

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Escuela Académico Profesional de Agronomía**



**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA POLILLA  
(*Phthorimaea operculella* Z.) A NIVEL GLOBAL EMPLEANDO EL  
MODELO CLIMEX**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**JARIS EMMANUEL VENEROS GUEVARA**

**ASESOR: ING. ALONSO VELA AHUMADA**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**-2014-**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, quien supo orientarme e iluminarme a cada momento en mis decisiones.*

*Con mucho cariño e infinito amor a mis padres, Lilia y Elianiles que son el soporte y guías constantes de mi formación.*

*A Mihajlo y André por ser los mejores hermanos que Dios pudo haberme dado.*

*En memoria de dos Grandes Maestros Ing. Juvenal Veneros R. e Ing. Raúl Guerra V.*

*Al hombre del campo...*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de Cajamarca y a la Escuela Académico Profesional de Agronomía, por la formación académica brindada. En especial al Ing. Alonso Vela Ahumada por las contribuciones para la realización de esta investigación.

Al Centro Internacional de la Papa (CIP), por brindarme la formación en la investigación científica. Al Ph.D. Oscar Ortiz Oblitas por ser el apoyo y ejemplo en mí transitar académico. Al Ph.D Roberto A. Quiroz, Ph.D Kwon Min y Dr. Jürgen Kroschel, por los consejos, amistad y oportunidades para ser parte de sus equipos. Al Dr. Henri Tonnang por ser un buen maestro en la Modelación de Especies.

Al Seminario Permanente de Investigación Agraria (SEPIA), por brindarme una Beca del Post Sepia XIV en el tema Desafíos Ambientales.

Al Dr. Juan Seminario Cunya, por ser un gran docente y amigo.

A mis amigos, en especial a los compañeros de la UNC y del CIP.

Además, agradezco muy especialmente a aquellas personas que de una u otra manera me apoyaron durante todo el proceso formación. Gracias por sus consejos y sinceras manifestaciones de apoyo en todo momento siempre estarán en mi corazón.

## INDICE GENERAL

<i>LISTA DE FIGURAS</i> .....	7
<i>LISTA DE ANEXOS</i> .....	9
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1 <i>PHTHORIMAEA OPERCULELLA (ZELLER)</i> .....	14
2.1.1 <i>Origen y distribución</i> .....	15
2.1.2 <i>Biología y dinámica poblacional</i> .....	18
2.1.2.1 <i>Huevo</i> .....	18
2.1.2.2 <i>Larva</i> .....	19
2.1.2.3 <i>Pupa</i> .....	19
2.1.2.4 <i>Adulto</i> .....	19
2.1.2.5 <i>Umbrales de temperatura y modelación de P. operculella</i> .....	20
2.2 <i>MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES: PREDICCIÓN Y OCURRENCIA</i> .....	24
2.2.1 <i>Modelos de distribución de especies</i> .....	25
2.2.2 <i>Técnicas de modelación para la distribución especies</i> .....	27
2.2.2.1 <i>Técnicas discriminantes</i> .....	27
2.2.2.2 <i>Técnicas descriptivas</i> .....	28
2.2.2.3 <i>Técnicas mixtas</i> .....	29
2.2.3 <i>Investigaciones de modelación para la distribución especies</i> .....	29
2.3 <i>CAMBIO CLIMÁTICO</i> .....	30
2.3.1 <i>Efecto del cambio climático en los seres vivos</i> .....	31
2.3.2 <i>Impactos del cambio climático en la agricultura</i> .....	32
2.3.3 <i>Escenarios y proyecciones climáticas</i> .....	32
2.4 <i>CLIMEX: MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES</i> .....	34
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>37</b>
3.1 <i>DISTRIBUCIÓN DE P. OPERCULELLA, A NIVEL GLOBAL</i> .....	37
3.1.1 <i>Documentación de la distribución observada de P. operculella</i> .....	37
3.1.2 <i>Georreferenciación de la distribución observada de P. operculella</i> .....	38
3.2 <i>DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE P. OPERCULELLA, EMPLEANDO EL MODELO CLIMEX</i> .....	38
3.2.1 <i>Data meteorológica empleada por el modelo CLIMEX</i> .....	38
3.2.2 <i>Escenarios de cambio climático</i> .....	39
3.2.3 <i>Metodología para determinar la distribución potencial de P. operculella, mediante el modelo CLIMEX</i> .....	40

3.2.4 Índices del modelo CLIMEX .....	41
3.2.4.1 Índices de temperatura .....	42
3.2.4.2 Índices de estrés .....	42
3.2.5 Metodología para un ajuste visual entre la distribución observada y la distribución potencial actual de <i>P. operculella</i> .....	42
3.2.6 Metodología para la validación entre el número de generaciones/año observadas y el número de generaciones/año estimadas de <i>P. operculella</i> .....	43
3.2.7 Umbrales de temperatura de <i>P. operculella</i> .....	47
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>48</b>
4.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA OBSERVADA DE <i>P. OPERCULELLA</i> .....	48
4.2 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL DE <i>P. OPERCULELLA</i> .....	50
4.3 COMPARACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE GENERACIONES/AÑO OBSERVADAS Y GENERACIONES/AÑO ESTIMADAS POR EL MODELO CLIMEX PARA <i>P. OPERCULELLA</i> .....	53
4.4 CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO (ESCENARIO A2-2050) SOBRE LA DISTRIBUCIÓN Y NÚMERO DE GENERACIONES/AÑO DE <i>P. OPERCULELLA</i> .....	56
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>67</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>87</b>

## LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Cronología de clasificación de la polilla de la papa (Rocha et al. 1990).....</i>	<i>14</i>
<i>Cuadro 2. Umbrales de desarrollo (°C) de <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) en Egipto..</i>	<i>21</i>
<i>Cuadro 3. Estimaciones de Calentamiento Global (°C) en relación con 1961-1990 para 2030, 2050, 2070 y 2080 y escenarios SRES A1B y A2.....</i>	<i>39</i>
<i>Cuadro 4. Umbrales de temperatura para <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller).....</i>	<i>47</i>
<i>Cuadro 5. Parámetros para la distribución potencial de <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) empleando el modelo CLIMEX.....</i>	<i>50</i>
<i>Cuadro 6. Comparación entre el número de generaciones/año observadas y generaciones/año estimadas para <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller).....</i>	<i>53</i>
<i>Cuadro 7. Medida del cambio de áreas potenciales para el establecimiento (<math>EI &gt; 30</math>) de <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller), en los escenarios actual y futuro A2-2050 a nivel global. ....</i>	<i>57</i>
<i>Cuadro 8. Medida del cambio de áreas potenciales para la ocurrencia (<math>EI &lt; 30</math>) de <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller), en los escenarios actual y futuro A2-2050 a nivel global. ....</i>	<i>57</i>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Distribución geográfica mundial para <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) (CIE 1968).</i>	16
<i>Figura 2. Distribución geográfica de <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) a nivel países en áreas de producción de papa (Kroschel and Sporleder 2006).</i>	17
<i>Figura 3. Distribución geográfica global para <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) (EPPO 2013).</i>	17
<i>Figura 4. Índice de establecimiento simulado para <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) (Sporleder et al. 2008).</i>	23
<i>Figura 5. Índice de establecimiento simulado para <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) en áreas de producción de papa (Sporleder et al. 2008).</i>	23
<i>Figura 6. Índice de generaciones simulado para <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) (Sporleder et al. 2008).</i>	24
<i>Figura 7. Metodología para la generación de modelos de distribución de especies (Guisan et al. 2002, Plissock y Fuentes-Castillo 2011).</i>	27
<i>Figura 8. Estaciones: A. para el crecimiento y B. para la supervivencia de la población según el modelo CLIMEX (Sutherst 2003).</i>	35
<i>Figura 9. Esquema inferencial para determinar la distribución potencial de <i>Phthorimaea operculella</i> empleando el modelo CLIMEX, adecuado de (Beddow et al. 2010).</i>	41
<i>Figura 10. Índice de temperatura en relación con el ciclo diario de la temperatura <math>Q = \text{área sombreada bajo la curva entre } DV_0 \text{ y } DV_3</math>, y <math>A = \text{área sombreada entre } DV_0 \text{ y } DV_1</math> (Sutherst et al. 2007).</i>	44
<i>Figura 11. Relación entre la temperatura máxima y mínima del día entre los dos umbrales (Baskerville and Emin 1969).</i>	45
<i>Figura 12. Relación entre la temperatura máxima y mínima del día donde la temperatura mínima está por debajo del umbral inferior (Baskerville and Emin 1969).</i>	45
<i>Figura 13. Relación entre la temperatura máxima y la mínima del día donde la temperatura máxima del día está por encima del umbral superior (Baskerville and Emin 1969).</i>	46
<i>Figura 14. Relación entre la temperatura máxima y la mínima del día donde la temperatura mínima y máxima del día estén por debajo y arriba de los umbrales, respectivamente (Baskerville and Emin 1969).</i>	46
<i>Figura 15. Distribución geográfica observada para <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller); donde los puntos de color rojo indican reportes de presencias de la polilla.</i>	48

<i>Figura 16. Distribución potencial actual de Phthorimaea operculella (Zeller) utilizando el modelo CLIMEX. Donde el color rojo (<math>EI &gt; 30</math>); indica regiones donde la polilla encuentra condiciones climáticas para establecerse y un (<math>EI &lt; 30</math>); indica regiones donde la polilla encuentra condiciones climáticas para su ocurrencia. ....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 17. Número de generaciones/año estimadas de Phthorimaea operculella (Zeller) para condiciones actuales de clima, empleando el modelo CLIMEX. ....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 18. Correlación entre el número de generaciones/año estimadas y número de generaciones/año observadas para Phthorimaea operculella (Zeller) en condiciones de clima actual.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 19. Suma de cuadrados del error entre el número de generaciones/año estimadas y número de generaciones/año observadas para Phthorimaea operculella (Zeller) en condiciones actuales de clima. ....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 20. Distribución potencial de Phthorimaea operculella (Zeller), empleando el modelo CLIMEX, para un escenario (A2-2050). Donde el color rojo (<math>EI &gt; 30</math>); indica regiones donde la polilla encuentra condiciones climáticas para establecerse y un (<math>EI &lt; 30</math>); indica regiones donde la polilla encuentra condiciones climáticas para su ocurrencia. ..</i>	<i>59</i>
<i>Figura 21. Número de generaciones/año de Phthorimaea operculella (Zeller) para un escenario de cambio climático (A2-2050), empleando el modelo CLIMEX. ....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 22. Diferencia del número de generaciones/año para un escenario (A2-2050) frente al número generaciones/año para condiciones actuales de clima; de Phthorimaea operculella (Zeller), empleando el modelo CLIMEX. ....</i>	<i>63</i>



## LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Tabla de datos para la distribución observada de Phthorimaea operculella (Zeller) a nivel global.....</i>	<i>87</i>
---	-----------

## RESUMEN

El presente trabajo determinó la distribución geográfica de *P. operculella* en relación con fuentes de literatura y la distribución potencial de *P. operculella* bajo condiciones del clima actual y un escenario de cambio climático (A2-2050) a nivel global empleando el modelo CLIMEX versión 3. El modelo empleó parámetros fisiológicos de *P. operculella* y datos meteorológicos globales, para construir un Índice Ecoclimático (EI), el cual describió el área potencial de establecimiento ( $EI > 30$ ) y ocurrencia ( $EI < 30$ ) de *P. operculella*. Para el cálculo del número de generaciones/año de *P. operculella*, el modelo CLIMEX empleó el Algoritmo de Baskerville y Emin, basado en días-grados de *P. operculella*, de huevo a adulto. Los resultados mostraron que *P. operculella* se encuentra actualmente en 105 países. El área de establecimiento ( $EI > 30$ ), para *P. operculella* en condiciones del clima actual, sumó un total de 29 327 798 km<sup>2</sup> y en el escenario (A2-2050), sumó un total de 17 607 147 km<sup>2</sup> a nivel global. El área de distribución potencial ( $EI > 30$ ) de *P. operculella*, en el escenario (A2-2050) tiene un porcentaje de disminución de 35.56 % en América, 53.69 % en África, 40.38 % en Asia y 41.27 % en Oceanía, mientras que muestra un porcentaje de incremento de 21.13 % en Europa comparado con la distribución potencial actual. En un escenario (A2-2050) a nivel global para *P. operculella* respecto con las condiciones del clima actual, existirá un incremento promedio de dos generaciones/año en zonas tropicales y una generación/año en la zona norte y sur de la tierra.

**Palabras clave:** polilla de la papa, distribución potencial, número de generaciones, escenario de cambio climático.

## ABSTRACT

This study determined the geographic distribution of *P. operculella* in relation to literature sources and the potential distribution of *P. operculella* under current climate conditions and a climate change scenario (A2-2050) at the global level using the CLIMEX model version 3. The model used physiological parameters of *P. operculella* and global meteorological data, to build an Ecoclimatic Index (EI), which described the potential area of establishment ( $EI > 30$ ) and occurrence ( $EI < 30$ ) of *P. operculella*. For the calculation of number of generations/year of *P. operculella* the CLIMEX model used the algorithm of Baskerville and Emin, based on degree-days of *P. operculella* from egg to adult. The results showed that *P. operculella* is currently in 105 countries. The area of establishment ( $EI > 30$ ), for *P. operculella* in current climate conditions, summed 29 327 798 km<sup>2</sup> and in the scenario (A2-2050), it summed 17 607 147 km<sup>2</sup> globally. The potential range ( $EI > 30$ ) for *P. operculella*, in the (A2-2050) scenario diminishes in 35.56 % in America, 53.69 % in Africa, 40.38 % in Asia and 41.27 % in Oceania, but in increases in 21.13 % in Europe, compared to the current potential distribution. In the scenario (A2-2050) globally for *P. operculella* respect to current climate conditions, there will be an average increase of two generations/year in the tropics and a generation/year in the northern and southern world.

**Keywords:** potato tuber moth, potential distribution, number of generations, climate change scenario.

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura requiere de un proceso de fortalecimiento para enfrentar los retos del cambio climático y la demanda creciente de alimentos. En la actualidad existen indicios de la ocurrencia del cambio climático sobre el cultivo papa (*Solanum tuberosum* L.), especialmente en la región andina, este suceso genera problemas abióticos como el cambio de altitud en la cual se siembra, estrés hídrico, cambio en intensidad de las precipitaciones; etc., y problemas bióticos como la aparición de plagas y/o patógenos (FAO y GIZ 2012, FAO 2008).

La polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidóptera, Gelechiidae), es una especie de distribución mundial, pues se la encuentra en América, Europa, Asia y Oceanía. Es una especie típica de zonas cálidas pero también se la encuentra en zonas frías, como los Andes de Perú, Bolivia, Colombia y Venezuela (Vargas 2003). Es considerada una de las plagas más importantes, debido a su estrecha relación con su hospedero, una gran adaptabilidad a los cambios estacionales, alto potencial reproductivo y por las pérdidas económicas que produce (Rondon 2010).

El rango geográfico de las especies constituye la unidad básica de la biogeografía y un elemento clave para el entendimiento de su biología (Torres y Pablo 2010). Por lo que la determinación de lugares con condiciones climáticas similares al lugar de distribución nativa de la polilla de la papa puede efectuarse a partir de observaciones de campo y variables ambientales, las cuales actúan como predictores (Benito de Pando y Peñas de Giles 2007) y ayudan a entender el impacto del Cambio Climático sobre la distribución de *P. operculella*, según sus exigencias climáticas en una región (Sutherst *et al.* 2007).

Es necesario estimar la distribución potencial de *P. operculella*, en el escenario actual (1961-1990) y en el escenario (A2-2050) para comprender el impacto del Cambio Climático sobre las áreas de ocurrencia y establecimiento de esta especie, debido a un incremento en la temperatura promedio de 1.58 °C en el escenario (A2-2050) en relación con el escenario actual, a nivel global.

En la presente tesis se buscó responder a la pregunta: ¿Cuál es la distribución potencial de *P. operculella*, en condiciones de clima actual y un escenario de cambio climático (A2-2050) a nivel global empleando el modelo de distribución de especies CLIMEX?

En consecuencia, los objetivos son:

**Objetivo General:**

Determinar la distribución geográfica de la polilla de la papa *P. operculella*, bajo condiciones del clima actual y el escenario de cambio climático (A2-2050) a nivel global empleando el modelo CLIMEX.

**Objetivos específicos:**

1. Elaborar un mapa de distribución geográfica observada para *P. operculella* a nivel global.
2. Determinar la distribución potencial y número de generaciones/año para *P. operculella*, en condiciones del clima actual.
3. Determinar la distribución potencial y número de generaciones/año para *P. operculella*, en un escenario de cambio climático (A2-2050).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 *Phthorimaea operculella* (Zeller)

La polilla de la papa *P. operculella*, causa daños al follaje, al sistema vascular (tallos) y al sistema subterráneo (tubérculos) en el cultivo de la papa, en todas las regiones calientes y secas del mundo (Rocha *et al.* 1990, Sporleder *et al.* 2004).

La polilla de la papa es la plaga de mayor importancia económica en casi todas las áreas cálidas del mundo donde se cultiva papa, tanto por los daños que causa como por la amplia distribución alcanzada. Estudios realizados en Turquía, Túnez y Argelia revelaron un daño en tubérculos hasta del 86% cuando se almacenaron por tres meses (CIP 1980). En el Perú, se registraron pérdidas hasta de un 50% en campos donde no fueron tomadas medidas de control adecuadas y 90% en tubérculos almacenados durante cuatro meses (CIP 1983).

El nombre científico de la polilla de la papa es *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidóptera: Gelechiidae). En años pasados, la clasificación de la polilla de la papa fue difícil y confusa, ya que las referencias de esta especie se presentaron bajo una gran diversidad de nombres como se muestra en el Cuadro 1 (Rocha *et al.* 1990).

**Cuadro 1. Cronología de clasificación de la polilla de la papa (Rocha *et al.* 1990)**

Año	Género	Especie	Fuente
1816	<i>Gelechia</i> (Hubner)	<i>rhombella</i> (Schiffermuller) Busck, 1939	(Hofmaster 1949)
1833	<i>Lita</i> (Treitschke)	<i>longicornis</i> (Curtis) Busck, 1939	(Hofmaster 1949)
1864	<i>Gelechia</i>	<i>terrella</i>	(Graf 1917, Hofmaster 1949)
1870	<i>Brytopha</i> (Heinemann)	<i>terrella</i> (Schiffermuller) Busck, 1939	(Hofmaster 1949)
1872	<i>Gelechia</i>	<i>semiliella</i> (Chambers)	(Hofmaster 1949)
1873	<i>Gelechia</i>	<i>solaniella</i> (Chambers)	(Hofmaster 1949)
1873*	<i>Gelechia</i>	<i>operculella</i> (Zeller)	(Graf 1917, Hofmaster 1949)
1874	<i>Brytopha</i>	<i>solanella</i> (Boidsduval)	(Hofmaster 1949)
1879	<i>Gelechia</i>	<i>tabacella</i> (Ragonot)	(Graf 1917, Hofmaster 1949)
1879	<i>Lita</i>	<i>solanella</i> (Meyrick)	(Graf 1917, Hofmaster 1949)
1885	<i>Lita</i>	<i>tabacella</i> (Ragonot)	(Graf 1917, Hofmaster 1949)
1886	<i>Gelechia</i>	<i>solanella</i> (Meyrick)	(Graf 1917, Hofmaster 1949)
1900	<i>Gnorimoschema</i> (Busck)	<i>gallaesolidaginis</i> (Ryley) Busck, 1939	(Hofmaster 1949)
1902**	<i>Phthorimaea</i> (Meyrick)	<i>operculella</i> (Zeller)	(Graf 1917, Hofmaster 1949)
1939	<i>Gnorimoschema</i>	<i>operculella</i> (Zeller) Busck, 1939	(Hofmaster 1949)

\* Primera descripción técnica

\*\* Nombre aceptado actualmente

### 2.1.1 Origen y distribución

La polilla de la papa *P. operculella*, probablemente se originó en el oeste de América del Sur, junto con su huésped principal (Rondón 2010, Sporleder *et al.* 2004). La polilla de la papa, es una especie cosmopolita, de origen neotropical (Larraín 2001).

La polilla de la papa fue mencionada por primera vez en la literatura el año 1854, denominada "Potato Grub", por haberla encontrado causando daños al cultivo de papa en Tasmania y posiblemente fue este mismo insecto, el que en años anteriores había provocado daños en Nueva Zelanda y Australia (Berthon 1855, Graf 1917).

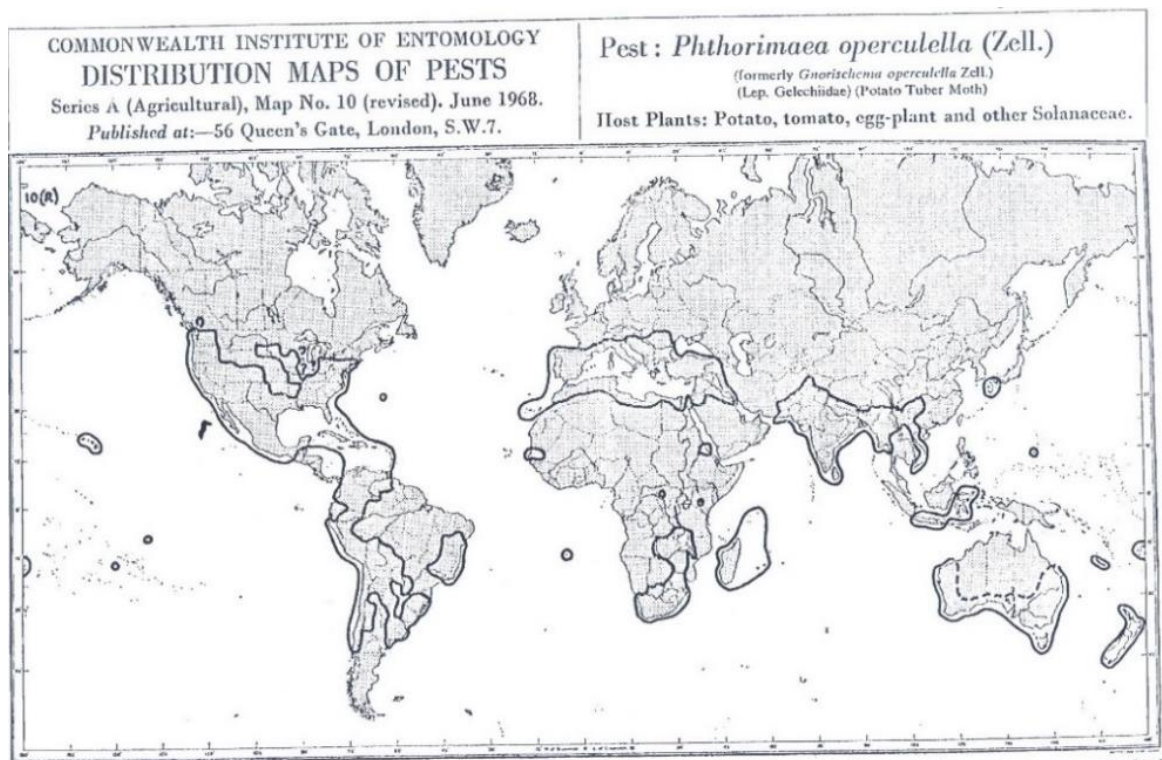
La presencia de *P. operculella* en California fue reportada en 1856, y se registraron ataques al cultivo de papa en 1881, 1882 y 1901. La primera descripción fue hecha por Zeller, en 1873, de especímenes colectados en Texas. En 1874, este insecto fue redescrito a partir de especímenes colectados en Argelia. Existen otros reportes del insecto ocasionando daños al cultivo de papa en Sudáfrica en 1898. En Italia *P. operculella* fue reportada en 1906; en ese mismo año *P. operculella* causó severos daños al cultivo de papa en la India. También se registran ataques de esta plaga en Virginia durante 1923 (Spencer and Strong 1925). En México, se menciona por primera vez en 1916, en una exportación de papas a California (Maskew 1917) y en 1974 se estableció una cuarentena en los estados de Aguascalientes, Guanajuato y Jalisco en México, para evitar la dispersión de este insecto.

En relación al origen de este insecto, se menciona que aun cuando los daños de la polilla de la papa fueron observados casi simultáneamente en Argelia, Australia, Estados Unidos y Nueva Zelanda, se considera que su origen es América, teniendo como base los siguientes argumentos (Hofmaster 1949):

1. Los hospederos preferidos por insecto, incluyendo la papa, son originarios del Continente Americano, por lo que es razonable suponer que la dispersión de la polilla se realizó con la distribución del cultivo de papa en el mundo.
2. Los daños más severos de la polilla de la papa, ocurrieron principalmente en regiones libres de enemigos naturales del insecto por lo tanto su desarrollo y multiplicación fue más rápido, y
3. Los enemigos naturales de *P. operculella* no han sido encontrados en las costas del Mediterráneo ni en Australia, sino en América.

En la actualidad *P. operculella*, se pueden encontrar en los países tropicales y subtropicales de Sudamérica, Centroamérica, América del Norte, África, Australia y Asia (Rondon 2010). Probablemente se encuentra en todas las zonas productoras de papa del mundo, al ser distribuida a través de los tubérculos semilla (Larraín 2001).

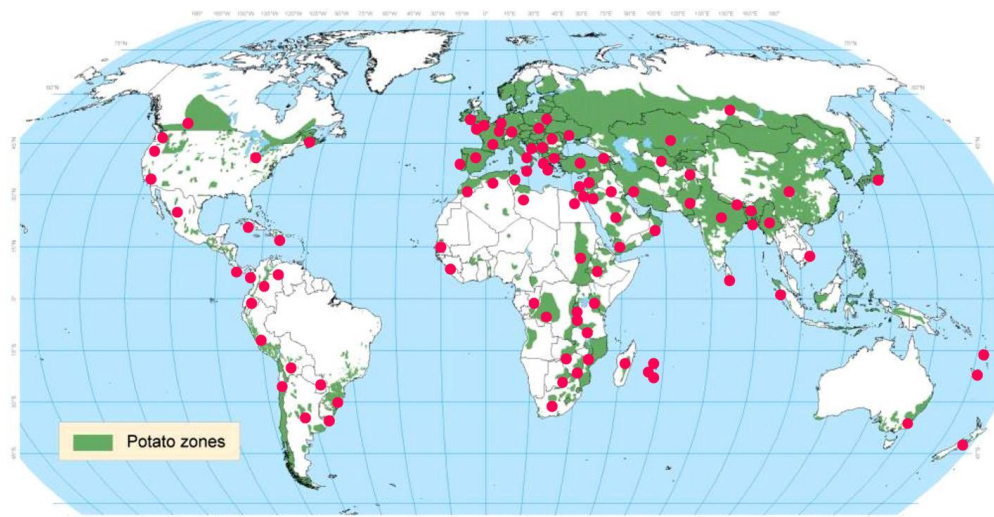
Existen diversos mapas para la distribución de *P. operculella*; pero el primer mapa elaborado para la distribución mundial de esta especie data del año 1968 (Figura 1) (CIE 1968). Este mapa fue realizado mediante el trazado a mano alzada de zonas con presencia de la polilla de la papa, a nivel país.



**Figura 1.** Distribución geográfica mundial para *Phthorimaea operculella* (Zeller) (CIE 1968).

Posteriormente se ha elaborado un mapa para la distribución de *P. operculella* en zonas actuales para la producción de papa (Figura 2) a nivel país. El mapa con regiones actuales de producción de papa fue elaborado a partir de datos recopilados por Hijmans (2001) y actualizado a través de datos de la FAO a nivel sub-nacional para los años 2000-2002 (Kroschel and Sporleder 2006).

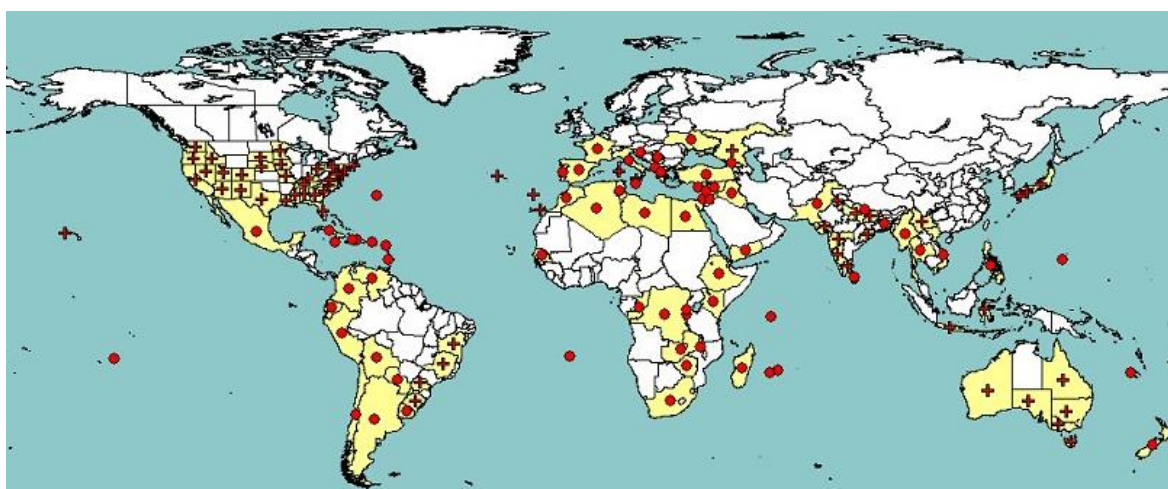




**Figura 2.** Distribución geográfica de *Phthorimaea operculella* (Zeller) a nivel países en áreas de producción de papa (Kroschel and Sporleder 2006).

