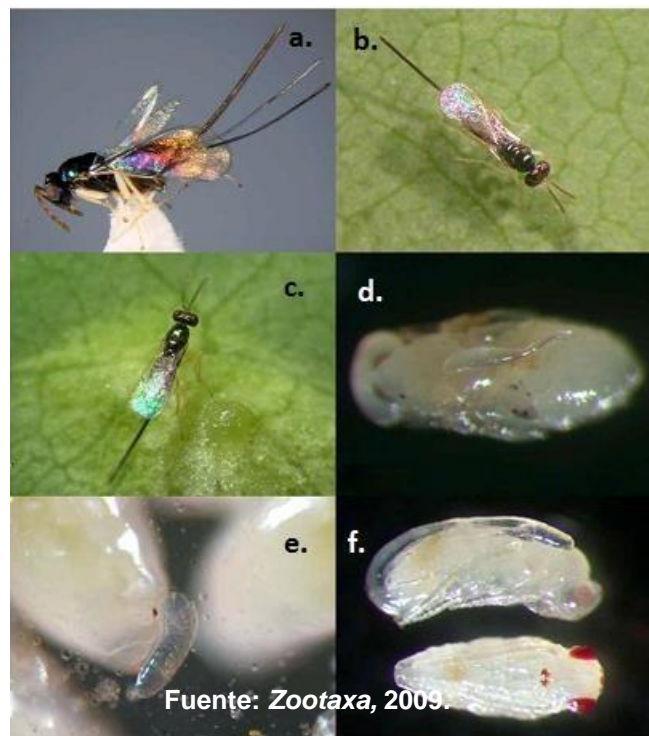


Figura 10. *Aprostocetus exertus*; a. vista lateral de la hembra de *A. exertus*; b. y c. Hembra buscando agallas; d. *A. exertus* huevo en pupa de *Q. erythrinae*; e. Alimentación externa de larva de *A. exertus* en larva de *Q. erythrinae*; f. Pupa: hembra (arriba) y macho (abajo).

Los estudios biológicos realizados por el Departamento de Agricultura de Hawaii, han demostrado que esta especie es ectoparásita de *Quadrastichus erythrinae* y ataca a las larvas y pupas de ésta. Debido a su largo ovopositor tiene la capacidad para alcanzar la parte profunda de las agallas en los tallos y peciolos de árboles de *Erythrina* spp., afectados, teniendo ésta ventaja sobre otro parasitoide (La Salle, 2004).

Ambos parasitoides *Aprostocetus exertus* y *Eurytoma erythrinae*, tienen el potencial de actuar como agentes de control biológico de la avispa *Quadrastichus erythrinae*, que se está extendiendo rápidamente por todo el mundo (La Salle *et al.* 2009).



Figura 11. Alas y antenas de *Aprostocetus exertus*; a. *Aprostocetus exertus* ♂, con alas extraídas; b. ♀ Antena; c. ♂ Antena; d. ♀ Alas anteriores.

2.11.1.3. Control Cultural:

Ésta es una forma de control a largo plazo y algunas veces resulta ser poco eficaz, para el control de *Quadrastichus erythrinae* en árboles de *Erythrina* spp, por lo que no es muy recomendada. Sin embargo es importante poner en práctica algunas de estas medidas (Fig.12), en árboles de *Erythrina*, en lugares donde la avispa de las agallas está presente, pero no se ha establecido aún.

Algunas de las medidas son:

- Quitar y reemplazar árboles de *Erythrina* spp, afectados.
- Utilizar trampas adhesivas de color amarillo.
- Utilizar especies resistentes o tolerantes de *Erythrina* spp.



Figura 12. Medidas de control cultural; a. Quitar y reemplazar árboles de *Erythrina* spp, afectados; b. Uso de trampas amarillas para monitorear adultos de la avispa de la agallas (EGW).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Selección de sitios de muestreo:

Por tratarse de una plaga nueva, no reportada aún en la República de Panamá, se elaboró una estrategia de muestreo que incluyó todas las provincias del país, procurando una cobertura a nivel nacional. Dentro de esta metodología se incluyeron recorridos en diferentes sitios de cada provincia, seleccionados al azar, procurando solamente aquellas áreas donde se encontraran árboles de *Erythrina variegata*, plantados y afectados o con presencia de agallas. El periodo del recorrido incluyó los meses de abril, mayo, junio y julio de 2016, visitando diferentes localidades y sitios en las provincias de Panamá, Panamá Oeste, Colón, Coclé, Darién, Los Santos, Herrera, Veraguas y Chiriquí. En estos recorridos se colectaron, al azar muestras de tejido de árboles de *Erythrina spp*, que presentaban crecimientos inusuales en hojas, brotes etc., con presencia de verrugas o agallas con características atípicas a una planta sana.

3.1.1 Toma de muestras

Se colectaron muestras en árboles de *Erythrina spp*, que presentaban crecimiento deficiente, deformaciones en tallos, peciolos, hojas y presencia de verrugas o agallas en los mismos. Se tomaron muestras de los diferentes estratos de los árboles, en todos afectados en los sitios visitados. Las muestras fueron colectadas y colocadas en bolsas plásticas tipo "Ziploc", rotuladas con el nombre de la muestra, sitio de recolección, fecha y coordenadas del sitio de

colecta); seguidamente fueron trasladadas al laboratorio de protección vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (F.C.A) de la Universidad de Panamá, para su análisis, descripción e identificación. Los sitios fueron georeferenciados con un GPS marca Garmin modelo Rino 610 (Fig.13), lo que permitiría la confección de un mapa, relacionando la distribución geográfica de la plaga. Otros materiales utilizados incluyeron tijeras de podar, lupa de mano 10X, libreta de anotación, marcadores, cámara fotográfica y nevera tipo cooler para la conservación del material fresco durante el recorrido.



