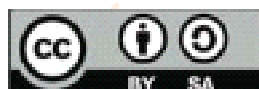




GUÍA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN
DEL SISTEMA DE
VIGILANCIA
FITOSANITARIA ESPECÍFICA
ESTUDIO DE CASO DE
Bactrocera
dorsalis





Guía para la Implementación del Sistema de Vigilancia Fitosanitaria
Específica: estudio de caso: Bactrocera Dorsalis por IICA se encuentra
bajo una Licencia Creative Commons
Reconocimiento-Compartir igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO)
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)
Creado a partir de la obra en www.iica.int.

El Instituto promueve el uso justo de este documento.
Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación está disponible en formato electrónico (PDF)
en el sitio Web institucional en <http://www.iica.int>

Coordinación editorial: Lourdes Fonalleras y Florencia Sanz
Corrección de estilo: Malvina Galván
Diagramación: Victor Hugo Vidart
Diseño de portada: Victor Hugo Vidart
Impresión: Digital

Guía para la Implementación del Sistema de Vigilancia Fitosanitaria
Específica: estudio de caso: Bactrocera Dorsalis / Instituto
Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Comité Regional
de Sanidad Vegetal del Cono Sur; José Manuel Galarza. – Uruguay :
IICA, 2018. A4; 21 cm x 29,7 cm.

ISBN: 978-92-9248-784-3
Publicado también en inglés

1. Plagas de plantas 2. Bactrocera dorsalis 3. Cultivos 4. Citrus 5.
Huéspedes 6. Vigilancia de plagas 7. Gestión de riesgos 8. Factores
ambientales 9. Cartografía I. IICA II. COSAVE III. Título.

AGRIS
H10

DEWEY
632.77



Reconocimientos

La Guía para la Implementación del Sistema de Vigilancia Fitosanitaria Específica ha sido aplicada a través de dos estudios de caso. Estos productos fueron desarrollados como resultado del componente orientado al fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria del Proyecto STDF/PG/502 "COSAVE: fortalecimiento regional de la implementación de medidas fitosanitarias y el acceso a mercados". Los beneficiarios son el COSAVE y las Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPF) de los siete países que lo integran. Es financiado por el Fondo para la Aplicación de Normas y el Fomento del Comercio (FANFC), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) es la agencia implementadora y el proyecto cuenta con el apoyo de la Secretaría de la CIPF.

La coordinación editorial estuvo a cargo de María de Lourdes Fonalleras y Florencia Sanz. La definición de la estructura original ha sido desarrollada por María de Lourdes Fonalleras, Florencia Sanz y José Manuel Galarza

El desarrollo de contenidos corresponde en forma exclusiva a José Manuel Galarza experto contratado especialmente para el proyecto.

Los lectores técnicos que realizaron importantes aportes al desarrollo de los estudios de caso son los especialistas de las ONPF participantes del proyecto:

Pablo Cortese, Ignacio García Varona, Federico Aguirre, Oscar Von Baczko y Yanina Outi del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) de Argentina;

Luis Sánchez Shimura, Remi Castro Ávila, Gustavo López Zenteno, Edgar Delgado Vargas, Immer Adhemar Mayta Llanos y Geordana Zeballos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG) de Bolivia;

Ricardo Kobal Raski, Dalci de Jesus Bagolin, Jesulindo de Souza Junior y Ériko Tadashi Sedoguchi de la Secretaria de Defensa Agropecuaria del MAPA de Brasil;

Marco Muñoz, Fernando Torres Parada, Jairo Eladio Alegría Contreras, Carolina Pizarro, Karina Reyes e Ilania Astorga del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile;

Reconocimientos

Cristian Marecos, Katya Bogado, Mariano Franco Aquino, Liz Adriana Ojeda, Rosa Liliana Encina y María Bettina Chaparro del Servicio Nacional de Calidad, Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE) de Paraguay;

Moisés Pacheco Enciso, Johny Naccha Oyola, Cecilia Lévano Stella, Betty Matos Nonogawa, Carmen Oré Vento, Iván Gutiérrez Martínez, Jorge Velapatiño Flores y Percy Alberto Mamani Sánchez del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) de Perú;

Elina Zefferino y Noelia Casco de la Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSA) del MGAP de Uruguay.

Expresamos un reconocimiento especial a todos ellos.

Agradecemos también el apoyo recibido de la Secretaría de la CIPF para la implementación de este componente del proyecto.

Finalmente, agradecemos a Malvina Galván por su tarea de corrección de estilo y a Víctor Vidart por la diagramación del documento.



1. PROPÓSITO

Vigilancia de detección de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) en cultivos de cítricos de la región del Comité Regional de Sanidad Vegetal del Cono Sur (COSAVE).

2. ALCANCE

Abarca la región del COSAVE, las vías de introducción de la plaga, la distribución de cítricos como hospedante y se consideran las condiciones climáticas apropiadas para la plaga.

3. PLAGA OBJETIVO

Bactrocera dorsalis (Hendel), la ficha técnica de la plaga está en el Anexo 1.

4. DURACIÓN Y MOMENTO OPORTUNO

Duración por un (1) año, con una frecuencia quincenal entre evaluaciones y reforzándose en temporadas con mayor flujo comercial y de pasajeros. Igualmente, es importante considerar la fenología de los hospedantes para la identificación del momento oportuno de la vigilancia.

5. SELECCIÓN DEL SITIO

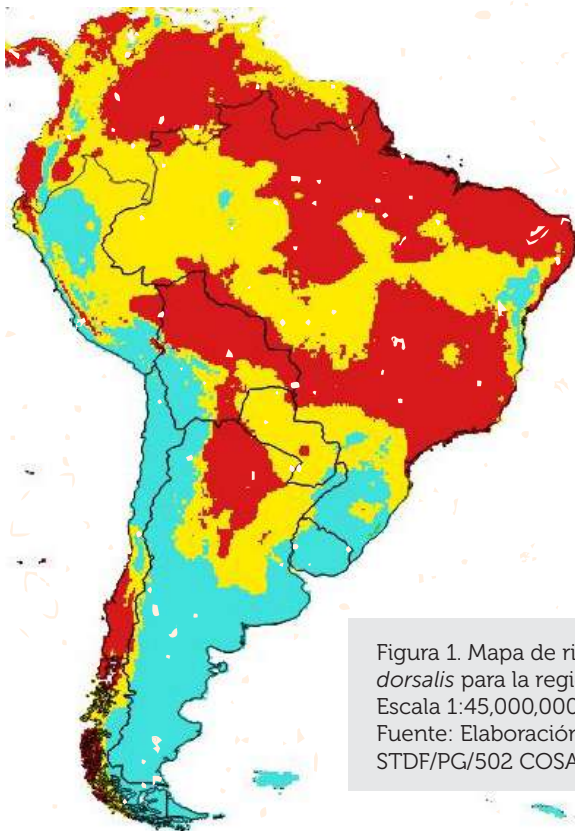
Para el proceso de selección de los sitios fue necesario contar previamente con la siguiente información:

- Mapa catastral de la región.
- Hidrografía y accidentes geográficos (bosques, montes, lagunas, ríos, desiertos) de la zona.
- Mapa de riesgo en la región.
- Superficie y producción de hospedantes al nivel político administrativo más detallado posible.
- Ubicación de los puertos y aeropuertos de riesgo.
- Vías de transporte internacional.

5.1. Modelamiento climático para generar mapas de riesgo en la región

El modelamiento climático se usa comúnmente para desarrollar mapas probabilísticos de distribución de especies. Entre las técnicas disponibles, el modelo de Máxima entropía (MaxEnt) se ha convertido en una de las herramientas más utilizadas para modelar la distribución de especies, con cientos de artículos publicados cada año. Debido principalmente al corto tiempo de procesamiento, fácil operación, pequeño tamaño de muestra, alta precisión en la simulación, uso de interfaz gráfica y capacidades de configuración automática de parámetros (Morales et. al, 2017; Costa y Holtz 2011; Wang et al. 2018).

Para la caracterización del riesgo y la priorización regional de la vigilancia se pueden gestionar mapas de riesgo para la plaga objetivo. En el presente caso, definimos las áreas de riesgo climático para *Bactrocera dorsalis* utilizando el modelo de MaxEnt con las ubicaciones que reportan la plaga a nivel mundial y su correlación con las variables bioclimáticas procedentes de la base de datos *Worldclim*.



La valorización del riesgo se basa en los resultados obtenidos por MaxEnt, al comparar los datos de presencia de la plaga con la información climática donde ésta se reporta. Los detalles de la metodología se presentan en el Anexo 2 y el mapa regional de riesgo climático resultante se muestra en la Figura¹. Los colores rojo y amarillo muestran las áreas con riesgo alto y medio, respectivamente, mientras que la menor valoración de riesgo aparece en celeste.

Figura 1. Mapa de riesgo bioclimático de *Bactrocera dorsalis* para la región COSAVE
Escala 1:45,000,000
Fuente: Elaboración propia para el Proyecto STDF/PG/502 COSAVE

1 - Disponible en (abril 2018): <<http://www.worldclim.org>>

5.2. Superficie hospedante en la región

La *Bactrocera dorsalis* es altamente polífaga con múltiples hospedantes -que se describen en su ficha técnica en el Anexo 1- con la finalidad de ejemplificar especificaciones de la vigilancia, para este estudio de caso, se seleccionó a los cítricos como hospedante objetivo.

La situación de la citricultura en todos los países de la región se encuentra en expansión y constituye una actividad de relevancia económica. La superficie de la producción cítrica representa: en Argentina, 132.034 ha; en Bolivia, 51.211 ha; en Brasil, 766.085 ha; en Chile, 19.235 ha; en Perú, 51.786 ha; en Paraguay 18.324 ha y en Uruguay, 15.394 ha (Datos de cada ONPF).

Tomando como referencia la información de producción de cítricos al primer nivel geopolítico-administrativo de cada país de COSAVE, es posible categorizar en un mapa el riesgo por hospedante. Las Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPF) pueden consignar los niveles alto, medio o bajo, como lo muestra la Figura 2, en base a esta importancia productiva en cada instancia geopolítica-administrativa identificada. La metodología para su elaboración está detallada en el Anexo 2.

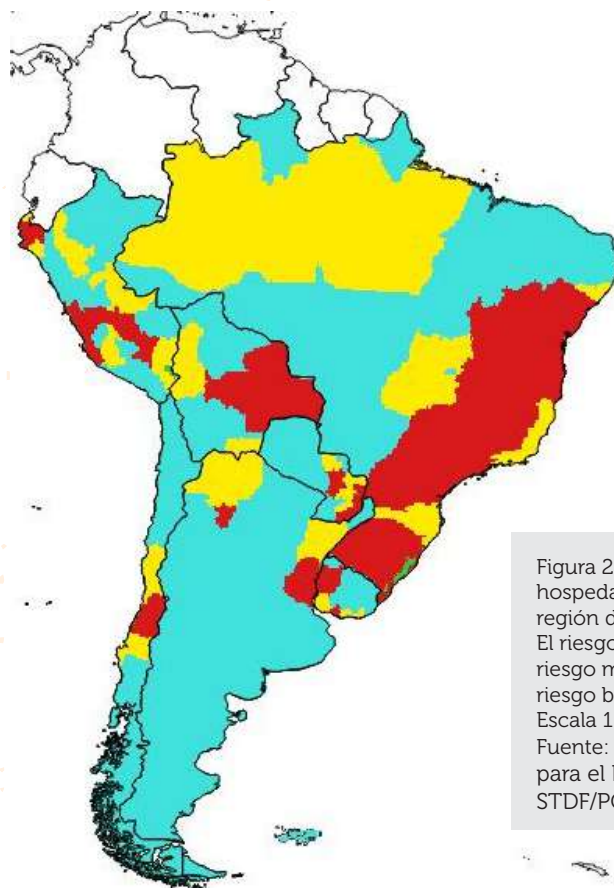


Figura 2. Mapa de riesgo por hospedante - cítricos en la región de COSAVE
El riesgo alto en color rojo, el riesgo medio en amarillo y el riesgo bajo en celeste
Escala 1:45,000,000.
Fuente: Elaboración propia para el Proyecto STDF/PG/502 COSAVE.