Consecutivamente se han elaborado mapas para la distribución de *P. operculella* a nivel país y estados (subnacionales). Este último reflejan un panorama actualizado sobre la distribución de *P. operculella* (Figura 3).

El mapa de la Figura 3; representa la distribución geográfica *P. operculella*, donde los puntos de color rojo indican el reporte de presencia de la polilla a nivel país y las cruces de color rojo indican el reporte de presencia de la polilla a nivel subnacional (EPPO 2013).



**Figura 3.** Distribución geográfica global para *Phthorimaea operculella* (Zeller) (EPPO 2013).

### 2.1.2 Biología y dinámica poblacional

La polilla de la papa, *P. operculella*, puede desarrollar de 2 a 12 generaciones por año, dependiendo de la temperatura y del hospedante, donde las fases del insecto son afectadas por la temperatura en forma inversa (Ortega 2005). No obstante se ha encontrado de 6 a 8 generaciones por año en regiones tropicales (Goot van der 1926). En Australia se reportó 2 generaciones por año, una en el invierno y una segunda en tubérculos almacenados (French 1915). Para el desarrollo de una generación (de huevo a adulto) este insecto necesita acumular 367 días-grados. En condiciones óptimas (30 °C), la polilla de la papa, puede completar 18 generaciones por año, requiriendo sólo 322.4 días-grados por generación (Foot 1979, Kabir 1994).

Un día-grado es la cantidad de calor que se acumula en 24 horas, cuando la temperatura promedio está un grado sobre la temperatura umbral de desarrollo del insecto (Larraín 2001).

#### 2.1.2.1 Huevo

La oviposición es mayor a temperaturas entre 20 °C y 30 °C, pero una luz intensa parece inhibir la ovoposición. Los huevos no eclosionan a 10 °C o menos, pero ello no está especialmente influenciado por la humedad relativa (Haines 1977). En zonas altas de Perú con temperaturas promedio de 12 °C a 13 °C, el huevo incuba en 21 días. En climas cálidos la hembra puede poner hasta 300 huevos, mientras que en zonas frías pone aproximadamente 138 huevos (Palacios *et al.* 1999).

También se reportó un periodo de incubación de 2.3 y 7.2 días en 33.3 °C y 20.9 °C, respectivamente (Al-Ali *et al.* 1975). La temperatura crítica superior en la que no hay puesta de huevos fue de 36 °C. Se determinó que el umbral inferior de desarrollo para huevos de *P. operculella*, en Egipto es 13.5 °C (Rondon 2010), mientras que el umbral de desarrollo para huevos de *P. operculella* en Sudáfrica es de 4.25 °C (Broodryk 1971). Reportaron 11.0 °C como umbral de desarrollo para huevos de *P. operculella* (Sporleder *et al.* 2004).

Los primeros estudios de supervivencia de la polilla de la papa en invierno, indican que *P. operculella*, ha sobrevivido a temperaturas que oscilan entre -11,6 a -6,6 °C, pero la exposición prolongada a dichas temperaturas en todas las etapas eran aparentemente fatales. La polilla de la papa *P. operculella*, murió por exposición a -6.6 °C durante 24 horas y que

los huevos expuestos de 1.6 a 4.4 °C por cuatro meses, no eclosionan (Langford and Cory 1932).

### **2.1.2.2 Larva**

En las zonas altas del Perú con temperaturas promedio de 12 °C a 13 °C, la larva se desarrolla en 71 días (Palacios *et al.* 1999). Por lo que, el crecimiento y desarrollo de las larvas es más lento a temperaturas más frías, pero continuará siempre y cuando las temperaturas estén sobre los 11°C. Las papas se deben almacenar por debajo de los 10 °C, para evitar la eclosión y la alimentación de las larvas (Hanafi 1999). Se considera los 13.5 °C como umbral de desarrollo para larva (Sporleder *et al.* 2004). También, se reportaron actividad larval normal (alimentación y muda) de 11.1 a 39,4 °C (Langford and Cory 1934).

### **2.1.2.3 Pupa**

En las zonas altas del Perú con temperaturas promedio de 12 a 13 °C la pupa se desarrolla en 36 días (Palacios *et al.* 1999). En condiciones ideales (30 °C ± 5), las pupas puede eclosionar en 5 ó 6 días (Joy 2011). Se reportó que 11.8 °C es el umbral de desarrollo para pupa (Sporleder *et al.* 2004). Las temperaturas medias diarias entre 20 °C y 25 °C, son óptimas para el desarrollo de la polilla (Raman 1988).

### **2.1.2.4 Adulto**

La polilla adulta es una mariposa de color marrón con tres manchas o estigmas muy visibles, son de actividad nocturna permaneciendo en el día escondidos, entre las hojas, tubérculos, sacos y huecos del almacén de papa. Los machos en comparación con las hembras son más pequeños, distinguiéndose por tener el abdomen menos globoso que las hembras, y al final del abdomen presentan pelos o escamas en forma de penacho, mientras que las hembras, tienen lisa esa parte. Las hembras viven un promedio de 20 días y los machos 16, siendo los siete primeros días los de mayor oviposición. Las hembras ponen en promedio 200 huevos durante toda su vida. El ciclo de vida de la polilla de la papa está influenciado principalmente por la temperatura; a temperaturas más altas el ciclo se acorta, a 15 °C el ciclo total es de 94 días y a los 25 °C, de 41 días (Ortega 2005). Las polillas adultas a 30 °C y en presencia de una solución de azúcar, viven de 10 a 15 días (Haines 1977). En zonas altas del Perú con temperaturas promedio de 12 a 13 °C, los adultos pueden vivir de 6 a 30 días (Palacios *et al.* 1999). En Egipto se determinó que el umbral superior de desarrollo para los adultos fue de 40 °C (Attia and Mattar 1939).

La polilla de la papa vuela principalmente durante la noche y con temperaturas superiores a 11 °C; la actividad de vuelo se inicia aproximadamente dos horas antes del ocaso del sol; alcanza su máximo cuatro horas después de éste último y finaliza cerca de la media noche (Ortega 2005). La polilla es bastante activa a temperaturas entre 14,4 y 15,5 °C, no obstante a 11,1 °C puede rastrear pero no volar de acuerdo con Langford and Cory (1934). Sin embargo, se halló gran cantidad de polillas de la papa, cuando las temperaturas estaban por debajo de 0 °C en el Estado de Oregon, Estados Unidos (Noroeste del Pacífico) en el año 2005 (Rondon 2010). La polilla puede sobrevivir a temperaturas bajas alrededor del punto de congelación durante períodos cortos de tiempo en todas las etapas del desarrollo. Sin embargo para que el desarrollo continúe necesita períodos cortos de temperaturas altas por día (Lal 1987).

El número de generaciones por año de *P. operculella*, es relativo, en Chile y los Estados Unidos, se encuentran todas las etapas de *P. operculella*, durante todo el año con tres o cuatro generaciones (Graf 1917, Trivedi and Rajagopal 1992, Sporleder *et al.* 2004). En la India se ha registrado trece generaciones por año (Mukherjee 1949) y doce en Irak (Al-Ali *et al.* 1975). En el Norte de África, durante la temporada caliente, *P. operculella*, puede completar una generación en tres semanas (Hanafi 1999).

La polilla de la papa en las diferentes etapas se encuentra sometida a diversos factores bióticos como abióticos de mortalidad. Estos factores influyen en la densidad de población. En el caso de los huevecillos de *P. operculella* son depredados por algunas especies de chinches, coccinélidos, crisopas, trips y parasitados por avispas de diversos géneros; incluso pueden ser desalojados del lugar de ovipostura por la lluvia y el viento. En el estadio larval se produce las mayores proporciones de mortalidad debido a factores climáticos, falta de energía, depredación y parasitismo; especialmente las larvas del primer instar, son también atacadas por hongos y virus. Las pupas son afectadas directamente por la temperatura y la humedad así como aves, bacterias y hongos (Rocha *et al.* 1990).

#### **2.1.2.5 Umbrales de temperatura y modelación de *P. operculella***

La temperatura es uno de los factores más influyentes en el crecimiento y desarrollo de los insectos (Ascerno 1991, Sporleder *et al.* 2004). Estudios sobre el desarrollo de umbrales para plagas de importancia económica tales como *P. operculella*, son necesarios para establecer los umbrales críticos para la selección de métodos de control adecuados como se muestra en el Cuadro 2 ( Joy 2011, Legg *et al.* 2000).

**Cuadro 2. Umbrales de desarrollo (°C) de *Phthorimaea operculella* (Zeller) en Egipto.**

Umbrales de Desarrollo (°C)			Fuente
Huevo	Larva	Pupa	
13.75 (1)	15.4 (1)	10.4 (2)	(Attia and Mattar 1939)
9.5 (2)	9.93 (3)	10.5 (1)	(Gergis and Makadey 1990)
7.6 (3)	10.98 (2)	7.79 (3)	(Daoud <i>et al.</i> 1999)

(1)(2)(3) orden numérico de mayor a menor.

Fuente: Joy (2011)

Los datos de la tabla de vida de insectos, desarrolladas bajo un amplio rango de temperaturas, dan buenas predicciones para las mejores condiciones de temperatura que los insectos requieren para el crecimiento y el desarrollo óptimo, sobre la base de estos datos se pueden desarrollar, modelos de fenología basadas en la temperatura para obtener una comprensión de como la temperatura afecta el potencial de crecimiento de población de plagas en diferentes zonas agroecológicas (Sporleder *et al.* 2004).

Los estudios de la tabla de vida constan de observaciones detalladas sobre el tiempo de desarrollo y la mortalidad de los estadios inmaduros, así como ciclo de vida de machos y hembras adultos, oviposición y proporción de sexos a temperaturas de 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20° C, 25° C, 28° C, 30° C, 32° C, y 35° C, dependiendo de la especie de tubérculos de papa. Los modelos fueron construidos utilizando las mejores funciones de ajuste en el programa Insect Life Cycle Modeling (ILCYM) desarrollado recientemente por el Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú (Sporleder *et al.* 2011).

Sharpe y DeMichele (1977) desarrollaron un modelo termodinámico estocástico del desarrollo de un organismo poiquilotermo (exotérmico) sobre la base de tres supuestos básicos:

- El desarrollo está regulado por una sola enzima controladora y su velocidad de reacción determina la tasa de desarrollo del organismo.
- El tipo de desarrollo es proporcional al producto de la concentración de las enzimas activas y su constante de velocidad (que depende de la temperatura).
- La enzima controladora puede existir en dos estados de inactivación dependiente de la temperatura (baja y alta), así como un estado activo.

Sporleder *et al.* (2004), emplearon el modelo de Sharpe y DeMichele modificado para evaluar el desarrollo de *P. operculella* en condiciones de laboratorio a diferentes temperaturas (10.6 °C - 31.0 °C):

$$r(T) = \frac{RHO_{25} \cdot \frac{T}{298.16} \cdot \exp\left[\frac{\Delta H_A}{R}\left(\frac{1}{298.16} - \frac{1}{T}\right)\right]}{1 + \exp\left[\frac{\Delta H_L}{R}\left(\frac{1}{T_L} - \frac{1}{T}\right)\right] + \exp\left[\frac{\Delta H_H}{R}\left(\frac{1}{T_H} - \frac{1}{T}\right)\right]}$$

Donde:

$r(T)$ : es la tasa de desarrollo a la temperatura T (°K)

R: es la constante universal de los gases (1,987 cal grado<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>)

$RHO_{25}$ : es la tasa de desarrollo a 25 °C (298,16°K) asumiendo que no hay inactivación enzimática, y  $\Delta H_A$ ,  $T_L$ ,  $\Delta H_L$ ,  $T_H$ ,  $\Delta H_H$  representan los parámetros cinéticos de las enzimas controladoras:  $\Delta H_A$  es la entalpía de activación de la reacción que es catalizada por las enzimas (cal mol<sup>-1</sup>);  $\Delta H_{L,H}$  es el cambio en la entalpía asociado con baja (L) y altas (H) temperaturas (cal mol<sup>-1</sup>) y  $T_L$  y  $T_H$  son las temperaturas (°K) a las que la enzima se encuentra activa al 50 por ciento a bajas y altas temperaturas, respectivamente.

Las investigaciones de Sporleder *et al.* (2008) incluyeron la distribución geográfica como componente de análisis de la dinámica poblacional para *P. operculella*, conformado por dos índices: índice de establecimiento (Figura 4 y Figura 5) e índice de generaciones (Figura 6).

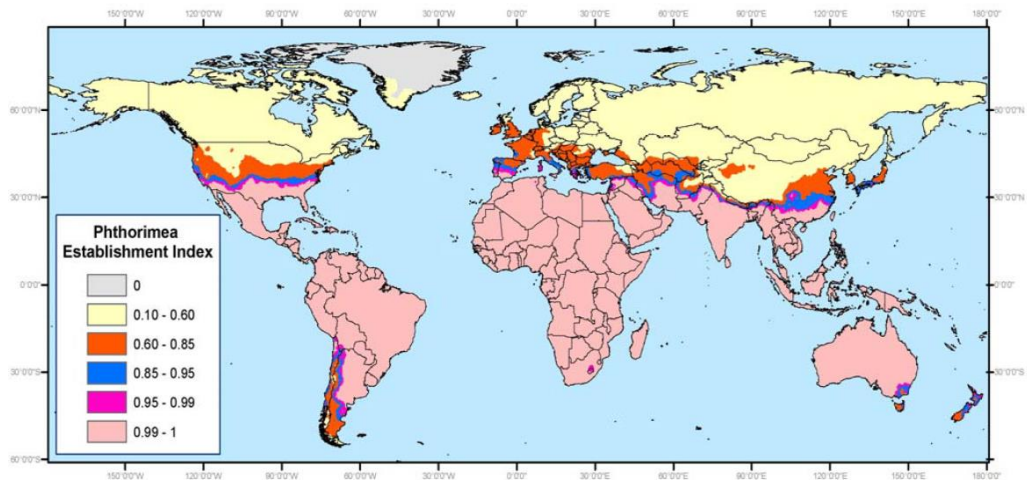
El índice de establecimiento identifica las áreas donde la plaga puede sobrevivir: un valor de 1 revela que una determinada proporción de todos los estadios inmaduros sobreviven durante todo el año; de lo contrario, se divide el número de días en los que un solo estadio que no podría sobrevivir entre 365:

*Índice de establecimiento* =  $(1-x_{\text{Huevo}}) \times (1-x_{\text{Larva}}) \times (1-x_{\text{Pupa}})$ ; donde  $x$  = proporción para los estadios de huevo, larva y pupa.

El índice de generación estima que el número medio de generaciones que pueden producirse dentro un año:

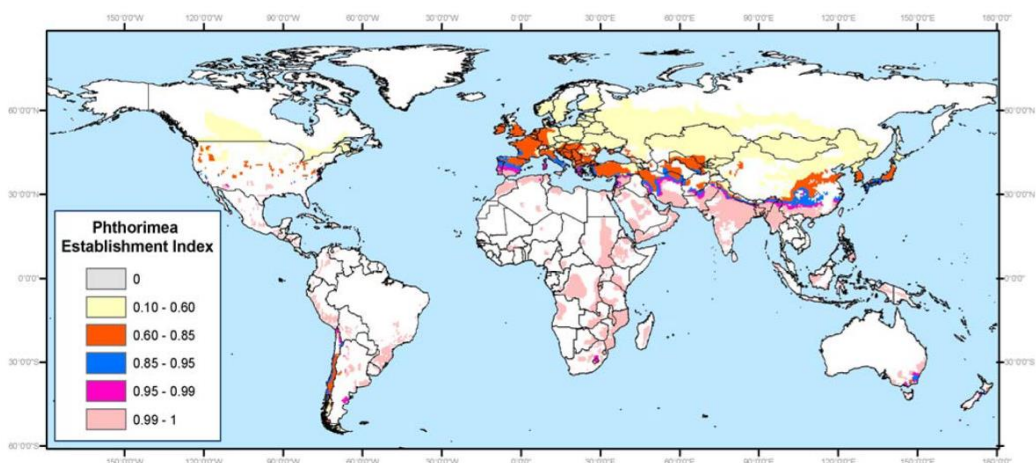
$$\text{Índice de generación} = \frac{\sum 365/T_x}{365}$$

Donde: 365 = número promedio de días por año y  $T_x$  = longitud de generaciones predichas en cada  $día_x$  ( $x = 1, \dots, 365$ ).



**Figura 4.** Índice de establecimiento simulado para *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Sporleder *et al.* 2008).

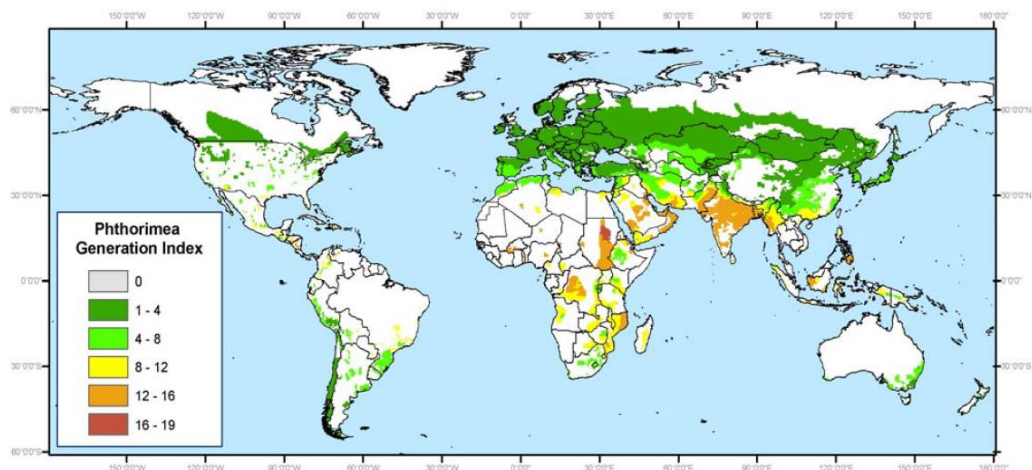
En la Figura 4, se determinó el Índice de establecimiento para *P. operculella* mediante el uso de datos interpolados de temperatura mínima y máxima diaria a nivel mundial. El índice es 1 cuando todos los estadios inmaduros sobreviven todo el año, un valor inferior a 1 indica que al menos un estadio inmaduro no sobrevivió por lo menos un día durante el año (Sporleder *et al.* 2008).



**Figura 5.** Índice de establecimiento simulado para *Phthorimaea operculella* (Zeller) en áreas de producción de papa (Sporleder *et al.* 2008).

El mapa de la Figura 5, representa el Índice de establecimiento simulado para *P. operculella* calculado mediante el uso de datos interpolados de temperatura mínima y máxima diaria en áreas para producción de papa. El índice es 1 cuando todos los estadios inmaduros sobreviven todo el año, un valor inferior a 1 indica que al menos un estadio inmaduro no sobrevivió por lo menos un día durante el año (Sporleder *et al.* 2008).





**Figura 6.** Índice de generaciones simulado para *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Sporleder *et al.* 2008).

Asimismo se determinó el Índice de generaciones simulado para *P. operculella* mediante el uso de datos interpolados de temperatura mínima y máxima diaria a nivel mundial para áreas de producción de papa. La media del índice muestra el número de generaciones en desarrollo dentro de un año. La polilla de la papa produce una superposición de generaciones y por lo tanto, poblaciones heterogéneas, lo que puede abarcar todas las etapas de vida, típico en cualquier época del año (Figura 6) (Sporleder *et al.* 2008).

## 2.2 Modelos de distribución de especies: predicción y ocurrencia

Identificar los patrones espaciales y temporales de la distribución de los seres vivos sobre el planeta han sido el centro de estudio desde hace mucho tiempo, a partir de diferentes escalas y perspectivas, tales como la ecología de comunidades, la biogeografía y más recientemente desde la perspectiva de la macroecología. Sin embargo, con el inicio de los Sistemas de Información Geográfica en los años 90 y la mayor disponibilidad de nuevas herramientas para proyectar el espacio ecológico y geográfico, facilitaron el comienzo de los modelos de distribución de especies. No obstante, comprender como los organismos están distribuidos en la tierra es una tarea difícil (Pliscoff y Fuentes-Castillo 2011, Koleff y Soberón 2008).

La generalidad de los Sistemas de Información Geográfica y el desarrollo de técnicas estadísticas, han permitido el avance de herramientas para el estudio de los patrones espaciales de presencia y ausencia de especies: los modelos de distribución de especies (Swenson 2008, Pliscoff y Fuentes-Castillo 2011). Es por eso que el desarrollo de modelos de distribución de especies mediante el lenguaje de programación, información geoespacial y desarrollo de SIG, es de mucha importancia para buscar nuevas localizaciones de especies



raras y amenazadas y avanzar en la comprensión de los patrones espaciales de la biodiversidad o evaluar el impacto del calentamiento global y cambio climático sobre la distribución de los organismos; debido a la falta de registros de presencia y ausencia de la ocurrencia de las especies. Los modelos de distribución de especies o modelos de predicción de hábitat idóneos, son una opción que se viene estudiando para producir mapas detallados sobre la distribución y de aptitud del hábitat (Ferrier 2002, Guisan *et al.* 2006, Graham and Hijmans 2006, Lawler *et al.* 2006). Los modelos de distribución de especies examinan las asociaciones entre las características ambientales generales y los acontecimientos conocidos de una especie en particular (Scott *et al.* 2002).

### **2.2.1 Modelos de distribución de especies**

Un modelo es una representación parcial de la realidad que refleja algunas de sus propiedades. Los modelos son simplificaciones debidas tanto a la necesidad de reducir la complejidad del objeto real, como a nuestro desconocimiento de muchas de sus propiedades. Los modelos de distribución de especies se definen como representaciones cartográficas de la idoneidad o aptitud de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación. La idoneidad no es más que la relación matemática o estadística entre la distribución observada y un conjunto de variables independientes o ambientales que se usan como predictoras (Guisan and Zimmermann 2000, Ferrier and Guisan 2006, Benito de Pando y Peñas de Giles 2007).

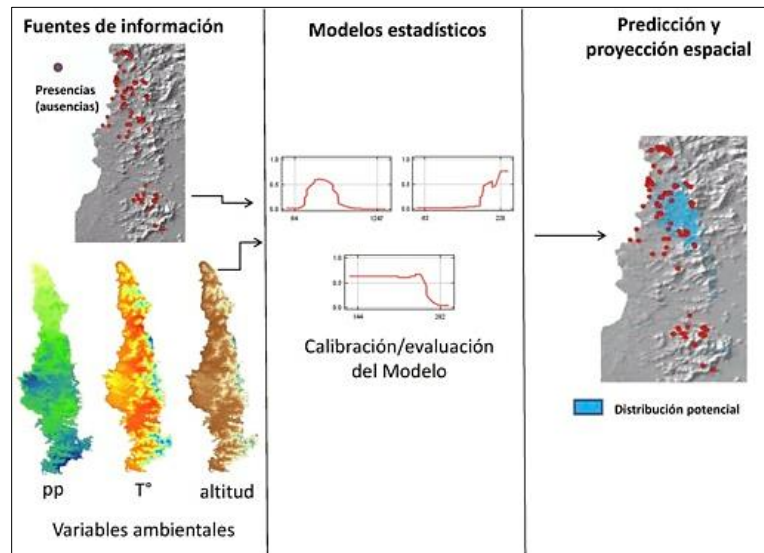
Los resultados de la aplicación de modelos de distribución de especies dependen de:

- a. Registros de localización de la especie: registros de presencia y presencia-ausencia (Variable dependiente dicotómica) (Hirzel and Guisan 2002, Mateo *et al.* 2011).
- b. Las variables predictoras seleccionadas: por lo general deberían ser aquellas que se consideren las causantes directas de la distribución de la especie, aunque se utilicen únicamente las disponibles, como datos climáticos interpolados a partir de estaciones meteorológicas. Las variables predictoras pueden clasificarse como: gradientes de recursos directamente consumidos (nutrientes, agua, luz; etc.), gradientes indirectas, referidas a las características físicas del territorio (orientación, elevación, pendiente y geología; etc.) (Guisan *et al.* 1999, Guisan and Zimmermann 2000, Benito de Pando y Peñas de Giles 2007).

- c. El algoritmo o método estadístico: pueden emplear métodos basados en registros de presencia-ausencia y redes neuronales (son similares a la regresión no lineal, pero son más robustas y pueden detectar relaciones ocultas en grandes conjuntos de datos utilizando la teoría de reconocimiento de patrones), o algoritmos basados únicamente en datos de presencia (Guisan *et al.* 2002, Manel *et al.* 1999, Zaniwski *et al.* 2002, López *et al.* 2012).

La construcción de modelos de distribución de especies se realiza en un primer paso con los datos conocidos de la distribución del organismo. Estos datos se asocian matemática o estadísticamente con diferentes variables independientes que describen las condiciones ambientales de las zonas de distribución. De hallarse esta relación se extrapola al resto del área de estudio y se obtiene un valor en cada lugar que suele interpretarse como la probabilidad de presencia de la especie en ese punto. En realidad, solo señalan la similitud ambiental de cada punto del terreno con las zonas de presencia actual de la especie. La probabilidad de presencia se define, por tanto, como una interpretación de la medida de similitud ambiental que debería ser explicada, como un valor de idoneidad para el desarrollo de la especie. Así, por ejemplo, es posible que el modelo delimite zonas potenciales muy alejadas geográficamente de las actuales, la probabilidad de encontrar la especie en ellas no es a priori alta, aunque potencialmente las condiciones ambientales fueran favorables (Guisan *et al.* 2002, Mateo *et al.* 2011).

La Figura 7; muestra los pasos para la generación de modelos de distribución de especies empleando dos tipos de fuentes de información: datos de presencia o ausencia de las especies que se quiere modelar y las variables descriptoras que definirán el espacio ambiental. Esta técnica de modelación seleccionada establecerá una relación entre la posición geográfica de la información de presencia o ausencia y el rango de valores del conjunto de variables donde se ubican estos puntos. Esta relación usualmente es llamada ajuste del modelo de la ecuación, regla de clasificación o algoritmo seleccionado como técnica (Guisan *et al.* 2002, Pliscoff y Fuentes-Castillo 2011).



**Figura 7.** Metodología para la generación de modelos de distribución de especies (Guisan *et al.* 2002, Pliscoff y Fuentes-Castillo 2011).

La calibración del modelo se refiere a los análisis estadísticos asociados a buscar el ajuste del modelo, que posteriormente se proyectará en el espacio geográfico. El tipo de calibración dependerá de la técnica que se esté utilizando (Figura 7) (Pliscoff y Fuentes-Castillo 2011).

La validación se orienta en la caracterización de la confiabilidad de los resultados de los modelos, más que en la definición de uno como correcto o incorrecto. Una manera de evaluar el resultado es comparándolo con un conjunto de presencias independientes al que se está usando, lo que es dificultoso de realizar porque se tienen datos de presencia limitados, esto concibe a dividir el conjunto de datos en dos set: uno de calibración y otro de evaluación (Guisan and Zimmermann 2000, Allouche *et al.* 2006).

## 2.2.2 Técnicas de modelación para la distribución especies

Los modelos de distribución de especies logran ser creados, en principio, con cualquier clasificador estadístico apropiado para el tipo de variable modelada; dicotómica si tenemos datos de presencia/ausencia y continua si son datos de abundancia. Las diferentes metodologías se pueden clasificar básicamente en tres grupos (Elith *et al.* 2006):

### 2.2.2.1 Técnicas discriminantes

Las técnicas discriminantes son aquellas que necesitan datos de presencia y ausencia para construir el clasificador. Pueden subdividirse a su vez en:

- a. Árboles de clasificación: Classification and Regression Trees (CART) y la generación de técnicas derivadas, como Random Forest (Breiman 2001), Boosted Regression Trees (BRT) (Friedman 2001, Elith *et al.* 2008) o Mixture Discriminant Analysis (MDA) (Hastie and Tibshirani 1986).
- b. Técnicas de ordenación, como el Canonical Correspondence Analysis (CCA) (Guisan *et al.* 1999).
- c. Redes neuronales: Assisted Neural Network (ANN) (Pearson *et al.* 2002, Venables and Ripley 2002).
- d. Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) (Friedman 1991).
- e. Modelos lineales generalizados: Generalized Linear Models (GLM) donde la regresión logística puede considerarse el método pionero (Mateo *et al.* 2011), al que han seguido técnicas como Support Vector Machines (SVM) (Vapnik 1995) o Generalized Regression Analysis and Spatial Prediction o GRASP (Lehmann *et al.* 2003).
- f. Modelos aditivos generalizados, Generalized Additive Models (GAM) (Hastie and Tibshirani 1986).
- g. Regresión por cuantiles (Vaz *et al.* 2008).
- h. Estadística bayesiana (Termansen *et al.* 2006, Latimer *et al.* 2009).
- i. Máxima entropía, entre los que destaca Maxent (Phillips and Dudík 2008). Maxent genera sus propias ausencias (en el caso frecuente de que no existan registros de ausencias para las especie en estudio, éstas se generan mediante muestreo aleatorio sobre el territorio no ocupado), denominadas “background” por lo que no es necesario introducir datos de ausencia en el programa. De unos de estos métodos han nacido extensiones de tipo “multirespuesta”, que utilizan como ausencias aquellos lugares en donde no se ha encontrado el organismo objeto de estudio, pero sí otros relacionados, ecológica o filogenéticamente, con él (Elith and Leathwick 2007).