Figura 13.GPS Garmin modelo Rino 610, utilizado para georeferenciar los sitios muestreados.

3.2. Análisis en el laboratorio

En esta fase del estudio, las hojas, tallos y peciolas de cada muestra fueron cortadas en pequeños trozos, realizando una disección en la agalla o verruga, con ayuda de un bisturí y agujas de disección, para determinar la presencia de

larvas, pupas o insectos adultos de *Q. erythrinae*, para lo cual se utilizó un estereo microscopio marca Leica modelo EZ4, con Zoom 4,4:1: el aumento de zoom de 8x a 35x y la ayuda de claves descriptivas de *Q. erythrinae*, (Fig.14).



Figura 14. Análisis en el laboratorio con Estereo microscopio Leica modelo EZ4.

3.2.1. Conservación de especímenes de *Quadrastichus erythrinae*.

Para la conservación de larvas, pupas y adultos de *Quadrastichus erythrinae*, extraídos de las muestras analizadas en el laboratorio, se utilizaron viales de plástico con una solución de alcohol al 70 por ciento, preparada previamente en el laboratorio a partir de una solución de alcohol a 94 por ciento, con ayuda de un vaso químico y una probeta de 1000ml, para medir los líquidos. Para los cálculos se utilizó la siguiente fórmula: $C_1V_1=C_2V_2$.

Los ejemplares colectados fueron separados en función de su estadio (pupas, larvas o insecto adulto) y colocados en viales de plástico con el alcohol al 70%. Las muestras fueron observadas periódicamente, ya que este tipo de preservación requiere de la revisión periódica de las muestras para reponer el alcohol que se hubiese evaporado y para el cambio de alcohol sucio en algunas de las muestras.

3.3. Identificación

Para la identificación del agente causal de las agallas en *Erythrina* spp, se utilizaron claves descriptivas de la superfamilia Chalcidoidea y familia *Eulophidae* (Schauff, Gates & La Salle, 2006; Noyes, 2014); con ayuda de referencias bibliográficas de la red virtual. Para ello se observaron los insectos adultos tanto machos como hembras en el estereomicroscopio, lo que permitiría la identificación del insecto.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Localidades con incidencia de daños relacionados a la plaga *Erythrina* gall wasp (EGW) en árboles de *Erythrina*, en la República de Panamá.

Luego de realizar los recorridos en campo y de seleccionar diferentes sitios de muestreo al azar en todo el país, se detectaron daños relacionados a la plaga *Erythrina* gall wasp (EGW), solamente en árboles de *Erythrina variegata* var. *orientalis*, en las siguientes localidades y provincias. (CUADRO I.)

Las provincias que presentaron más árboles afectados, fueron: Panamá, Coclé, Los Santos, Herrera; en general, zonas bajas, con altitudes que oscilaron entre los 1 a 40 m.s.n.m (CUADRO I.).

Esta información concuerda con los reportes de otros autores, que señalan la incidencia de daños relacionados a la plaga *Erythrina* gall wasp (EGW) en árboles de *Erythrina variegata*, *E. crista-galli* y la *E. sandwicensis*, localizadas en su mayoría en tierras bajas (Heu *et al.* 2006).

CUADRO I. Localidades con incidencia de *Erythrina* gall wasp (EGW), en árboles de *Erythrina variegata* var. *orientalis*, en la República de Panamá.

PROVINCIA	LOCALIDAD Y SITIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)	FECHA DE MUESTREO
Panamá	Distrito de Panamá: Biomuseo, Calzada de Amador.	8°55'56.6"N	79°32'44.92"O	7m	4/abr./2016
	Distrito de Panamá: Vía Brasil.	8°59'39.25"N	79°31'32.47"O	29m	9/mar./2016
	Distrito de Panamá: Edificio PH Hortencia, Calle 76 Este.	9°0'13.09"N	79°30'37.15"O	34 m	9/mar./2016
	Distrito de Panamá: Cinta Costera.	8°57'45.93"N	79°32'5.45"O	1m	16/jun./2016
	Distrito de Chepo: Cañitas de Chepo, carretera Panamericana	9°11'23.94"N	79°4'45.16"O	23m	3/sep./2016
Coclé	Distrito de Penonomé: Calle Manuel Robles, Penonomé.	8°30'12.3"N	80°20'37.33"O	69m	17/may./2016
	Distrito de Penonomé: Capilla San Martín de Porres, Penonomé.	8°30'17"N	80°21'12.02"O	79m	17/may./2016
	Distrito de Penonomé: Frente a Súper Nuevos Horizontes, Penonomé.	8°30'58.47"N	80°21'12.39"O	90m	17/may./2016
Los Santos	Distrito de Los Santos: Iglesia el Ejido, Vía Dr. Belisario Porras	7°55'1.26"N	80°22'53.98"O	32m	17/may./2016
	Distrito de Los Santos: Calle José Vallarino, La Villa de Los Santos.	7°56'43.9"N	80°24'30.2"O	14m	17/may./2016
Herrera	Distrito de Parita: Parque Municipal de Parita.	7°59'43.901"N	80°31'6.636"O	35m	17/may./2016
	Distrito de Parita: Ave. Juan Manuel Porcel, Parita.	7°59'45.59"N	80°31'12.349"O	39m	17/may./2016
Colón	Distrito de Colón: Carretera Transísmica, Buena Vista	9°16'38.69"N	79°42'5.98"O	77m	24/may./2016
	Distrito de Colón: Sardinilla	9°18'2.52"N	79°37'9.11"O	68m	24/may./2016
Darién	Distrito de Chepigana: Zapallal.	8°36'21.9"N	78°7'23.0"O	83m	14/may./2016
	Distrito de Pinogana: Carretera Panamericana, Metetí.	8°28'37.6"N	77°59'60"O	80m	25/jun./2016
Panamá Oeste	Distrito de Capira: Carretera Panamericana, Capira.	8°44'49.60"N	79°52'50.34"O	88m	17/may./2016
Veraguas	Distrito de Atalaya: Av. Central, Atalaya,	8°2'35.55"N	80°55'26.52"O	95m	15/jun./2016
Chiriquí	Distrito de David: Calle B Sur, David.	8°25'31.60"N	82°25'39.80"O	45m	26/ago./2016