Bactrocera dorsalis

5.3. Riesgo regional para *Bactrocera dorsalis*

Es posible integrar los mapas de riesgos climáticos y de hospedante en un mapa de riesgo regional, tal como se muestra en la Figura 3. La metodología, que se presenta en el Anexo 2, se basa en la reclasificación de la categoría de riesgo alto con un valor dos (2), medio con un valor de uno (1) y bajo con un valor cero (0) y el uso de la función matemática de multiplicación raster de un software de sistema de información geográfica como QGIS. La metodología para su elaboración está detallada en el Anexo 2.

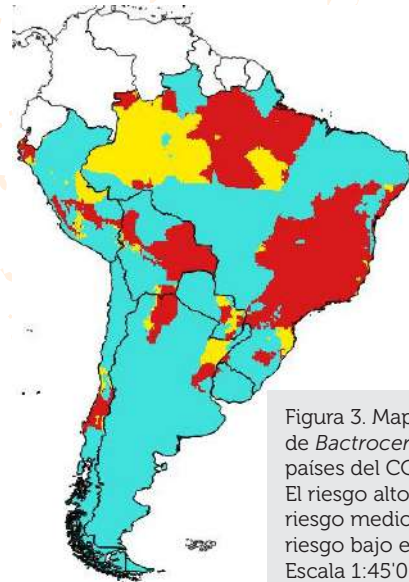
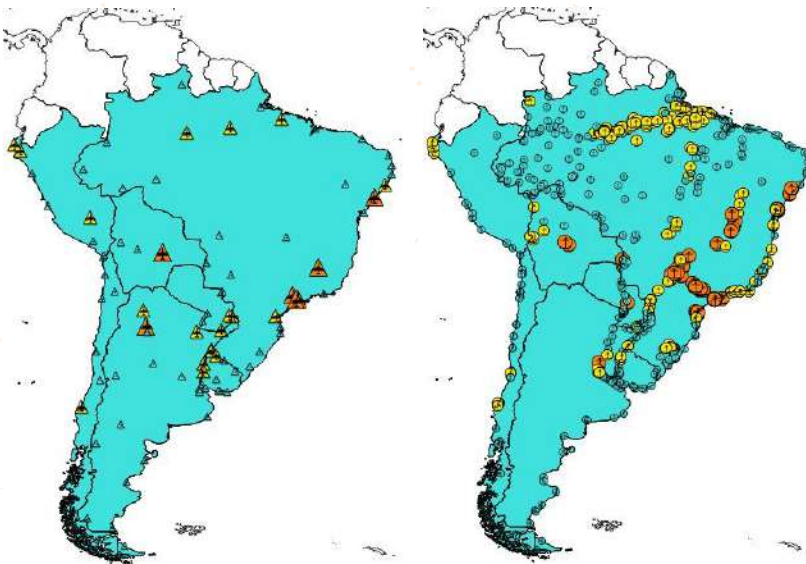


Figura 3. Mapa de riesgo regional de *Bactrocera dorsalis* para los países del COSAVE
El riesgo alto en color rojo, el riesgo medio en amarillo y el riesgo bajo en celeste
Escala 1:45'000,000
Elaboración Proyecto STDF 2017
Fuente: Elaboración propia para el Proyecto STDF/PG/502 COSAVE.

5.4. Sitios seleccionados para la vigilancia



Figuras 4 y 5. Mapa de aeropuertos internacionales (izquierda) y mapa de puertos (derecha), con tamaños relacionados al riesgo regional de la plaga (importancia según tamaño mayor, medio y menor)
Fuente: Elaboración propia para el Proyecto STDF/PG/502 COSAVE.

Considerando los reportes de la plaga en el Asia, África y las Islas del Pacífico (dentro de las que está Hawái) es necesario identificar los puntos de entrada que estén directamente comprometidos con las rutas de transporte o flujo comercial procedentes de estos lugares, principalmente aeropuertos y puertos internacionales. Así como, centros de acopio y puestos fronterizos.

Es posible integrar información del riesgo regional de la plaga y la ubicación de aeropuertos y puertos consolidados por el Consejo Suramericano de Infraestructura y Planeamiento (COSIPLAN). Tal como se muestra, en las Figuras 4 y 5. La metodología para su elaboración está igualmente detallada en el Anexo 2.

ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

En la región se puede identificar el número de aeropuertos internacionales con prioridad por su categoría de riesgo. Esta información está georreferenciada y descrita para dirigir la vigilancia y, a la vez, integrar información actualizada de flujos y dimensión del riesgo por comercio, origen u otros criterios de la ONPF.

Cuadro 1. Aeropuertos internacionales por tipo de riesgo de *Bactrocera dorsalis*

PAÍS	ALTO	MEDIO	BAJO	TOTAL
ARGENTINA	1	3	20	24
BOLIVIA	1		2	3
BRASIL	5	7	23	35
CHILE		1	7	8
PERÚ		3	4	7
PARAGUAY		2	2	4
URUGUAY		3	8	11
	7	19	66	92

En relación con los puertos, se puede desarrollar este mecanismo de prioridad por riesgo, los resultados se presentan de manera referencial en el Cuadro 2, dado que aún es necesario integrar más información del flujo comercial o de pasajeros procedentes de los lugares donde la plaga está presente.

Cuadro 2. Puertos por tipo de riesgo de *Bactrocera dorsalis*

PAÍS	ALTO	MEDIO	BAJO	TOTAL
ARGENTINA	18	5	87	110
BOLIVIA	8		6	14
BRASIL	234	52	205	491
CHILE	10	9	44	63
PERÚ	3		10	13
PARAGUAY	4	4	40	48
URUGUAY	3	1	37	41
	280	71	429	780

Esta información está disponible para ser abierta con el programa QGIS².

2 - Descargando la carpeta completa QBdorsalis del enlace disponible en (abril 2018): <<https://goo.gl/WYFe6a>>

6. PLANIFICACIÓN

6.1. Actividades preliminares

Para una mejor organización operativa, es necesario reconocer las características nacionales del riesgo así como los lugares y necesidades para implementar la vigilancia. Esto permite a la ONPF evaluar, dirigir y sistematizar la actividad. Por lo cual es importante gestionar lo siguiente:

- Indicar en el plan operativo anual (POA) el presupuesto, la distribución territorial, el cronograma de tareas y el momento de ejecución.
- Coordinar con el laboratorio el diagnóstico, e incluir el protocolo y el número de muestras a enviarse.
- Elaborar el mapa de aeropuertos y puertos internacionales.
- Contar con la información de flujos comerciales y de pasajeros procedentes de países que reporten la plaga.
- Detallar la superficie y la producción de hospedantes al nivel político-administrativo.
- Contar con la fenología de los hospederos involucrados.
- Consolidar la información de la plaga en una ficha técnica como la presentada en el Anexo 1.
- Gestionar anticipadamente permisos para acceder a propiedades privadas.
- Contar con los insumos y recursos requeridos para la vigilancia.
- Entrenar al personal directamente involucrado en la actividad.



ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

6.2. Metodología de la vigilancia

El método de vigilancia es el trapeo, con trampas Jackson que usan como atrayente Metil eugenol en difusores, sostenidos con una canastilla o alambre en el interior de la trampa. La base de la trampa Jackson es un piso con una superficie pegante con Stickem con la finalidad de capturar insectos que se posan en ella.

El Metil eugenol, es considerado como un poderoso atrayente (Paraferomona según algunos autores, Kairomona según otros) de *Bactrocera dorsalis* y varias otras especies del mismo género, además de algunas especies del género *Dacus* (en total unas 58 especies de ambos géneros). Una característica de este atrayente es que los machos de estos insectos, al estar en contacto con el producto, sorben el compuesto y existen evidencias de que esta ingestión otorgaría al insecto una mejor competitividad sexual en su comportamiento reproductivo (Lobos, 1995).

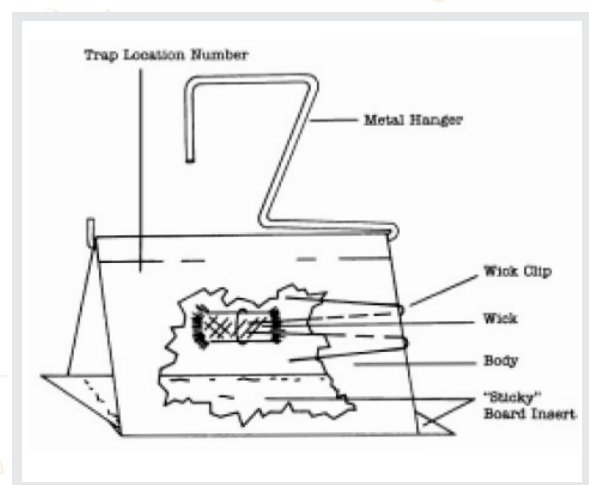


Figura 6. Trampa Jackson recomendada para la vigilancia de *Bactrocera dorsalis*
Fuente: dibujo de USDA, 2015.

6.2.1. Materiales requeridos

- Trampas Jackson, con sus accesorios.
- Difusores de Metil eugenol.
- Base con pegante entomológico.
- Elevador telescópico para trampas.
- Bolsas plásticas para la colección de muestras.
- Pinzas entomológicas.
- Libretas de apuntes.
- Lápiz de carbón.
- Franela para limpieza de trampa.
- Dispositivo de captura de georreferencia y datos de campo.
- Formatos para toma de datos de la actividad.

La trampa debe ser instalada en frutales cítricos, a más de 1.45 m de altura, en lugar sombreado en la periferia de la canopia o lugares de acopio de productos vegetales hospedantes alrededor de los sitios estratégicos identificados.

Bactrocera dorsalis

6.2.2. Densidad de trampeo

La densidad usada es de una a tres trampas por lugar de vigilancia seleccionado, las cuales deberían estar alejadas una de otra por más de 50 metros.

Con el objetivo de mejorar la sensibilidad del sistema éstas se deben reubicar en un radio de 200 metros del lugar original de donde se encontraba.

6.2.3. Codificación de trampas

Las trampas deberán ser identificadas con un código que incluya:

- Dos (2) letras identificando el tipo de trampa (JM cuando se utilice la trampa Jackson con Metil eugenol).
- Dos (2) dígitos que corresponde a cada región.
- Tres (3) dígitos correspondientes a los correlativos de trampa por región.

Ejemplo: JM-02-150

El código de la trampa debe escribirse con tinta permanente, en una parte visible de la trampa.

6.2.4. Servicios realizados a las trampas

Las trampas deberán ser revisadas quincenalmente y durante la etapa de fructificación, un mes antes del cambio de color de la fruta, la frecuencia deberá ser semanal. En cada revisión se deberá completar la ficha que se encuentra en la base de la trampa, indicando: fecha, nombre y firma.

Las prospecciones (inspecciones) y actividades de mantenimiento, recambio y limpieza que se realizan en cada trampa, comprenden:

- El recambio del difusor cada 30 días con Metil eugenol.
- Examinar el área con pegamento y determinar la posible presencia de especímenes sospechosos.
- Si no se detectan especímenes sospechosos y la base aún tiene capacidad de pegado, es factible reutilizarla, en cambio, si se encuentra muy deteriorada se procede a realizar su cambio por otra laminilla nueva.
- En caso de encontrar especímenes sospechosos de ser Tephritidae, es necesario remitir el piso al área responsable de diagnóstico.
- El cambio de trampa se puede realizar cada tres meses de acuerdo a sus condiciones generales.

ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

6.2.5. Toma y envío de muestras

En el caso de que el proceso de prospección (inspección) de las trampas encuentre un espécimen sospechoso, se debe registrar el código de trampa y fecha de colecta y acondicionar el piso para su envío. La base debe plegarse, manteniéndose el pegamento en la parte interna, sellando los extremos, con la finalidad de resguardar la integridad de la muestra.

6.3. Registro de las actividades de vigilancia

Con la finalidad de consolidar información y desarrollar reportes automatizados, las acciones de registro de información en el sistema de vigilancia deben ser realizadas de forma estandarizada e integral. Al respecto, se presenta un formato integral con la información requerida para el registro de actividades de vigilancia de *Bactrocera dorsalis*.