#### **2.2.2.2 Técnicas descriptivas**

Las técnicas descriptivas solo requieren datos de presencia, fueron las primeras utilizadas en modelación de la distribución de especies (Mateo *et al.* 2011):

- a. Deductivas, como la opinión del experto.
- b. Envueltas geográficas o Convex Hull (Worton 1995).
- c. Envueltas ambientales, como BIOCLIM (Busby 1991), ANUCLIM, BIOMAP (Mateo *et al.* 2011), HABITAT (Walker and Cocks 1991) o FLORAMAP (Jones and Gladkov 1999).
- d. Métodos de distancias matemáticas, como DOMAIN, que utiliza la distancia de Gower (Walker and Cocks 1991, Carpenter *et al.* 1993) o Biomapper, ENFA, LIVES y MADIFA, que se basan en la distancia de Mahalanobis (Hirzel *et al.* 2002, Calenge *et al.* 2008).
- e. Expectation-Maximization Algorithm (EM) (Ward *et al.* 2008).

### **2.2.2.3 Técnicas mixtas**

Las técnicas mixtas emplean diferentes normas, algunas de ellas descriptivas y otras discriminantes, a la vez que generan sus propias pseudo - ausencias; Desktop-GARP (Stockwell and Peters 1999) y OM-GARP (Elith *et al.* 2006) son las mejores y más ampliamente conocidas. A partir de los modelos individuales obtenidos con diferentes métodos se pueden generar “modelos de consenso”, en los que el modelo final indica el grado de coincidencia entre varios modelos (Araújo and New 2007, Marmion *et al.* 2009), BIOMOD (Thuiller *et al.* 2009) es una herramienta programada específicamente para la generación de modelos de consenso.

### **2.2.3 Investigaciones de modelación para la distribución especies**

Los estudios de los modelos de distribución de especies son numerosas. Entre los campos de aplicación quizás los más evidentes sean los relacionados con la abundancia de especies (Wohlgemuth *et al.* 2008) y su distribución. Entre las investigaciones de distribución de especies pueden mencionarse: angiospermas (Wohlgemuth *et al.* 2008), endemismos vegetales (Raes *et al.* 2009), helechos (Zaniewski *et al.* 2002), anfibios (Zanini *et al.* 2009), hongos (Wollan *et al.* 2008), primates (Thorn *et al.* 2009), briófitos (Vegar *et al.* 2009), reptiles (Martínez-Freiría *et al.* 2008), aves (Brambilla *et al.* 2009), insectos (Titeux *et al.* 2009, Kroschel *et al.* 2013) como himenópteros (Hinojosa-Díaz *et al.* 2009), peces (Domínguez *et al.* 2006) o cetáceos (Hamazaki 2002) entre otras. También han sido aplicados a la distribución potencial de comunidades (Maggini *et al.* 2006), de hábitats

amenazados (Mücher *et al.* 2009), de especies en el pasado (Alba-Sánchez *et al.* 2010) incluyendo la localización de refugios de flora en el pasado (Médail and Diadema 2009).

Entre otras investigaciones figuran los estudios de riesgos asociados a las especies invasoras (Herborg *et al.* 2009), la protección y conservación de especies amenazadas (Williams *et al.* 2009), los posibles efectos del cambio climático (Loarie *et al.* 2009), los patrones de diversidad (Hortal 2008), el diseño de reservas (Early *et al.* 2008), estudios de conservación (Mateo *et al.* 2011), filogeografía (Waltari and Guralnick 2009), biogeografía (Luoto *et al.* 2006), delimitación de regiones biogeográficas (Mateo *et al.* 2011), localización de lugares donde pueden existir nuevas especies (Raxworthy *et al.* 2003), localización de nuevas presencias de especies raras (Williams *et al.* 2009), delimitación de lugares para futuros trabajo de campo (Guisan *et al.* 2006), reintroducción de especies amenazadas (Martínez-Meyer *et al.* 2006), localización de corredores óptimos para la distribución de especies (Williams *et al.* 2005), conservación de especies raras (Parviainen *et al.* 2008), delimitación de puntos calientes de biodiversidad (Schwartz 1999), el contraste de hipótesis relacionadas con la teoría de la evolución (Peterson *et al.* 1999), los efectos de las actividades humanas en la distribución de especies (Jarnevich *et al.* 2006), la taxonomía (Gaubert *et al.* 2006) y la distribución potencial de enfermedades infecciosas (Peterson *et al.* 2002).

### **2.3 Cambio Climático**

A nivel global, el aumento esperado de la temperatura continuará modificando el clima, lo que representa un reto para todas las actividades que utilizan recursos naturales y entre ellas, la agricultura. Se espera un aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos, y en general, mayores dificultades para la producción de alimentos, representando un desafío adicional para la seguridad alimentaria. El cambio de clima es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global, consecuentemente es una adición a la variabilidad climática natural observada en base a períodos de tiempo comparables (IPCC 2007).

El calentamiento global y cambio climático son conceptos estrechamente relacionados y algunas veces son confundidos o utilizados como sinónimos. Ambos son provocados total o parcialmente por el aumento en la concentración de gases de invernadero en la atmósfera, principalmente el CO<sub>2</sub> relacionado directa o indirectamente con actividades humanas como el uso de combustibles fósiles y deforestación. Algunos estudios señalan que está teniendo

efectos sobre la biósfera (Hughes 2000, Parmesan and Yohe 2003, Root *et al.* 2003, Walther *et al.* 2002).

El clima nunca es estático, ya que presenta fluctuaciones cíclicas anuales y de mayor periodicidad, así como variaciones ocasionales debidas a fenómenos naturales. Pero, el uso más apropiado y convencional del término cambio climático es para descubrir el cambio significativo que se presenta en la actualidad y que no parece relacionarse con las variaciones cíclicas. El cambio climático es provocado por el calentamiento global que a su vez tiene su origen total o parcial en el aumento de gases de invernadero en la atmósfera; por lo que el cambio climático incide sobre los patrones de temperatura y precipitación del planeta, así como en la frecuencia y severidad de eventos extremos como huracanes y sequías (González *et al.* 2003).

El panorama del cambio climático es diverso y es motivo de un amplio debate por especialistas e instituciones alrededor del mundo en las últimas décadas, pero el presente estudio se centrará en los aspectos relacionados con las proyecciones climáticas y sus repercusiones en la agricultura, específicamente en la distribución de la polilla de la papa *P. operculella*.

### **2.3.1 Efecto del cambio climático en los seres vivos**

Diferentes investigaciones indican que existen evidencias de que el cambio climático está teniendo efecto sobre especies animales y vegetales y sobre los ecosistemas. Los efectos del cambio climático sobre los seres vivos se pueden clasificar en cuatro categorías (Hughes 2000, González *et al.* 2003):

- Fisiológicos: fotosíntesis, respiración y crecimiento.
- Distribución geográfica: tendencias de algunas especies a desplazarse hacia mayores altitudes o hacia los polos.
- Fenológicos: alteración de ciclo de vida por efecto de fotoperiodo, horas frío; etc.
- Adaptación: cambios micro-evolutivos in situ.

Sin embargo, a esto habría que agregarle que muchas especies, sobre todo aquellas de distribución restringida, incrementarán su riesgo de extinción y algunas consecuentemente se extinguirán por efecto del cambio climático (Miller 1992).

### **2.3.2 Impactos del cambio climático en la agricultura**

Algunos de los impactos actuales y potenciales del cambio climático y la variabilidad climática sobre los pequeños agricultores en los Andes han sido descritos por Perez *et al.* (2010), Forbes *et al.* (2000), Sporleder *et al.* (2004) y Dangles *et al.* (2008).

#### **a. Temperatura y lluvia**

El cambio climático ejercerá una influencia en las variaciones de la temperatura diurna, incrementos en la temperatura máxima, alteraciones en la humedad relativa y radiación solar, lo que a su vez intensificará el ciclo hidrológico gracias a las altas tasas de evaporación, cambios en la estacionalidad y cantidad de precipitación, así como frecuentes sequías o inundaciones en la zona andina (Perez *et al.* 2010).

#### **b. Plagas y enfermedades**

La expansión de la actividad agrícola y el comercio de semillas contaminadas con huevos o larvas de insectos y virus desde las zonas bajas hacia las zonas altas han favorecido la dispersión de importantes plagas como la polilla de la papa (*P. opercuella*) y el gorgojo de los andes (*P. latitorax* Pierce) en áreas que eran tradicionalmente empleadas por los agricultores como una fuente de semillas y tubérculos libres de plagas (Perez *et al.* 2010). El incremento de la temperatura será un factor determinante para el establecimiento de la polilla de la papa en zonas productoras de papa a mayor altitud, así como en el incremento de la infestación debido al acortamiento de su ciclo de vida (Sporleder *et al.* 2004, Dangles *et al.* 2008), situación que se agravaría debido a la disminución de la efectividad de ciertos pesticidas por efecto de las altas temperaturas y humedad, sin considerar que su uso excesivo puede acelerar el desarrollo de resistencia en las plagas (Perez *et al.* 2010, Forbes *et al.* 2000).

### **2.3.3 Escenarios y proyecciones climáticas**

Las emisiones futuras de gases de efecto invernadero (GEI) son el producto de sistemas dinámicos muy complejos, determinado por fuerzas tales como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico. Su evolución futura es muy incierta (IPCC 2000).



Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación. La posibilidad de que en la realidad las emisiones evolucionen tal como se describe en alguno de estos escenarios es muy remota. Los escenarios de cambio climático también son definidos como una descripción verosímil y a menudo simplificada del clima futuro, sobre la base de una serie intrínsecamente coherente de relaciones climatológicas, elaborada para ser expresamente utilizada en la investigación de las posibles consecuencias de los cambios climáticos antropogénicos y que suele utilizarse como instrumento auxiliar para la elaboración de modelos de impacto (IPCC 2000, SENAMHI 2005).

Los cambios mundiales que posiblemente ocurrirán durante el siglo XXI han sido estimados mediante “una jerarquía de modelos que abarca un modelo climático simple, varios modelos de sistemas terrestres de complejidad intermedia y un gran número de modelos de circulación general atmósfera-océano (MCGAO), junto con las limitaciones observacionales” (IPCC 2007).

Se han descrito cuatro familias básicas de escenarios (IPCC 2007):

- **A1:** Implica un crecimiento económico y poblacional mundial muy rápido, así como una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes.

Se divide en tres grupos según las alternativas de cambio tecnológico: i) A1FI, intensiva en combustibles fósiles; ii) A1T, energías de origen no fósil y iii) A1B, equilibrio entre ambas fuentes.

- **B1:** Se basa en la evolución más rápida de las estructuras económicas hacia una economía de servicios y de información, pero con la misma población mundial que A1.

- **B2:** Engloba una población y un crecimiento económico intermedio, orientada hacia las soluciones locales para lograr una sostenibilidad económica, social y medioambiental.

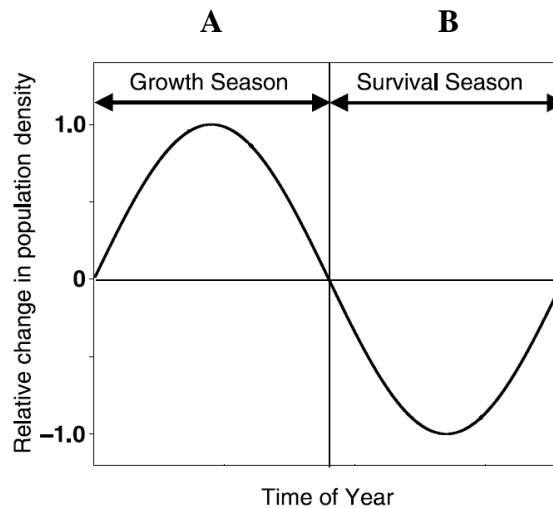
- **A2:** Representa un mundo con un alto crecimiento poblacional, pero con un lento desarrollo económico y tecnológico.

Hijmans (2003), empleó un modelo de simulación para calcular el rendimiento potencial de la papa para el clima actual (1961-1990) y proyecciones climáticas para los períodos 2010-2039 y 2040-2069 mediante el uso de siete escenarios climáticos con la finalidad de identificar regiones donde probablemente se obtenga una baja productividad debido al incremento en la temperatura. Los rendimientos simulados del cultivo de papa disminuyen entre 25 y 50 por ciento en el sur de África, Europa del Este, suroeste de India e Indonesia para condiciones de clima actual y para los años 2010-2039; entre 25 y 50 por ciento en el sureste de África, Medio Oriente, gran parte de Europa, norte de China, suroeste de India, norte de Estados Unidos y Canadá y el sur de Brasil, y más del 50 por ciento en África Central e Indonesia para el período 2040-2069, lo que se atribuye mayormente a los cambios en la temperatura debido a que la radiación solo contribuye en un 10 por ciento.

#### **2.4 CLIMEX: modelo de distribución de especies**

El clima es principal factor de la distribución potencial de muchos organismos (Woodward 1988). CLIMEX es un modelo aplicado a diferentes especies o unidades taxonómicas, en respuesta al clima (Organismos poiquilotermos) (Sutherst *et al.* 2007).

El modelo CLIMEX está diseñado para extraer la máxima información sobre la respuesta de una especie al clima con la menor cantidad de datos de campo. Se deriva de índices semanales que describen la respuesta de especies nominadas a la temperatura, humedad y luz en caso de las plantas. El modelo se basa en un modelo conceptual donde hay dos tipos de estaciones cada año, una donde hay un aumento de la población y la otra donde hay una disminución de la población (Figura 8). Estas son referidas como el crecimiento y periodos de estrés, respectivamente. Una población tiene que ser capaz de sobrevivir durante una temporada de estrés, con efectos negativos sobre la densidad de la población; para subsistir y aparecer al principio de la temporada favorable (a menos que sea una especie migratoria) (Van Driesche *et al.* 2007).



**Figura 8.** Estaciones: **A.** para el crecimiento y **B.** para la supervivencia de la población según el modelo CLIMEX (Sutherst 2003).

En la práctica, hay excepciones a esta regla, por lo general en pequeñas regiones del mundo, como el Este de África donde hay dos temporadas de estrés asociadas con distribuciones bimodales de precipitación (clima seco). Ellos necesitan una interpretación adicional de los resultados de las temporadas con CLIMEX. La aptitud climática de un lugar designado para un determinado organismo es proporcionado por un “Índice Ecoclimático” (EI), este índice presenta una escala de 0 a 100. Esta combina el potencial anual de crecimiento de la población con el estrés anual. El (EI) es una medida agregada, es decir el (EI) resume las características individuales de los miembros de una población. Los valores de los parámetros del modelo de crecimiento y estrés constituyen la descripción de la respuesta del organismo al clima y como tales representan las hipótesis que deben ser probadas (Sutherst *et al.* 2007).

Según Sutherst (2003), los valores y la duración extrema de temperatura y humedad, limita la supervivencia de las poblaciones, por lo que permite establecer los límites definitivos de la distribución potencial determinada por el clima para una especie. El modelo CLIMEX describe cuatro índices anuales de estrés: húmedo, seco, frío y caliente, que estiman las amenazas para las especies para periodos prolongados o de extrema intensidad de condiciones adversas, y sus interacciones según sea el caso. Los valores semanales de cada índice de estrés se acumulan mediante una función no lineal para dar un valor anual. Si ese valor excede de 100, se considera que la especie no es capaz de sobrevivir en ese entorno. EL (EI) proporciona una medida global de la idoneidad de un lugar determinado para la ocupación permanente de una especie.

El análisis de CLIMEX por lo general demanda requerimientos climáticos de las especies los cuales son inferidos de información sobre su distribución geográfica conocida (proceso top-down). El proceso “top-down” también es denominado modelado “inverso” o “inferencial” (inverso de la aproximación reduccionista generalmente usado para construir modelos mecánicos). No obstante, cuando los datos de laboratorio están disponibles, se pueden utilizar para reforzar el proceso de ajuste de un modelo o de explicar los procesos (Sutherst *et al.* 2007).

El modelo CLIMEX también ayuda a determinar el número de generaciones por año, de los insectos a partir de días-grados. Es decir la temperatura controla la velocidad del desarrollo de muchos organismos; por lo que las plantas y los animales invertebrados, incluyendo insectos y nematodos, requieren una cierta cantidad de calor para el desarrollo de un punto, en su ciclo de vida a otra. Esta medida de calor acumulado se conoce como tiempo fisiológico. Teóricamente, el tiempo fisiológico proporciona una referencia común para el desarrollo de los organismos (Sutherst 2003, Sutherst *et al.* 2007).

La cantidad de calor necesario para completar el desarrollo de un organismo dado no varía la combinación de la temperatura (entre los umbrales) y el tiempo siempre será el mismo. Tiempo fisiológico frecuentemente se expresa y aproxima en unidades llamadas días-grados (°D) (Sutherst *et al.* 2007).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

La distribución geográfica de la polilla de la papa *P. operculella*, bajo condiciones del clima actual y el escenario de cambio climático (A2-2050) abarca un ámbito mundial y fue desarrollado en la Unidad de Sistemas de Información Geográfica del Centro Internacional de la Papa (CIP), con sede en Lima, Perú.

#### 3.1 Distribución de *P. operculella*, a nivel global

##### 3.1.1 Documentación de la distribución observada de *P. operculella*

La documentación de la distribución observada de *P. operculella*, se realizó en relación con datos disponibles en diferentes investigaciones. En general, se consideró las zonas de captura así como los reportes de presencia de esta especie en condiciones de campo, según fuentes de literatura.

Los datos fueron tabulados en el programa Excel ver. 2010, bajo el siguiente diseño, que comprende dieciséis campos. Estos son:

- **Continent:** Continente es cada una de las grandes extensiones de tierra separadas por los océanos.
- **Adm0:** país.
- **Adm1:** primer división administrativa del país.
- **Adm2:** segunda división administrativa del país.
- **Location:** tercera división administrativa del país.
- **Situation / Situación (EPPO 2013):**
  - Present, no further details.
  - Widespread.
- **Latitud:** Distancia que hay desde un punto de la superficie terrestre al Ecuador, contada en grados de meridiano.
- **Longitud:** Distancia expresada en grados, entre el meridiano de un punto y otro tomado como referencia en el Ecuador.
- **Altitude:** Distancia vertical de un punto de la tierra respecto al nivel del mar.
- **T<sub>min</sub>:** temperatura mínima de ambiente.

- **T<sub>max</sub>**: temperatura máxima de ambiente.
- **T<sub>average</sub>**: media aritmética entre temperatura mínima y la temperatura máxima
- **Generation**: número de generaciones por año de la especie.
- **Date**: fecha de registro de captura, presencia o colecta de *P. operculella*.
- **Citation**.
- **References**.

### 3.1.2 Georreferenciación de la distribución observada de *P. operculella*

La georreferenciación consistió en proporcionar datos de latitud y longitud (coordenadas geográficas) a los registros de presencia de *P. operculella* que carecen de datos espaciales, los cuales son representados mediante puntos. Las coordenadas fueron asignadas a los lugares de colecta y captura de la polilla, mediante dos herramientas: ArcGis ver. 10 y Google Earth ver. 6.1. Las coordenadas son medidas en grados decimales y el datum en WGS 1984. Los resultados se obtuvieron en forma de mapas (shapefile de puntos para la distribución observada de *P. operculella*).

## 3.2 Distribución potencial de *P. operculella*, empleando el modelo CLIMEX

### 3.2.1 Data meteorológica empleada por el modelo CLIMEX

Para determinar la distribución potencial de *P. operculella*, se empleó el escenario actual (1961-1990) y el escenario (A2-2050), el cual muestra un incremento en la temperatura promedio de 1.58 °C a nivel global.

La data meteorológica posee una resolución de 10' (formato .mm), se emplearon proyecciones climáticas generadas a partir de tres modelos climáticos globales (GCMs). El modelo CLIMEX emplea una base de datos, que contiene datos de 2400 estaciones meteorológicas en todo el mundo durante el periodo de 1951-1990; así como redes climáticas interpoladas; proporcionadas por la Comunidad del Cambio Global a través del CRU (Climate Research Unit), IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) y WorldClim (Global Climate Data) generando 6 789 612 datos meteorológicos mensuales para 565 801 localidades a nivel mundial (Kriticos *et al.* 2012, Sutherst *et al.* 2007).

Los datos meteorológicos para condiciones actuales y futuras (escenario A2-2050) incluyen:

- Temperatura mínima promedio mensual en °C.
- Temperatura máxima promedio mensual en °C.
- Precipitación promedio mensual en mm.
- Humedad relativa promedio mensual a las 9.00 horas y 15.00 horas respectivamente.

### 3.2.2 Escenarios de cambio climático

El modelo CLIMEX permite considerar las posibles consecuencias del cambio climático. CLIMEX proporciona un servicio personalizado para crear escenarios de cambio climático para una región determinada o ingresar data climática proporcionada por CliMond <https://www.climond.org/Core/Authenticated/Climex.aspx> (formato .mm) (Kriticos *et al.* 2012). Después de que los parámetros CLIMEX de *P. operculella* fueron instalados bajo condiciones del clima actual, se seleccionó el escenario de cambio climático (A2-2050), para analizar la distribución potencial de *P. operculella* en condiciones climáticas futuras.

Las estimaciones referentes al Calentamiento Global con las recomendaciones del Cuarto Informe de Evaluaciones del IPCC para el Calentamiento Global fueron calculadas para un escenario actual entre 1961-1990 (base climatológica) y para el año 2030, 2050, 2070, 2080, 2090 y 2100 con dos escenarios climáticos A1B y A2 (IPCC 2007, Kriticos *et al.* 2012) (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Estimaciones de Calentamiento Global (°C) en relación con 1961-1990 para 2030, 2050, 2070 y 2080 y escenarios SRES A1B y A2.**

AÑO	SRES emission scenario	
	A1B	A2
2030	1.08	0.98
2050	1.71	1.58
2070	2.31	2.43
2080	2.59	2.88

SRES: Informe especial sobre escenarios de emisiones

Fuente: Kriticos *et al.* (2012)

### 3.2.3 Metodología para determinar la distribución potencial de *P. operculella*, mediante el modelo CLIMEX

En este estudio se utilizó el modelo CLIMEX ver. 3. Para el desarrollo de respuestas climáticas de *P. operculella*, en función de distribuciones observadas. Es decir utilizamos registros de la distribución de *P. operculella*, como base para el ajuste de los parámetros del modelo. CLIMEX utiliza las respuestas al clima de un organismo y los datos meteorológicos para predecir la distribución potencial de organismos poiquiloterms; bajo condiciones climáticas actuales y futuras (Figura 9). La predicción fue hecha a escala mundial. La función propia del programa CLIMEX empleada para este estudio, fue “Compare Locations”; puesto que esta función permite describir la distribución potencial de las especies en relación al clima. Ingresando al programa parámetros fisiológicos de *P. operculella* y datos meteorológicos, el modelo construye un Índice Ecoclimático (*EI*), que describe la condición ambiental que ofrece un determinado sitio para el establecimiento de la especie en estudio (Villacide and Corley 2003).

El (*EI*) integra el Índice de crecimiento anual ( $GI_A$ ), que describe el crecimiento potencial de una población con los factores de estrés anuales que limitan su crecimiento en épocas menos favorables. El (*EI*) toma valores entre 0 y 100, describiendo sitios inhabitables y óptimos, respectivamente. Un (*EI*) cercano a cero indica que la localidad no es favorable para la supervivencia a largo plazo de la especie; en cambio un (*EI*) de 100 corresponde a un sitio bajo condiciones constantes e ideales (Sutherst *et al.* 2007).

El Índice Ecoclimático (*EI*); se calcula del siguiente modo:

$$EI = TGI_A \times SI \times SX$$

Donde:

- Índice de Crecimiento Anual ( $GI_A$ ):

$$GI_A = 100 \sum_{i=1}^{52} GI_{wi} / 52$$

- Índice de Estrés Anual (*SI*):

$$SI = (1 - CS / 100)(1 - DS / 100)(1 - HS / 100)(1 - WS / 100)$$

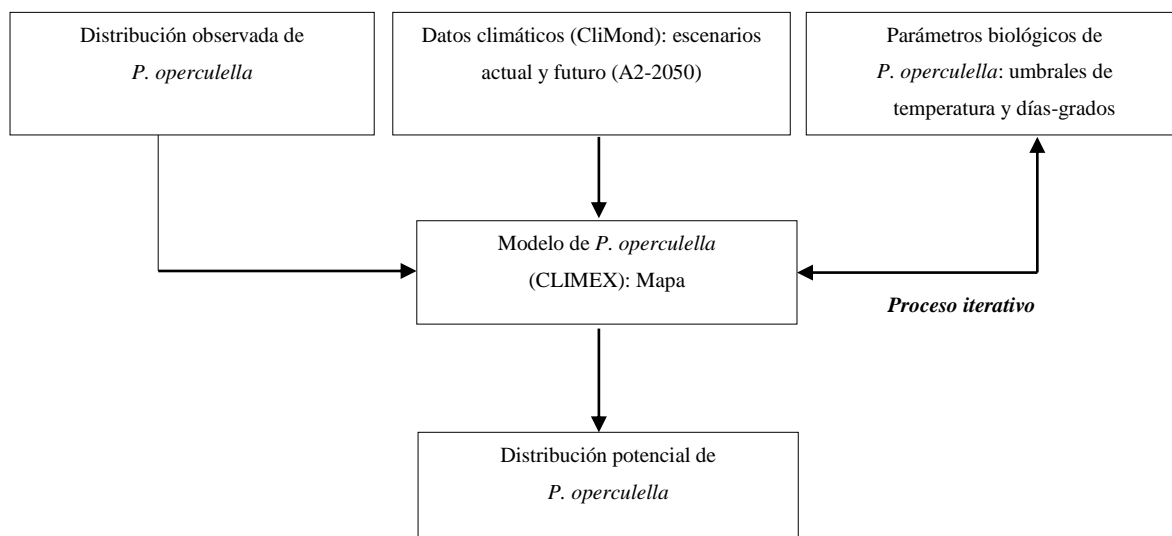
- Índice de Interacción de Estrés (*SX*):

$$SX = (1 - CDX / 100)(1 - CWX / 100)(1 - HDX / 100)(1 - HWX / 100)$$



El Índice de Crecimiento Anual ( $GI_A$ ) describe el crecimiento potencial para una población durante estaciones favorables, donde ( $GI_{wi}$ ) describe el Índice de Crecimiento Semanal. El Índice de Estrés Anual ( $SI$ ) está conformado por CS, DS, HS y WS son los índices anuales de frío, sequía, calor y humedad respectivamente. La interacción de estos cuatro índices CDX, CWX, HDX y HWX son los índices anuales de frío-seco, frío-húmedo, calor-sequedad y calor-humedad; representan la medida en que la población es reducida durante estaciones desfavorables (Villacide and Corley 2003).

Los índices de crecimiento y estrés son combinados en un Índice Ecoclimático ( $EI$ ), el cual proporciona una medida de favorabilidad climática para la ocupación de un determinado lugar, por la polilla de la papa (Sutherst *et al.* 2007).



**Figura 9.** Esquema inferencial para determinar la distribución potencial de *Phthorimaea operculella* empleando el modelo CLIMEX, adecuado de (Beddow *et al.* 2010).

### 3.2.4 Índices del modelo CLIMEX

Para determinar la distribución potencial de *P. operculella* mediante el modelo CLIMEX se usan dos metodologías complementarias. La primera es estimar la respuesta *P. operculella* a la temperatura y la segunda es afinar los parámetros de CLIMEX con la distribución actual de la especie (proceso iterativo) (Sutherst *et al.* 2007).

### 3.2.4.1 Índices de temperatura

Los índices de temperatura semanal ( $TI_W$ ), describen la respuesta de las especies en el ciclo de temperatura diaria. Varía entre cero y uno. El crecimiento de la población es máximo cuando  $TI_W = 1$ , y es cero cuando  $TI_W = 0$ ; cuatro son los parámetros que definen el rango de idoneidad para la temperatura, que se utilizan para calcular ( $TI_W$ ) (Sutherst *et al.* 2007); los índices de temperatura son:

- **DV0:** temperatura mínima limitante.
- **DV1:** temperatura mínima óptima.
- **DV2:** temperatura máxima óptima.
- **DV3:** temperatura máxima limitante.
- **PDD:** mínimo de días-grados sobre DV0; necesarios para completar una generación.

Donde el valor de DV0 – DV3, describe el rango de temperatura para *P. operculella* en el cual puede sobrevivir.