m.s.n.m: metros sobre el nivel del mar

Fuente: Higuera, 2016

4.2. Especie de *Erythrina* con daños de *Erythrina* gall wasp (EGW).

De acuerdo a los muestreos realizados durante los meses de abril, mayo, junio y julio de 2016, en todo el país, después de inspeccionar y evaluar árboles de diferentes especies de *Erythrina*, la única especie en la que se observaron daños evidentes relacionados con *Erythrina* gall wasp (EGW), fue la *Erythrina variegata* var. *orientalis*, que se conoce por sus hojas variegadas de color verde con nervaduras de color amarillo (Fig.15).

Por el contrario las demás especies de *Erythrina* presentes en Panamá y reportadas en otros países como hospederas de la avispa de las agallas, como la *Erythrina fusca*, *Erythrina poeppigiana*, *Erythrina berteriana*, y *Erythrina variegata* de hojas totalmente verdes, no se le encontró ningún tipo de daño y se presentaron completamente sanas. Este resultado discrepa con otros autores, que señalan que *Erythrina fusca*, *Erythrina poeppigiana* y *Erythrina berteriana*, también son afectadas por *Erythrina* gall wasp (EGW), encontrados en países como Hawaii y Taiwán (Kim *et al.* 2004).



Figura 15. Árbol de *E. variegata* var. *orientalis*, Metetí, Darién.



Figura 16. Árbol de *Erythrina variegata* var *orientalis*, Calle Manuel Robles, Penonomé, provincia de Coclé.

Se puede observar el árbol de *Erythrina variegata* var.*orientalis*, localizado en la provincia de Coclé (Fig. 16), con gran parte de su follaje perdido, a causa del daño producido por *Quadristichus erythrinae*.



Figura 17. Muestras de distintos lugares, de hojas de árboles de *Erythrina variegata* var *orientalis* afectadas por *Erythrina* gall wasp (EGW).

En la (Fig. 17), se pueden observar algunas muestras tomadas en diferentes sitios, donde se encontraban árboles de *Erythrina variegata* var. *orientalis*, afectados por EGW. Cada una de ellas muestra las agallas que ocasiona *Quadrastichus erythrinae* en las hojas de los árboles de *Erythrina variegata* var. *orientalis*.

4.3. Incidencia e identificación de la Plaga

Durante el análisis de las muestras en el laboratorio se pudo observar dentro de las agallas estructuras correspondientes a la fase de larva, pupa y adulto de un micro himenóptero, el cual morfológicamente correspondió a *Quadrastichus erythrinae*, Hymenoptera-Eulophidae, lo cual fue confirmado con ayuda de clave descriptiva para esta familia y género. Estas observaciones permitieron concluir que efectivamente las verrugas o agallas en las muestras de hojas, peciolo y brotes nuevos en árboles de *Erythrina variegata* var *orientalis*, eran causados por la avispa descrita como avispa de las agallas de la *Erythrina* *Quadrastichus erythrinae* Kim (Familia Eulophidae). En todas las muestras analizadas se encontraron desde larvas, hasta el insecto adulto (hembra y macho) (Fig.18). Se pudo observar a nivel de campo en las plantas afectadas gran cantidad de brotes nuevos de *Erythrina variegata* var *orientalis* con daños evidentes (Fig.19).



Figura 18. *Quadrastichus erythrinae*, observado en el Laboratorio; a. larva; b. pupa; c. *Q. erythrinae* macho; d. *Q. erythrinae* hembra.