Item	PAIS Y ACTIVIDAD			LUGAR		HOSPEDANTE Y RESULTADO			INCIDENCIA Y SEVERIDAD				
	Pais	Fecha (dd/mm/aaaa)	Actividad de Vigilancia Inspección, muestreo, trapeo, otro _____ (especificar)	Coordenadas geográficas decimales: LATITUD	Coordenadas geográficas decimales: LONGITUD	Hospedante (Citrus sinensis, Citrus reticulata, Citrus unshiu, Citrus aurantifolia, Orzya sativa, otro _____ (especificar)	Tipo de Predio (Comercial, vivero, traspato, aislado, otro _____ (especificar)	Resultado (Ausente o Presente)	Incidencia encontrada	Descripción de la incidencia evaluada (% u otro _____ (especificar)	Severidad encontrada	Severidad (Grados u otro _____ (especificar)	Observación
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													

Figura 7 - Formato integral para el registro de actividades de vigilancia para *Bactrocera dorsalis*

Además, este formato de registro integral debe tener campos predeterminados, para evitar errores en la consignación de información, y usar plataformas informáticas. Como por ejemplo, Open Data Kit permite tomar información georreferenciada con dispositivos Android³.

3 - Las especificaciones, formato e instrucciones para su uso están disponibles en la carpeta ODK del enlace (abril 2018): <<https://goo.gl/WYFe6a>>.

6.4. Bioseguridad

Las siguientes acciones deben tenerse en cuenta para cumplir adecuadamente con la bioseguridad en las acciones de vigilancia:

- La manipulación de la trampa debe hacerse con guantes, teniéndose la precaución de no contaminar el cuerpo de la trampa ni su entorno.
- Los difusores deben estar correctamente identificados y mantenerse cerrados en sus envases originales.
- Los difusores que se desechen deben guardarse en bolsas plásticas correctamente cerradas.
- El material de desecho deberá seguir las pautas de desecho de la ONPF.

7. COMUNICACIÓN

Es importante generar informes de los resultados para los distintos niveles de decisión.

8. AUDITORÍA

Mediante la coordinación central, cada ONPF realizará auditorías de cualquier etapa del proceso para analizar los datos en el sistema y controlar la calidad del desarrollo de tareas de campo, entre otras acciones.



9. REFERENCIAS

- CABI (2017). Crop Protection Compendium. Base de Datos online. Wallingford, Reino Unido.
- Costa P. y Holtz, V. (2011). "Impacto das mudancas climáticas globais sobre a distribuicao geográfica da soja Brs valiosa RR no Brasil central". *Anais do IX Seminário de Iniciação Científica, VI Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação e Semana Nacional de Ciência e Tecnologia*. Universidad Estadual de Goias.
- EPPO (1996). "Quarantine Pests for Europe. *Bactrocera dorsalis*". European and Mediterranean Plant Protection Organization. P Scott, CAB International. Disponible (27 de octubre de 2017) en: https://gd.eppo.int/download/doc/814_ds_DACUDO_en.pdf
- Lobos, C. (1995). "Guía para la Detección de Moscas de la Fruta. Diptera: Tephritidae." Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Departamento de Protección Agrícola, Proyecto Moscas de la Fruta. Chile.
- Morales N., Fernández I. y Baca-Gonzales V. (2017). "MaxEnt's parameter configuration and small samples: are we paying attention to recommendations?" A systematic review. PeerJ 5:e3093; DOI 10.7717/peerj.3093. Disponible el 27 de Octubre de 2017 en: <https://peerj.com/articles/3093/>
- USDA (2015). National Exotic Fruit Fly Detection Trapping Guidelines. Disponible (27 de octubre de 2017) en: https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/fruit_flies/downloads/fruitfly-trapping-guidelines.pdf
- Wang R., Li Q., He S., Liu Y., Wang M. y Jiang G. (2018) "Modeling and mapping the current and future distribution of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* under climate change in China". PLoS ONE 13(2): e0192153. Disponible (26 de febrero de 2018) en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192153>

10. ANEXOS

- ANEXO 1. FICHA TÉCNICA DE LA PLAGA
- ANEXO 2. MODELAMIENTO PARA *Bactrocera dorsalis*

Bactrocera dorsalis

ANEXO 1

FICHA TÉCNICA DE LA PLAGA

***Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912)**

Sinónimos

Bactrocera (Bactrocera) dorsalis Drew & Hancock, 1994; *Bactrocera (Bactrocera) invadens* Drew et al., 2005; *Bactrocera (Bactrocera) papayae* Drew & Hancock, 1994; *Bactrocera (Bactrocera) philippinensis* Drew & Hancock, 1974; *Bactrocera (Bactrocera) variabilis* Lin & Wang; *Bactrocera ferruginea* Bezzi, 1913; *Bactrocera invadens* Drew, Tsuruta & White; *Bactrocera papayae* Drew & Hancock; *Bactrocera philippinensis*; *Chaetodacus ferrugineus* Bezzi, 1916; *Chaetodacus ferrugineus dorsalis* Bezzi, 1916; *Chaetodacus ferrugineus* var. *dorsalis* Hendel, 1915; *Chaetodacus ferrugineus* var. *okinawanus* Shiraki, 1933; *Dacus (Bactrocera) dorsalis* Hardy, 1977; *Dacus (Bactrocera) semifemoralis* Tseng et al., 1992; *Dacus (Bactrocera) vilanensis* Tseng et al., 1992; *Dacus (Strumeta) dorsalis* Hardy & Adachi, 1956; *Dacus dorsalis* Hendel, 1912; *Dacus ferrugineus* (Fabricius, 1805); *Musca ferruginea* Fabricius, 1794, preocc. ; *Strumeta dorsalis* Hering, 1956; *Strumeta dorsalis okinawa* Shiraki, 1968; *Strumeta ferruginea* Hering, 1956.

Posición taxonómica

Phylum: Artrópoda
Clase: Insecta
Orden: Diptera
Familia: Tephritidae
Género: *Bactrocera*
Especie: *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912)

Nombres comunes

Mosca oriental de la fruta (español), mosca oriental das frutas (portugués), oriental fruit fly (inglés), mango fly (inglés), mouche orientale des arbres fruitiers (francés), Mouche des fruits asiatique (francés), Orientalische fruchtfliege (alemán)

Hospedantes

Una gran variedad de árboles frutales y de hortalizas (más de 300 especies), entre los que destacan: *Annona cherimola*, *Capsicum annum*, *Capsicum frutescens*, *Carica papaya*, *Citrullus lanatus*, *Citrus aurantifolia*, *Citrus aurantium*, *Citrus limon*, *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis*, *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, *Cucumis melo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo*, *Malus domestica*, *Mangifera indica*, *Musa spp.*, *Passiflora edulis*, *Persea americana*, *Prunus spp.*, *Punica granatum*, *Pyrus communis*, *Solanum lycopersicum* y *Theobroma cacao* (CABI, 2017).

Distribución geográfica

América: EEUU (Hawai) (CABI, 2017).

Asia: Bangladesh, Bhutan, Camboya, China, Hong Kong, India, Laos, Malasia, Myanmar, Nepal, Pakistán, Filipinas, Singapur, Sri Lanka, Taiwán, Tailandia, Vietnam (CABI, 2017).

África: Angola, Camerún, Congo, Costa de Marfil, Etiopía, Gabón, Ghana, Kenia, Malí, Nigeria, Senegal, Sudáfrica, Sudán, Tanzania, Togo, Zambia y Zimbabue (CABI, 2017).

Bactrocera dorsalis es una plaga cuarentenaria ausente en la región COSAVE.

Biología

El desarrollo de huevo a adulto de la plaga con una temperatura óptima de 26 ° C y una humedad relativa del 70 %; toma aproximadamente 22 días. El adulto, por lo general, se vuelve sexualmente maduro de 8 a 12 días después de la emergencia. El período mínimo para una generación es de aproximadamente 30 días. Una hembra puede ovipositar hasta 136 huevos por día, usualmente unos 10 por sitio de ovoposición (USDA, 2015). Bajo condiciones óptimas, una hembra puede ovipositar 3000 huevos durante toda su vida, pero bajo condiciones de campo de 1200 a 1500 huevos (Weems y Heppner, 2017). Los huevos pueden incubarse en 24 horas, pero a temperaturas más frías puede requerir hasta 20 días. La fase larvaria puede comprender de 6 a 35 días dependiendo de la temperatura. A temperaturas óptimas la fase larvaria puede ser de 6 a 7 días. Las larvas de tercer instar pueden abandonar la fruta moviéndose antes o después de que caiga al suelo. Luego, empupa 2 a 5 cm por debajo de la superficie del suelo. Las larvas pueden moverse hasta 90 cm de distancia de las frutas caídas en busca de un lugar adecuado para empupar. La etapa pupal tarda generalmente de 10 a 12 días para terminar. Puede alargarse a 120 días en temperaturas más frías. La *Bactrocera dorsalis* generalmente hiberna en esta etapa. Las hembras recién emergidas requieren normalmente de 8 a 12 días antes de comenzar a ovipositar. Los adultos suelen vivir de 1 a 3 meses, pero pueden sobrevivir un año en lugares fríos. La especie es capaz de sobrevivir a las heladas y ligeras nevadas (USDA, 2015). Es una especie tropical que puede sobrevivir bajas temperatura de 7°C a 2°C (EPPO, 1996).

Morfología de la plaga

El adulto, que es más grande que una mosca doméstica, mide aproximadamente 8 mm; el ala mide cerca de 7,3 mm de longitud y es mayormente hialino. Su color es variable, pero con marcas prominentes de color amarillo y marrón oscuro a negro en el tórax. Generalmente, el abdomen tiene dos rayas horizontales negras y una raya longitudinal mediana que se extiende desde la base del tercer segmento hasta el ápex del abdomen. Estas marcas pueden formar un patrón en forma de T, pero el patrón varía considerablemente (Weems y Heppner, 2017).

Bactrocera dorsalis



Figura 8. Adulto hembra y macho de *Bactrocera dorsalis* (Fuente: Weems y Heppner., 2017)

Daños

Al igual que otros Tephritidae, daña la fruta mediante los orificios de oviposición y posterior desarrollo de las larvas (Weems y Heppner, 2017).



Figura 9. Hembra de *Bactrocera dorsalis* ovipositando. "Photograph by Okinawa Prefectural Fruit Fly Eradication Project Office en Weems y Heppner, 2017".



ESTUDIO DE CASO DE

Bactrocera dorsalis

Vías de ingreso

El mayor riesgo es la importación de frutos que contengan la larva, tanto como parte de los envíos comerciales, el movimiento de equipajes de pasajeros o por el correo. En Nueva Zelanda se registraron de 7 a 33 interceptaciones de la mosca de la fruta en envíos y de 10 a 28 por año en equipajes de pasajeros (CABI, 2017).

Ante entornos adversos, como sobre el agua, su capacidad de vuelo puede ser de 64 kilómetros. Tiene normalmente dos picos diarios de actividad, uno en la mañana temprano para la alimentación y otro al atardecer para el apareamiento (USDA, 2015).

Prospección y detección

El método de vigilancia comprende el uso de trampas Jackson, que tienen como atrayente un difusor de Metil eugenol, sostenidas con una canastilla o alambre en su interior. La base de la trampa Jackson presenta una superficie pegante con Stickem con la finalidad de capturar insectos que se posan en ella.

Impacto de la plaga

Bactrocera dorsalis es una de las plagas más serias en frutos y hortalizas, fue introducida a Hawái aproximadamente en 1945 y en 1948 desarrolló altas poblaciones. En algunas zonas de Pakistán se reporta de 50 a 70% de infestación en durazno y pera y, en otras, de 50 a 80% en níspero, durazno, albaricoque, guayaba e higo (USDA, 2015).

Es una de las cinco plagas más importantes en el sudeste de Asia (EPPO, 1996).

Bactrocera dorsalis es una plaga muy seria para una gran variedad de frutos y hortalizas y los niveles de daño pueden alcanzar hasta el 100% en frutos desprotegidos (CABI, 2017).

Medidas de control y mitigación

Según CABI (2017):

- Restricciones fitosanitarias en el comercio internacional, que incluyen: fumigación, tratamiento de calor (vapor caliente o agua caliente), tratamiento de frío, inmersión en insecticida o irradiación.
- Embolsado de frutos, como barrera física para la oviposición.
- Remoción y destrucción de frutos caídos mediante quemado, enterrado, alimentación de cerdos o poniéndose los frutos –tanto sanos como enfermos– en bolsas plásticas oscuras y ubicándolas bajo el sol.
- Aplicación de plaguicidas (Ej. malation, spinosad, fipronil) cebada con proteína hidrolizada.
- Técnica del insecto estéril.
- Supresión de machos atraídos con Metil eugenol (4-allyl-1,2-dimethoxybenzene).
- Sistemas de alerta temprana, con una red de trampas de Metil eugenol y cuelure, por lo menos en áreas de alto riesgo (puertos y aeropuertos).