### 3.2.4.2 Índices de estrés

Los Índices de Estrés de CLIMEX establecen el límite de la habilidad de la especie para sobrevivir, durante condiciones estacionales adversas y estos determinan su distribución geográfica; cuatro son los índices (Cold, Hot, Wet and Dry) y en algunos casos sus interacciones.

### 3.2.5 Metodología para un ajuste visual entre la distribución observada y la distribución potencial actual de *P. operculella*

El ajuste visual entre la distribución observada y la distribución potencial actual de *P. operculella* se denomina proceso iterativo. Los resultados para la distribución potencial actual de la polilla, se obtuvo mediante el modelo CLIMEX.

Preliminarmente se calibró los parámetros de estrés y de humedad periódicamente, hasta que se represente la mejor aproximación entre la distribución potencial actual obtenida mediante CLIMEX (formato ráster) y la distribución observada de la especie (formato shapefile); ambos son exportados al programa ArcGis ver. 10, para una mejor observación. Los parámetros obtenidos en esta investigación definen únicamente la distribución potencial para *P. operculella*. La calibración de la distribución potencial de la especie para condiciones actuales de clima, fue iniciada para América del Sur; por ser el lugar de origen de *P. operculella*. Posteriormente, los parámetros obtenidos son aplicados en el modelo para todo el mundo. Esto facilitó la calibración del modelo, más la experticia y recomendación de los especialistas; se obtuvo el mapa concluyente de la distribución potencial de *P. operculella* para condiciones actuales de clima.

La determinación de clases del Índice Ecoclimático se realizó en el programa ArcGis ver. 10 (Properties > Symbology > Quantities > Classify: Manual). Es decir el modelo está diseñado para imitar la integración de todas las influencias climáticas en las áreas de ubicación de *P. operculella*.

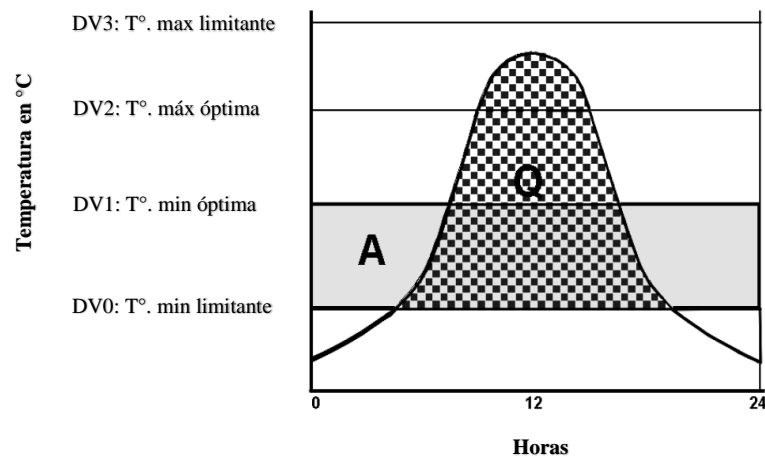
### **3.2.6 Metodología para la validación entre el número de generaciones/año observadas y el número de generaciones/año estimadas de *P. operculella***

La validación consistió en realizar una correlación y suma de cuadrados para determinar el grado de asociación y error de predicción de CLIMEX; entre el número de generaciones por año estimadas y el número de generaciones observadas de *P. operculella*, para puntos de presencia en común, empleando el programa Excel ver. 2010. En condiciones actuales de clima.

El modelo CLIMEX calcula el número de generaciones por año para cualquier especie; posteriormente de que se realice el proceso iterativo descrito anteriormente. El resultado del número de generaciones por año de *P. operculella* para condiciones actuales de clima es a manera de mapa (formato ráster). Del mapa anterior se extrajo el número de generaciones estimadas de *P. operculella*, para las mismas coordenadas del número de generaciones observadas de *P. operculella*, con ayuda del programa ArcGis ver. 10 (Spatial Analyst: extract values to point).

El número de generaciones estimadas extraídas y el número de generaciones observadas de *P. operculella* son ubicadas en una tabla, para realizar la correlación y suma de cuadrados del error de CLIMEX empleando el programa Excel ver. 2010. La función Spatial Analyst: extract values to point, del programa ArcGis, extrae valores de celda en ubicaciones especificadas en una clase de entidad de punto desde uno o más rásteres y registra los valores en la tabla de atributos de la clase de entidad de punto.

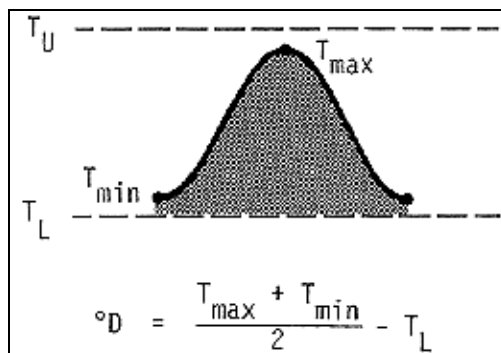
El modelo CLIMEX utiliza el concepto de días-grados para el cálculo del Índice de Temperatura (*TI*) y el número de generaciones por año. El valor de los parámetros de temperatura DV0 - DV3 de una especie, describe el rango de temperatura en el que puede vivir para un período de 24 horas. Los días-grados totales de crecimiento de la población son equivalente a “Q”, el área sombreada en la Figura 10, es decir el área bajo la curva de temperatura y por encima de DV0 pero por debajo de DV3. Para calcular esta área, CLIMEX utiliza el algoritmo publicado por Baskerville y Emin en 1969 (Sutherst *et al.* 2007).



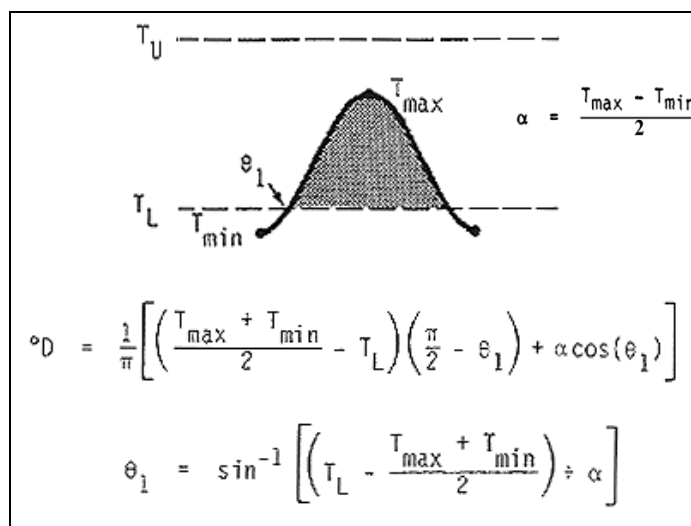
**Figura 10.** Índice de temperatura en relación con el ciclo diario de la temperatura Q = área sombreada bajo la curva entre DV0 y DV3, y A = área sombreada entre DV0 y DV1 (Sutherst *et al.* 2007).

Los días-grados anuales totales por encima de la temperatura mínima limitante, se utilizan para calcular el número de generaciones por año si un valor mayor que cero se ha introducido para PDD (días-grados) en el registro de parámetros. Por ejemplo, si una especie requiere de 660 días-grados por encima de DV0 pero por debajo de DV3 para completar su ciclo de vida (PDD = 660) y este número total en un lugar determinado es 4300; la especie puede completar  $4300/660 = 6.5$  generaciones en un año (Sutherst *et al.* 2007).

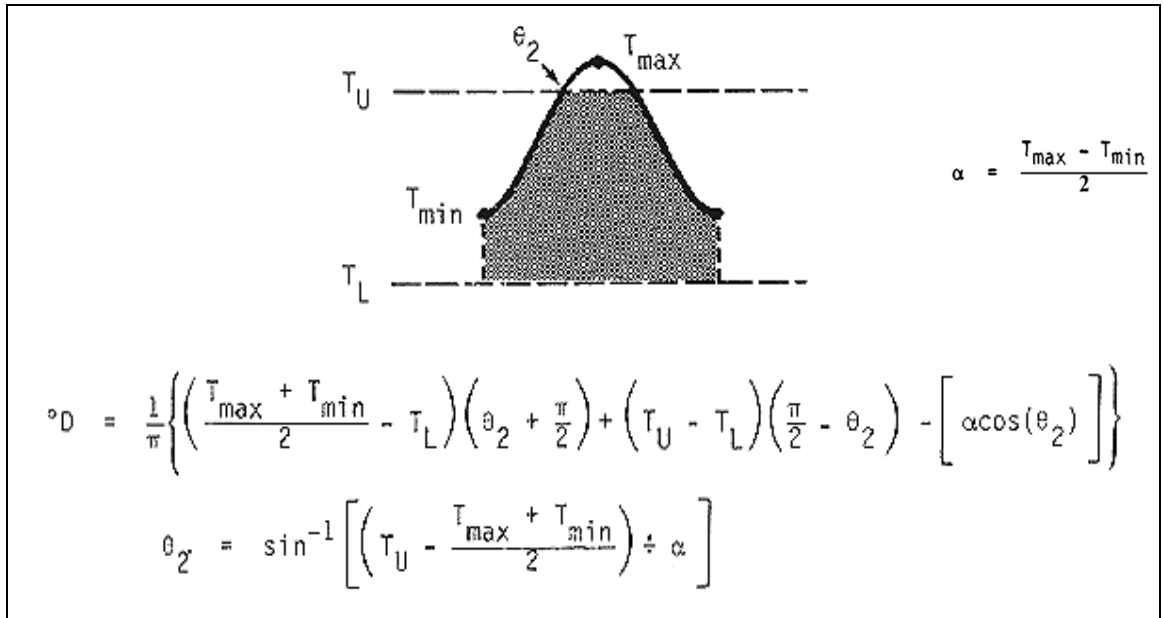
El algoritmo publicado por Baskerville y Emin en 1969 (Método Sinoidal Simple), presenta cuatro fórmulas para calcular los días-grados ( $^{\circ}\text{D}$  o PDD) para un periodo de 24 horas y son empleados por el modelo CLIMEX para calcular el número de generaciones de *P. operculella* donde  $T_U = DV3 =$  umbral superior,  $T_L = DV0 =$  umbral inferior,  $T_{\text{max}} =$  temperatura máxima y  $T_{\text{min}} =$  temperatura mínima (Figuras 11; 12; 13 y 14). La acumulación de días grado son las áreas de los diagramas sombreados:



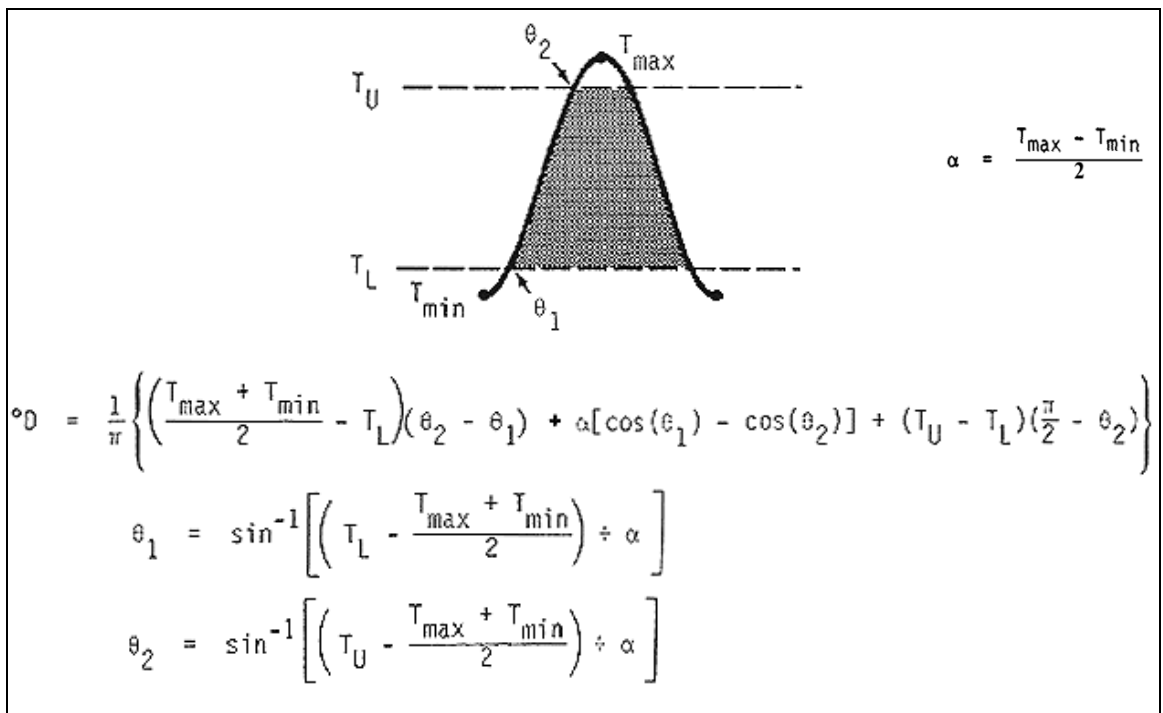
**Figura 11.** Relación entre la temperatura máxima y mínima del día entre los dos umbrales (Baskerville and Emin 1969).



**Figura 12.** Relación entre la temperatura máxima y mínima del día donde la temperatura mínima está por debajo del umbral inferior (Baskerville and Emin 1969).



**Figura 13.** Relación entre la temperatura máxima y la mínima del día donde la temperatura máxima del día está por encima del umbral superior (Baskerville and Emin 1969).



**Figura 14.** Relación entre la temperatura máxima y la mínima del día donde la temperatura mínima y máxima del día estén por debajo y arriba de los umbrales, respectivamente (Baskerville and Emin 1969).

### 3.2.7 Umbrales de temperatura de *P. operculella*

El modelo CLIMEX presenta cuatro índices de temperatura DV0; DV1; DV2 y DV3. Donde DV0 y DV3; representan la temperatura mínima y máxima limitante respectivamente. Es decir la especie no podrá sobrevivir a una temperatura semanal promedio, por fuera de estos límites. DV1 y DV2; representa la temperatura mínima óptima y la temperatura máxima óptima. Es decir DV1 y DV2, son el límite inferior y superior respectivamente, del rango ideal de temperaturas para el crecimiento de la población. La tasa de crecimiento de la población se reduce si la temperatura mínima semanal promedio está por debajo de DV1 o si la temperatura máxima semanal promedio está por sobre de DV2. Donde PPD, representa el mínimo de días-grados por encima de DV0 necesarios para completar una generación.

Los umbrales de temperatura y días-grados para *P. operculella*, fueron calculados por Sporleder *et al.* (2004) (Cuadro 4), los cuales fueron ingresados al modelo CLIMEX.

**Cuadro 4. Umbrales de temperatura para *Phthorimaea operculella* (Zeller)**

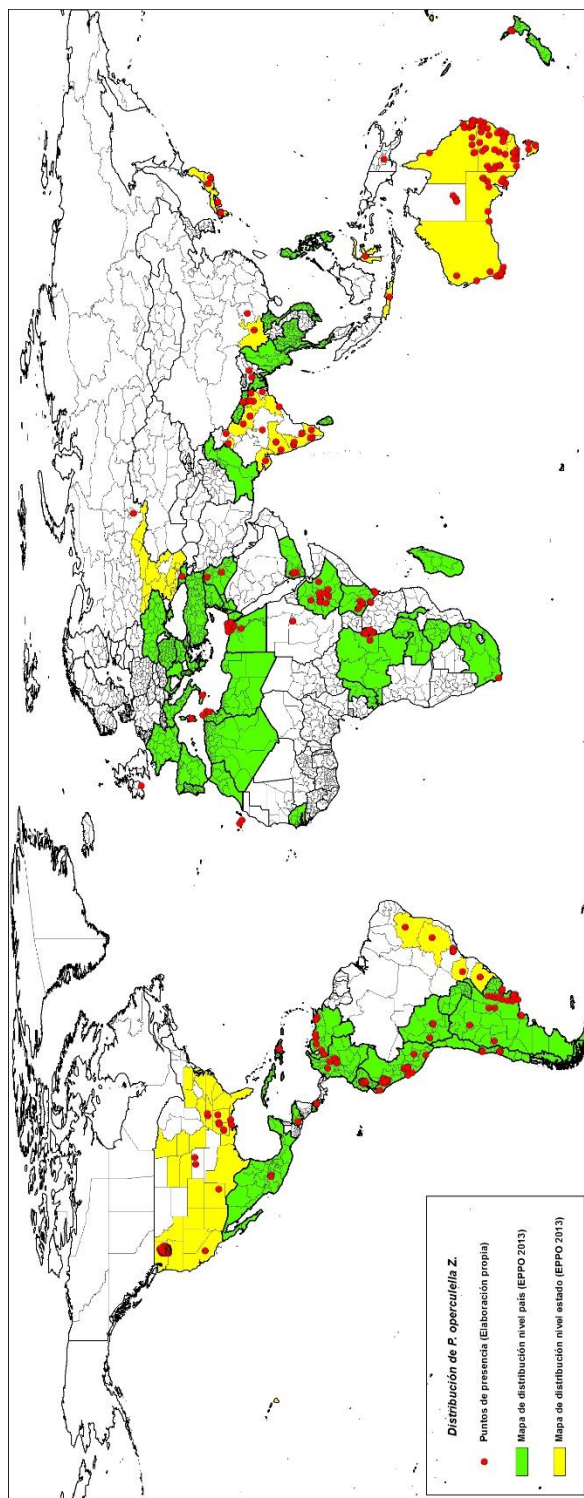
Parámetros	Valor en °C
DV0: temperatura mínima limitante.	8-10
DV1: temperatura mínima óptima.	16-18
DV2: temperatura máxima óptima.	28
DV3: temperatura máxima limitante.	32
PPD: días-grados	400

Fuente: Sporleder *et al.* (2004)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Distribución geográfica observada de *P. operculella*

Se determinó la distribución geográfica observada de la polilla de la papa *P. operculella* en África, Asia, América, Europa y Oceanía; con un total de 1473 registros de presencias, de los cuales, 1151 registros presentan coordenadas espaciales (puntos de color rojo) y 322 registros son a nivel países (polígonos de color verde) o región (polígonos de color amarillo) (Figura 15). El detalle de los 1473 registros se muestra en el Anexo 1.



**Figura 15.** Distribución geográfica observada para *Phthorimaea operculella* (Zeller); donde los puntos de color rojo indican reportes de presencias de la polilla.



Se determinó que *P. operculella* está presente en 105 países; de los cuales 1151 son puntos de presencias con coordenadas espaciales y 322 son datos de presencias de *P. operculella* a nivel país o estado (Figura 15).

Los países que poseen la mayor cantidad de registros de presencias para *P. operculella* son: en el continente africano, Egipto cuenta con un total de 36 registros (23 registros con coordenadas espaciales y 13 registros son a nivel país o región). En América del Norte, Estados Unidos presenta 832 registros (775 registros con coordenadas espaciales y 57 registros son a nivel país o región); en América Central y el Caribe, Costa Rica presenta un total de 10 registros (7 registros con coordenadas espaciales y 3 registros son a nivel país o región) y en América del Sur, Perú presenta un total de 46 registros (35 registros con coordenadas espaciales y 11 registros son a nivel país o región). La India presenta 54 registros (38 registros con coordenadas espaciales y 16 registros son a nivel país o región), para el continente asiático. En Europa Italia y Turquía equiparan con un total de 04 registros; Italia presenta 2 registros con coordenadas espaciales y 2 registros son a nivel país o región; en cambio, Turquía presenta 0 registros con coordenadas espaciales y 4 registros son a nivel país o región. Por último en el Continente de Oceanía, Australia presenta un total de 109 registros (84 registros con coordenadas espaciales y 25 registros son a nivel país o región). Estos resultados fueron dependientes de la disponibilidad de los reportes de presencias para *P. operculella* en condiciones de campo (Figura 15).

El mapa de la Figura 15, posee 1151 registros de presencias para *P. operculella* que presentan coordenadas espaciales. Este mapa nos brindan mayor detalle de la ubicación de la especie en relación con los mapas antecesores, los cuales solo presentan reportes a nivel país o estado como muestran las Figuras 1, 2 y 3 (CIE 1968, Kroschel y Sporleder 2006, EPPO 2013).

El mapa de la Figura 15, permite realizar el proceso iterativo entre la distribución potencial actual y la distribución observada de *P. operculella* porque este último, presenta coordenadas espaciales para la ubicación de la polilla de la papa. Se determinó que *P. operculella* se encuentra distribuida a nivel mundial (Figura 15), corroborando las investigaciones realizadas por CIE 1968, Kroschel and Sporleder 2006 y EPPO 2013.

## 4.2 Distribución potencial actual de *P. operculella*

La distribución potencial actual de *P. operculella* fue determinada a través de los siguientes índices y parámetros: índices de humedad y parámetros de estrés.

Los índices de humedad y parámetros de estrés fueron determinados a partir del ajuste entre la distribución potencial actual estimada por el modelo CLIMEX y la distribución observada para *P. operculella* (Cuadro 5).

Los parámetros de crecimiento, los índices de temperatura y los días-grados para *P. operculella*; son los únicos parámetros proporcionados por datos de laboratorio (Sporleder *et al.* 2004) (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Parámetros para la distribución potencial de *Phthorimaea operculella* (Zeller) empleando el modelo CLIMEX**

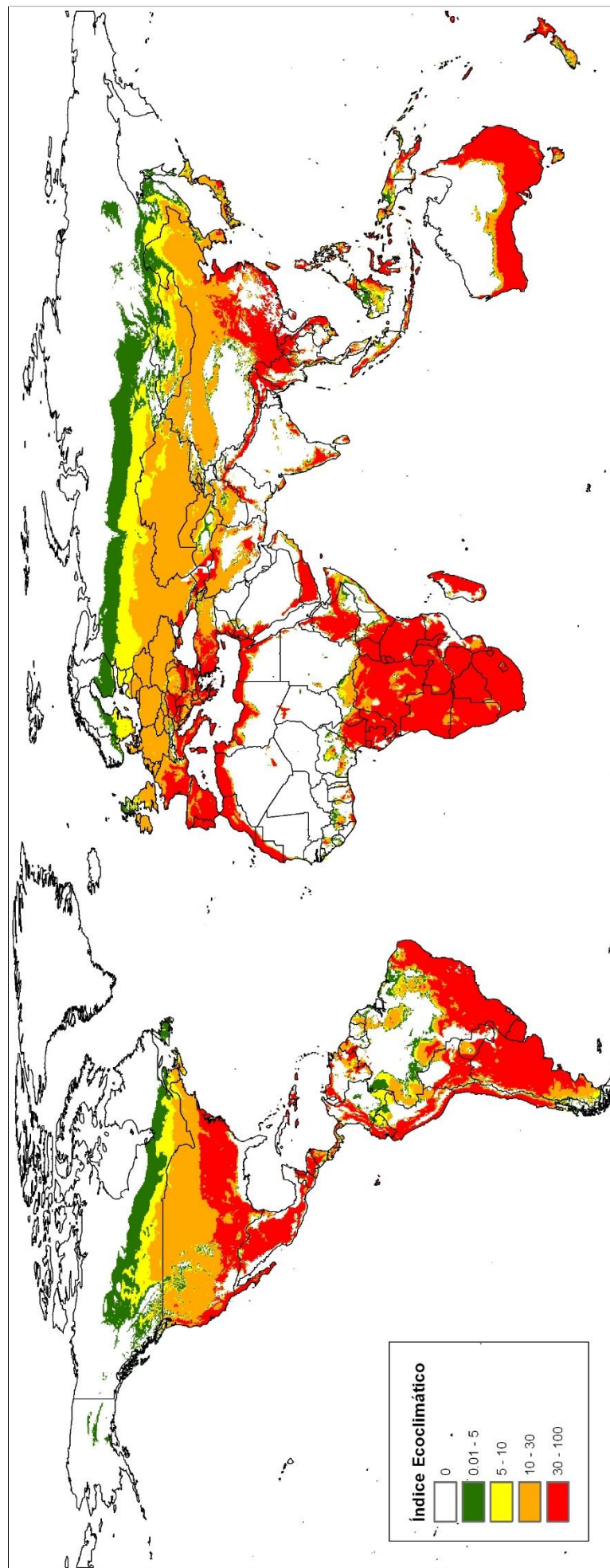
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO		Valores iniciales para una especie de clima templado (a)	Valores finales
<b>Índices de Temperatura</b>			
DV0	Temperatura mínima limitante (°C).	8	8
DV1	Temperatura mínima óptima (°C).	16	16
DV2	Temperatura máxima óptima (°C).	28	28
DV3	Temperatura máxima limitante (°C).	32	32
PDD	días-grados (D°).	400	400
<b>Índices de humedad</b>			
SM0	Humedad mínima limitante del suelo (semana <sup>-1</sup> ).	0.25	0
SM1	Humedad mínima óptima del suelo (semana <sup>-1</sup> ).	0.8	0.005
SM2	Humedad máxima óptima del suelo (semana <sup>-1</sup> ).	1.5	1.2788
SM3	Humedad máxima limitante del suelo (semana <sup>-1</sup> ).	2.5	1.63
<b>PARÁMETROS DE ESTRÉS</b>			
<b>Estrés por frío</b>			
TTCS	Umbral de temperatura para estrés por frío (°C).	0	0
THCS	Tasa de temperatura para estrés por frío (semana <sup>-1</sup> ).	0	0
DVCS	Umbral de temperatura de días-grado para estrés por frío.	-	-
DTCS	Umbral de días-grado para estrés por frío (D°).	15	15
DHCS	Tasa de días-grado para estrés por frío (semana <sup>-1</sup> ).	-0.0001	-0.0001
TTCSA	Umbral de temperatura para estrés por frío (promedio).	0	0
THCSA	Tasa de temperatura para estrés por frío (promedio).	0	0

**Cuadro 5. Parámetros para la distribución potencial de *Phthorimaea operculella* (Zeller) empleando el modelo CLIMEX**

<b>Estrés por calor</b>			
TTHS	Umbral de temperatura para estrés por calor (°C).	30	34
THHS	Tasa de temperatura para estrés por calor (semana <sup>-1</sup> ).	0.005	0.005
DTHS	Umbral de estrés por calor.	0	0
DHHS	Tasa de días grado para estrés por calor (semana <sup>-1</sup> ).	0	0
<b>Estrés por sequía</b>			
SMDS	Umbral de estrés por sequía.	0.2	0
HDS	Tasa de estrés por sequía (semana <sup>-1</sup> ).	-0.005	-0.1
<b>Estrés por humedad</b>			
SMWS	Umbral de estrés por humedad.	2.5	2.5
HWS	Tasa de estrés por humedad (semana <sup>-1</sup> ).	0.002	0.01
<b>Temperatura/Interacción de estrés por Humedad</b>			
<b>Calor –Humedad</b>			
TTHW	Umbral de temperatura por exceso de calor-humedad (°C).	23	31.5
MTHW	Umbral de temperatura por déficit de calor-humedad (°C).	0.5	0.5
PHW	Tasa de estrés por calor-humedad (semana <sup>-1</sup> ).	0.075	0.2
(a)	Parámetros iniciales para especies de clima templado según (Sutherst <i>et al.</i> 2007).		

Se determinaron las zonas de establecimiento y ocurrencia de *P. operculella*, a partir de observaciones climáticas mínimas (datos meteorológicos para condiciones actuales), proceso iterativo y los valores de los parámetros establecidos por el modelo CLIMEX para la distribución potencial actual de *P. operculella* (Cuadro 5). Los cuales se integraron resultando el Índice Ecoclimático (EI) en la Figura 16.

La Figura 16; muestra la distribución potencial actual de *P. operculella* donde el Índice Ecoclimático posee valores desde 0 hasta 100, donde un valor de 30 a 100 representan áreas para el establecimiento de la polilla de la papa. En cambio, valores inferiores a 30; muestran niveles para la ocurrencia de *P. operculella* a nivel global, más no para su establecimiento.



**Figura 16.** Distribución potencial actual de *Phthorimaea operculella* (Zeller) utilizando el modelo CLIMEX. Donde el color rojo (EI>30); indica regiones donde la polilla encuentra condiciones climáticas para establecerse y un (EI<30); indica regiones donde la polilla encuentra condiciones climáticas para su ocurrencia.

### 4.3 Comparación entre el número de generaciones/año observadas y generaciones/año estimadas por el modelo CLIMEX para *P. operculella*

El número de generaciones por año observadas de *P. operculella* se obtuvo mediante la indagación en la literatura (Cuadro 6).

Se determinó el número de generaciones por año de *P. operculella* estimadas por el modelo CLIMEX, para condiciones actuales de clima (Figura 17).