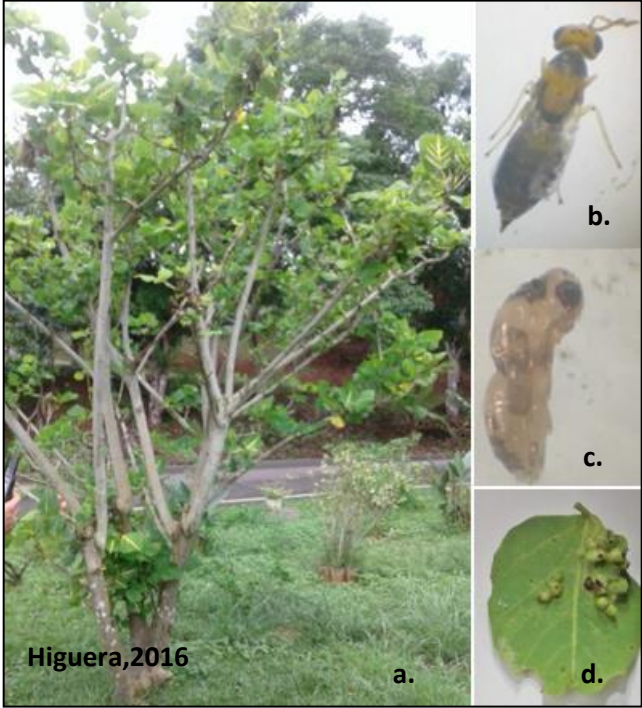


Figura 19. Árbol de *Erythrina variegata var. orientalis*, Sardinilla, Colón

a. Árbol de *Erythrina variegata* var *orientalis* con daños por EGW; b. *Q. erythrinae* hembra, encontrada en la muestra; c. Vista lateral de pupa de *Q. erythrinae*; d. Hoja del árbol, con agallas.

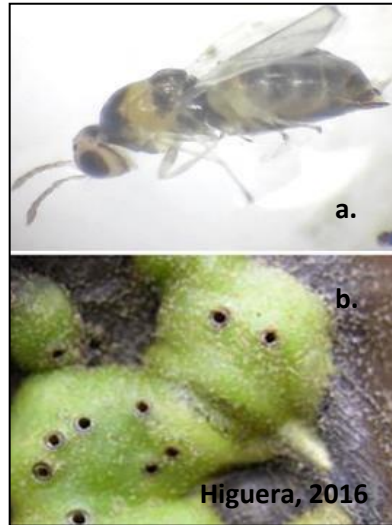
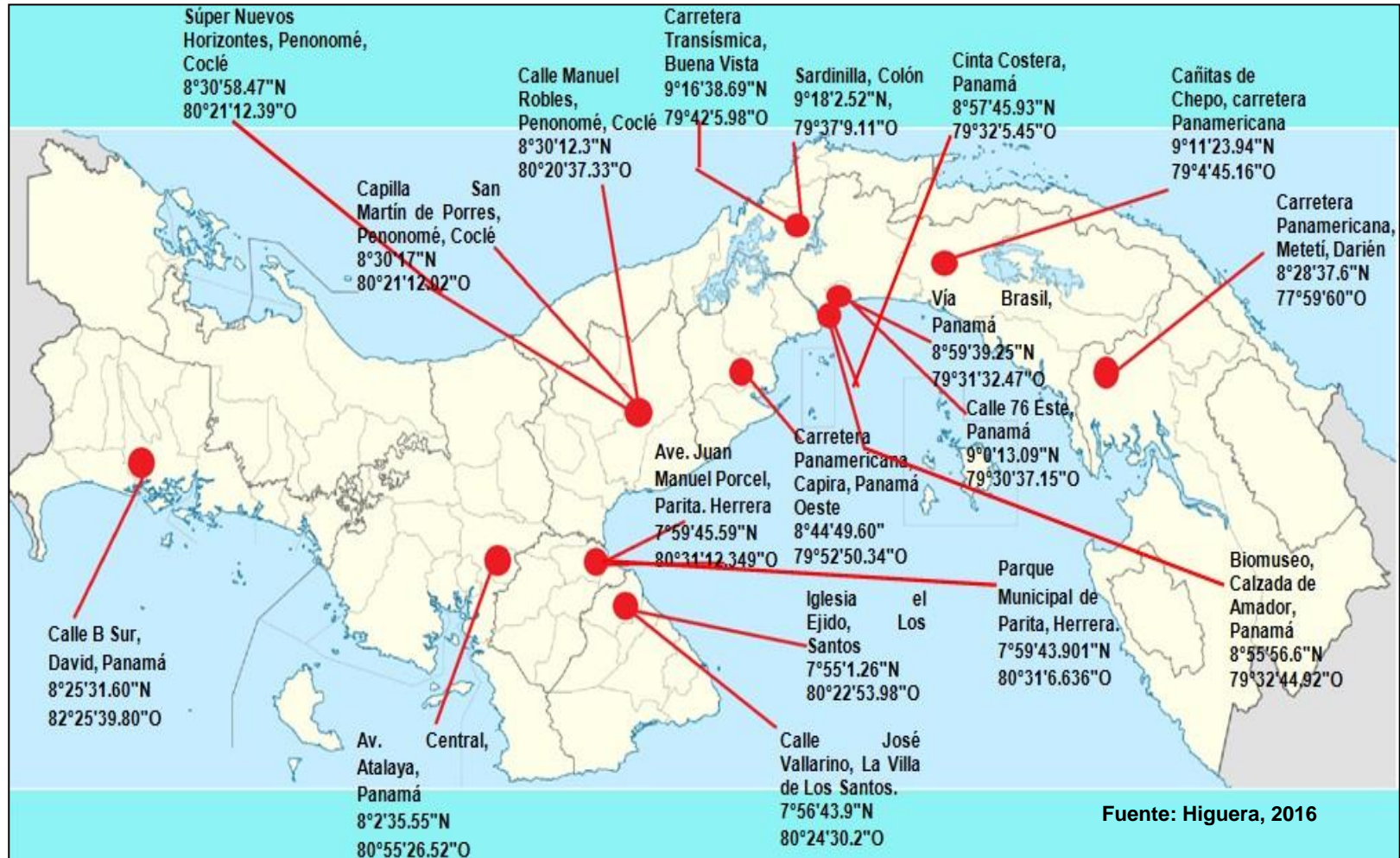


Figura 20. *Q. erythrinae* adulto (hembra), observada en una de las muestras; a. Hembra de *Q. erythrinae*; b. Orificios de salida creados por adultos emergentes de *Q. erythrinae*.