ANEXO 2

Modelamiento bioclimático para *Bactrocera dorsalis***A. Data**

En este acápite se detallará el origen de los datos utilizados para los estudios de caso, de acuerdo a su tipo y origen. Estos archivos de trabajo, software, bibliografía y datos están disponibles en: <<https://goo.gl/WYFe6a>>.

A1. Datos climáticos raster (*.tiff)

Para acceder a datos climáticos georreferenciados, acceder a la página web <<http://www.worldclim.org/>> ir al enlace versión 2 <<http://worldclim.org/version2>> por los datos climáticos actualizados.

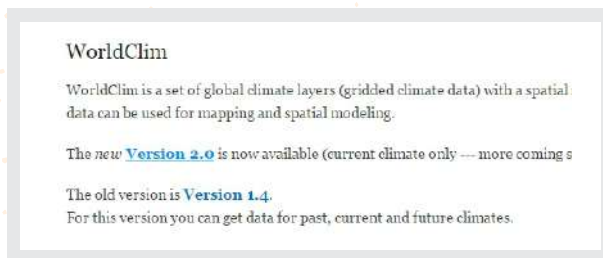


Figura 10. Imagen de la pantalla del enlace a la versión 2.



Figura 11. Selección de la descarga de los datos a 10 minutos de resolución.

Se seleccionan los datos bioclimáticos de 10 minutos por ser de menor tamaño y resolución que el resto, que demorarán más en trabajarse pero proveerán mayor detalle en los resultados.

NOTA: La carpeta de estos datos es: "WC10y1990tiff" del enlace: <<https://goo.gl/WYFe6a>>.

NOTA: Las variables disponibles son: BIO1 = Annual Mean Temperature, BIO2 = Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp)), BIO3 = Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100), BIO4 = Temperature Seasonality (standard deviation *100), BIO5 = Max Temperature of Warmest Month, BIO6 = Min Temperature of Coldest Month, BIO7 = Temperature Annual Range (BIO5-BIO6), BIO8 = Mean Temperature of Wettest Quarter, BIO9 = Mean Temperature of Driest Quarter, BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter, BIO11 = Mean Temperature of Coldest Quarter, BIO12 = Annual Precipitation, BIO13 = Precipitation of Wettest Month, BIO14 = Precipitation of Driest Month, BIO15 = Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation), BIO16 = Precipitation of Wettest Quarter, BIO17 = Precipitation of Driest Quarter, BIO18 = Precipitation of Warmest Quarter, BIO19 = Precipitation of Coldest Quarter.

ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

NOTA: En enlace de la versión 1.4, se puede acceder a datos proyectados al 2050 y 2070, bajo cuatro escenarios llamados *Representative Concentration Pathways (RCP)*.

A2. Datos vectoriales (*.shp)

El Consejo Suramericano de Infraestructura y Planeamiento (COSIPLAN) ha consolidado con información cartográfica en la región, entre otras, las siguientes capas:

- Control Fronterizo (CSP_AH070_N),
- Poblado (CSP_AL105_N),
- Línea de Ferrocarril (CSP_AN010_L),
- Estación de Ferrocarril (CSP_AN070_N),
- Vía (CSP_AP030_L),
- Puerto (CSP_BB005_N),
- Lago (CSP_BH080_P),
- Río (CSP_BH140_L, CSP_BH140_P),
- Límite Administrativo (CSP_FA000_L), (CSP_FA001_L, CSP_FA001_P),
- Zona Administrativa de 3^{er} Nivel (CSP_FA002_P),
- Paso de Frontera (CSP_FA125_N),
- Aeropuerto (CSP_GB001_N), entre otros.

Esta información está comprimida en formato ZIP y disponible en:
<<http://www.sig.cosiplan.unasursg.org/node/15>>, descomprimirla y guardarla en una carpeta independiente como DATA del enlace <<https://goo.gl/WYFe6a>>.

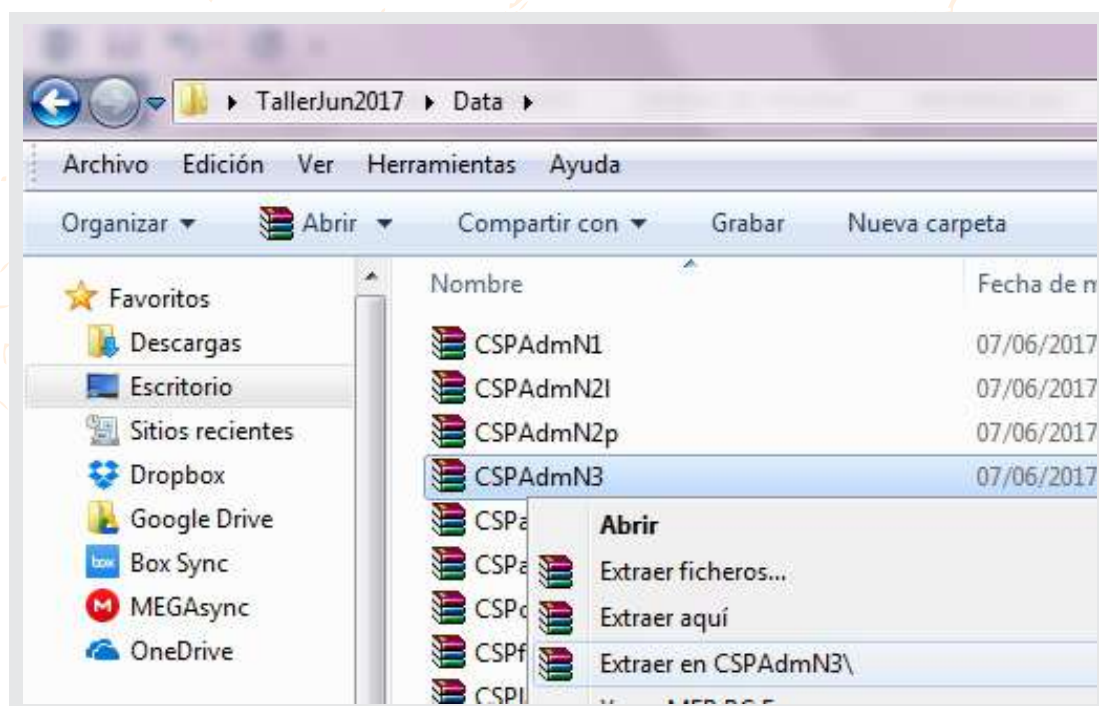


Figura 12. Descargar las capas vectoriales y descomprimirlas haciendo un clic con el botón izquierdo del mouse.

Bactrocera dorsalis

A3. Datos georreferenciados de plaga (coordenadas geográficas referenciales a manera de ejemplo)

De la Página de CABI *Invasive Species Compendium*, dirigirse a:

- *Bactrocera dorsalis*: <<http://www.cabi.org/isc/datasheet/17685>>

Ir la parte inferior del mapa de distribución mundial, ir a *Download CSV file o Comma separated values* que es accesible por medio de Microsoft Excel.



Figura 13. Descargar los archivos *Comma separated values (CSV)*.

species	Longitudo	Latitude
Bdorsalis	18.5	-12.5
Bdorsalis	90	24
Bdorsalis	2.25	9.5
Bdorsalis	90.5	27.5
Bdorsalis	24	-22
Bdorsalis	114.667	4.5

Figura 14. Eliminar los datos con situación *Absent o Restricted distribution* y ordenar los elementos como se muestra.

Abrir el archivo en Excel, eliminar los reportes de la plaga con las situaciones identificadas como *Absent o Restricted distribution* y colocar la columna de especie primero, luego longitud y latitud. Eliminar el resto de las columnas. Asegurarse de tener la columna de especie primero y, sucesivamente, la de longitud y la de latitud y guardar el archivo como <Bdorsalis.csv>. Estos datos están disponibles en la carpeta <cBactrocera dorsalis> del enlace <<https://goo.gl/WYFe6a>>.

B. Software

B1. QGIS

QGIS (anteriormente llamado también Quantum GIS) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS y Microsoft, soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos raster y bases de datos. Además, cuenta con extensiones específicas, disponibles en <<http://plugins.qgis.org/plugins/>>, que lo hace uno de los mejores en su tipo y cuenta con mejoras continuas.

ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

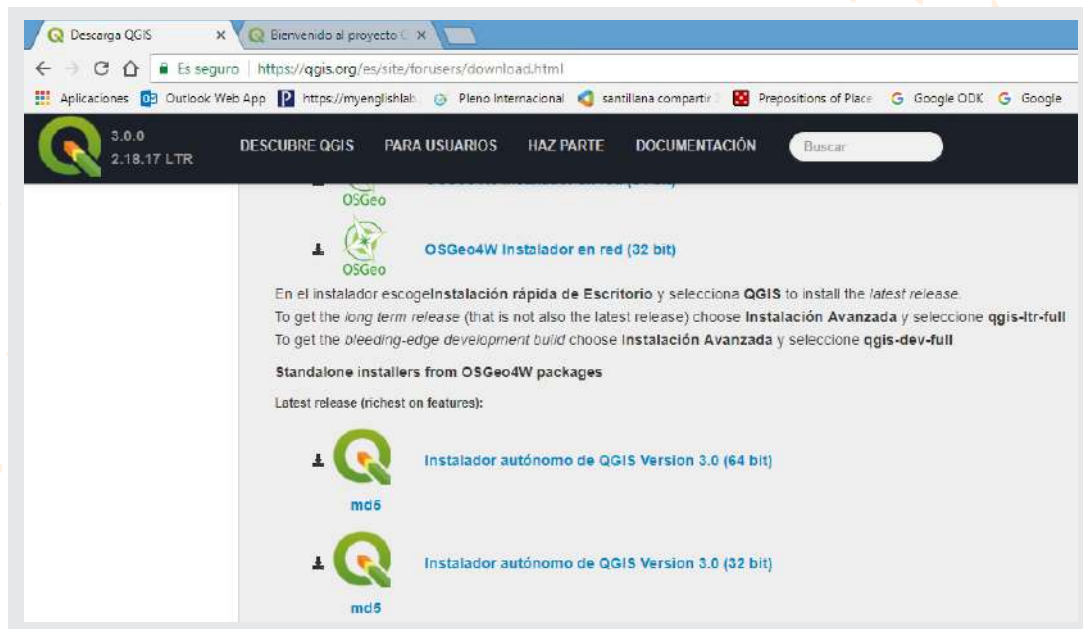


Figura 15. Página para descargar QGIS 3.0.0 Girona disponible en:
<<https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>>

NOTA: Es recomendable leer y practicar con el manual de entrenamiento del programa. El cual está disponible en:
<<http://www.qgis.org/es/site/forusers/index.html#download>>
y videos de tutoriales del programa que están disponibles en la web.

B2. MaxEnt

B2.1. Instalar Java, en caso de que no esté instalado

Para verificar si está instalado Java en su computadora, entre por medio de Internet Explorer a:

<<https://www.java.com/es/download/installed.jsp>>

Para instalarlo en Internet Explorer, ingresar a:

<http://www.java.com/es/download/help/ie_online_install.xml>

Para instalarlo en Firefox, ingresar a:

<http://www.java.com/en/download/help/firefox_online_install.xml>

NOTA: Java no es soportada por Google Chrome

B2.2. Instalar MaxEnt

El programa MaxEnt está disponible en el enlace web:

<https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/>

ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

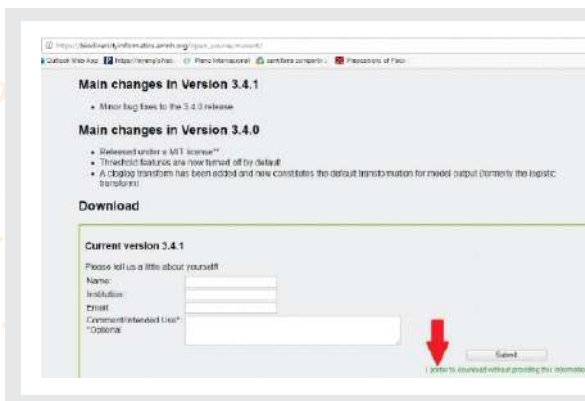


Figura 16. Enlace para la descarga de MaxEnt y solicitud opcional de datos personales del usuario.