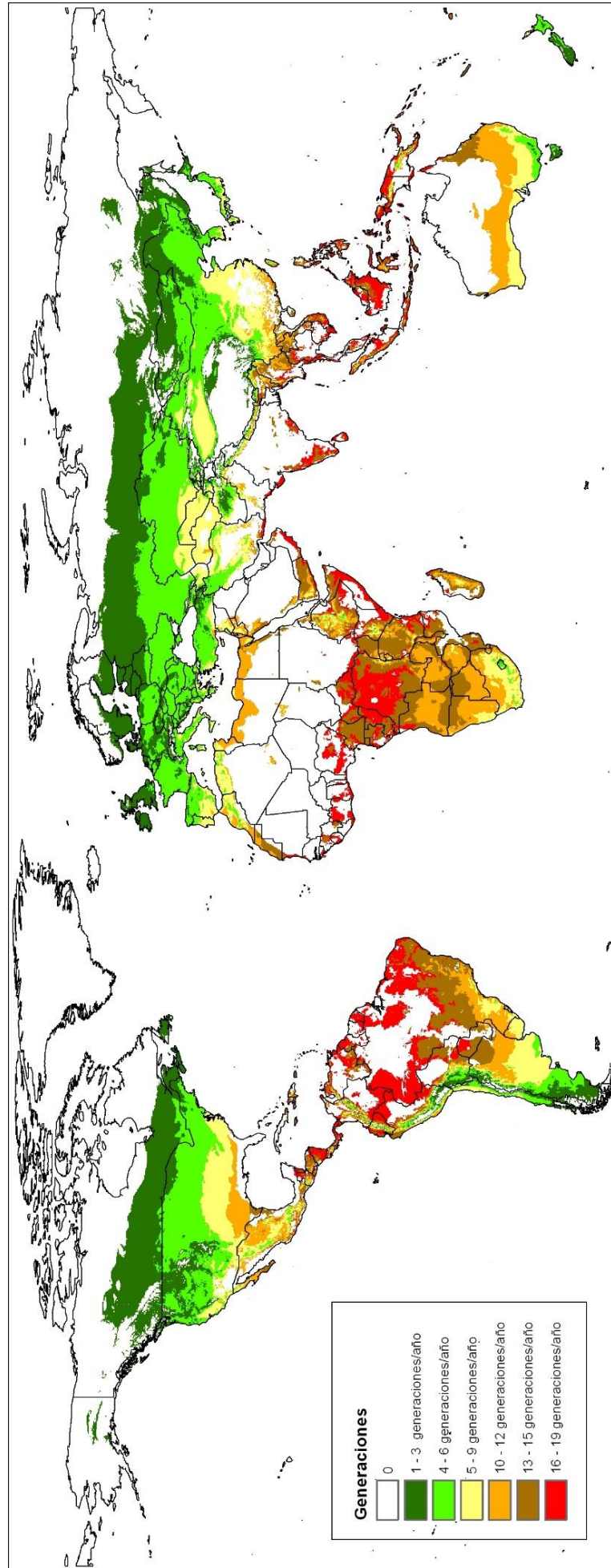
El mapa de la Figura 17; presenta un rango entre 0 y 19 generaciones por año de *P. operculella* estimadas por el modelo CLIMEX para condiciones actuales de clima. Las áreas que presentan un color blanco son las poseen 0 generaciones por año de *P. operculella*, en tanto que, las zonas de color rojo presentan el mayor número de generaciones por año de *P. operculella*, desde 16 a 19 generaciones.

**Cuadro 6. Comparación entre el número de generaciones/año observadas y generaciones/año estimadas para *Phthorimaea operculella* (Zeller)**

País/Localidad/Altitud/ temperatura media anual y coordenadas geográficas.	Número de generaciones/año observadas	Estimación del número de generaciones/año con CLIMEX (escenario Actual)	Estimación del número de generaciones/año con CLIMEX (escenario A2-2050 + 1.58 °C)
1. Perú: San Ramón, 800 m, 24 °C, 11°10'S, 75°20'W	12 <sup>a; b</sup>	10.4	11.5
2. Perú: Arequipa, 1140 m, 17.4 °C, 17°24'S, 71°48'W	7 <sup>a; b</sup>	7.9	12.4
3. Perú: Huancayo, 3250 m, 12 °C, 12°10'S, 75°30'W	3 <sup>a; b</sup>	3.8	5.4
4. Perú: Huancayo, 3250 m, 12 °C, 12°10'S, 75°30'W	4 <sup>a; b</sup>	3.8	5.4
5. Yemen: Sana'a, 2150 m, 16.7 °C, 16°00'N, 44°15'E	8 <sup>a; c</sup>	10.6	9.2
6. Egypt: Giza, 10 m, 20.6 °C, 30°78'N, 31°E	10 <sup>a; d</sup>	11.2	12.7

a Kroschel *et al.* (2013); b Keller (2003); c Kroschel and Koch (1994); d Abdel-Wahab *et al.* (1987)

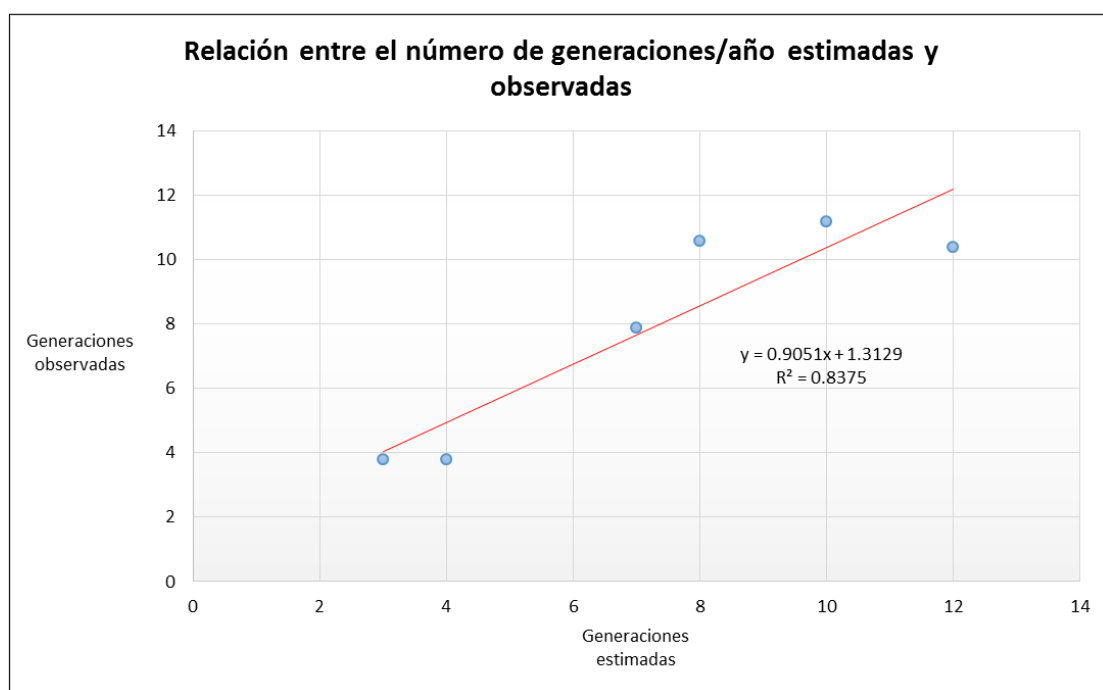
Los datos del Cuadro 6; fueron empleados para realizar una correlación entre el número de generaciones por año estimadas y observadas de *P. operculella* en condiciones actuales de Clima (Figura 18).



**Figura 17.** Número de generaciones/año estimadas de *Phthorimaea operculella* (Zeller) para condiciones actuales de clima, empleando el modelo CLIMEX.

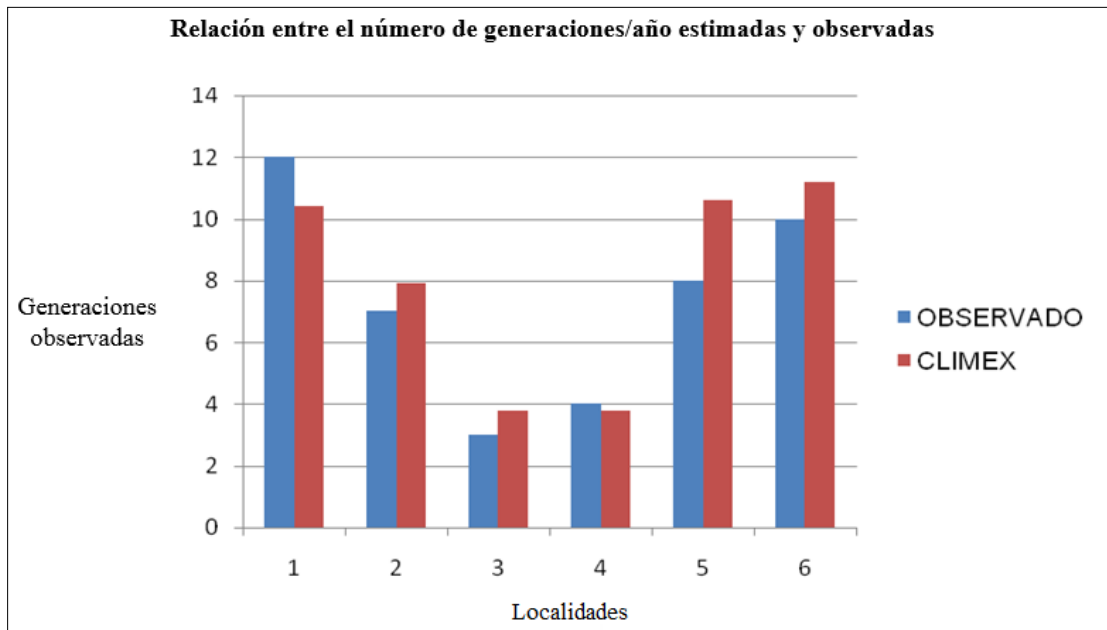
Para validar el número de generaciones por año de *P. operculella* estimadas por el modelo CLIMEX en condiciones actuales de clima, se realizó un análisis de correlación entre el número de generaciones por año estimadas y observadas de *P. operculella* (Figura 18), para las localidades en estudio del Cuadro 6; obteniéndose un valor de 83.7 % el cual se considera una correlación positiva alta (Figura 18).

La Figura 18; muestra como los puntos que representan la relación entre los datos de generaciones por año de *P. operculella* estimadas y observadas por el modelo CLIMEX para condiciones actuales de clima, se ubican cerca de la recta, es decir no existe una sobrestimación de los valores calculados por el modelo. Por lo que se muestra la bondad del modelo para determinar el número generaciones por año de *P. operculella* para las localidades del Cuadro 6.



\*  $R^2 = 0.837$  (alta correlación)

**Figura 18.** Correlación entre el número de generaciones/año estimadas y número de generaciones/año observadas para *Phthorimaea operculella* (Zeller) en condiciones de clima actual.



\* Suma de cuadrados del error de CLIMEX = 10.81

**Figura 19.** Suma de cuadrados del error entre el número de generaciones/año estimadas y número de generaciones/año observadas para *Phthorimaea operculella* (Zeller) en condiciones actuales de clima.

La Figura 19; indica la suma de cuadrados del error entre el número de generaciones por año estimadas y observadas calculadas por el modelo CLIMEX para *P. operculella* en condiciones actuales de clima, el valor resultante es de 10.81, por lo que el porcentaje de variación existente entre las generaciones por año estimadas por el modelo CLIMEX y observadas en campo es insignificante.

#### 4.4 Consecuencias del cambio climático (escenario A2-2050) sobre la distribución y número de generaciones/año de *P. operculella*

Las consecuencias del cambio climático (escenario A2-2050) sobre la distribución potencial de *P. operculella* a nivel global se estableció mediante un mapa (Figura 20); así también sobre el número de generaciones por año de *P. operculella* a nivel global el cual se muestra mediante un mapa (Figura 21).

Con respecto a los resultados del efecto del Cambio Climático (escenario A2-2050) sobre la distribución de *P. operculella*, primero se ingresaron los parámetros CLIMEX para *P. operculella* descritos en el Cuadro 5. Inmediatamente se ingresó la data meteorológica



determinada para el escenario A2-2050; los resultados obtenidos se presentan en la Figura 20. El escenario A2-2050 muestra un incremento en la temperatura promedio global de 1.58 °C para el año 2050, y se determinó el cambio de áreas para el establecimiento y la ocurrencia de *P. operculella* en relación con las condiciones actuales de clima (Cuadro 7 y Cuadro 8).

**Cuadro 7. Medida del cambio de áreas potenciales para el establecimiento (EI>30) de *Phthorimaea operculella* (Zeller), en los escenarios actual y futuro A2-2050 a nivel global.**

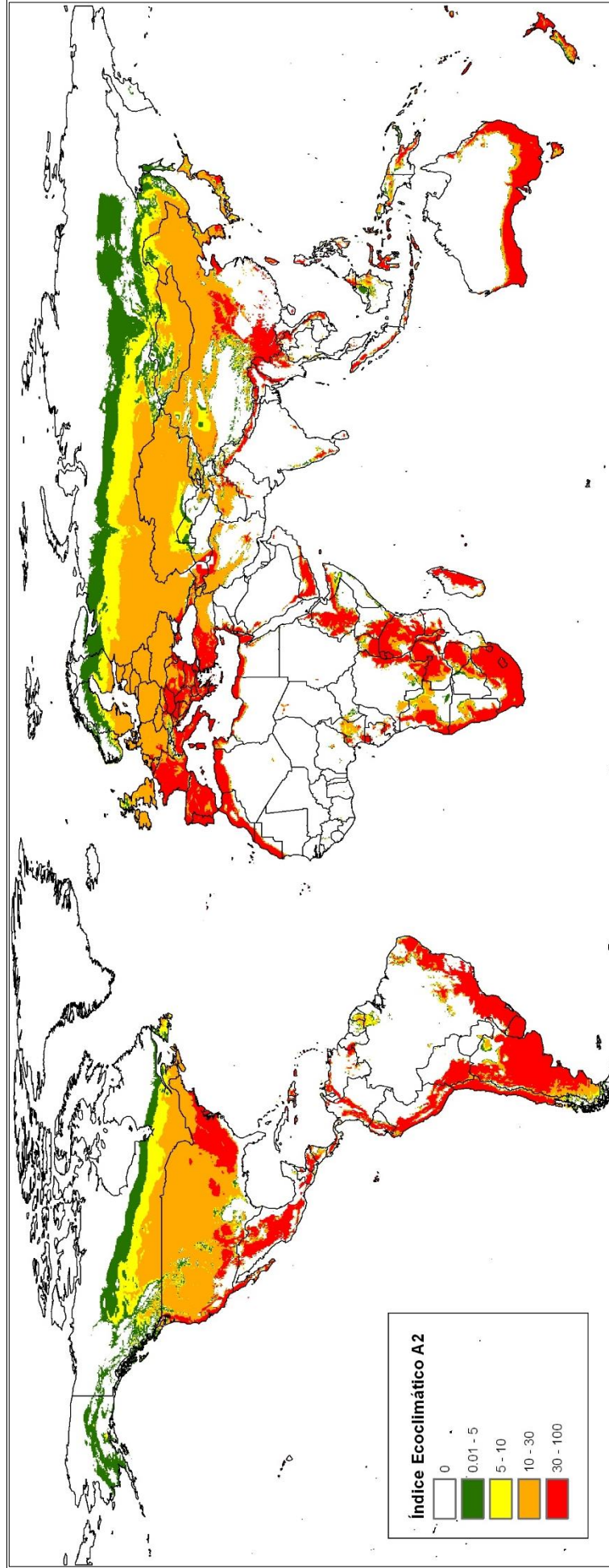
Continentes	Área total (Km <sup>2</sup> )	Área potencial: escenario actual (Km <sup>2</sup> )	Área potencial: escenario A2- 2050 (Km <sup>2</sup> )	Diferencia (Km <sup>2</sup> )	% Cambio
América	41 947 055	10 208 139	6 578 215	3 629 924	35.56
África	30 001 151	9 990 507	4 626 536	5 363 971	53.69
Asia	44 851 729	4 597 591	2 741 166	1 856 425	40.38
Europa	9 898 597	1 602 393	1 940 992	-338 599	-21.13
Oceanía	8 130 759	2 929 168	1 720 238	1 208 930	41.27
Total	134 829 291	29 327 798	17 607 147	-	-

El Cuadro 7, indica la medida del cambio de áreas para el establecimiento (EI>30) de *P. operculella* a nivel global, donde se muestra, que en el escenario A2-2050 disminuyen las áreas para el establecimiento (EI>30) de *P. operculella* en relación con condiciones actuales de clima en: América con 3 629 924 Km<sup>2</sup> esto expresa un 35.56 % de cambio de área, en África 5 363 971 Km<sup>2</sup> representando un cambio de 53.69 %, Asia 1 856 425 Km<sup>2</sup> con un 40.38 % de cambio y en Oceanía 1 208 930 Km<sup>2</sup> representando 41.27 % de cambio. Por el contrario, hay un incremento de áreas en Europa con 338 599 Km<sup>2</sup> lo que representa un 21.13 % de cambio de área.

**Cuadro 8. Medida del cambio de áreas potenciales para la ocurrencia (EI<30) de *Phthorimaea operculella* (Zeller), en los escenarios actual y futuro A2-2050 a nivel global.**

Continentes	Área total (Km <sup>2</sup> )	Área potencial: escenario actual (Km <sup>2</sup> )	Área potencial: escenario A2- 2050 (Km <sup>2</sup> )	Diferencia (Km <sup>2</sup> )	% Cambio
América	41 947 055	13 194 051	12 467 453	726 598	5.51
África	30 001 151	2 594 016	2 227 079	366 937	14.15
Asia	44 851 729	18 209 830	18 499 032	-289 202	-1.59
Europa	9 898 597	7 038 042	7 615 122	-577 080	-8.20
Oceanía	8 130 759	744 800	534 455	210 345	28.24
Total	134 829 291	41 780 740	41 343 142	-	-

El Cuadro 8, indica la medida del cambio de áreas para la ocurrencia (EI<30) de *P. operculella* a nivel global, donde se muestra, que en el escenario A2-2050 disminuyen las áreas para la ocurrencia (EI<30) de *P. operculella* en relación con condiciones actuales de clima en: América con 726 598 Km<sup>2</sup> lo que representa un 5.51 % de cambio área, en África 366 937 Km<sup>2</sup> representando un cambio de 14.15 %, Oceanía 210 345 Km<sup>2</sup> constituyendo 28.24 % de cambio. Por el contrario, hay un incremento de áreas en Asia con 289 202 Km<sup>2</sup> lo que representa un 1.59 % de cambio de área y en Europa 577 080 Km<sup>2</sup> constituyendo 8.20 % de cambio de área.

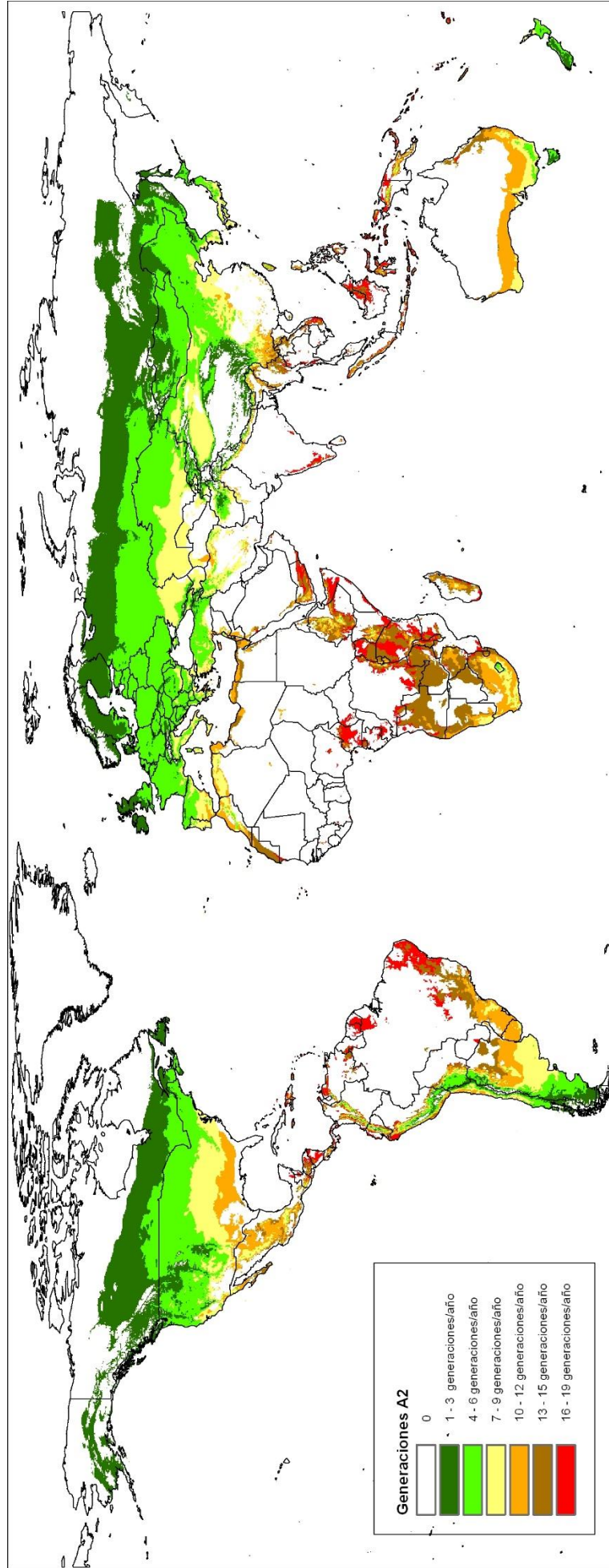


**Figura 20.** Distribución potencial de *Phthorimaea operculella* (Zeller), empleando el modelo CLIMEX, para un escenario (A2-2050). Donde el color rojo ( $EI > 30$ ); indica regiones donde la polilla encuentra condiciones climáticas para establecerse y un ( $EI < 30$ ); indica regiones donde la polilla encuentra condiciones climáticas para su ocurrencia.

Estos resultados se ratifican con lo expresado por Silva y Abarca (2009), quién afirma que el área de distribución de la especie se puede expandir y contraer o como prueba Hughes (2000) y Gonzáles *et al.* (2003), que la distribución geográfica de algunas especies tiende a desplazarse hacia mayores altitudes o hacia los polos a través del tiempo. El cambio climático tiene un efecto similar en *P. operculella*, como la reubicación a un nuevo entorno.

Con respecto a los resultados del efecto del Cambio Climático (escenario A2-2050) sobre en número de generaciones de *P. operculella* a nivel global, primero se ingresaron los parámetros CLIMEX para *P. operculella* descritos en el Cuadro 5. Inmediatamente se ingresó la data meteorológica determinada para el escenario A2-2050; los resultados obtenidos se presentan en la Figura 21.

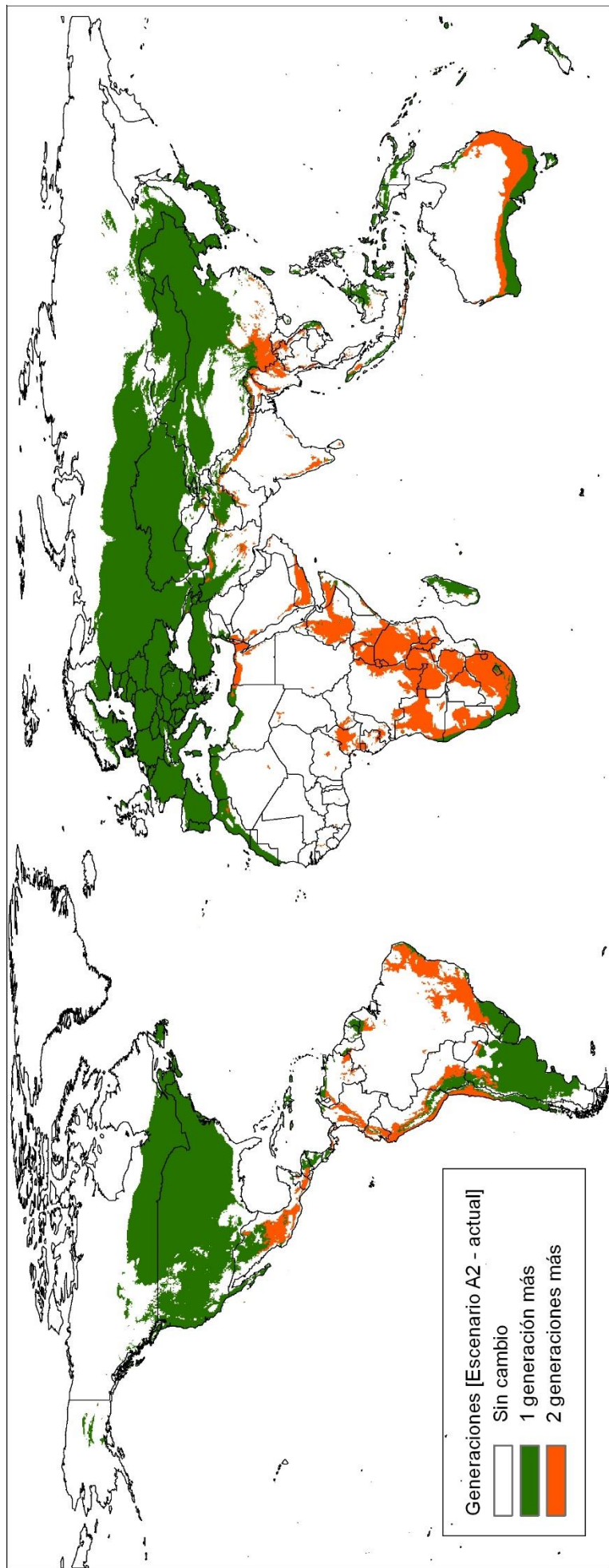
En el mapa de la Figura 21; se observa un rango de generaciones por año de *P. operculella* entre 0 y 19; estimadas por el modelo CLIMEX para el año 2050 (escenario A2-2050). En donde las áreas estimadas que presentan un color blanco son las que no poseen ninguna generación por año de *P. operculella*, en tanto que, las zonas de color rojo presentan el mayor número de generaciones por año de *P. operculella*, desde 16 a 19 generaciones.



**Figura 21.** Número de generaciones/año de *Phthorimaea operculella* (Zeller) para un escenario de cambio climático (A2-2050), empleando el modelo CLIMEX.

La Figura 22 es el resultado de la diferencia entre el número de generaciones/año para un escenario A2-2050 (Figura 21) frente al número generaciones/año para condiciones actuales de clima (Figura 17) de *P. operculella*.

Para el año 2050 se estima que las zonas marcadas de color naranja tendrán un incremento promedio de dos generaciones/año respecto al número de generaciones actuales; así también, las zonas de color verde muestran un incremento promedio estimado en una generación/año respecto al número de generaciones actuales. En las zonas de color blanco se estima que no tendrán cambios en el 2050 respecto al número de generaciones/año actuales (Figura 22).



**Figura 22.** Diferencia del número de generaciones/año para un escenario (A2-2050) frente al número generaciones/año para condiciones actuales de clima; de *Phthorimaea operculella* (Zeller), empleando el modelo CLIMEX.



## V. CONCLUSIONES

A partir del análisis y discusión de los resultados de la presente tesis es posible formular las siguientes conclusiones:

1. La polilla de la papa *P. operculella* se encuentra actualmente presente en 105 países. La distribución observada de *P. operculella*, presentó un total de 1473 registros, de los cuales 1151 registros poseen coordenadas espaciales y 322 son registros a nivel país o estado.
2. Las áreas para el establecimiento (Índice Ecoclimático  $EI > 30$ ) de *P. operculella* en condiciones del clima actual, sumó un total de 29 327 798 km<sup>2</sup> a nivel global. América presentó una mayor área para el establecimiento de *P. operculella* en relación a los demás continentes; con 10 208 139 km<sup>2</sup>. La menor área se presentó en el continente de Europa con 1 602 393 km<sup>2</sup>.
3. Las áreas para la ocurrencia (Índice Ecoclimático  $EI < 30$ ) de *P. operculella* en condiciones del clima actual, sumó un total de 41 780 740 km<sup>2</sup> a nivel global. Asia presentó una mayor área para la ocurrencia de *P. operculella* en relación a los demás continentes; con 18 209 830 km<sup>2</sup>. La menor área se presentó en Oceanía con 744 800 km<sup>2</sup>.
4. El número de generaciones/año estimadas en condiciones del clima actual para *P. operculella* disminuye hacia los polos: norte y sur de la tierra respectivamente. A nivel mundial el mayor número de generaciones/año de *P. operculella* varía entre 16 y 19 para las zonas tropicales.
5. Las áreas para el establecimiento (Índice Ecoclimático  $EI > 30$ ) de *P. operculella* para el escenario de cambio climático A2-2050, sumó un total de 17 607 147 km<sup>2</sup> a nivel global. Bajo este escenario América presentó una mayor área para el establecimiento de *P. operculella* en relación a los demás continentes; con 6 578 215 km<sup>2</sup>. La menor área se presentó en Oceanía con 1 720 238 km<sup>2</sup>.