4.4. Mapa de distribución geográfica de la incidencia de *Quadrastichus erythrinae* en Panamá, en plantas de *Erythrina variegata* var *orientalis*.

Con los datos resultantes del muestreo realizado para determinar la incidencia y distribución geográfica de *Quadrastichus erythrinae*, en la República de Panamá y con apoyo del georeferenciamiento de los sitios donde se encontraron árboles de *Erythrina variegata* var. *orientalis*, se construyó un mapa que ilustra en detalle los sitios y provincias de incidencia detectados (Fig.21).

Figura 21. Mapa de distribución geográfica de la incidencia de *Quadrastychus erythrinae* en Panamá, en plantas de *Erythrina variegata* var *orientalis*.



Los puntos de color rojo muestran la ubicación de los árboles afectados de *Erythrina variegata* var *orientalis* (Fig. 21), donde se tomaron las muestras de hojas, peciolo, etc., sometidos a investigación.

Todas estas muestras fueron observadas en el laboratorio en donde se pudo comprobar que efectivamente se trataba de *Quadrastichus erythrinae*, descrita como una nueva especie procedente de África en el 2004 por Kim *et al.* (2004), que la señalan como una especie altamente invasora y destructiva de árboles de la especie *Erythrina* y que muestra potencial para afectar varias partes a nivel mundial.

Toda esta información y resultados, permiten realizar el primer reporte a nivel de la República de Panamá, de la incidencia de *Quadrastichus erythrinae* Kim. (familia Eulophidae), como agente causal de las agallas en árboles de *Erythrina variegata* var. *orientalis*, plaga nueva que está afectando esta especie arbórea y que se encuentra distribuida en todo el país, relacionada principalmente con árboles de esta especie cultivados o establecidos en zonas bajas del territorio nacional.

5. CONCLUSIONES

- ✓ Después de las observaciones realizadas a nivel de campo y laboratorio, de muestras de árboles de *Erythrina variegata* var *orientalis*, con agallas, en tallos, hojas y peciolas, se puede concluir que el agente causal de las agallas en *Erythrina variegata* var *orientalis* en Panamá, es *Quadrastichus erythrinae* Kim (Eulophidae: Tetrastichinae).
- ✓ El muestreo realizado en las diferentes provincias del país, permite afirmar que *Quadrastichus erythrinae* Kim, se encuentra distribuido en todo el país.
- ✓ De las diferentes especies de *Erythrina* evaluadas a nivel de campo, solamente se encontró *Quadrastichus erythrinae* en *Erythrina variegata* var.*orientalis*.
- ✓ De todas las zonas muestreadas a nivel nacional, solamente se observaron los daños asociados a EGW "Erythrina gall wasp", en zonas bajas de las diferentes provincias localizadas entre 1 a 40 m.s.n.m.
- ✓ Los daños observados en árboles de *Erythrina variegata* var. *orientalis*, a nivel de campo, incluyeron agallas en hojas, ramas, brotes y peciolas, defoliamiento parcial o total de los árboles, atrofiamiento en el crecimiento de ramas y brotes; pero no se observó la muerte del árbol en su totalidad.
- ✓ Este trabajo de investigación representa el primer reporte científico de la incidencia de *Quadrastichus erythrinae* Kim (Eulophidae: Tetrastichinae), agente causal de las agallas en la *Erythrina*, en la República de Panamá.

6. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar prácticas de saneamiento, orientadas hacia la reducción de la presencia y daño de la plaga: podas, recolección de partes vegetales infestadas.
- ✓ Evitar el transporte de plantas infestadas, procedentes de lugares donde se ha reportado la plaga (EGW).
- ✓ Informar (educar, enseñar) en aeropuertos, viveros, jardines botánicos y administradores y propietarios de plantaciones de especies de *Erythrina*, como detectar la presencia de EGW, y evitar el alto riesgo que su presencia significa.
- ✓ Realizar trabajos de investigación para observar si existen o están presentes los enemigos naturales de ésta plaga en Panamá.