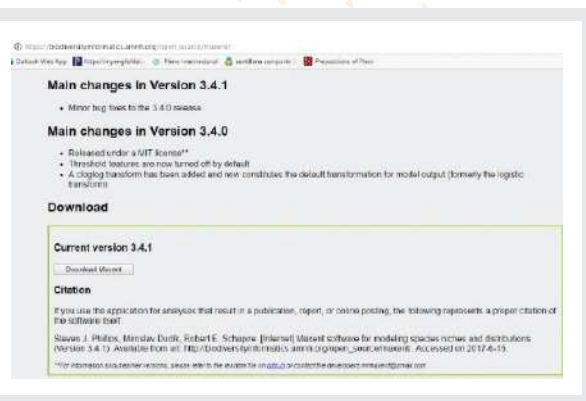


Figura 17. Descarga de versión 3.4.1. y cita bibliográfica del programa MaxEnt.

C. Actividades

C1. Abrimos un *shape* (o capa vectorial) y convertimos datos raster (*.tiff) to "*.asc") para usar MaxEnt en el modelamiento.

C1.1. Abrimos un shape en QGIS

Un *shapefile* tiene (por lo menos) tres archivos con el mismo nombre pero diferente nombre extensión. El archivo con la extensión SHP (<*.shp>) es el archivo principal en el que se almacenan *spatial features* (características espaciales).

Abrir el QGIS, con la opción corta: *add Vector layer* (margen izquierdo) o la pestaña *Layer*, tal como lo indica la figura inferior.

En la pestaña *Project de QGIS*, seleccionar *Save as* para guardar el proyecto.

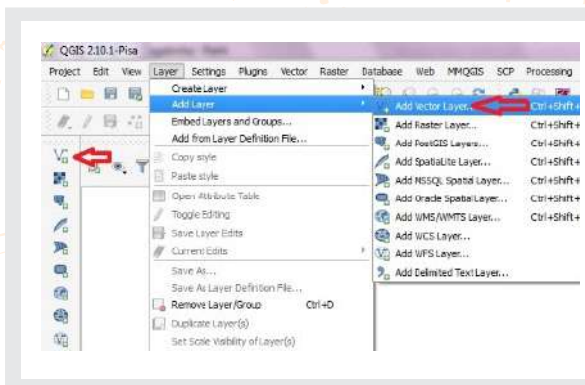


Figura 18. Buscamos en la carpeta DATA los formatos descomprimidos <*.shp>

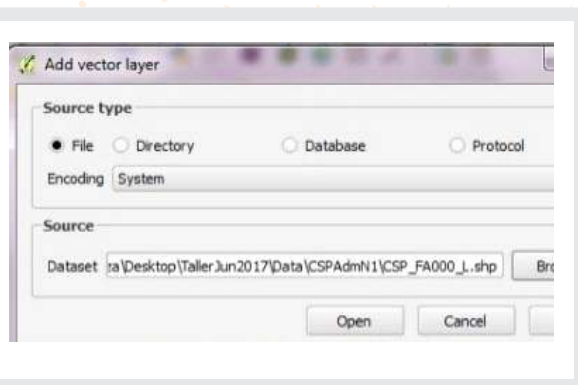


Figura 19. Luego de ubicar el archivo <*.shp> dar clic en *open*.

NOTA: Observar que el borde inferior a su derecha el *Coordinate Reference System* (CRS) es siempre *Coordenada Geográfica Decimal -WGS84* con su código: 4326-, que se recomienda por ser un sistema mundialmente estandarizado.

ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

C1.2. Convertimos datos raster (<*.tiff> to <*.asc>)

Un raster consiste en un conjunto de celdas de idéntico tamaño, cada una con un valor de una variable (como temperatura, tipo de suelo). El tamaño de estas celdas se conoce como "resolución" y depende del tamaño del ámbito geográfico y del objetivo del proyecto.

Tamaño aproximado de las unidades geográficas (en el ecuador ²), redondeado a km	
Grados	Tamaño
1 grado	111 km
10 minutos	18 km
5 minutos	9 km
2.5 minutos	5 km
30 segundos	1 km

Figura 20. Correspondencia aproximada entre grados y kilómetros en el Ecuador (de: Sheldeman y van Zonneveld, 2011).

Para abrir los raster, se escoge la opción *Add Raster Layer* del margen izquierdo, tal como lo muestra la Figura 21. Se ubican, seleccionan y abren los archivos del tipo <bio10m01.tif> de la carpeta <WC10y1990tiff>.

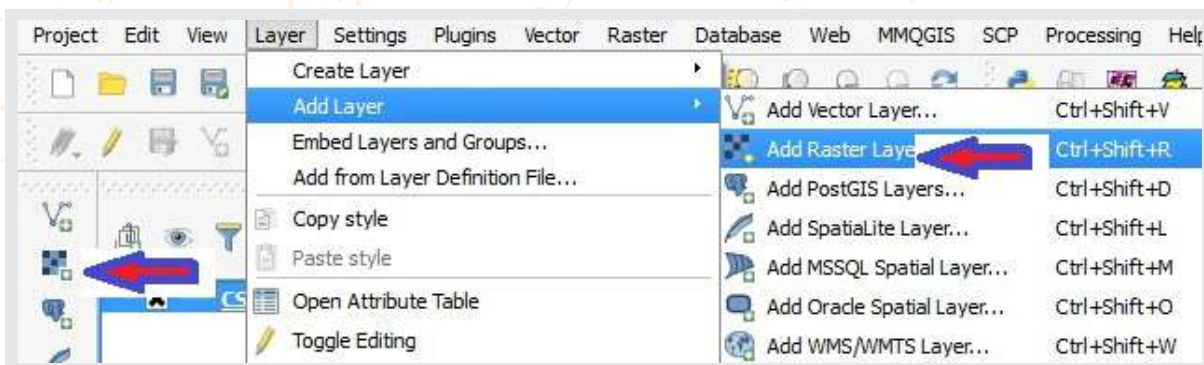


Figura 21. Comando para abrir archivos raster (<*.tiff>) señalados con la flecha roja, pestaña *Layer/Add layer/ Add Raster Layer*.

Para la conversión, seleccionar la opción *Translate*, como lo indica la Figura 22, en la casilla *Input Layer* direccionar cada archivo <*.tif> y en la casilla *Output file* el destino de los archivos <*.asc> en una carpeta como <WC10y1990asc> (no la carpeta <WC10y1990tiff>) y active la selección del sistema de coordenadas <EPSG:4326>. Tal como lo muestra la Figura 23.

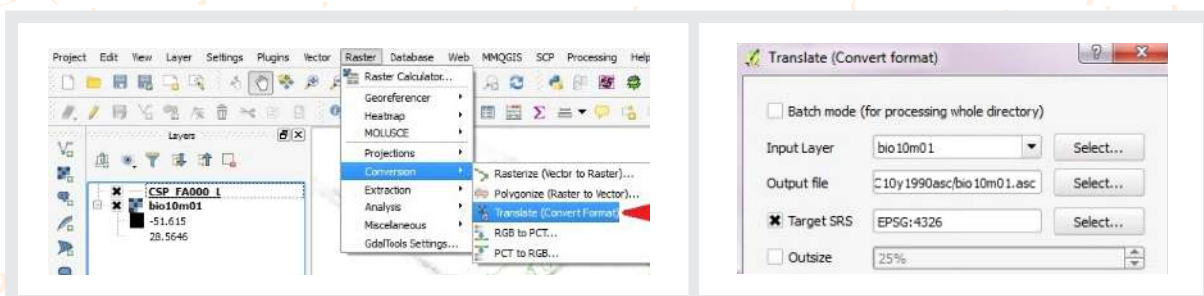


Figura 22. Comando *Translate* para convertir archivos raster <*.tif> a <*.asc>.

Figura 23. Detalles de la conversión, especificando la extensión <*.asc>.

Bactrocera dorsalis

Asegurarse de que los archivos de destino especifiquen la extensión <*.asc> y la selección del sistema de coordenadas.

Hacer igual procedimiento con las 19 capas de las variables bioclimáticas que se descargaron en la sección A1 y que están disponibles en el enlace: <<https://goo.gl/WYFe6a>> y la carpeta <Wc10y1990tiff>.

NOTA: Los archivos raster en formato <*.asc> también se encuentran en la carpeta: <TallerJun2017\WC10y1990asc> del enlace <<https://goo.gl/WYFe6a>>

C2. Usamos MaxEnt para el modelamiento.

Para abrir el programa MaxEnt, hacer clic en el archivo <maxent.jar>. Abrir la opción *Settings*, seleccionar *Basic* y detallándose opciones estándar y además en la casilla *Random test percentage* colocar 25, con la finalidad de que el programa haga una prueba adicional con el 25% de las muestras. Luego cerramos la ventana.

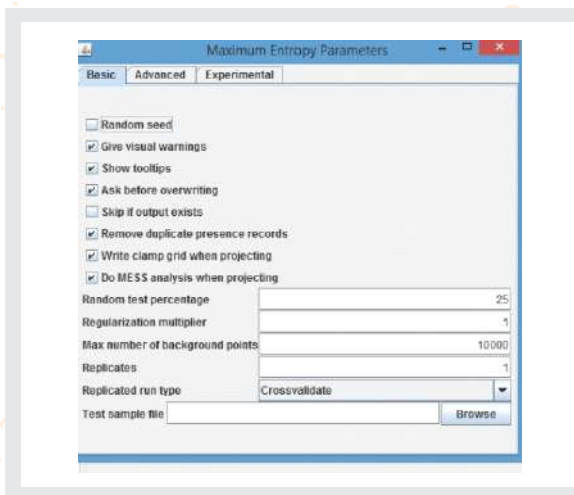


Figura 24. En la opción *Settings* y *Basic* incluir las opciones estandarizadas de la figura.



Figura 25. Pantalla principal donde se colocan los datos georreferenciados de la plaga y las variables bioclimáticas en formato <*.asc>



ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

En la pantalla principal, para la opción *samples* nos dirigimos al archivo <*.csv> (*Comma separated values* no archivos <*.xls>) de ubicaciones georreferenciadas de la plaga explicado en el sección A3.

Seleccionar las opciones: *Auto features*, *Create response curves*, *Make pictures of predictions*, *Do jackknife to measure variable importance*, *Logistic format* y *asc file type*. Además direccionar un directorio para la salida de archivos, con lo cual, indicar que se realice un modelamiento completo, con gráficos como el *Do jackknife* que visualmente describe el aporte de cada variable climática al modelo final.

Por otro lado, al dirigir la opción *enviromental layers* a la carpeta con las variables convertidas al formato <*.asc>, el cual es un archivo raster como el que tratamos en la sección A1.

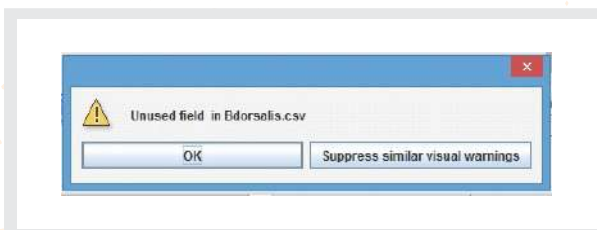


Figura 26. Tomar nota de los avisos como *Unused field* o *Missing enviromental data*

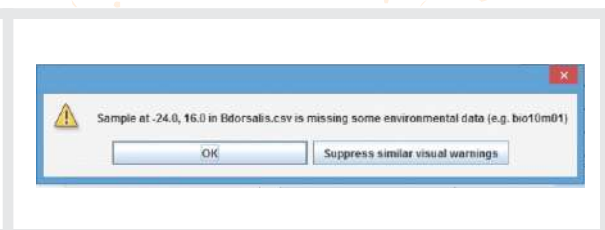


Figura 27. Luego de verificar repeticiones se puede seleccionar la opción *Suppress similar visual warnings*

Con fines prácticos, registre los avisos como: *Unused field* o *Missing enviromental data* y haga un clic en *ok*.

Los resultados del modelamiento climático se presentan en el archivo (abril 2018): <<https://goo.gl/WYFe6a>> que puede ser abierto con cualquier *browser* de internet. Mientras que el archivo raster del mapa se presenta de la forma <Bdotsalis.asc>, tal como lo muestran las Figuras 28 y 29.