6. Las áreas para la ocurrencia (Índice Ecoclimático  $EI < 30$ ) de *P. operculella* para el escenario de cambio climático A2-2050, sumó un total de 41 343 142 km<sup>2</sup> a nivel global. Bajo este escenario Asia presentó una mayor área para la ocurrencia de *P. operculella* en relación a los demás continentes; con 18 499 032 km<sup>2</sup>. La menor área se presentó en Oceanía con 534 455 km<sup>2</sup>.
7. El número de generaciones/año en condiciones de un escenario de cambio climático (A2-2050) a nivel global para *P. operculella* varía entre 16 y 19 para zonas tropicales y disminuye hacia los polos norte y sur de la tierra.
8. Las áreas para el establecimiento (Índice Ecoclimático  $EI > 30$ ) de *P. operculella*, en condiciones de un escenario de cambio climático (A2-2050) a nivel global respecto con las áreas para el establecimiento de *P. operculella* en condiciones del clima actual, disminuye 35.56 % en América, 53.69 % en África, 40.38 % en Asia y 41.27 % en Oceanía. Por el contrario, se estima un incremento de áreas en 21.13 % para Europa.
9. Las áreas para la ocurrencia (Índice Ecoclimático  $EI < 30$ ) de *P. operculella*, en condiciones de un escenario de cambio climático (A2-2050) a nivel global respecto de las áreas para la ocurrencia de *P. operculella* en condiciones del clima actual, disminuye en 5.51 % para América, 14.15 % en África y 28.24 % en Oceanía. Por el contrario, se estima un incremento de áreas de 1.59 % en Asia y 8.20 % en Europa.
10. En zonas tropicales del mundo para un escenario de cambio climático (A2-2050) respecto con las condiciones del clima actual a nivel global, existirá un incremento promedio de dos generaciones/año de *P. operculella*. Igualmente habrá un incremento promedio estimado en una generación/año respecto con el número de generaciones actuales de *P. operculella* en la zona norte y sur de la tierra.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar una base de datos en servidores que permitan alojar y suministrar información mundial al atlas de distribución de *Phthorimaea operculella* (Zeller).
2. Realizar trampeos anuales de *Phthorimaea operculella* (Zeller) georreferenciados, para futuros estudios de modelación de la distribución de la polilla de la papa a diferentes escalas espaciales.
3. Realizar estudios de coevolución entre *Phthorimaea operculella* (Zeller); y su principal hospedero *Solanum tuberosum* L.
4. Analizar la modelación con CLIMEX entre *Phthorimaea operculella* (Zeller) y sus principales parasitoides.
5. Realizar la evaluación de cambio climático a través de indicadores biológicos: como *Phthorimaea operculella* (Zeller), en otros escenarios.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- ABBAS, H and ABOU-ZEID, N. 1983. Biological studies on *Bracon instabilis* Marsh. (Hym. Braconidae), a larval parasite of *Phthorimaea operculella* Zell. (Lep. Gelechiidae) in Egypt. Z. ang. Ent. 96: 32-36.
- ABDEL-WAHAB, M; ABDEL-GALIL, F; MOHAMED, K and SOLIMAN, M. 1987. Some biological aspects of the potato tuber worm, *Phthorimaea operculella* (Zeller) in Upper Egypt (Lepidoptera: Gelechiidae). Assiut Journal of Agricultural Sciences 18: 363-375.
- ABOLMAATY, S; KHALIL, A and AMNA, M. 2011. Using degree-day unit accumulation to predict potato tubeworm incidence under climate change conditions in Egypt. Nature and Science 9(4): 156-160.
- ABUL-NASR, S and FAHMY, H. 1971. Studies on the potato tuber worm, *Phthorimaea operculella* (Zeller). Bull. Soc. Ent. 55: 185-192.
- AJAMHASANI, M and SALEHI, L. 2004. Effect of three non cultivated plants on host preference and on oviposition rate of the potato tuber moth (*P. operculella*). Journal of Agriculture Sciences 1(5): 112-119.
- AKHADE, M; TIDKE, P and PATKAR, M. 1969. Control of potato tuber-moth (*Gnorimoschema operculella* Zell.) in deccan plateau through insecticides and depth of planting. Indian F. agric. Sci. 40: 1071-1076.
- AL-ALI, A; AL-NEAMY, I; ABBAS, S and ABDUL-MASIH, A. 1975. Observations on the biology of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera, Gelechiidae) in Iraq. Z. ang. Ent. 79: 345-351.
- ALBA-SÁNCHEZ, F; LÓPEZ-SÁEZ, J; PANDO, B; LINARES, J and NIETO-LUGILDE, J. 2010. Past and present potential distribution of the Iberian *Abies* species: A phytogeographic approach using fossil pollen data and species distribution models. Diversity and Distributions 16: 214-228.
- ALCÁZAR, J; CERVANTES, M and RAMAN, K. 1992. Caracterización y patogenicidad de un virus granulosis de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*. Rev. Per. Ent. 35: 107-111.
- ALI, M. 1993. Effects of cultural practices on reducing field infestation of potato tuber moth (*Phthorimaea operculella*) and greening of tubers in Sudan. Journal of Agricultural Science 121(2): 187-192.
- ALLOUCHE, O; TSOAR, A and KADMON, R. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). Journal of Applied Ecology 43: 1223-1232.

- AMITAVA, K and MOHASIN, M. 2004. Incidence of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zell.) (Gelechiidae: Lepidoptera), at different locations of West Bengal. *Journal of Interacademia* 8(2): 230-235.
- APPPC (Asia and Pacific Plant Protection Commission, IT). 1987. Insect pests of economic significance affecting major crops of the countries in Asia and the Pacific region. Technical Document N° 135. Bangkok, Thailand: Regional Office for Asia and the Pacific region (RAPA). 56 p.
- ARAÚJO, MB and NEW, M. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution* 22: 42-47.
- ASCERNO, M. 1991. Insect phenology and integrated pest management. *Journal of Arboriculture* 17: 13–15
- ATTIA, R and B. MATTAR. 1939. Some notes on the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zell. *Bull. Soc. Entomol. Egypt* 216: 136.
- BACON, O; SEIBER, J and KENNEDY, E. 1976. Evaluation of survey trapping techniques for potato tuberworm moths with chemical traps. *J. Econ. Entomol* 65(5): 569-572.
- BASKERVILLE, G and EMIN, P. 1969. Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperatures. *Ecology* 50: 514–517.
- BEDDOW, J; KRITICOS, D; PARDEY, P and SUTHERST, R. 2010. Potential global crop pest distributions using CLIMEX: harvest choice applications. *Harvest Choice*. 24 p.
- BENITO DE PANDO, B y PEÑAS DE GILES, J. 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus* 7: 100-119.
- BERTHON, H. 1855. On the potato moth. *Proceeding of the Royal Society of Van Diemen's Land* 3: 76–80.
- BLACK, V. 2008. Hot potato: GM potatoes in South Africa a critical analysis. *The African Centre for Biosafety*. South Africa. 80 p.
- BRAMBILLA, M; CASALE, F; BERGERO, V; MATTEO, CG and FALCO, R. 2009. GIS-models work well, but are not enough: Habitat preferences of *Lanius collurio* at multiple levels and conservation implications. *Biological Conservation* 142: 2033-2042.
- BREIMAN, L. 2001. Random forests. *Machine Learning* 45: 5-32.
- BRIESE, D and MENDE, H. 1981. Differences in susceptibility to a granulosis virus between field populations of the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bull. Ent. Res* 71: 11-18.

- BROGLE, A. 2004. Evaluación de una formulación de thiacloprid más  $\beta$ -ciflutrina sobre la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE). Tesis Ing. Agr. Santiago de Chile; Universidad de Chile. 34 p.
- BROODRYK, S. 1971. Ecological investigations on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) *Pytophylactica* 3: 73-84.
- BUSBY, JR. 1991. BIOCLIM: a bioclimate analysis and predictionsystem. *Plant Protection Quarterly* 6: 8-9.
- CABI (Centre for Agricultural Bioscience International, UK). 2013. Crop protection compendium. Wallingford, UK: CAB International.
- CALENGE, C; DARMON, G; BASILLE, M; LOISON, A and JULLIEN, JM. 2008. The factorial decomposition of the Mahalanobis distances in habitat selection studies. *Ecology* 89: 555-566.
- CARLETTI, E. s.f. Insectos plaga: problemas con las polillas de la papa. 1 usb. 8 gb.
- CARPENTER, G; GILLISON, A and WINTER, J. 1993. DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2: 667-680.
- CIE (Commonwealth Institute of Entomology, US). 1968. Distribution Maps of Plant Pests, No. 10. Wallingford, UK: CAB International.
- CIP (International Potato Center, PE). 1984. Potatoes for the developing world: a collaborative experience. Lima, Perú. 150 p.
- CIP (International Potato Center, PE). 1983. Control de la palomilla de la papa con feromona. Circular del Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú 1: 1-6.
- CIP (International Potato Center, PE). 1980. La polilla de la papa. Informe Anual del Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 45-48.
- COLL, M; GAVISH, S and DORI, I. 2000. Population biology of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), in two potato cropping systems in Israel. *Bulletin of Entomological Research* 90: 309-315.
- CRUICKSHANK, S and AHMED, F. 1973. Biological control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zell.) (Lep: Gelechiidae) in Zambia. *Commonw. Inst. Biol. Control Tech. Bul.* 16: 147-162.
- DANGLES, O; CARPIO, C; BARRAGAN, R; ZEDDAM, J and SILVAIN, J. 2008. Temperature as a key driver of ecological sorting among invasive pest species in the tropical Andes. *Ecological Society of America* 18(7): 1795-1809.

- DAOUD, M; EL-SAADANY, G; MARIY, F and IBRAHIM, M. 1999. The thermal threshold units for *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Annals Agric. Sci., Ain-Shams Univ. Cairo* 44(1): 379-393.
- DAS, G. 1995. Plants used in controlling the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Crop Protection*. 14(8): 631-636.
- DEBANO, S; HAMM, P; JENSEN, A; RONDON, S and LANDOLT, P. 2010. Spatial and temporal dynamics of potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae) in the Columbia Basin of the Pacific Northwest. *Environmental Entomology* 39(1): 1-14.
- DEBNATH, M and BORAH, B. 2002. Record of natural enemies of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) in Assam. *Insect Environment* 8(4): 161-162.
- DOMÍNGUEZ, O; MARTÍNEZ, E; ZAMBRANO, L and DE LEÓN, G. 2006. Using ecological-niche modeling as a conservation tool for freshwater species: Livebearing fishes in central Mexico. *Conservation Biology* 20: 1730-1739.
- DOSS, S and MAHBA, M. 1985. Effect of the sex pheromone on suppression of population of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) in Egypt. s.p.
- EARLY, R; ANDERSON, B and THOMAS, CD. 2008. Using habitat distribution models to evaluate large-scale landscape priorities for spatially dynamic species. *Journal of Applied Ecology* 45: 228-238.
- ELITH, J; LEATHWICK, JR AND HASTIE, T. 2008. A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology* 77: 802-813.
- ELITH, J and LEATHWICK, JR. 2007. Predicting species distributions from museum and herbarium records using multiresponse models fitted with multivariate adaptive regression splines. *Diversity and distributions* 13: 265-275.
- ELITH, J; GRAHAM, CH; ANDERSON, RP; DUDÍK, M and FERRIER, S. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- EPPO (Distribution Maps of Quarantine Pests for Europe, FR). 2013. PQR database. Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization.
- ESTAY, P; LÓPEZ, H; AGUILAR, V y MORALES, J. 2008. Manejo integrado de la polilla de la papa (en línea). Chile, INIA. Consultado el 1 set. 2011. Disponible en <http://www.inia.cl/medios/quilamapu/pdf/tadentro/TA80JAA108.pdf>
- EVANS, H and CROSSLEY, S. 2004. *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) (one synonym: *Bryotropha solanella*) potato tuberworm. 1 usb. 8 gb.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2008. Año internacional de la papa: nueva luz sobre un tesoro enterrado. FAO, Roma. 148 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT) y GIZ (Cooperación Internacional Alemana, DE). 2012. Herramientas para la adaptación y mitigación del cambio climático en el sector agropecuario: resultados del taller práctico. FAO y GIZ. 91 p.
- FENEMORE, P. 1980. Susceptibility of potato cultivars to potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae). N.Z. Journal of Agricultural Research 23: 539-546.
- FERRIER, S. 2002. Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here? Systematic biology 51: 331-363.
- FERRIER, S and GUIBAN, A. 2006. Spatial modelling of biodiversity at the community level. Journal of Applied Ecology 43: 393-404.
- FOLEY, D. 1985. Tethered flight of the potato moth, *Phthorimaea operculella*. Physiological Entomology 10: 45-51.
- FOOT, M. 1979. Bionomics of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), at Pukekohe. New Zealand of Zoology 6: 623-636.
- FORBES, G; CHACÓN, TAÍPE, M and HIJMANS, R. 2000. Simulating potato late blight in the Highland tropics. CIP Program Report 1999 – 2000: 87-93.
- FRANZMANN, B. 1980. Parasitism of *Phthorimaea operculella* (Lep. Gelechiidae) larvae in Queensland. Entomophaga 25(4): 369-372.
- FRENCH, J. 1915. The potato moth *Phthorimaea operculella* (Zeller): recent spraying experiments in Gippsland. Journal in Department Agriculture of Victoria 23: 6144–6180.
- FRIEDMAN, JH. 2001. Greedy function approximation: A gradient boosting machine. Annals of Statistics 29: 1189-1232.
- FRIEDMAN, JH. 1991. Multivariate adaptive regression splines. Annals of Statistics 19: 1-141.
- FUGLIE, K; BEN SALAH, H; ESSAMET, M; BEN TEMIME, A and RAHMOUNI, A. 1991. The development and adoption of integrated pest management of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) in Tunisia. International Potato Center. 48 p.
- GALVES, M y VILLA, S. 1986. Gelechiidae (Lepidoptera) frecuentes en solanáceas de Cajamarca y Amazonas, Perú. Revista Peruana de Entomología 29: 37-40.

- GAUBERT, P; PAPES, M and PETERSON, AT. 2006. Natural history collections and the conservation of poorly known taxa: Ecological niche modeling in central African rainforest genets (*Genetta* spp.). *Biological Conservation* 130: 106-117.
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility, DI). 2011. Base de datos CSIRO Ichthyology proporcionado por OZCAM (en línea). Consultado el 01 nov. 2011. Disponible en <http://data.gbif.org/welcome.htm>
- GERGIS, M.F. and MAKADEY, M.A. 1990. Initial and latent effects of cold temperature on the tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Minia J. of Agricult. Research and Dev.* 12(2): 685-95.
- GONZÁLES, M; JURADO, E; GONZÁLES, S; AGUIRRE, O; JIMÉNEZ, P y NAVAR, J. 2003. Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *CIENCIA UANL* 6: 377-385.
- GOOT VAN DER, P. 1926. Brestriding Van de aardappel-Knolrups in Goedangs. *Korte Meded. Inst. Piziektenziekten* 1: 17.
- GRAF, J. 1917. The potato tuber moth. *United States Department of Agriculture Bulletin* 427: 1-56.
- GRAHAM, CH and HIJMANS, RJ. 2006. A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Global Ecology and Biogeography* 15: 578-587.
- GUBBAIAH, D and THONTADARYA, T. 1977. Bionomics of the potato tuberworm, *Gnorimoschema operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) in Karnataka. *Mysore J. agric. Sci.* 11: 380-386.
- GUISAN, A; BROENNIMANN, O; ENGLER, R; VUST, M; YOCCOZ, N; LEHMANN, A and ZIMMERMANN, N. 2006. Using niche based models to improve the sampling of rare species. *Conservation Biology* 20(2): 501-511.
- GUISAN, A; EDWARDS, T and HASTIE, T. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157: 89-100.
- GUISAN, A and ZIMMERMANN, NE. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- GUISAN, A; WEISS, S and WEISS, A. 1999. GLM versus CCA: Spatial modelling of plant species distributions. *Plant Ecology* 143: 107-122.
- HAINES, C. 1977. The potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller): a bibliography of recent literature and a review of its biology and control on potatoes in the field and in store. *Tropical Products Institute. London.* 17 p.



- HAMAZAKI, T. 2002. Spatiotemporal prediction models of cetacean habitats in the mid-western North Atlantic Ocean (from Cape Hatteras, North Carolina, USA to Nova Scotia, Canada). *Marine Mammal Science* 18: 920-939.
- HANAFI, A. 1999. Integrated pest management of potato tuber moth in field and storage. *Potato Research* 42: 373-380
- HASTIE, T and TIBSHIRANI, R. 1986. Generalized additive models. *Statistical Sciences* 1: 297-318.
- HAYDAR, M. 1987. Microbial control of the potato tuber worm, *Phthorimaea operculella* (Zeller) in the field. *Bull. Ent. Soc. Egypt, Econ. Ser.* 16: 126-132.
- HERBORG, LM; O'HARA, P and THERRIAULT, TW. 2009. Forecasting the potential distribution of the invasive tunicate *Didemnum vexillum*. *Journal of Applied Ecology* 46: 64-72.
- HERMAN, T. 2005. Impact of pheromone trap design, placement and pheromone blend on catch of potato tuber moth. *New Zealand Plant Protection* 58: 219-223.
- HIJMANS, R. J. 2003. The effect of climate change on global potato production. *Amer J of Potato Res* 80: 271-280.
- HIJMANS, R.J. 2001. Global distribution of the potato crop. *Am. J. Potato Res.* 78: 403-412.
- HILJE, L. 1994. Caracterización del daño de las polillas de la papa, *Tecia solanivora* y *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), en Cartago, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas.* 31: 43-46.
- HINOJOSA-DÍAZ, IA; FERIA-ARROYO, T and ENGEL, M. 2009. Potential distribution of orchid bees outside their native range: The cases of *Eulaema polychroma* (Mocsáry) and *Euglossa viridissima* Friese in the USA (Hymenoptera: Apidae). *Diversity and Distributions* 15: 421-428.
- HIRZEL, A and GUISAN, A. 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. *Ecological Modelling* 157: 331-341.
- HIRZEL, AH; HAUSSER, J; CHESSEL, D and PERRIN, N. 2002. Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology* 83: 2027-2036.
- HOFMASTER, R. 1949. Biology and control of the potato tuberworm with special reference to Eastern V. Truck Expt. St. Bull. 111: 1824-1882.
- HORNE, P. 1992. The potato moth. *AGNOTES.* 262-263.

- HORNE, P. 1990. The influence of introduced parasitoids on the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Victoria, Australia. *Bulletin of Entomological* 80: 159-163.
- HORTAL, J. 2008. Uncertainty and the measurement of terrestrial biodiversity gradients. *Journal of Biogeography* 35: 1335-1336.
- HUGHES, L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends Ecol. Evol.* 15: 56-61.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR)/CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñaza, CR). 2000. Redacción de referencias bibliográficas: normas técnicas del IICA y CATIE (en línea). Costa Rica. Consultado 10 ene 2003. Disponible en [www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IT). 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. 104 p.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IT). 2000. Informe especial del IPCC: escenarios de emisiones, resumen para responsables de políticas. Organización Meteorológica Mundial y Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 27 p.
- JARNEVICH, CS; STOHLGREN, T; BARNETT, D and KARTESZ, J. 2006. Filling in the gaps: Modelling native species richness and invasions using spatially incomplete data. *Diversity and Distributions* 12: 511-520.
- JONES, PG and GLADKOV, A. 1999. FloraMap: a computer tool for predicting the distribution of plants and other organisms in the Wild. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- JOY, M. 2011. The potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in the Tabacco, *Nicotina tabacum* L., agroecosystem: seasonal biology and larval behavior. Tesis Mag. Sc. North Carolina, NC State University. 93 p.
- KABIR, A. 1994. Laboratory studies on the oviposition and generation production of the potato tuber moth: *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bangladesh Journal of Zoology* 22: 25-28.
- KALSHOVEN, L and LAAN, P. A. van der. 1981. Pests of crops in Indonesia. Revised and translated by L van der. Jakarta, Indonesia. 701 p.

- KELLER, S. 2003. Integrated pest management of the potato tuber moth in cropping systems of different agro-ecological zones, in: Kroschel, J., (ed.) Tropical Agriculture 11– Advances in Crop Research 1, Margraf Verlag, Weikersheim, Germany.
- KENNEDY, G. 1975. Trap desing and other factors influencing capture of male potato tuberworm moths by virgin female baited traps. J. Econ. Entomol. 68(3): 305-308.
- KOLEFF, P y SOBERÓN, J. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies, en capital natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. 323 - 364 p.
- KRAMBIAS, A. 1976. Climatic factors affecting the catches of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zell.) (Lepidoptera, Gelechiidae) at a pheromone trap. Bull. Ent. Res. 66: 8-85.
- KRITICOS, D; WEBBER, B; LERICHE, A; OTA, N; MACADAM, I; BATHOLS, J and SCOTT, J. 2012. CliMond: global high-resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling. Methods in Ecology and Evolution 3: 53-64.
- KROSCHEL, J; SPORLEDER, M; TONNANG, H; JUAREZ, H; CARHUAPOMA, P; GONZÁLES, J and SIMON, R. 2013. Predicting climate-change-caused changes in global temperature on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) distribution and abundance using phenology modeling and GIS mapping. Agricultural and Forest Meteorology 170: 228–241.
- KROSCHEL, J and SPORLEDER, M. 2006. Ecological approaches to Integrated Pest Management of the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera, Gelechiidae). In: Proceedings of the 45th Annual Washington State Potato Conference, February 7–9, 2006, Moses Lake, Washington, pp. 85–94.
- KROSCHEL, J and KOCH, W. 1994. Studies on the population dynamics of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zell. (Lep., Gelechiidae) in the Republic of Yemen. Journal of Applied Entomology 118 (4/5): 327-341.
- KUMAR, R and NIRULA, K. 1967. Control of potato tuber moth in the field. Indian J. Agric. Sci. 37(6): 533-534.
- LACEY, A and KROSCHEL, J. 2009. Microbial control of the potato tuber moth (Lepidoptera: Gelechiidae). Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology 3: 46-54.
- LAGNAOUI, A and BEDEWY, E. 1997. An integrated pest management strategy for controlling potato tuber moth in Egypt. Circular CIP. s.p.

- LAKSHMAN, L. 1991. Over seasoning and re-infestation cycle of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) in north-eastern hill region. Indian Journal of Hill Farming 4(2): 45-49.
- LAL, L. 1987. Studies on natural repellents against potato tuber moth (*Phthorimaea operculella* Zeller) in country stores. Potato Res. 30 (2): 329–334.
- LANGFORD, G and CORY, E. 1934. Winter survival of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). Journal of Economic Entomology 27: 210-213.
- LANGFORD, G and CORY, E. 1932. Observations on the potato tuber moth. Journal of Economic Entomology 25: 625-634.
- LARRAÍN, P; GUILLON, M; KALAZICH, J; GRAÑA, F and VÁSQUEZ, R. 2007. Efficacy of different rates of sexual pheromone of *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) in males of potato tuber moth captures. Agricultura Técnica Chile 67(4): 431-436.
- LARRAÍN, P. 2001. La polilla de la papa y su manejo: *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Informativo INIA 2: 1-4.
- LATIMER, AM; BANERJEE, S and MOSHER, E. 2009. Hierarchical models facilitate spatial analysis of large data sets: A case study on invasive plant species in the northeastern United States. Ecology Letters 12: 144-154.
- LAWLER, J; WHITE, D; NEILSON, R and BLAUSTEIN, A. 2006. Predicting climate-induced range shifts: model differences and model reliability. Global Change Biology 12: 1568-1594.
- LEGG, D; VAN VLEET, S and LLOYD, J. 2000. Simulated predictions of insect phenological events made by using mean and median functional lower developmental thresholds. Journal of Economic Entomology 93: 658–661.
- LEHMANN, A; OVERTON, J and LEATHWICK, JR. 2003. GRASP: Generalized regression analysis and spatial prediction. Ecological Modelling 160: 65-183.
- LLOYD, D. 1972. Some South American parasites of the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) and remarks on those in other continents. Technical Bulletin of the Commonwealth Institute of Biological Control 15: 35-49.
- LOARIE, SR; DUFFY, P; HAMILTON, H; ASNER, GP and FIELD, CB. 2009. The velocity of Climate change. Nature 462: 1052-1055.
- LÓPEZ, J; ARCE, C and ARÉVALO, R. 2012. Aplicación de la técnica de redes neuronales para la predicción de la altura de árboles de algunas especies maderables promisorias presentes en plantaciones forestales de Colombia. Revista Tumbaga 7: 97-106.

- LUOTO, M; HEIKKINEN, RK; POYRY, J and SAARINEN, K. 2006. Determinants of the biogeographical distribution of butterflies in boreal regions. *Journal of Biogeography* 33: 1764-1778.
- MAGGINI, R; LEHMANN, A; ZIMMERMANN, N and GUISAN, A. 2006. Improving generalized regression analysis for the spatial prediction of forest communities. *Journal of Biogeography* 33: 1729-1749.
- MANEL, S, DÍAS, JM and ORMEROD, SJ. 1999. Comparing discriminant analysis, neural networks and logistic regression for predicting species distributions: A case study with a Himalayan river bird. *Ecological Modelling* 120: 337-347.
- MARKOSYAN, A. 1992. Effect of temperature on the development of the potato moth *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera, Gelechiidae). *E^dot over~ntomologicheskoe Obozrenie* 71(2): 334-338.
- MARMION, M; PARVIAINEN, M; LUOTO, M; HEIKKINEN, R and THUILLER, W. 2009. Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and Distributions* 15: 59-69.
- MARROQUIN, J. 1981. La polilla de la papa en el Altiplano de Guatemala: Aspectos biológicos y medidas de control. *Boletín Técnico - Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas*. 10 p.
- MARTÍNEZ-FREIRÍA, F; SILLERO, N; LIZANA, M and BRITO, J. 2008. GIS-based niche models identify environmental correlates sustaining a contact zone between three species of European vipers. *Diversity and Distributions* 14: 452-461.
- MARTÍNEZ-MEYER, E; PETERSON, AT; SERVÍN, JI and KIFF, LF. 2006. Ecological niche modelling and prioritizing areas for species reintroductions. *Oryx* 40: 411-418.
- MASKEW, F. 1917. Quarantine division: report for month of august 1916. *Rev. Appl. Entomol.* 5: 12.
- MATEO, R; FELICÍSIMO, A y MUÑOZ, J. 2011. Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 217-240.
- MÉDAIL, F and DIADEMA, K. 2009. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography* 36: 1-19.
- MEISNER, J. ASCHER, R and LAVIE, D. 1974. Phagostimulants for the larva of the potato tuber moth, *Gnorimoschema operculella* Zell. *Z. ang. Ent* 77: 77-106.
- MEM (Mississippi Entomological Museum, EU). 2012. *Phthorimaea operculella* (en línea) Consultado el 10 de ene. Disponible en <http://mississippientomologicalmuseum.org.msstate.edu/Pest.species/Exportpests/Phthorimaea.operculella.html>

- MILLER, G. 1992. Living in the environment: an introduction to environmental science. Wadsworth Publishing. 65 p.
- MOHAMMED, A; DOUCHES, D; PETT, D; GRAFIUS, E; COOMBS, E; LISWIDOWATI; LI, W. and MADKOUR, M. 2000. Evaluación of potato tuber moth (Lepidoptera: Gelechiidae) resistance in tuber of tubers of Bt-cry5 transgenic popato lines. Journal of Economic Entomology 93(2): 472-476.
- MÜCHER, CA; HENNEKENS, SM; BUNCE, R; SCHAMINÉE, J and SCHAEPMAN, M. 2009. Modelling the spatial distribution of Natura 2000 habitats across Europe. Landscape and Urban Planning 92: 148-159.
- MUKHERJEE, A. 1949. Life-history and bionomics of potato moth (*Gnorimoschema operculella* Zell.) at Allahabad (U.P.) together with some notes on the external morphology of the immature stages. Journal of the Zoological Society of India 1: 57-67.
- NABI, M. 1978. Some aspects of the reproductive biology and chemosterilisation of the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Gelechiidae: Lepidoptera). Ph.D. Thesis. Lincoln College (New Zealand), University of Canterbury. 340 p.
- NOTZ, A. s.f. *Phthorimaea operculella* palomilla de la papa, minador de la papa, polilla de la papa, minador del tomate, minador de la hoja del tabaco. 1 usb. 8 gb.
- OATMAN, E and PLATNER, G. 1989. Parasites of the potato tuberworm, tomato pinworm, and other, closely related Gelechiidae. Proc. Hawaiian Entomol. Soc. 29: 23-30.
- OJERO, M and MUEKE, J. 1985. Resistance of four potato varieties to the potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zell.) in storage. Insect Science and Its Application 6(2): 205-207.
- ORTEGA, E. 2005. Tecnología para el control integrado de la palomilla de la papa. FONAIAP. 5 p.
- PALACIOS, M; TENORIO, J; VERA, M; ZEVALLOS, F and LAGNAOUI, A. 1999. Population dynamics of andean potato moth, *Symmetrischema tangolias* (Gyen): in three different agro-ecosystems in Perú. Program Report 1997-1998. International Potato Center (CIP). 458 p.
- PALACIOS, M and CISNEROS, F. 1996. Integrated Management for the Potato Tuber Moth in Pilot Units in the Andean Region and the Dominican Republic. 1 usb. 8 gb.
- PALACIOS, M. 1992. Componentes para un manejo integrado de la polilla de la papa. Federación Colombiana de Productores de Papa FEDEPAPA. s.p.
- PARKER, B and HUNT, G. 1989. *Phthorimaea operculella* (Zell.), the potato tuber moth: new locality records for east Africa. American Potato Journal 66: 583-586.