7. REFERENCIAS CITADAS

- Barraza, A, E. 2014. Informe de visita técnica al Biomuseo, Ancón, Panamá.
- Castañeda, L. 2006. Árboles y arbustos de Panamá. Biología. 1era Edición. Panamá. Editora Novo Art, S.A. 216 p.
- Correa, M; Chízmar, C; Lu, A. 2009. Plantas de uso Folklórico y Tradicional en Panamá. Biología. 1 era. Edición. Costa Rica. Editorial INBIO. 115 p.
- Cruz, S; Ramírez, A. 2012. Departamento de Agricultura de Puerto Rico, Aviso de Plaga (en línea). Consultado el 19 de agosto de 2016. Disponible en <http://atlas.eea.uprm.edu./sites/default/files/AvisoErythrina.pdf>.
- Faizal, M.H., K.D. Prathapan, K.N. Anith, C.A. Mary, M. Lekha, and C.R. Rini. 2006. Erythrina gall wasp, *Quadrastichus erythrinae*, yet another invasive pest new to India (en línea). Curr. Sci. 90:1061–1062. Consultado el 19 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.iisc.ernet.in/currsci/apr252006/1061.pdf>.
- Gates, M. & Delvare, G. 2008. A new species of Eurytoma (Hymenoptera: Eurytomidae) attacking *Quadrastichus* spp. (Hymenoptera: Eulophidae) galling Erythrina spp. (Fabaceae), with a summary of African Eurytoma biology and species checklist (en línea). Zootaxa 1751:1-24. Magnolia Press. Consultado el 1 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.mapress.com/zootaxa/2008/f/zt01751p024.pdf>.
- Heu, R. Tsuda, W. N & Suh, T. 2005. Erythrina Gall Wasp *Quadrastichus erythrinae* Kim (Hymenoptera: Eulophidae) (en línea). Consultado el 15 de agosto de 2016. Disponible en: <http://lkcnhm.nus.edu.sg/rbz/biblio/54/54rbz229-234.p>

- Heu, R. A., D. M. Tsuda, W. T. Nagamine, J.A. Yalamar, and T. H. Suh. 2006. *Erythrina* gall wasp *Quadrastichus erythrinae* Kim (Hymenoptera: Eulophidae) (en línea). New Pest Advisory 05-03: 1-2. Hawaii State Department of Agriculture. Consultado el 12 de junio de 2016. Disponible en: <http://www.hawaiiag.org/hdoa/npa/npa05-03 -EEW.pdf>
- Kim, I. & La Salle, J. 2004. *Quadrastichus erythrinae* in wiliwili trees (*Erythrina* spp.). Pest Management (en línea). Consultado el 14 de julio de 2016. Disponible en: <http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/AvisoErythrina.pdf>.
- Kim, I., Delvare, G. and La Salle, J. 2004. A new species of *Quadrastichus* (Hymenoptera: Eulophidae): A gall-inducing pest on *Erythrina* spp. (Fabaceae). J. Hym (en línea). Res. 13(2): 243-249. Consultado el 16 de junio de 2016. Disponible en: <http://pestworld.stjohn.hawaii.edu/pat/MayJul05.pdf>.
- La Salle J. 1994. North American genera of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) (en línea). *Journal of Natural History* 28: 109–236. Consultado el 6 de junio de 2016. Disponible en: <http://lkcnm.nus.edu.sg/rbz/biblio/54/54rbz229-234.pdf>.
- La Salle J. 2004. Biology of gall inducers and evolution of gall induction in Chalcidoidea (Hymenoptera: Eulophidae, Eurytomidae, Pteromalidae, Tanaostigmatidae, Torymidae) (en línea). Consultado el 4 de julio de 2016. Disponible en: <http://lkcnm.nus.edu.sg/rbz/biblio/54/54rbz229-234.pdf>.
- La Salle, J; Ramadan, M; Kumashiro, B. 2009. A new parasitoid of the *Erythrina* Gall Wasp, *Quadrastichus erythrinae* Kim (Hymenoptera: Eulophidae) (en línea). *Zootaxa*.2083:19-26. Magnolia Press. Consultado el 7 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.mapress.com/zootaxa/2008/f/zt02083p026.pdf>.

- Messing, R., Mille, C. & Brenden, S. 2008. Using host plant relationships to help determine origins of the invasive Erythrina gall wasp, *Quadrastichus erythrinae* (Hymenoptera: Eulophidae) (en línea). Consultado el 15 de junio de 2016. Disponible en http://www.afcd.gov.hk/tc_chi/quarantine/qua_plants/qua_plants_pq/qua_plants_pest/files/ltr_20051003_b.pdf
- Noyes, J.S.2002. Interactive catalogue of world Chalcidoidea 2001 (en línea). *Journal of the New York Entomological Society*.Vol. 111, No. 1, pp. 61-63. Consultado el 5 de agosto de 2016. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/25010450>.
- Noyes, J.S.2014.Universal Chalcidoidea Database (en línea). World Wide Web electronic publication. Consultado el 4 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.nhm.ac.uk/entomology/chalcidoids/index.html>
- Schauff, M.E; Gates, M; La Salle, J. 2008. Familia Eulophidae. Introducción a los Hymenopteros de la región Neotropical (en línea). Universidad Nacional de Colombia.Cap.81:755-760. Consultado el 9 de agosto de 2016. Disponible en: http://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/keys1_14.html.
- Schauff, M.E; Gates, M; La Salle, J. 2008. Familia Eulophidae. Introducción a los Hymenopteros de la región Neotropical. Universidad Nacional de Colombia.Cap.81:755-760. Obtenido de: http://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/keys1_14.
- Smith, S; Strom, B. 2007. Identificando y manejando la avispa de agalla en Erythrina. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (en línea). Consultado el 10 de junio de 2016. Disponible en: http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/su/su_srs012-spanish.pdf.