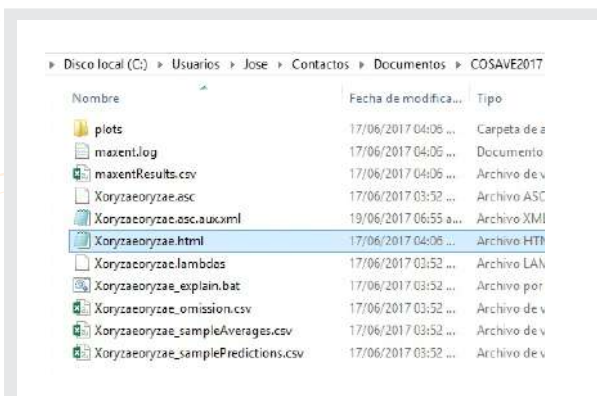


Figura 28. Archivo de resultados del modelamiento MaxEnt

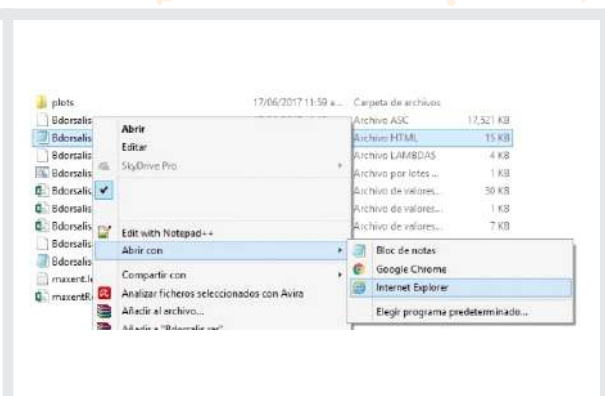


Figura 29. Forma de abrir el formato <*.html> del modelamiento. El archivo <*.asc> es un raster explicado en la sección A1.

Bactrocera dorsalis

C3. Abrimos un mapa en coordenadas geográficas, creamos una cuadrícula referencial a 100 km, sobre la cual creamos un centroeide

En base a las equivalencias entre grados y km, de Sheldeman y van Zonneveld (2011), mostradas en la Figura 20, elaboramos una cuadrilla o grilla de un tamaño referencial de 100 Km o 0.9 grados decimales.

Primero, abrimos cualquier archivo vectorial shape del COSIPLAN <<http://www.sig.cosiplan.unasursg.org/node/15>>.



Figura 30. Abrir una capa de referencia vectorial con la extensión <*.shp.>

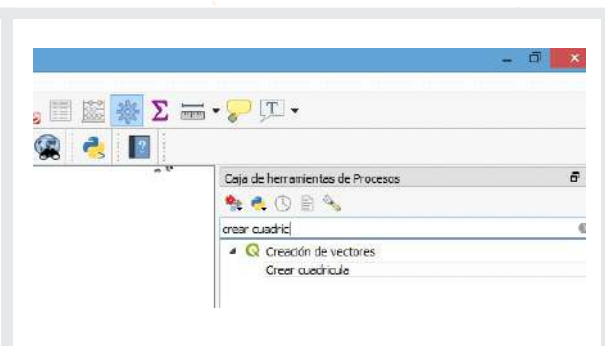


Figura 31. Seleccionar la función *Crear cuadrícula* vectorial en la *Caja de herramientas de procesos* (ver nota si no está disponible) y dar clic.

NOTA: Si la Caja de herramientas de procesos no está disponible, por favor seleccionar en la pestaña Ver, Paneles y luego Caja de herramientas de procesos.

En el tipo de cuadrícula seleccionar *Rectángulo (polígono)*, en *Extensión de la cuadrícula* escoger *Seleccionar extensión sobre el lienzo* y sobre el mapa arrastrar la extensión sobre la cual se requiere la cuadrícula, completar el "*Espaciado horizontal*" y "*Espaciado vertical*" con el dato 0.9, en <Grid CRS> revisar si está <EPSG:4326–WGS 84>, indicar el archivo destino de la cuadrícula o grilla, para finalmente seleccionar *Run*, como lo indica la Figura 32.

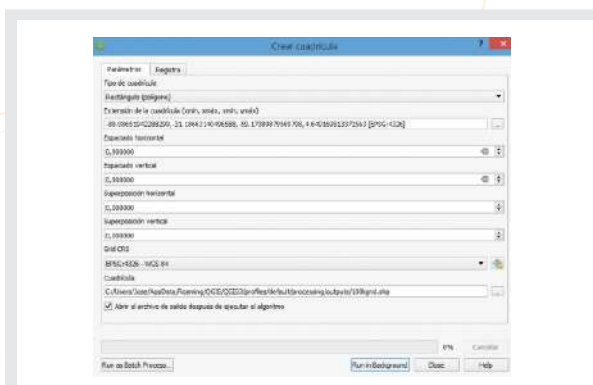


Figura 32. Detalles de lo consignado en la función *Crear cuadrícula*.

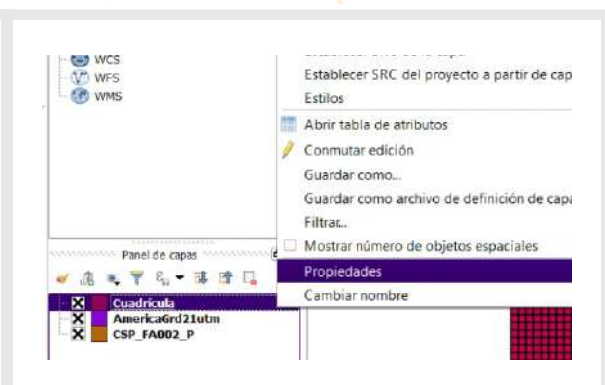


Figura 33. Ahora tenemos el archivo cuadrícula en el panel de capas, para volverla transparente con el botón derecho se selecciona propiedades.

ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

En el panel de *Capas*, con un clic derecho sobre la capa de cuadrículas se puede modificar la apariencia o ubicación de las capas. Así, para volverla transparente seleccionar *Opciones*, *Estilo*, *Single symbol*, *Relleno*, *Simple fill* y en *Estilo de relleno* seleccionar *Sin relleno*. La ubicación para adelante o para atrás del mapa se realiza arrastrando la posición de los archivos en el Panel *Capas* (ver Figura 33).

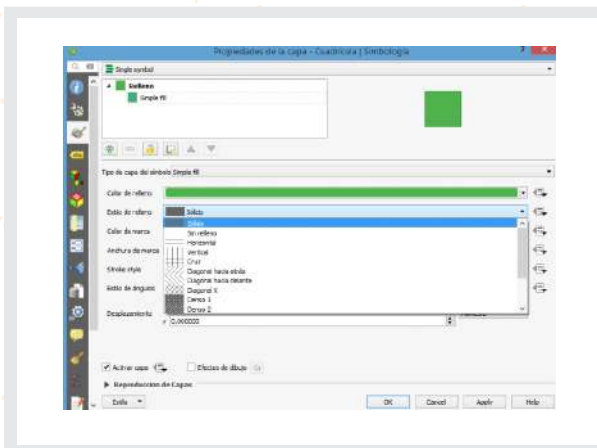


Figura 34. Para transparentar la cuadrícula, seleccionar *Single symbol*, *Simple fill*, luego *Sin relleno* en el estilo de relleno.

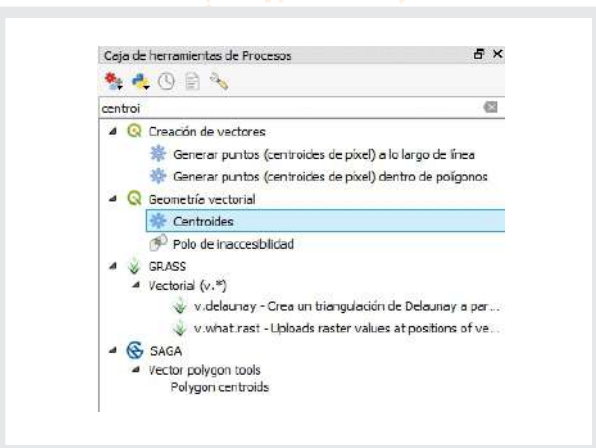


Figura 35. Para tener centroides en cada cuadrícula, buscar la función *Centroides* de *Geometría vectorial*, en la *Caja de herramientas de Procesos*.

NOTA: Si la *Caja de herramientas de Procesos* no está disponible, por favor seleccionarla en la pestaña *Ver, Paneles* y luego *Caja de herramientas de Procesos*.

Este archivo vectorial *<*.shp>* de centroides, nos permitirá extraer valores del modelamiento.

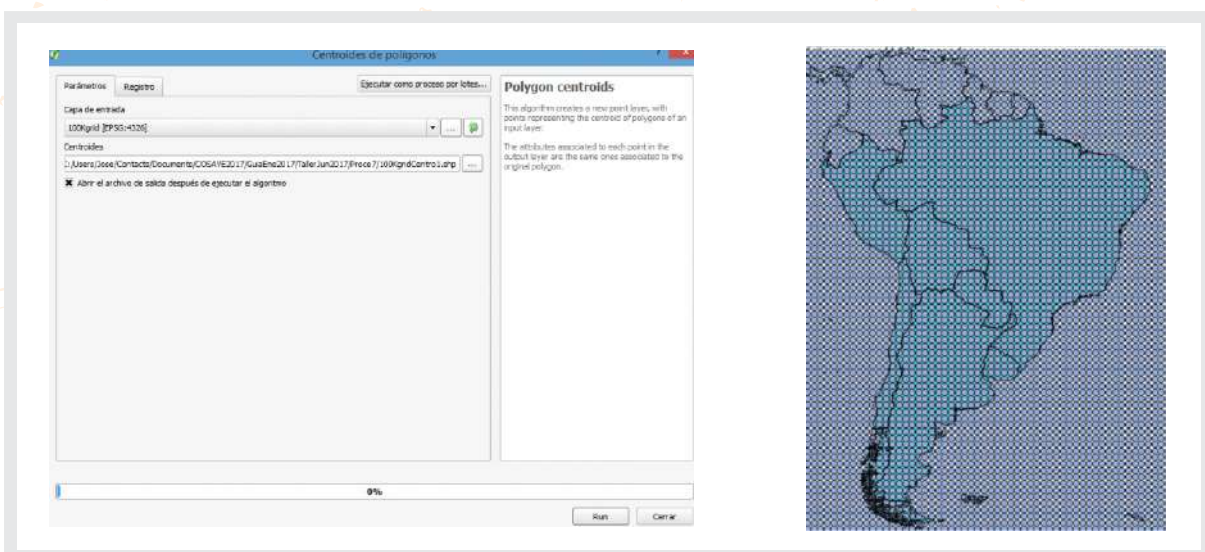


Figura 36. Detalles de la utilización de la función: *Centroides* de *Geometría vectorial*.

Figura 37. Resultados de la obtención de centroides.

Bactrocera dorsalis

C4. Integramos información con QGIS

C4.1. Desarrollo de un archivo vectorial shape con información de producción en las unidades administrativas geopolíticas de cada país.

Primero, abrimos el archivo de la Zona Administrativa de 2^{do} nivel <CSP_FA001_P.shp> que descargamos en la sección A2, luego con el botón derecho seleccionamos la opción *Abrir tabla de atributos* y *Conmutar el modo edición* y dar clic en el lápiz en el extremo superior izquierdo de la pantalla.

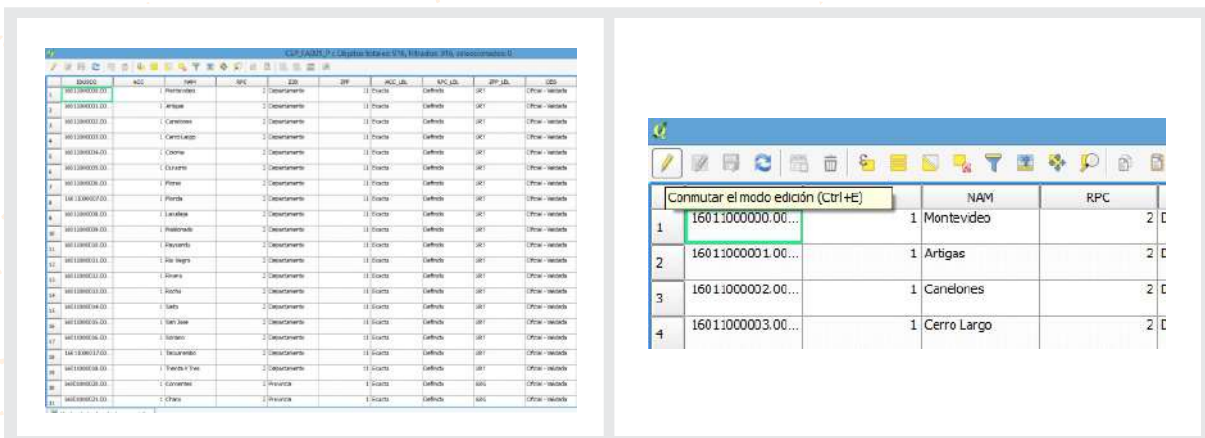


Figura 38. Abrimos el archivo <CSP_FA001_P.shp> que descargamos en la sección A2 y dar un clic derecho en *Abrir tabla de atributos*.