- PARMESAN, C and YOHE, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- PARVIAINEN, M; LUOTO, M; RYTTÄRI, T and HEIKKINEN, RK. 2008. Modelling the occurrence of threatened plant species in taiga landscapes: Methodological and ecological perspectives. *Journal of Biogeography* 35: 1888-1905.
- PEARSON, RG; DAWSON, TP; BERRY, PM and HARRISON, PA. 2002. SPECIES: A spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. *Ecological Modelling* 154: 289-300.
- PEREZ, C; NICKLIN, C; DANGLES, O; VANEK, S; SHERWOOD, S. HALLOY, S; GARRETT, K and FORBES, G. 2010. Climate change in the High Andes: implications and adaptation strategies for small-scale farmers. *The International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability* 6: 1832-2077.
- PETERSON, AT; SÁNCHEZ-CORDERO, V; BEN BEARD, C and RAMSEY, JM. 2002. Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico. *Emerging Infectious Diseases* 8: 662-667.
- PETERSON, AT; SOBERÓN, J and SÁNCHEZCORDERO, V. 1999. Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285: 1265-1267.
- PHILLIPS, SJ and DUDÍK, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161- 175.
- PLISCOFF, P y FUENTES-CASTILLO, T. 2011. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande* 48: 61-79.
- POKHARKAR, D; NAIK, R and AMBEKAR, J. 1991. Field evaluation of certain insecticides for the control of potato tuber moth. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities* 16(1): 128.
- PRASAD, F. 1977. Some observations on the biology of potato tuber moth, *Phthorimaea (Gnorimoschema) operculella* Zeller. *Nepal Journal of Agriculture* 12: 159-165.
- RAES, N; ROOS, MC; SLIK, J; LOON, E and STEEGE, HT. 2009. Botanical richness and endemism patterns of Borneo derived from species distribution models. *Ecography* 32: 180-192.
- RAMAN, V. 1988. Control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* with sex pheromone in Peru. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 21: 85-99.
- RAMAN, K. 1987. Survey of diseases and pests in Africa: pests. *Acta Horticulturae* 213: 145-150.

- RAMAN, K; BOOTH, R and PALACIOS, M. 1986. Control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) in rustic potato stores of Peru. American Potato Journal 63(8): 449-450.
- RAMAN, K and PALACIOS, M. 1982. Screening potato for resistance to potato tuberworm. Journal of Economic Entomology 75: 47-49.
- RAXWORTHY, CJ, MARTÍNEZ-MEYER, E HORNING, N; NUSSBAUM, RA and SCHNEIDER, GE. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. Nature Biotechnology 426: 837-841.
- REID, J. 1975. Integrated, chemical and biological control of potato pests with emphasis on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). Dr. Thesis. Pretoria, University of Pretoria. s.p.
- ROCHA, R; BYERLY, K; BUJANOS, R y VILLAREAL, M. 1990. Manejo integrado de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (LEPIDOPTERA: GELICHIIDAE), en el Bajío, México. Centro de Investigaciones Forestales y Pecuarias de Guanajuato. 53 p.
- ROCHA, R y VILLARREAL, M. s.f. Actividad diaria de la palomilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Zeller) en el Estado de Guanajuato. s.p.
- RODRÍGUEZ, C. 1989. Comentarios: problemática del combate de la polilla de la papa en Costa Rica. Investigación Agrícola San José 3(1): 1-4.
- RODRÍGUEZ, C; LÉPIZ, C y PEREZ, D. 1991. Factores que influyen en la captura con feromonas de las palomillas de la papa. Investigación Agrícola (San José, C.R.) 4(1): 5-9.
- RODRÍGUEZ, C y LÉPIZ, C. 1990. Uso de feromonas con diferente tiempo de exposición en el campo y su capacidad de captura de las palomillas de la papa. s.p.
- ROJAS, E; LINO, E y ALCAZAR, J. 2002. Fluctuación poblacional de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*, en comunidades del Valle de Saipina, provincia Caballero, Santa Cruz-Bolivia. In. XLIV Convención Nacional de Entomología. Lima (Peru): Sociedad Entomológica del Peru, Lima. 164 p.
- RONDON, S. 2010. The potato tubeworm: a literature review of its biology, ecology, and control. American Journal of Potato Research 87(2): 149-166.
- ROOT, T; PRICE, J; HALL, K; SCHNEIDER, S; ROSENZWEIG, C and POUNDS, J. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature 421: 57-60.
- ROTHSCHILD, G. 1936. The potato moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), an adaptable pest of short-term cropping systems. s.p.



- ROUX, O; ARK, R VON and BAUMGARTNER, J. 1992. Estimating potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae) damage in stored potatoes in Tunisia. *J. Econ. Entomol.* 85(6):2246-2250
- SALAS, J. 2007. Presencia de *Phthorimaea operculella* y *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), capturados en trampas con feromonas, en cultivos de tomate en Quíbor, Venezuela. s.p.
- SANKARAN, T and GIRLING, D. 1980. The current status of biological control of the potato tuber moth. *Biocontr. News and Inf.* 1: 207-211.
- SCHWARTZ, MW. 1999. Choosing the appropriate scale of reserves for conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30: 83-108.
- SCOTT, D; MALCOLM, JR and LEMIEUX, C. 2002. Climate change and modeled biome representation in Canada's national park system: implications for system planning and park mandates. *Global Ecology and Biogeography* 11:475-484.
- SEMINARIO TALLER ASPECTOS ENTOMOLÓGICOS EN EL CULTIVO DE LA PAPA (1989, Bogotá, Colombia). 1989. Principales insectos plagas del cultivo de la papa en Venezuela. Eds. W Francia; Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias FONAIAP-Venezuela. 96 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, PE). 2005. Escenarios del cambio climático en el Perú al 2050. Cuenca del Río Piura. Lima, Perú. 182 p.
- SHAHEEN, A. s.f. Some ecological and biological studies on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. In *Egypt. Bull. Soc. Ent Egypt* 65: 1978-1979.
- SHARPE, J and DEMICHELE, D. 1977. Reaction kinetics of poikilotherm development. *J. Theor. Biol.* 64: 649-670.
- SHELTON, A and WYMAN, J. 1979. Seasonal patterns of potato tuberworm moth abundance as determined by pheromone trapping. *Environ. Entomol.* 8: 541-543.
- SHOSHANA, Y; BERLINGER, M; DAHAN, R and VOERMAN, S. 1979. Pheromone-baited traps as an aid in studying the phenology of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zell.), in Israel. *Phytoparasitica* 7(3): 195-197.
- SILVA, G y ABARCA, L. 2009. Distribución geográfica de las especies animales. *La ciencia y el hombre* 22(3): 1-4.
- SPENCER, H and STRONG, W. 1925. The potato tuber worm. *V. Truck. Expt. Stn. Bull.* 53: 419-463.
- SPORLEDER, M; TONNANG, E; CARHUAPOMA, P; GONZALES, J; JUAREZ, H; SIMON, R and KROSCHER, J. 2011. ILCYM - Insect Life Cycle Modeling: a software package for developing temperature-based insect phenology models with

- applications for regional and global pest risk assessments and mapping. International Potato Center, Lima, Peru. 68 p.
- SPORLEDER, M; SIMON, R; JUAREZ, H and KROSCHEL, J. 2008. Regional and seasonal forecasting of the potato tuber moth using a temperature-driven phenology model linked with geographic information systems. *Tropical Agriculture* 20, Advances in Crop Research Vol. 10. Margraf Publishers, Germany, 15-30 pp.
- SPORLEDER, M; KROSCHEL, J; GUTIERREZ, M and LAGNAOUI; A. 2004. A temperature-based simulation model for the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae). *Environ. Entomol.* 33(3): 477-486.
- SPRINGETT, B and MATTHIESSEN, J. 1975. Predation on potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), by the Western Silveryeye, *Zosterops gouldi* (Aves: Zosteropidae). *Aust. J. Zool.* 23: 65-70.
- STEINHAUS, E and MARSH, G. 1967. Previously reported accessions for diagnosis and new records. *J. Invert. Path.* 9: 436-438.
- STOCKWELL, D and PETERS, D. 1999. The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13: 143-158.
- SUTHERST, G; MAYWALD, G and KRITICOS, D. 2007. CLIMEX version 3: user's guide. Australia, Hearne Scientific Software, CSIRO. 131 p.
- SUTHERST, G. 2003. Prediction of species geographical ranges. *Journal of Biogeography* 30: 805-816.
- SWENSON, N. 2008. The past and future influence of geographic information systems on hybrid zone, phylogeographic and speciation research. *Journal of Evolutionary Biology* 21: 421-434.
- TENORIO, J. 1996. Biología, comportamiento y control de las polillas de la papa *Symmetrischema tangolias* (Gyen) y *Phthorimaea operculella* (Zeller) en Cajamarca. Tesis Ing. Agr. Lima; UNALM. 111 p.
- TERMANSEN, M; MCCLEAN, CJ and PRESTON, CD. 2006. The use of genetic algorithms and Bayesian classification to model species distributions. *Ecological Modelling* 192: 410-424.
- THORN, JS; NIJMAN, V; SMITH, D and NEKARIS, K. 2009. Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (Primates: *Nycticebus*). *Diversity and Distributions* 15: 289-298.
- THUILLER, W; LAFOURCADE, B; ENGLER, R and ARAÚJO, M. 2009. BIOMOD - A platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography* 32: 369-373.

- TITEUX, N; MAES, D; MARMION, M; LUOTO, M and HEIKKINEN, RK. 2009. Inclusion of soil data improves the performance of bioclimatic envelope models for insect species distributions in temperate Europe. *Journal of Biogeography* 36: 1459-1473.
- TORRES, R y PABLO, J. 2010. Modelos predictivos de distribución para cuatro especies de mamíferos (cingulata, artiodactyla y rodentia) típicas del Chaco en Argentina. *Mastozoología Neotropical* 17(2): 335-352.
- TÓTH, M. 1985. Temporal pattern of female calling behaviour of the potato tuberworm moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepid., Gelechiidae). *Z. ang. Ent.* 99: 322-327.
- TRAYNIER, R. 1975. Field and laboratory experiments on the site of oviposition by the potato moth *Phthorimaea operculella* (Zell.) (Lepidoptera, Gelechiidae). *Bull. Ent. Res.* 65: 391-398.
- TRIVEDI, T; RAJAGOPAL, D and TANDON, P. 1994. Life table for establishment of potato tuber moth *Phthorimaea operculella*. *Journal of the Indian Potato Association*, 21(1/2): 97-105.
- TRIVEDI, T and RAJAGOPAL, D. 1992. Distribution, biology, ecology and management of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae): a review. *Tropical Pest Management*. 38(3): 279-285.
- VALENCIA, L. 1984. Mechanisms of resistance to potato moth oviposition on foliage. International Potato Center. s.p.
- VAN DRIESCHE, R; HODDLE, M y CENTER, T. 2007. Control de Plagas y malezas por enemigos naturales. Trad. Ruíz, E; Coronada, J y Álvarez, J. Estados Unidos. 751 p.
- VAPNIK V. 1995. The nature of statistical learning theory. Springer-Verlag editores, Nueva York, Estados Unidos. 314 p.
- VARGAS, E. 2003. Caracterización de tres cepas de *Beauveria brongniartii* (Saccardo) Petch y su virulencia en *Phthorimaea operculella* (Zeller) y *Symmetrischema tangolias* (Gyen). Tesis Biólogo. Lima, Perú, Universidad Nacional de San Marcos. 127 p.
- VAZ, S; MARTIN, CS; EASTWOOD, P; ERNANDE, B and CARPENTIER, A. 2008. Modelling species distributions using regression quantiles. *Journal of Applied Ecology* 45: 204-217.
- VEGAR, B; RUNE, H and EINAR, H. 2009. Disentangling complex fine-scale ecological patterns by path modelling using GLMM and GIS. *Journal of Vegetation Science* 20: 779-790.

- VENABLES, WN and RIPLEY, BD. 2002. Modern applied statistics with S-PLUS. Springer, Nueva York, USA.497 p.
- VERA, V; GONZÁLES, M; CHAMBILLA, C y GARRETT, K. 2009. Efecto de las variaciones climáticas en el comportamiento de dos polillas (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*) en el cultivo de papa en comunidades del Altiplano Central. 38 p.
- VERMA, R. 1967. Bionomics of *Gnorimoschema operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). Labdev J. Sci. Tech. 5(4): 318:324.
- VII CONFERENCE OF AGRICULTURAL DEVELOPMENT RESEARCH CAIRO (Egypt). (VII, 1998, Cairo). 1998. Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Cairo. Cairo, Egypt. s.p.
- VILLACIDE, J y CORLEY, J. 2003. Distribución potencial del parasitoide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: IBALIIDAE) en la Argentina. Quebracho Revista de Ciencias Forestales 10:7-13
- VISSER, D; SCHOEMAN, A; DOUCHES, D and LOUW, F. s.f. Evaluation of genetically modified potatoes against the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory and non-refrigerated store conditions in South Africa. 15 p.
- VON ARX, R; ROUX, O AND BAUMGARTNER, J. 1990. Tuber infestation by potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), at potato harvest in relation to farmers' practices. Agric. Ecosyst. Environ. 31: 277-292.
- VON ARX, R and GEBHARDT, F. 1960. Effects of a granulosis virus, and *Bacillus thuringiensis* on life parameters of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). Entomophaga 35(1): 151-159
- WALKER, P and COCKS, K. 1991. Habitat: a procedure for modelling a disjoint environmental envelope for a plant or animal species. Global Ecology and Biogeography Letters 1: 108-118.
- WALTARI, E and GURALNICK, RP. 2009. Ecological niche modelling of montane mammals in the Great Basin, North America: Examining past and present connectivity of species across basins and ranges. Journal of Biogeography 36: 148-161.
- WALTHER, G; POST, E; CONVEY, P; MENZEL, A; PARMESAN, C; BEEBEE, T; FROMENTIN, J; GULDBERG, O and BAIRLEIN, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 398-395.

- WARD, G; HASTIE, T; BARRY, S; ELITH, J and LEATHWICK, J. 2008. Presence-only data and the EM algorithm. *Biometrics* 65: 554-563.
- WATERHOUSE, D. 1993. The major arthropod pests and weeds of agriculture in Southeast Asia. ACIAR Monograph No. 21. Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research. 141 p.
- WILLIAMS, J; SEO, C; THORNE, J; NELSON, J; and ERWIN, S. 2009. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Diversity and Distributions* 15: 565-576.
- WILLIAMS, P; HANNAH, L; ANDELMAN, S; MIDGELY, G and ARAÚJO, M. 2005. Planning for climate change: identifying minimum dispersal corridors for the cape proteaceae. *Conservation Biology* 19: 1063-1074.
- WOHLGEMUTH, T; NOBIS, M; KIENAST, F and PLATTNER, M. 2008. Modelling vascular plant diversity at the landscape scale using systematic samples. *Journal of Biogeography* 35: 1226-1240.
- WOLLAN, AK; BAKKESTUEN, V; KAUSERUD, H; GULDEN, G and HALVORSEN, R. 2008. Modelling and predicting fungal distribution patterns using herbarium data. *Journal of Biogeography* 35: 2298-2310.
- WOODWARD, F. 1988. Temperature and the distribution of plant species and vegetation. In: Long SP and Woodward FI (eds), *Plants and Temperature*. Society of Experimental Biology by The Company of Biologists Limited. Cambridge 42: 59-75 p.
- WORTON, BJ. 1995. A convex hull-based estimator of home-range size. *Biometrics* 51: 1206-1215.
- XII REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PAPA ALAP. (XII, 1984, Colombia). 1984. Presente y futuro de la investigación sobre *Phthorimaea operculella* en Colombia. s.p.
- XVI REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE LA PAPA ALAP (XVI, 1993, Santo Domingo, República Dominicana). 1993. Resúmenes de la Asociación Latinoamericana de papa ALAP. s.p.
- ZANIEWSKI, AE; LEHMANN, A and OVERTON, J. 2002. Predicting species spatial distributions using presence-only data: A case study of native New Zealand ferns. *Ecological Modelling* 157: 261-280.
- ZANINI, F; PELLET, J and SCHMID, B. 2009. The transferability of distribution models across regions: An amphibian case study. *Diversity and Distributions* 15: 469-480.

ZEDDAM, J; POLLET, A; MANGOENDIHARJO, S; RAMADHAN, T and FERBER, M.  
s.f. Occurrence and virulence of a granulosis virus in *Phthorimaea operculella* (Lep.,  
Gelechiidae) populations in Indonesia. s.p.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1. Tabla de datos para la distribución observada de *Phthorimaea operculella* (Zeller) a nivel global**

CONTINENT	COUNTRY	LOCATION	SITUATION	LATITUDE	LONGITUDE	CITATION
Africa	Algeria		Widespread			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Algeria		Present, no further details			(Estay <i>et al.</i> 2008).
Africa	Algeria		Present, no further details			(Nabi, 1978).
Africa	Algeria		Present, no further details			(Palacios, 1992).
Africa	Algeria		Present, no further details			(Raman, 1988).
Africa	Algeria		Present, no further details			(Raman <i>et al.</i> 1986).
Africa	Burundi	Kajondi	Present, no further details	-3.90444	29.76778	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Burundi	Mahwa	Present, no further details	-3.80592	29.78362	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Burundi	Nyakararo	Present, no further details	-2.77167	29.99083	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Burundi	karuzi	Present, no further details	-3.10296	30.15998	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Burundi	Gisozi	Present, no further details	-3.57484	29.68178	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Burundi	Mt. Meru	Present, no further details	-2.75750	30.42667	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Burundi	Rongai	Present, no further details	-3.11680	37.04749	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Burundi	Rongai	Present, no further details	-3.08550	37.02997	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Burundi	Rongai	Present, no further details	-3.13610	36.99227	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Burundi	Rongai	Present, no further details	-3.17085	37.05232	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Canary Islands	Tenerife	Present, no further details	28.46827	-16.32341	(Carletti, s.f.)
Africa	Canary Islands	Gran Canaria	Present, no further details	27.92022	-15.54744	(Carletti, s.f.)
Africa	Canary Islands		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Congo		Present, no further details			(Eppo, 2013).
Africa	Democratic Republic of the Congo		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).

Africa	Democratic Republic of the Congo	Mulungu	Present, no further details	-2.90808	27.93026	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Democratic Republic of the Congo	Mulungu	Present, no further details	-2.90323	27.94490	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Democratic Republic of the Congo	Mulungu	Present, no further details	-2.91662	27.91695	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Egypt		Present, no further details	30.87536	31.03351	(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt		Present, no further details	30.59725	30.98763	(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt		Present, no further details	30.51476	30.34355	(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt		Present, no further details	31.21086	30.00411	(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt		Present, no further details	31.08320	31.49132	(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt	Damietta	Present, no further details	31.43774	31.81601	(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt	Damietta	Present, no further details	31.396982	31.80260	(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt	Damietta	Present, no further details	31.41804	31.82720	(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt	Giza Fayoum	Present, no further details			(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt	Menyla	Present, no further details			(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt		Present, no further details	31.23248	30.01489	(Abbas <i>et al.</i> 1983).
Africa	Egypt		Present, no further details	30.63116	32.26759	(Abolmaaty <i>et al.</i> 2011).
Africa	Egypt		Present, no further details			(Abul-Nasr and Fahmy, 1971).
Africa	Egypt		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Africa	Egypt		Present, no further details			(Daoud <i>et al.</i> 1999).
Africa	Egypt	Kafr ElZayat	Present, no further details	30.82547	30.81392	(Doss and Wahba, 1985).
Africa	Egypt	Kafr ElZayat	Present, no further details	30.83481	30.80225	(Doss and Wahba, 1985).
Africa	Egypt	Kafr ElZayat	Present, no further details	30.83010	30.82740	(Doss and Wahba, 1985).
Africa	Egypt	Kafr ElZayat	Present, no further details	30.81073	30.82135	(Doss and Wahba, 1985).
Africa	Egypt		Present, no further details	28.17262	30.71237	(Doss and Wahba, 1985).
Africa	Egypt	Giza Governorate: El Badrashin	Present, no further details	29.83954	31.25371	(Haydar, 1986).
Africa	Egypt	Giza Governorate: El Badrashin	Present, no further details	29.82929	31.24010	(Haydar, 1986).



Africa	Egypt	Giza Governorate: El Badrashin	Present, no further details	29.82203	31.25455	(Haydar, 1986).
Africa	Egypt	Giza Governorate: El Badrashin	Present, no further details	29.82852	31.25837	(Haydar, 1986).
Africa	Egypt	Giza	Widespread	31.30000	31.00000	(Kroschel <i>et al.</i> 2012)
Africa	Egypt		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
Africa	Egypt		Present, no further details			(Lagnaoui and Bedewy, 1997).
Africa	Egypt		Present, no further details			(Meisner <i>et al.</i> 1974).
Africa	Egypt		Present, no further details			(Mohammed <i>et al.</i> 2000).
Africa	Egypt		Present, no further details			(Mohammed <i>et al.</i> 2000).
Africa	Egypt		Present, no further details			(Mohammed <i>et al.</i> 2000).
Africa	Egypt		Present, no further details			(Shaheen s.f.).
Africa	Egypt	Kafr El Zayat	Present, no further details			(VII Conference of Agricultural Development Research Cairo Egypt, 1998).
Africa	Egypt	El Salhya	Present, no further details	30.63373	31.86881	(VII Conference of Agricultural Development Research Cairo Egypt, 1998).
Africa	Egypt	El Salhya	Present, no further details	30.60610	31.87750	(VII Conference of Agricultural Development Research Cairo Egypt, 1998).
Africa	Egypt	El Salhya	Present, no further details	30.59694	32.00325	(VII Conference of Agricultural Development Research Cairo Egypt, 1998).
Africa	Ethiopia		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Africa	Ethiopia	Addis Abeba	Present, no further details	8.96696	38.81173	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Ethiopia	Adet	Present, no further details	11.26435	37.49681	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Ethiopia	Alem Maya	Present, no further details	9.39075	42.02142	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Ethiopia	Ambo	Present, no further details	8.97213	37.86159	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Ethiopia	Awasa	Present, no further details	7.06136	38.49503	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Ethiopia	Bako	Present, no further details	9.11971	37.04955	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Ethiopia	Bekoji	Present, no further details	7.53834	39.25122	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Ethiopia	Holetta	Present, no further details	9.06841	38.50404	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Ethiopia	Jima	Present, no further details	7.67848	36.83844	(Parker and Hunt, 1989).

Africa	Ethiopia	Melkasa	Present, no further details	8.40144	39.31704	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Ethiopia	Sheno	Present, no further details	9.34070	39.29988	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Ethiopia	Sinana	Present, no further details	7.08333	40.20000	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Kenya		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Kenya	Zonas altas	Present, no further details			(CIP, 1984).
Africa	Kenya	Zonas Altas de Kenya (Zonas frías)	Present, no further details			(Tenorio, 1996).
Africa	Kenya		Present, no further details			(Estay <i>et al.</i> 2008).
Africa	Kenya		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
Africa	Kenya		Present, no further details			(Ojero and Mueke, 1985).
Africa	Kenya		Present, no further details			(Palacios, 1992).
Africa	Kenya	Mtwapa	Present, no further details	-3.96308	39.73999	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Kenya	Nairobi	Present, no further details	-1.20935	36.82582	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Kenya	Embu	Present, no further details	-0.55011	37.45156	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Kenya	Sorget	Present, no further details	-0.08813	35.55780	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Kenya	Tigoni	Present, no further details	-1.13333	36.66667	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Kenya	Kiambu	Present, no further details	-1.17697	36.83029	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Kenya	Molo	Present, no further details	-0.25774	35.73337	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Kenya	Shimba Hills	Present, no further details	-4.21667	39.41667	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Kenya		Present, no further details			(Raman, 1987).
Africa	Kenya		Present, no further details			(Raman, 1987).
Africa	Kenya		Present, no further details			(Raman <i>et al.</i> 1986).
Africa	Libya		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Madagascar		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Malawi		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Mauritius		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).

Africa	Morocco		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Morocco		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
Africa	Reunion		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Rwanda		Present, no further details			(Parker, 1989; Eppo 2013).
Africa	Rwanda	Ruhengeri	Present, no further details	-1.49965	29.63380	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Rwanda	Kinigi	Present, no further details	-1.45341	29.58616	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Rwanda	Gishwati	Present, no further details	-1.80787	29.41375	(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Saint Helena		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Senegal		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Seychelles		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	South Africa	Ciudad del Cabo	Present, no further details	-33.94480	18.77807	(Black, 2008).
Africa	South Africa		Present, no further details			(Broodryk, 1971).
Africa	South Africa		Widespread			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	South Africa		Present, no further details			(Nabi, 1978).
Africa	South Africa		Present, no further details			(Reid, 1975).
Africa	South Africa		Present, no further details			(Visser <i>et al.</i> s.f.).
Africa	Sudan	Khartoum North	Present, no further details	15.67634	32.53513	(Ali, 1993).
Africa	Sudan	Shambat	Present, no further details	15.66047	32.52611	(Ali, 1993).
Africa	Sudan		Present, no further details			(Ali, 1993).
Africa	Sudan		Present, no further details			(Mohammed <i>et al.</i> 2000).
Africa	Tanzania		Present, no further details			(Parker and Hunt, 1989).
Africa	Tunisia		Present, no further details			(von Arx <i>et al.</i> 1990).
Africa	Tunisia		Widespread			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Africa	Tunisia		Present, no further details			(Estay <i>et al.</i> 2008).
Africa	Tunisia	Nabeul	Present, no further details	36.47592	10.73000	(Fuglie <i>et al.</i> 1991).

Africa	Tunisia	Bizerte	Present, no further details	37.27364	9.84801	(Fuglie <i>et al.</i> 1991).
Africa	Tunisia	Sousse	Present, no further details	35.78729	10.56954	(Fuglie <i>et al.</i> 1991).
Africa	Tunisia		Present, no further details			(Fuglie <i>et al.</i> 1991).
Africa	Tunisia		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
Africa	Tunisia		Present, no further details			(Roux <i>et al.</i> 1992).
Africa	Tunisia		Present, no further details			(Palacios, 1992).
Africa	Tunisia		Present, no further details			(Raman, 1988).
Africa	Tunisia		Present, no further details			(Raman <i>et al.</i> 1986).
Africa	Tunisia		Present, no further details			(von Arx <i>et al.</i> 1990).
Africa	Zambia		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Africa	Zambia		Present, no further details			(Cruickshank and Ahmed 1973).
Africa	Zambia		Present, no further details			(Sankaran and Girling, 1980).
Africa	Zimbabwe		Widespread			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Africa	Zimbabwe		Present, no further details			(Sankaran and Girling, 1980).
Asia	Bangladesh		Widespread			(APPPC, 1987; EPPO, 2013).
Asia	Bhutan		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
Asia	China	Yunnan	Present, no further details	24.96810	102.72128	(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	China	Guizhou	Present, no further details	26.59803	106.70712	(CIE, 1968).
Asia	China		Present, no further details			(EPPO, 2013).
Asia	Georgia (Republic of)		Present, no further details	42.31541	43.35689	(Markosyan, 1992; EPPO, 2013).
Asia	India		Present, no further details	27.57059	80.09819	(Akhade <i>et al.</i> 1969).
Asia	India		Present, no further details	25.20370	85.54261	(Akhade <i>et al.</i> 1969).
Asia	India		Present, no further details	19.75148	75.71389	(Akhade <i>et al.</i> 1969).
Asia	India		Present, no further details	22.98676	87.85498	(Amitava y Mohasin, 2004).
Asia	India		Present, no further details	25.19801	85.52190	(CIE, 1968; EPPO, 2013).

Asia	India		Present, no further details	22.25865	71.19238	(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	India		Present, no further details	31.14713	75.34122	(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	India		Present, no further details	27.57059	80.09819	(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	India		Present, no further details	18.88929	84.17549	(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	India		Widespread	22.96612	78.65401	(CIE, 1968).
Asia	India		Present, no further details	26.20060	92.93757	(Debnath y Borah, 2002).
Asia	India		Widespread			(EPPO, 2013).
Asia	India		Present, no further details			(Estay <i>et al.</i> 2008).
Asia	India	Poona	Present, no further details	18.537856°	73.841174°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Dharwad	Present, no further details	15.476923°	75.007992°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Dharwad	Present, no further details	15.466845°	75.027320°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Dharwad	Present, no further details	15.454087°	75.024520°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Dharwad	Present, no further details	15.469812°	74.978236°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India		Present, no further details			(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Coimbatore	Present, no further details	10.99602	76.91207	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Sitamarihi	Present, no further details	26.60355	85.49555	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Sitamarihi	Present, no further details	26.599357°	85.486630°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Sitamarihi	Present, no further details	26.582320°	85.489174°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Sitamarihi	Present, no further details	26.587349°	85.514901°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Pusa	Present, no further details	25.98722	85.67941	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Purnia	Present, no further details	25.76991	87.45090	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Pratapgarh	Present, no further details	25.892647°	81.932743°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Pratapgarh	Present, no further details	25.890244°	81.930776°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Pratapgarh	Present, no further details	25.887546°	81.934464°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India	Pratapgarh	Present, no further details	25.890964°	81.936784°	(Trivedi and Rajagopal, 1992).