- Uechi, N., T. Uesato, and J. Yukawa. 2007. Detection of an invasive gall-inducing pest, *Quadrastichus erythrinae* (Hymenoptera: Eulophidae), causing damage to *Erythrina variegata* L. (Fabaceae) in Okinawa Prefecture (en línea). Japan Entomological Science 10: 209-212. Consultado el 7 de agosto de 2016. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.14798298.2007.00214.x/abstract>.
- Wiley, J., and P. Skelley. 2006. Pest alerts- Erythrina gall wasp, *Quadrastichus Erythrinae* Kim, in Florida (en línea). Department of Agriculture and Consumer Services. Consultado el 5 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.doacs.state.fl.us/pi/enpp/ento/gallwasp.html>.
- Xu, T., C. Jacobsen, A. Hara and Q. Li. 2006. Application of an enzyme-linked immunosorbent assay for the analysis of imidacloprid in wiliwili tree, *Erythrina sandwichensis* O. Deg, for control of the wasp *Quadrastichus erythrinae* (en línea). J. Agricultural and Food Chemistry.54: 8444-8449. Consultado el 5 de agosto de 2016. Disponible en: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf062004e>.
- Yang, M. M., G. S. Tung, J. La Salle & M. L. Wu. 2004. Outbreak of Erythrina gall wasp on *Erythrina* spp. (Fabaceae) in Taiwan (en línea). Plant Prot. Bull.46:391-396. Consultado el 5 de agosto de 2016. Disponible en: <http://lkcnhm.nus.edu.sg/rbz/biblio/54/54rbz229-234.pdf>.

ANEXOS



ANEXO 1. Árbol de *Erythrina variegata* var. *orientalis* afectado, Vía España



ANEXO 2. Árbol de *Erythrina variegata* var. *orientalis*, Parita, Herrera



Fuente: Higuera ,2016

ANEXO 3. Árbol de *Erythrina variegata* var. *orientalis*, afectado por EGW, Parque Municipal de Parita, Provincia de Herrera.



ANEXO 4. Colecta en campo de muestras de hojas, peciolo y brotes nuevos, en árboles de *Erythrina variegata* var *.orientalis*.

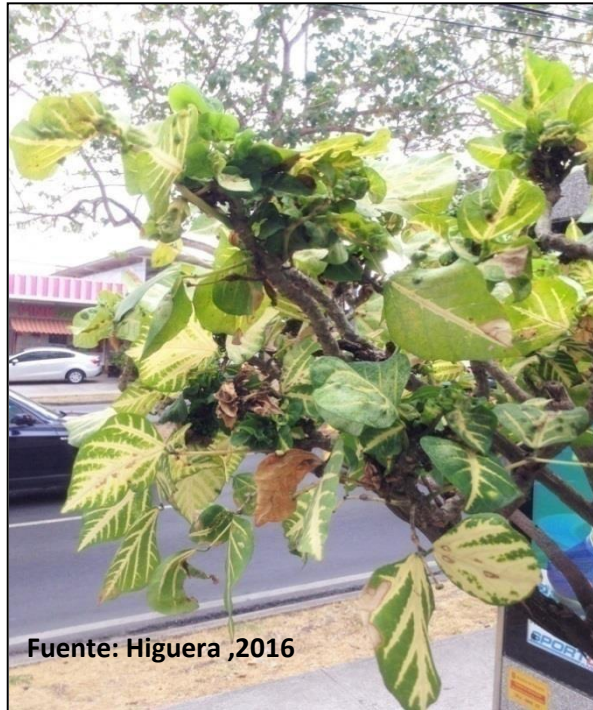


ANEXO 5. Muestra de brote nuevo afectado y árbol de *Erythrina* var *orientalis*, afectado por EGW, Buena vista, Colón.



Fuente: Higuera ,2016

ANEXO 6. Árbol de *Erythrina variegata* var *orientalis*, Capilla San Martín, Penonomé.