Figura 39. Seleccionamos la opción *Conmutar edición* con el lápiz en el margen superior izquierdo.

Al archivo vectorial <CSP_FA001_P.shp> le podemos agregar una columna en donde podemos incluir la superficie hospedante o un índice de riesgo por hospedante valorado como 0, 1 y 2 (donde 2 es el máximo valor). La superficie hospedante será un Número entero de tantas cifras como la mayor área productiva registrada. En la carpeta disponible en <<https://goo.gl/WYFe6a>> se cuentan con ambos archivos.

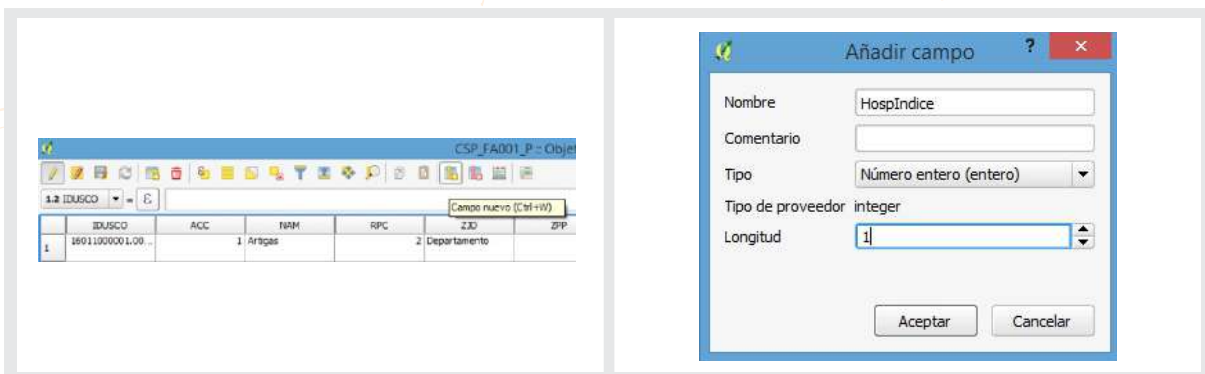


Figura 40. Con la opción *Campo nuevo* podemos agregar una columna con la superficie o un índice de riesgo por hospedante entre 0, 1 y 2 (donde 2 es el máximo riesgo).

Figura 41. Seleccionamos las opciones de nombrar, el tipo de dato Número entero su longitud y aceptamos.

C4.2. Convertimos un archivo vectorial *shape* en un raster

Para integrar el índice de riesgo por hospedante, primero se tiene que convertir el archivo vectorial *<*.shp>* a raster mediante la función ubicada en la pestaña *Raster, Conversiones y Rasterizar (Vectorial a raster)*. Para lo cual utilizamos la columna con el índice de riesgo por hospedante para la valoración del raster. La ilustración para esta función se presenta en la Figura 42.

Para una mejor visualización de los valores del raster del modelo, dar un *click* derecho sobre la capa, abrimos sus *Propiedades, Estilo* y seleccionamos *Singleband pseudocolor* con la opción *Spectral*. Con la modificación de la etiqueta como *alto, medio o bajo* tal como lo muestra la Figura 43.

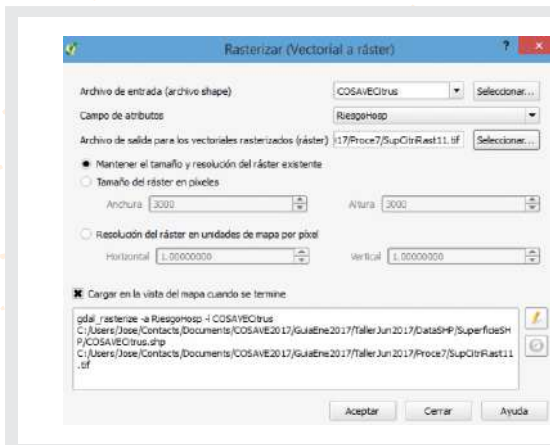


Figura 42. Con el comando *Rasterizar*, convertimos el archivo *<CSP_FA001_P.shp>* utilizando el índice de riesgo por hospedante como valor.

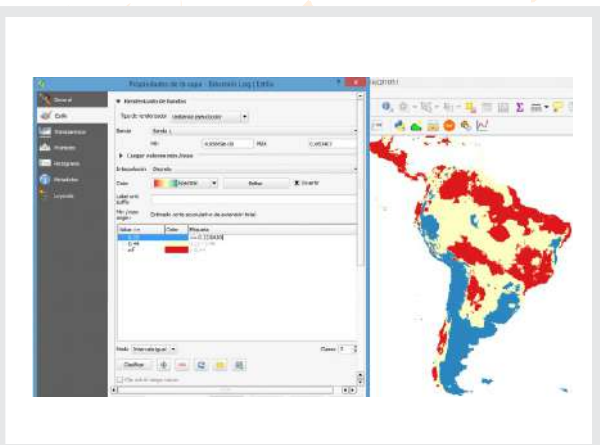
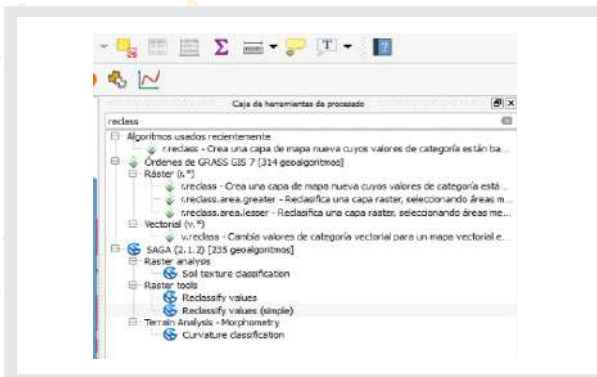


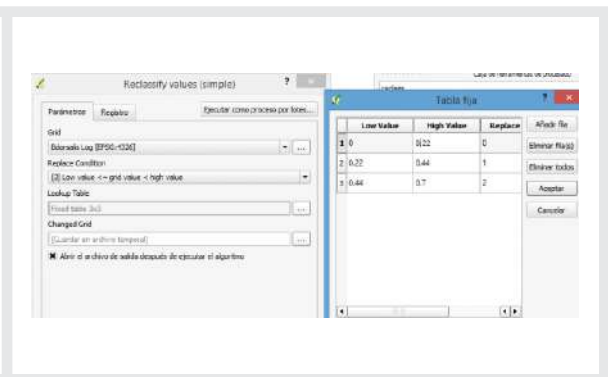
Figura 43. Para darle una mejor presentación al modelo de riesgo bioclimático, con el botón derecho sobre la capa modificamos las opciones.

C4.3. Reclasificamos el raster de modelamiento para integrarlo

De forma similar a los índices de riesgo por hospedante, es necesario tener índices 0, 1 o 2 en el modelamiento climático. Para lo cual utilizamos la función *Reclassify values (simple)* de *System for Automated Geoscientific Analysis (SAGA)* que encontramos con el buscador de la *Caja de herramientas de procesamiento* que está en el margen derecho del programa QGIS. Dentro de la cual seleccionamos la opción *Fixed Table 3x3* con los valores 0, 1 y 2. Estos detalles se muestran en las Figuras 44 y 45.



Figuras 44. Ubicación de la función *Reclassify values (simple)* en SAGA.



Figuras 45. Detalles en la función *Reclassify values* y la *Tabla fija 3x3*.

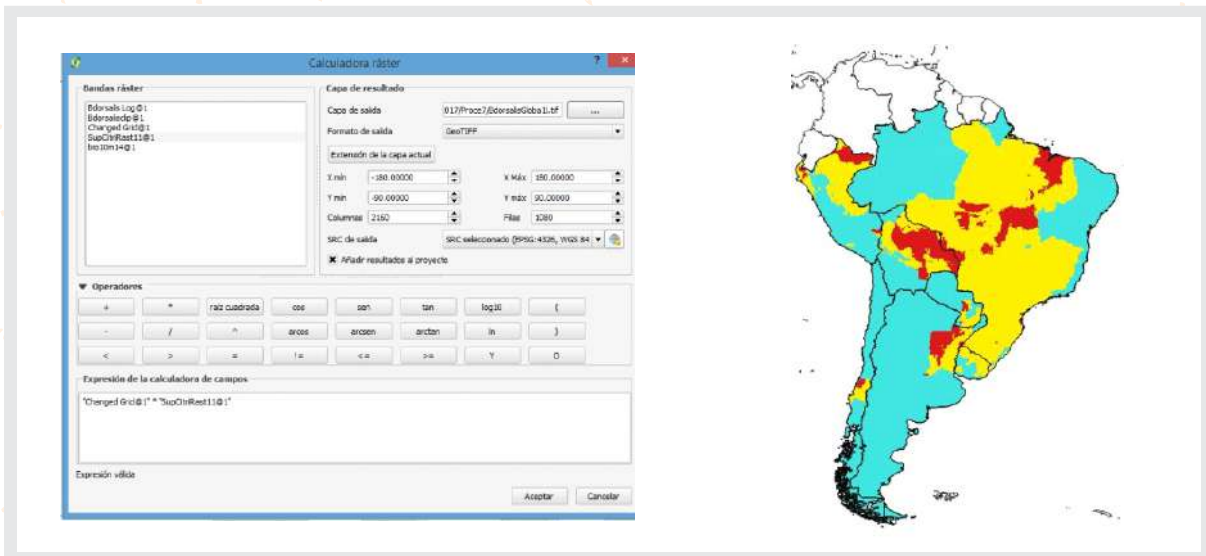
Además, es posible integrar los raster de riesgo climático con el de hospedante u otros mediante la función *Calculadora raster* que permite hacer cálculos entre capas raster. De esta manera también se puede integrar información de cobertura del suelo o el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por su sigla en inglés) que también son archivos raster. Mediante la multiplicación de capas raster, las celdas con una menor categoría se integran con un valor cero. Mientras que las de mayor categoría son las que se integraron con valores máximos, como lo muestra el Cuadro 3.

Cuadro 3. Integración de archivos raster haciendo la reclasificación del valor de celda y la función de multiplicación de la *Calculadora Raster*.

INTEGRACIÓN DE RASTER	ÍNDICE BAJO B = 0	ÍNDICE MEDIO B = 1	ÍNDICE ALTO B = 2
ÍNDICE BAJO A = 0	BAJO = 0	BAJO = 0	BAJO = 0
ÍNDICE MEDIO A = 1	BAJO = 0	MEDIO = 1	MEDIO = 2
ÍNDICE ALTO A = 2	BAJO = 0	MEDIO = 2	ALTO = 4

ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

Los detalles del uso de la función *Calculadora raster* y sus resultados se muestran en las Figuras 46 y 47.



Figuras 46. Detalles en la función *Calculadora Raster* para la integración de capas raster.



Figuras 47. Mapa de riesgo regional. El riesgo alto en color rojo, el riesgo medio en amarillo y el riesgo bajo en celeste. Escala 1:45'000,000.

C4.4. Extraemos valores de riesgo con un archivo *shape*

Necesitamos abrir las capas de puertos <CSP_BB005_N.shp> y aeropuertos <CSP_GB001_N.shp> tratadas en el punto A2, para extraer valores de riesgo en una capa vectorial. También podemos cambiar sus nombres con un clic derecho sobre estas capas.

Este archivo vectorial o *shape* también puede tratarse de un centroide en una grilla como el del acápite C3.

Para añadir las coordenadas geográficas, hacer un clic derecho sobre la capa vectorial, seleccionar *Abrir tabla de atributos*. Luego usar la *Calculadora de campos* (señalada con la flecha roja en la Figura 48) y en la opción *Geometría* seleccionar \$x para el campo *longitud* y repita la acción de seleccionar \$y para el campo *latitud*. Es importante asegurarse que el formato del campo sea *Número decimal (real)* y con 5 decimales de precisión.

ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*



Figura 48. Con un clic derecho sobre la capa vectorial abrir la *Tabla de atributos del shape* y la *Calculadora de campos* señalada con la flecha roja.

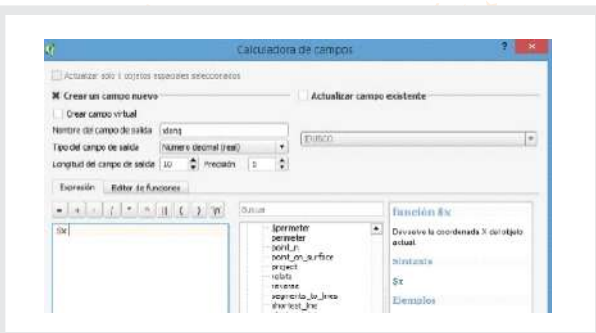
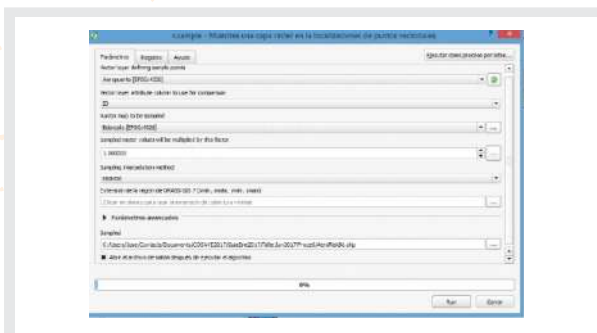


Figura 49. Crear un campo llamado *longitud* como un *Número decimal (real)* de 5 decimales y la función *Geometría* luego *\$x* y en forma similar *\$y* para la *latitud*.

En la *Caja de herramientas de procesamiento* de la derecha buscar la función *v.sample* y realizar la extracción del archivo vectorial sobre una capa raster que contenga el valor de riesgo como el que obtuvimos en la sección C2 o C4.3, tal como lo muestran las Figuras 50 y 51.



Figuras 50. Muestreo de valores de riesgo del archivo raster con una capa vectorial, direccionado a un archivo *Sampled*.

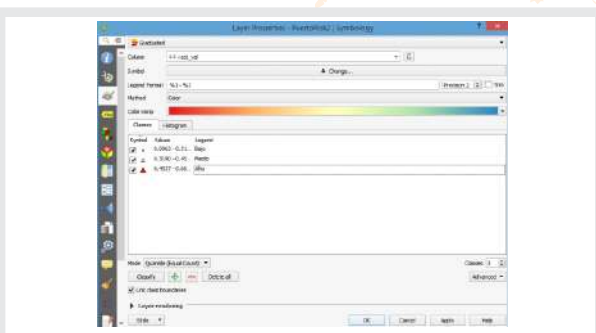


Figura 51. El archivo obtenido tiene puntos y valores que pueden mostrarse gráficamente cambiando las propiedades de la capa.

Esta capa *Sampled* se puede integrar con otra capa vectorial como la cuadrícula de 100 km que originó los centroides. Para lo cual buscamos en la *Caja de herramientas de procesamiento* la función *Unir atributos por localización*. Seleccionamos las capas *Sampled* y el archivo vectorial *shape* de la *Cuadrícula* y lo guardamos. Como se muestra en las Figuras 52 y 53.

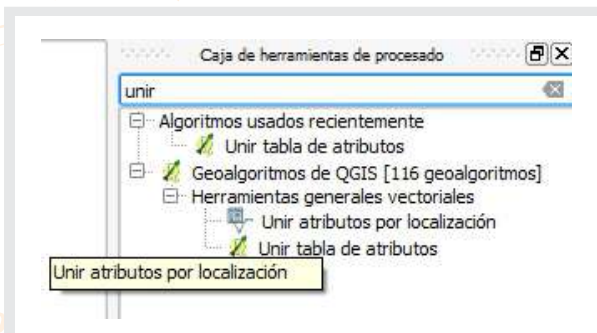


Figura 52. Buscamos la función *Unir atributos por localización* para integrar archivos vectoriales.

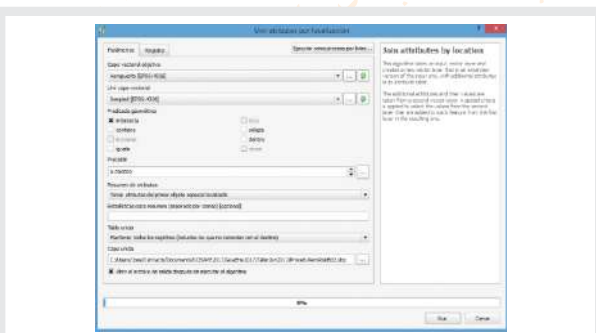


Figura 53. Seleccionamos las capas a integrar con la opción *intercepta* y le damos un nombre a nuestra capa integrada.

ESTUDIO DE CASO DE *Bactrocera dorsalis*

Esta información integrada puede presentarse como mapa, con el botón derecho del mouse *Propiedades de la capa*, *Estilo* y *Categorizado* en función a los valores del modelamiento. Tal como se muestra en las Figuras 54 y 55.

Es igualmente posible integrar otra información georreferenciada como la capa de ríos <CSP_BH140_L.shp> disponible en <<https://goo.gl/WYFe6a>> Mediante la función de la pestaña *Vectorial*, *Herramientas de Geoproceso* e *Intersección* entre archivos vectoriales.

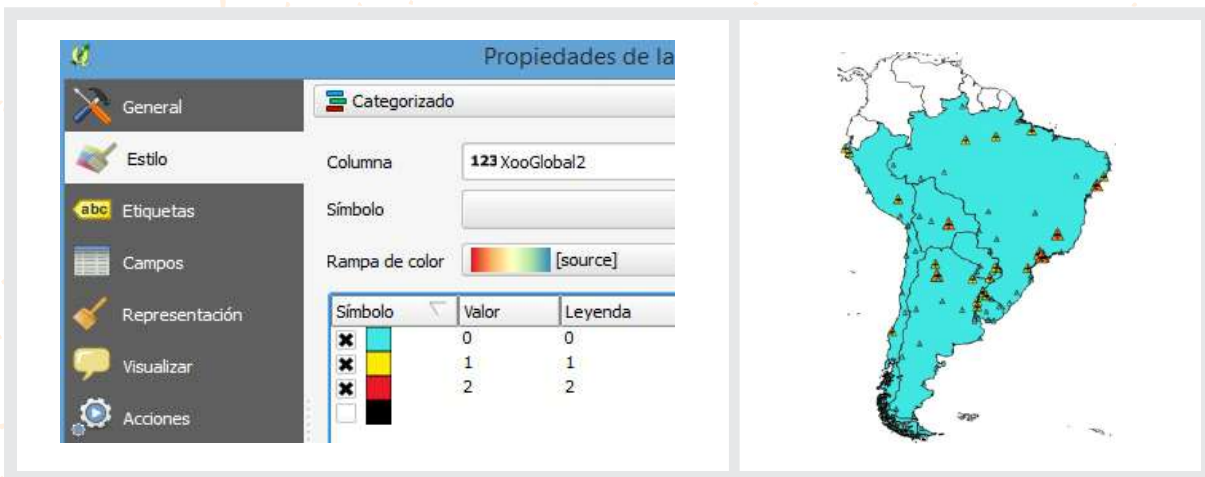


Figura 54. Con la función *Propiedades de la capa* se cambia la presentación de estilo en la capa de aeropuertos o puertos.

Figura 55. Presentación personalizada de la capa de aeropuertos en concordancia con el valor de riesgo (riesgo: alto en rojo y de mayor tamaño, medio de amarillo y bajo en celeste de tamaño pequeño).

La capa vectorial resultante contiene información del origen y los riesgos modelados. Esta información puede ser exportada con el botón derecho del mouse sobre la capa, tal como indican las Figuras 56 y 57.

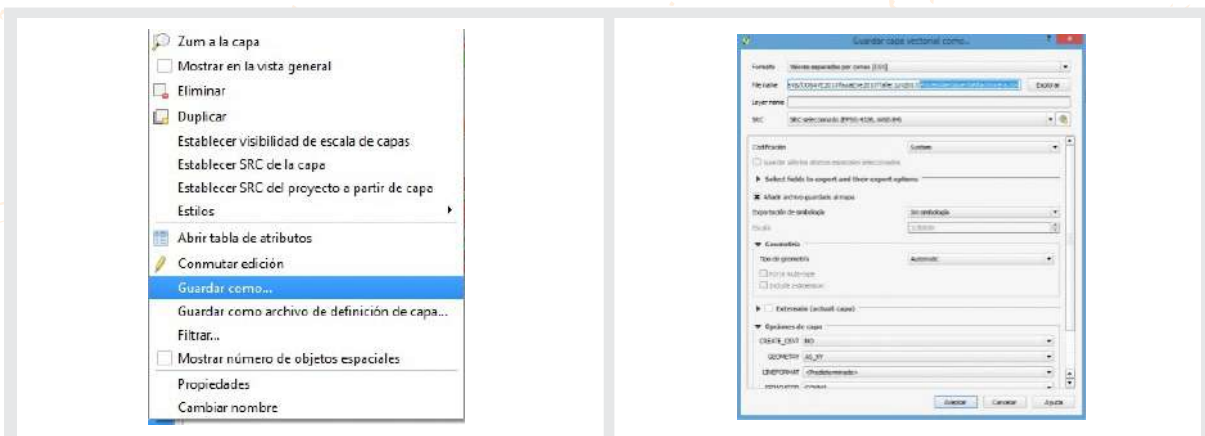


Figura 56. Para extraer la información en otro formato, usted puede seleccionar la capa con un clic derecho e indicar *Guardar como*

Figura 57. Guardamos la información en formato CSV. La cual puede abrirse con Microsoft Excel.

Bactrocera dorsalis

La ONPF puede revisar los parámetros de riesgo en función de su criterio experto. En la Figura 58 se muestra un ejemplo.

	D	E	F	G	H	I	N	O
	NAM	ACC_LBL	ATV_LBL	FUC_LBL	OPS_LBL	ZPP	RIES	rast_val
2	Salinópolis	Exacta	Nacional	Transporte	No Está Ope	BRA	Alto	0.660135
3	Las Marías	Precisa	Nacional	Servicio Púb	En Operació	CHL	Alto	0.657027
4	Copacabana	Información	Nacional	Información	Información	BOL	Alto	0.656613
5	Bermejo	Información	Nacional	Información	Información	BOL	Alto	0.653882
6	Internacional Val De Cans	Exacta	Internacional	Transporte	En Operació	BRA	Alto	0.650164
7	Brigadeiro Protasio De Oliveira	Exacta	Nacional	Transporte	En Operació	BRA	Alto	0.650164
8	Curimanque	Precisa	Nacional	Transporte	En Operació	CHL	Alto	0.645926
9	Soure	Exacta	Nacional	Transporte	No Está Ope	BRA	Alto	0.638485

Figura 58. Valores raster interpolados y la identificación de cada aeropuerto para análisis posteriores

NOTA 1: Toda la información explicada en este estudio de caso está en la carpeta <cBactrocera dorsalis> del enlace <<https://goo.gl/WYFe6a>>

NOTA 2: El mapa generado en QGIS es <Bdorsalis10.qgs> y está disponible en la carpeta <QBdorsalis> del enlace <<https://goo.gl/WYFe6a>>. Para su uso, descargar la carpeta <QBdorsalis> completa ya que contiene las capas (layers) involucradas.

Referencias

NIMF n.º 26 (2016). Establecimiento de áreas libres de plagas de moscas de la fruta (Tephritidae).

Sheldeman X. y van Zonneveld M. (2011). *Manual de Capacitación en Análisis Espacial de Diversidad y Distribución de Plantas*. Bioersity International, Roma, Italia. 186 pp. Disponible (27 de octubre de 2017) en: <<http://www.bioersityinternational.org/e-library/publications/detail/manual-de-capacitacion-en-analisis-espacial-de-diversidad-y-distribucion-de-plantas/>>

Weems H.V. y Heppner J.B. (2017). *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Insecta: Diptera: Tephritidae). University of Florida, and Gary Steck, Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Disponible (27 de octubre de 2017) en: <http://entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/tropical/oriental_fruit_fly.htm>



GUÍA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN
DEL SISTEMA DE
VIGILANCIA
FITOSANITARIA ESPECÍFICA
ESTUDIO DE CASO DE
Bactrocera
dorsalis