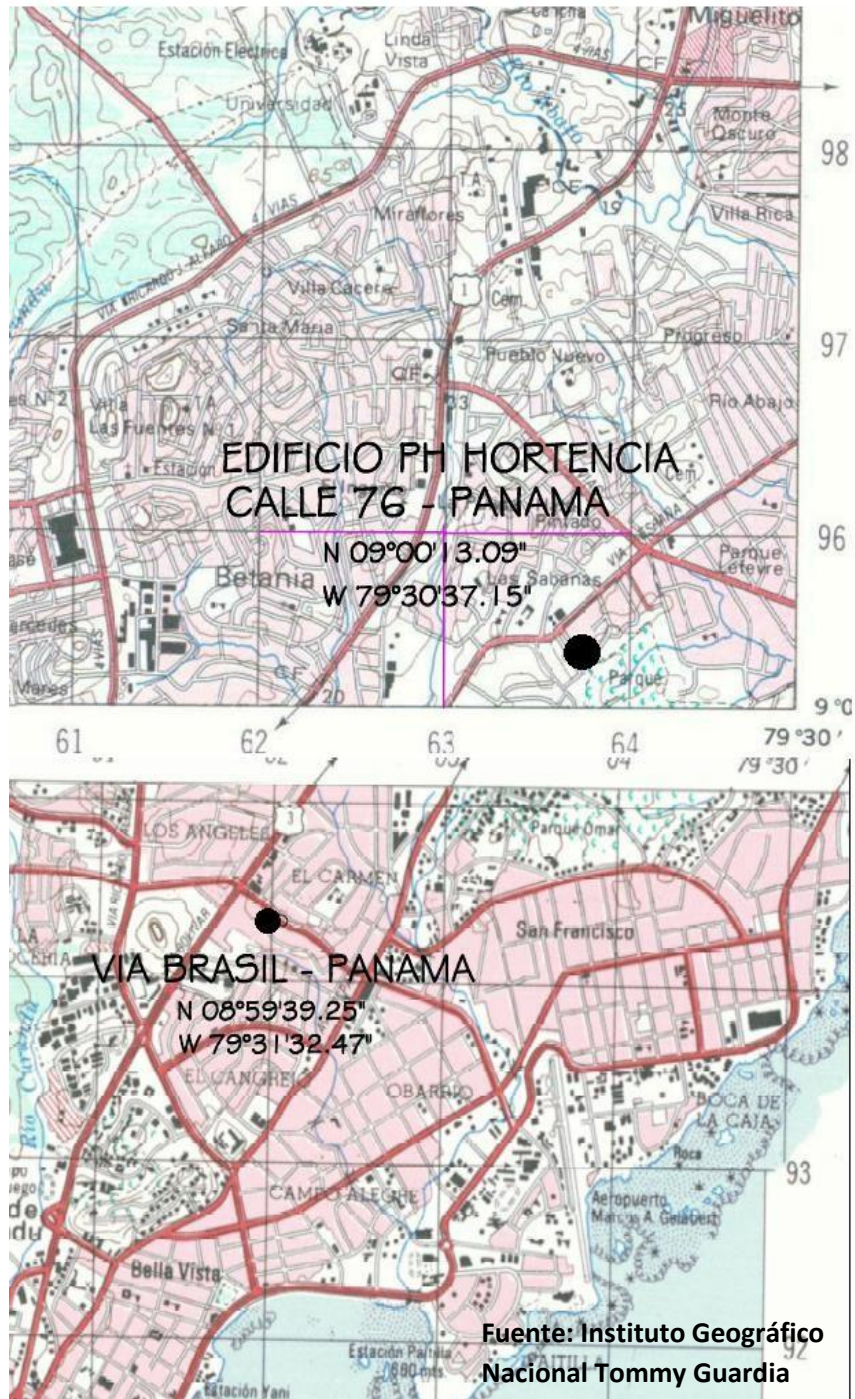
Fuente: Higuera ,2016

ANEXO 7. Brotes nuevos de hojas de árbol de *Erythrina variegata* var *orientalis*,
Vía Brasil, Panamá.

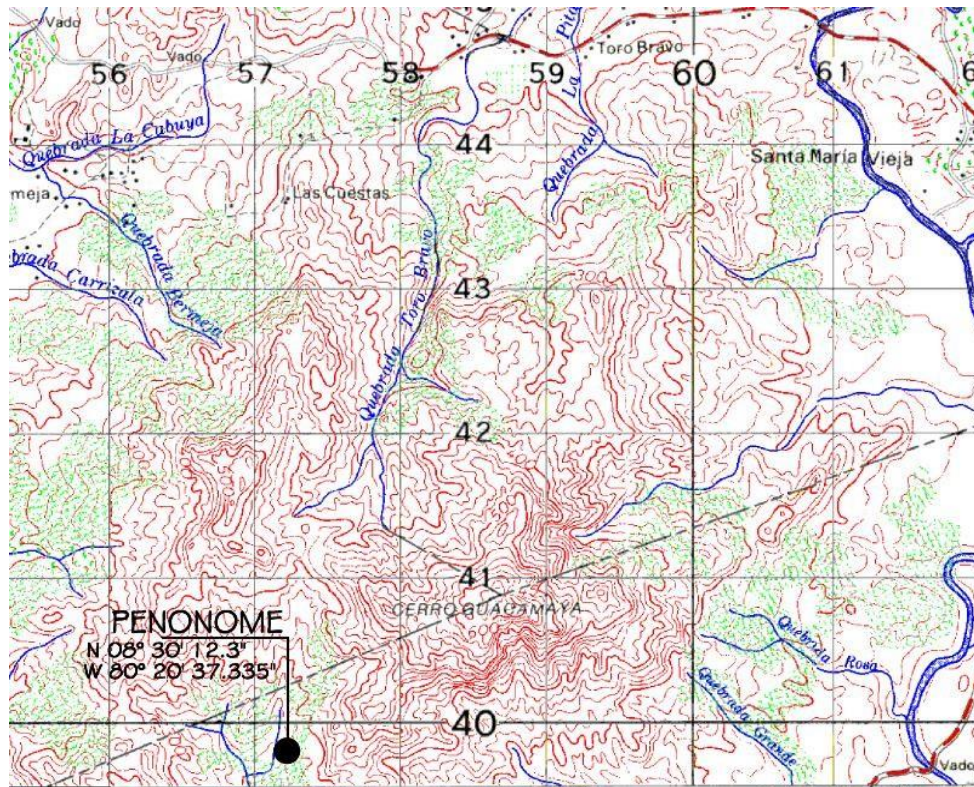


Fuente: Higuera ,2016

ANEXO 8. Colecta en campo de muestras en árbol de *Erythrina variegata* var
orientalis, Vía Brasil, Panamá.



ANEXO 9. Mapa de Ubicación Geográfica, Edificio PH Hortencia, Calle 76 Este, Panamá y Vía Brasil Panamá.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia

ANEXO 10. Mapa de Ubicación Geográfica, Calle Manuel Robles, Penonomé y Biomuseo, Calzada de Amador, Panamá.