Asia	India		Present, no further details			(Gubbaiah and Thontadarya, 1977).
Asia	India		Widespread	25.46703	91.36622	(Lakshman, 1991).
Asia	India		Present, no further details			(Mohammed <i>et al.</i> 2000).
Asia	India		Present, no further details			(Nabi, 1978).
Asia	India		Present, no further details	19.75148	75.71389	(Pokharkar <i>et al.</i> 1991; CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	India		Present, no further details			(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India		Present, no further details			(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India		Present, no further details			(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India		Present, no further details			(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Asia	India		Present, no further details			(Raman <i>et al.</i> 1986).
Asia	India		Present, no further details			(Raman y Palacios, 1982).
Asia	India		Present, no further details	15.31728	75.71389	(Trivedi <i>et al.</i> 1994; CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	India		Present, no further details	11.12712	78.65689	(Trivedi <i>et al.</i> 1994; CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	India	Chikkaballapur	Present, no further details	13.446307°	77.726766°	(Trivedi <i>et al.</i> 1994).
Asia	India	Chikkaballapur	Present, no further details	13.439178°	77.740408°	(Trivedi <i>et al.</i> 1994).
Asia	India	Chikkaballapur	Present, no further details	13.425624°	77.732885°	(Trivedi <i>et al.</i> 1994).
Asia	India	Chikkaballapur	Present, no further details	13.436998°	77.714584°	(Trivedi <i>et al.</i> 1994).
Asia	India	Ootacamund	Present, no further details	11.411266°	76.691992°	(Trivedi <i>et al.</i> 1994).
Asia	India	Ootacamund	Present, no further details	11.411222°	76.698925°	(Trivedi <i>et al.</i> 1994).
Asia	India		Widespread	31.68350	77.75651	(Trivedi <i>et al.</i> 1994).
Asia	India	Kalyanpur	Present, no further details			(Verma, 1967).
Asia	India	Kanpur	Present, no further details			(Verma, 1967).
Asia	India	Dahra Nagar	Present, no further details			(Verma, 1967).
Asia	India		Present, no further details			(Kumar and Nirula, 1967).
Asia	Indonesia		Present, no further details			(EPPO, 2013).

Asia	Indonesia	Sulawesi	Present, no further details	-1.84791	120.52791	(Kalshoven y Laan, 1981; Waterhouse, 1993; CIE, 1968).
Asia	Indonesia	Java	Present, no further details	-7.61443	110.71304	(Kalshoven y Laan, 1981; Waterhouse, 1993; CIE, 1968).
Asia	Indonesia		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
Asia	Indonesia	Wonsosobo (Central Java)	Present, no further details			(Zeddarn <i>et al.</i> 1999).
Asia	Indonesia	Lembang (West Java)	Present, no further details			(Zeddarn <i>et al.</i> 1999).
Asia	Indonesia	Berastagi (Northern Sumatra).	Present, no further details			(Zeddarn <i>et al.</i> 1999).
Asia	Iran		Present, no further details			(Ajamhasani y Salehi L, 2004).
Asia	Iraq		Present, no further details			(Al-Ali <i>et al.</i> 1975).
Asia	Iraq	Mosul	Present, no further details	36.33557	43.13713	(Al-Ali <i>et al.</i> 1975).
Asia	Iraq	Musayab	Present, no further details	32.77578	44.30099	(Al-Ali <i>et al.</i> 1975).
Asia	Iraq		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Asia	Israel		Widespread			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Asia	Israel	Israel's western Negev region.	Present, no further details			(Coll <i>et al.</i> 2000).
Asia	Israel		Present, no further details			(Coll <i>et al.</i> 2000).
Asia	Israel		Present, no further details			(Coll <i>et al.</i> 2000).
Asia	Israel		Present, no further details			(Meisner <i>et al.</i> 1974).
Asia	Israel		Present, no further details			(Shoshana <i>et al.</i> 1979).
Asia	Japan	Honshu	Widespread	36.00000	138.00000	(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Asia	Japan	Kyushu	Widespread	33.00000	131.00000	(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Asia	Japan		Widespread			(Eppo, 2013).
Asia	Japan	Shikoku	Widespread	33.75000	133.50000	(Eppo, 2013).
Asia	Japan	Atsugishi	Present, no further details	35.43857	139.38898	(GBIF, 2011).
Asia	Jordan		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Asia	Korea, Republic of		Present, no further details			(APPPC, 1987).
Asia	Lebanon		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).

Asia	Myanmar		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013; Waterhouse, 1993).
Asia	Nepal		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	Nepal	Zonas altas	Present, no further details			(CIP, 1984).
Asia	Nepal	Zonas Altas de Nepal (Zonas frías)	Present, no further details			(Tenorio, 1996).
Asia	Nepal		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
Asia	Nepal		Present, no further details			(Palacios, 1992).
Asia	Nepal	Katmandu Valley	Present, no further details	27.66667	85.35000	(Prasad, 1977).
Asia	Nepal		Present, no further details			(Raman, 1988).
Asia	Nepal		Present, no further details			(Raman <i>et al.</i> 1986).
Asia	Pakistan		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	Philippines		Present, no further details			(Das, 1995; Estay <i>et al.</i> 2008).
Asia	Philippines		Present, no further details			(EPPO, 2013).
Asia	Philippines		Present, no further details			(Estay <i>et al.</i> 2008).
Asia	Saudi Arabia		Present, no further details			(CABI, 2013).
Asia	Sri Lanka		Present, no further details			(Alcázar <i>et al.</i> 1992).
Asia	Sri Lanka		Present, no further details			(von Arx and Gebhardt, 1960).
Asia	Sri Lanka		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	Sri Lanka		Present, no further details			(Steinhaus and Marash, 1967).
Asia	Syria		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	Thailand		Present, no further details			(Waterhouse, 1993; APPPC, 1987; EPPO, 2013).
Asia	Turkey		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Asia	Vietnam		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013; Waterhouse, 1993).
Asia	Yemen	Sana'a	Widespread	15.42024	44.23079	(Kroschel <i>et al.</i> 2012)
Asia	Yemen		Widespread			(Kroschel, 1994; EPPO, 2013).
Asia	Yemen	Qa Jahran	Present, no further details	14.81892	44.33417	(Kroschel and Koch, 1994).



Asia	Yemen	Amran o Qa alBoun	Present, no further details	15.66659	43.93331	(Kroschel and Koch, 1994).
Central America and Caribbean	Antigua and Barbuda		Present, no further details			(EPPO, 2013).
Central America and Caribbean	Costa Rica		Present, no further details			(Hilje, 1994).
Central America and Caribbean	Costa Rica		Present, no further details			(Oatman and Platner, 1989).
Central America and Caribbean	Costa Rica		Present, no further details			(Rodríguez, 1989).
Central America and Caribbean	Costa Rica	Llano Grande	Present, no further details	9.942713	-83.893849	(Rodríguez and Lépiz, 1990).
Central America and Caribbean	Costa Rica	Llano Grande	Present, no further details	9.930253	-83.909071	(Rodríguez and Lépiz, 1990).
Central America and Caribbean	Costa Rica	Llano Grande	Present, no further details	9.936561	-83.942522	(Rodríguez and Lépiz, 1990).
Central America and Caribbean	Costa Rica	Llano Grande	Present, no further details	9.956874	-83.876187	(Rodríguez and Lépiz, 1990).
Central America and Caribbean	Costa Rica	Potrero Cerrado	Present, no further details	9.926311°	-83.882229°	(Rodríguez <i>et al.</i> 1991).
Central America and Caribbean	Costa Rica	Potrero Cerrado	Present, no further details	9.918193°	-83.877495°	(Rodríguez <i>et al.</i> 1991).
Central America and Caribbean	Costa Rica	Potrero Cerrado	Present, no further details	9.910117°	-83.880181°	(Rodríguez <i>et al.</i> 1991).
Central America and Caribbean	Cuba		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Central America and Caribbean	Dominican Republic		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Central America and Caribbean	Dominican Republic	Constanza	Present, no further details	18.90366	-70.73897	(Palacios and Cisneros, 1996).
Central America and Caribbean	Dominican Republic	Constanza	Present, no further details	18.91465	-70.72529	(Palacios and Cisneros, 1996).
Central America and Caribbean	Dominican Republic	Constanza	Present, no further details	18.90276	-70.70103	(Palacios and Cisneros, 1996).
Central America and Caribbean	Dominican Republic	Constanza	Present, no further details	18.88593	-70.73085	(Palacios and Cisneros, 1996).
Central America and Caribbean	Guatemala		Present, no further details			(Marroquin, 1981).
Central America and Caribbean	Guatemala		Present, no further details			(Marroquin, 1981).
Central America and Caribbean	Guatemala		Present, no further details			(Marroquin, 1981).
Central America and Caribbean	Guatemala		Present, no further details			(Marroquin, 1981).
Central America and Caribbean	Guatemala		Present, no further details			(Marroquin, 1981).
Central America and Caribbean	Guatemala		Present, no further details			(Marroquin, 1981).
Central America and Caribbean	Guatemala		Present, no further details			(Palacios, 1992).

Central America and Caribbean	Haiti		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Central America and Caribbean	Honduras	Buena Vista	Present, no further details			(XVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de la papa ALAP, 1993).
Central America and Caribbean	Honduras	Malguara	Present, no further details			(XVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de la papa ALAP, 1993).
Central America and Caribbean	Honduras	Chiligatoro	Present, no further details			(XVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de la papa ALAP, 1993).
Central America and Caribbean	Honduras	Esperanza	Present, no further details	14.30698	-88.17707	(XVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de la papa ALAP, 1993).
Central America and Caribbean	Jamaica		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Central America and Caribbean	Netherlands Antilles		Present, no further details			(CIE, 1968).
Central America and Caribbean	Puerto Rico		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Central America and Caribbean	Saint Vincent and the Grenadines		Present, no further details			(Eppo, 2013).
Europa	Albania		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Europa	Austria	Dornbirner Ried, Gleggen N	Present, no further details			(GBIF, 2011).
Europa	Bulgaria		Absent, formerly present			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Europa	Croatia		Restricted distribution			(Eppo, 2013).
Europa	Cyprus		Widespread			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Europa	Cyprus		Present, no further details			(Krambias, 1976).
Europa	Cyprus		Present, no further details			(Lloyd, 1972).
Europa	Czech Republic		Absent, intercepted only			(Eppo, 2013).
Europa	Denmark		Absent, formerly present			(Eppo, 2013).
Europa	Finland		Absent, intercepted only			(Eppo, 2013).
Europa	France		Restricted distribution			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Europa	France		Restricted distribution			(Eppo, 2013).
Europa	Germany		Absent, intercepted only			(Eppo, 2013).
Europa	Greece		Widespread			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Europa	Greece		Widespread			(Eppo, 2013).

Europa	Hungary		Absent, intercepted only			(EPPO, 2013).
Europa	Ireland	Tramore, Waterford	Present, no further details	52.16235	-7.15535	(GBIF, 2011).
Europa	Italy		Restricted distribution			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Europa	Italy	Sardinia	Present, no further details	40.12088	9.01289	(EPPO, 2013).
Europa	Italy	Sicily	Present, no further details	37.39793	14.65878	(EPPO, 2013).
Europa	Italy		Restricted distribution			(EPPO, 2013).
Europa	Malta		Widespread			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Europa	Netherlands		Absent, formerly present			(EPPO, 2013).
Europa	Portugal		Widespread			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Europa	Portugal		Widespread			(EPPO, 2013).
Europa	Romania		Absent, formerly present			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Europa	Russian	Southern Russia	Present, no further details	54.00721	58.49780	(EPPO, 2013).
Europa	Russian Federation		Present, no further details			(EPPO, 2013).
Europa	Serbia		Restricted distribution			(EPPO, 2013).
Europa	Slovakia		Absent, intercepted only			(EPPO, 2013).
Europa	Spain		Restricted distribution			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Europa	Spain		Restricted distribution			(EPPO, 2013).
Europa	Sweden		Absent, intercepted only			(EPPO, 2013).
Europa	Switzerland		Absent, formerly present			(EPPO, 2013).
Europa	Turkey		Present, no further details			(Estay <i>et al</i> 2008).
Europa	Turkey		Present, no further details			(Palacios, 1992).
Europa	Turkey		Present, no further details			(Raman, 1988).
Europa	Turkey		Present, no further details			(Raman <i>et al.</i> 1986).
Europa	Ukraine		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Europa	United Kingdom		Absent, formerly present			(EPPO, 2013).

Europa	Yugoslavia (Serbia and Montenegro)		Restricted distribution			(CIE, 1968).
North America	Bermuda		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	Bermuda		Present, no further details			(Lloyd, 1972).
North America	Canada	British Columbia	Absent, formerly present			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	Canada		Absent, formerly present			(EPPO, 2013).
North America	Hawaii		Present, no further details			(Evans and Crossley, 2004).
North America	Mexico		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	Mexico		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
North America	Mexico		Present, no further details			(Oatman and Platner, 1989).
North America	Mexico	Guanajuato	Present, no further details	20.91702	-101.16174	(Rocha and Villarreal s.f.).
North America	Mexico	Guanajuato	Present, no further details	20.95694	-101.50068	(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
North America	Mexico	Guanajuato	Present, no further details	20.92829	-101.47481	(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
North America	USA	California (Salinas)	Widespread	36.77826	-119.41793	(Bacon <i>et al.</i> 1976).
North America	USA	California	Present, no further details			(Trivedi and Rajagopal, 1992).
North America	USA	Alabama	Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	USA	Arizona	Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	USA	California	Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	USA	Colorado	Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	USA	Delaware	Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	USA	Florida	Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	USA	Georgia	Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	USA	Hawaii	Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	USA	Iowa	Absent, formerly present			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	USA	Kentucky	Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
North America	USA	Louisiana	Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).

North America	USA	Maryland	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Minnesota	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Mississippi	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Missouri	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Nebraska	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Nevada	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	New Jersey	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	New Mexico	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	North Carolina	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Ohio	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Oregon	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Pennsylvania	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Rhode Island	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	South Carolina	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	South Dakota	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Tennessee	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Texas	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Utah	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Virginia	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA	Washington	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA		Widespread			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
North America	USA		Present, no further details			(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.64754	-119.41277	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.69810	-119.82430	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.70524	-119.47523	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.70643	-119.39552	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.70703	-119.37232	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.71895	-119.23555	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.72844	-119.54447	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.72963	-119.31938	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.73618	-119.61871	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.74215	-119.49879	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.74331	-118.66949	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.74629	-118.77585	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.75045	-119.18241	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.76056	-119.14315	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.76651	-118.85152	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.79925	-119.25141	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80044	-119.25141	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80458	-119.17170	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.81232	-119.23913	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.81291	-119.21453	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82362	-118.79013	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82739	-119.07985	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.82781	-118.94422	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.83314	-119.05287	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.83554	-119.92527	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.86705	-119.73443	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87240	-119.58629	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87242	-119.88610	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.87954	-119.83732	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.88251	-119.95273	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.88965	-119.40307	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.89441	-119.60413	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.90095	-119.28020	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.93010	-119.20596	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.93902	-119.82542	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.95330	-119.44828	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.95351	-119.33017	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.98774	-119.58748	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.00743	-119.93845	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.00916	-119.12972	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.10339	-119.44947	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.26393	-119.40069	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.26964	-119.79330	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.32623	-119.28306	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.78988	-119.19740	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.82628	-119.53974	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.01965	-119.84446	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.18112	-119.36872	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.24489	-119.10403	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.64478	-119.45289	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.65668	-119.39013	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.68166	-119.26164	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.69237	-119.80996	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.69475	-119.45765	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.69951	-119.37443	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.70214	-119.22395	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.71499	-119.35301	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.71616	-119.53082	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73044	-119.30304	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.73070	-119.60428	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73163	-119.48864	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73282	-118.65629	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.74069	-118.76622	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.74948	-119.17061	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.74948	-119.13075	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.75780	-119.24318	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.79469	-118.84046	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.79637	-119.16050	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.79780	-119.22772	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80065	-119.20345	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80779	-118.77907	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.81729	-119.13349	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.81808	-119.19631	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.82778	-119.20345	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82820	-119.31338	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.83064	-119.76666	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.85972	-119.22201	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.87202	-118.91708	(Debano <i>et al.</i> 2010).



North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87204	-119.75238	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87204	-119.81841	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.87995	-119.07479	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.89060	-119.02292	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.89060	-118.93773	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.89343	-119.02493	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.92873	-119.79343	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.94628	-119.09035	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.94913	-119.30164	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.95056	-119.05751	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.98346	-119.20599	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.99910	-119.15459	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.00338	-119.61319	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.10047	-119.14745	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.27167	-119.93180	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.27881	-119.17886	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28281	-119.66494	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.69346	-119.29436	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28320	-119.61365	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.72737	-119.83889	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.73807	-119.45712	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.79706	-119.34719	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.82847	-119.59904	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.83132	-119.14160	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.87835	-119.94549	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Grant	Present, no further details	46.89690	-119.46140	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.00946	-119.40715	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.01375	-119.80844	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.02517	-119.38002	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.08513	-119.22012	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.08941	-119.09877	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.09856	-119.61903	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.14081	-119.36289	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.17515	-119.29864	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.18649	-119.52307	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.19850	-119.61713	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.20921	-119.11876	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.22445	-119.87609	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.22512	-119.55020	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.23789	-119.38288	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.24683	-119.12018	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Lincoln	Present, no further details	47.28110	-119.46854	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.29649	-119.86660	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.29819	-119.08689	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.32175	-119.35301	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.32504	-119.80272	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.32623	-119.20453	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.33021	-119.88896	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.34031	-119.60651	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.34348	-119.11890	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.34503	-119.01600	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.34925	-119.51000	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.36850	-119.11545	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.36930	-118.90369	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.37029	-119.53617	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.37589	-119.59524	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.40357	-119.89029	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.48923	-119.84556	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.59487	-119.42000	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.62628	-119.61713	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.69767	-119.96072	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.71368	-119.22298	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.23411	-119.12219	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.23983	-119.67305	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.24270	-119.12240	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.25460	-119.18129	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.25505	-118.90465	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.26303	-118.98257	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.26303	-118.98257	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.27951	-119.73222	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.27968	-118.90064	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28077	-119.32406	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28230	-119.25677	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28498	-118.91892	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.65183	-119.80433	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.67087	-119.27437	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.69276	-119.40715	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.69933	-119.78234	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.70513	-119.89142	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.70790	-119.76864	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.71084	-119.79148	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.72075	-119.82860	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.72702	-119.13732	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73502	-119.58161	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.73788	-119.07569	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73939	-119.09734	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.74502	-119.56019	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.75082	-119.13589	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.75930	-119.59029	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.75930	-119.65157	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.76890	-119.63301	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80213	-119.06736	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80213	-119.04761	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80213	-119.60731	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.80221	-118.86122	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80926	-118.94255	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.81069	-119.06895	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82211	-119.09215	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82505	-119.05289	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.85495	-118.97044	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.86758	-119.13676	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.86923	-119.09928	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87779	-118.85194	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87779	-119.20636	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.88208	-119.13676	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.89492	-119.12784	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.89492	-118.83873	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.89635	-118.80340	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.90543	-119.20993	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.92919	-118.95188	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.93204	-119.12962	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.93775	-119.12962	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.94775	-119.10285	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.96203	-118.96613	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97345	-119.29723	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97637	-119.23848	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97773	-119.28146	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.98487	-119.07430	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.99914	-119.16683	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.00192	-119.25963	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.01628	-118.96435	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.03055	-119.06317	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.03055	-119.31388	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.03062	-119.13399	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.04340	-119.33958	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.08956	-118.91841	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.18967	-118.93412	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28921	-119.66679	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28980	-119.25677	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28980	-118.92555	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.29386	-118.91873	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.29931	-119.78925	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.30372	-119.00836	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.30520	-118.96707	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.30814	-119.72382	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.48551	-119.90708	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.31121	-119.00264	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.50990	-119.90979	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.31241	-118.96707	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.31420	-119.81848	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.31766	-119.66671	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.31835	-119.09687	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.33669	-119.74999	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.71395	-119.14427	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.73651	-119.41681	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.33788	-118.96812	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.73737	-119.82270	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.76637	-119.22279	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.80349	-119.38911	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.83775	-119.09715	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Adams	Present, no further details	46.85631	-119.37127	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.89755	-119.53316	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.91918	-119.63096	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.93881	-119.12856	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.95245	-119.21065	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.97387	-119.55886	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.97995	-119.11571	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.01207	-119.46849	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.04610	-119.81416	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.07898	-119.88376	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.19645	-119.79527	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.64546	-119.41311	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.66402	-119.90696	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.69186	-119.78204	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.69615	-119.88495	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.70257	-119.81541	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.70400	-119.84093	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.70971	-119.16633	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.71827	-119.12969	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.71899	-119.58841	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73112	-119.08543	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.73612	-119.16966	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.74254	-119.56700	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.74754	-119.13207	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.75040	-119.66408	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.75682	-119.63695	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.76325	-119.06164	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.79965	-119.61126	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.79965	-118.85111	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80037	-118.86315	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80251	-118.93454	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.81179	-119.05582	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82178	-119.04161	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82392	-118.96152	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.83106	-119.09627	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.83749	-119.13129	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.86604	-118.83874	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87746	-119.20089	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.88271	-119.13486	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.88670	-119.12237	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.88730	-118.82827	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.89344	-118.79781	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.90204	-119.20624	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.90990	-118.94153	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.92537	-119.12415	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.92775	-119.12415	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.93554	-118.95676	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.94500	-119.29269	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.95344	-119.13660	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.95344	-119.18373	(Debano <i>et al.</i> 2010).



North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97408	-119.23368	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97533	-119.27698	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.98009	-119.06526	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.98693	-119.15755	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.00293	-119.24321	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.01263	-118.96870	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.02976	-119.01075	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.03149	-118.93997	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.03690	-119.22180	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.08820	-119.04894	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.16939	-118.89951	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.18366	-119.31222	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.34155	-119.56776	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.34155	-119.36157	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.34454	-119.09741	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.34988	-118.96812	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.35089	-119.03218	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.35279	-119.16551	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.35368	-119.81760	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.35454	-119.09416	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.35761	-118.81518	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.48951	-118.84397	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.35881	-118.91535	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.36772	-119.09416	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.50997	-118.98896	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.36993	-118.97960	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.37153	-119.62354	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.38081	-119.05853	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.38547	-119.24197	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.38558	-118.89394	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.70223	-119.40802	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.71710	-119.09706	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.73629	-118.96857	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.40451	-119.24197	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.74387	-119.18792	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.74519	-118.80914	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.74690	-119.12204	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.75732	-119.17602	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.76927	-119.26525	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.77105	-118.87934	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.77284	-119.15223	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.78533	-118.87934	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.79782	-119.63407	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.79961	-119.38423	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.80853	-119.57756	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.82995	-119.72628	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.83354	-118.87934	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.84873	-119.13141	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.85830	-118.68184	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.86187	-119.00402	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Adams	Present, no further details	46.86685	-119.83930	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.89241	-119.00473	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.89556	-119.00223	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.89875	-118.69198	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.91660	-119.59235	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.91936	-119.89508	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.92612	-119.84868	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.95824	-119.40510	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.96062	-119.60615	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.96538	-119.95932	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.96695	-119.28042	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.97252	-119.20999	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.98560	-119.83297	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.98798	-119.44888	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.98861	-119.33277	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.99967	-119.12909	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.00821	-119.59378	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.01059	-119.94719	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.03238	-119.44793	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.04428	-119.40415	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.05937	-119.79871	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.06807	-119.61472	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.08316	-119.37465	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.10972	-119.20904	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.10972	-119.08507	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Grant	Present, no further details	47.11269	-119.28518	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.12161	-119.34990	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.13789	-119.61281	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.13946	-119.51932	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.16406	-119.11243	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.16931	-119.19621	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.17515	-119.54121	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.30108	-119.87857	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.36568	-119.10529	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Lincoln	Present, no further details	47.37159	-119.54026	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.65262	-119.36893	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.68100	-119.46031	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.69884	-119.26043	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.70297	-119.80219	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.71163	-119.87142	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.71312	-119.83431	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.71725	-119.39558	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.72296	-119.77935	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73453	-119.88424	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73533	-119.76436	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.74104	-119.78506	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.74366	-119.82717	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.74494	-119.11957	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.75524	-119.15050	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.75817	-119.57642	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.76008	-119.07198	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.77380	-119.56024	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.80062	-119.58975	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80481	-119.11957	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80672	-119.64686	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80672	-119.05294	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.81528	-119.62972	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.81623	-119.60783	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82727	-118.83689	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82861	-118.84938	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.83289	-118.92255	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.83568	-119.03532	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.84669	-119.06388	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.86398	-118.95527	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.86739	-119.08529	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.87239	-119.11623	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.88000	-118.82558	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.88286	-119.19356	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.89047	-119.12931	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.89681	-118.81998	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.89767	-119.11504	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.90038	-118.78692	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.90189	-119.20070	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.90966	-118.93445	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.93054	-119.11742	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Benton	Present, no further details	45.93608	-119.11623	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.94107	-119.08886	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.94892	-119.13375	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.95424	-119.28398	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.96852	-119.18129	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97518	-119.22791	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97566	-119.26360	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.99041	-119.05912	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.99898	-119.15095	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.99945	-118.97551	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.01706	-119.24197	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.02801	-118.94196	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.03229	-119.00906	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.03990	-119.04404	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.08576	-118.89985	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.16606	-119.21698	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Walla Walla	Present, no further details	46.18569	-119.30443	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.40579	-118.97974	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.40878	-118.87074	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.45576	-118.98021	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.45685	-119.52870	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.46028	-118.90245	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.46130	-119.04920	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.48142	-119.81305	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.48998	-118.99031	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.49364	-119.16172	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.49017	-119.03104	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.49617	-118.92071	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.50226	-118.88506	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.50474	-118.46189	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.50573	-119.61526	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.51416	-118.91183	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.51634	-119.04341	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.52001	-119.86196	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.52121	-119.08278	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.53424	-119.13632	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.53468	-118.84163	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.69799	-118.90469	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.70037	-119.01080	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.71584	-119.61317	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.73130	-119.55726	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.73630	-119.13181	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.73715	-118.83866	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.53937	-119.42109	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.73737	-119.75237	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.73844	-118.90647	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.74201	-119.40925	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.74743	-119.61436	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.74854	-119.04424	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.75730	-118.96519	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Adams	Present, no further details	46.76265	-119.22723	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.78455	-119.10135	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.78550	-118.88149	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.79422	-118.80832	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.81838	-119.04329	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.81865	-119.80234	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.82166	-119.19153	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.82325	-119.11753	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.83828	-118.96519	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.84641	-119.55607	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.84979	-119.17488	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.85180	-118.96358	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.85656	-119.26887	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.87718	-119.81186	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.88340	-118.87970	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.88639	-119.15465	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.90185	-118.88327	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.90288	-119.79282	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.91333	-119.63459	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.91809	-119.57629	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.92285	-119.38784	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.93594	-119.72739	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.94468	-118.94038	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.94569	-118.88149	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.94665	-119.13443	(Debano <i>et al.</i> 2010).



North America	USA	Adams	Present, no further details	46.95182	-118.68266	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.95718	-119.17726	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.96330	-119.55394	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.97163	-118.68457	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.97568	-119.00950	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.98020	-119.63764	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.98115	-119.51587	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.98139	-119.72602	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.98216	-119.84618	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.99287	-119.15227	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.99757	-119.90567	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.99780	-119.66096	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.99780	-118.67029	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.99852	-119.78075	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.01196	-119.01069	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.01565	-119.09992	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.01922	-119.91519	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.03213	-119.01390	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.03231	-118.69170	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.03588	-118.69408	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.04462	-119.01271	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.06086	-118.79402	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.06604	-118.79164	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.09060	-119.17473	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.10250	-118.72740	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Grant	Present, no further details	47.10607	-119.17473	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.10607	-119.59350	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.11440	-119.28801	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.12493	-119.21520	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.12493	-119.84001	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.12511	-119.45362	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.12655	-119.34155	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.13938	-119.60207	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.14396	-119.94852	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.14559	-119.40614	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.15366	-119.45819	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.16169	-119.61920	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.16657	-119.21305	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.16905	-119.08956	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.17618	-119.35665	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.18340	-119.28944	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.19046	-119.61063	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.19120	-119.53749	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.19770	-119.12597	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.20593	-119.20163	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.21553	-119.11098	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.21909	-119.46515	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.24281	-119.88094	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.28744	-119.40043	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Lincoln	Present, no further details	47.30953	-119.26731	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Lincoln	Present, no further details	47.34523	-119.57937	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.35109	-119.07325	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Lincoln	Present, no further details	47.47610	-119.07409	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Lincoln	Present, no further details	47.58555	-119.08836	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.60935	-119.11692	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Lincoln	Present, no further details	47.62124	-119.18354	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.64504	-119.05624	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.56613	-118.99087	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.57216	-118.46595	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.57231	-118.25954	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.57423	-118.96889	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.57649	-119.98046	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.58398	-119.00938	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.58520	-119.62882	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.58540	-118.92349	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.59273	-119.35529	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.59285	-118.74847	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.59968	-119.14411	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.60111	-118.98439	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.60250	-118.74074	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.60624	-119.29988	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.60801	-118.90075	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.61141	-119.61623	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.61236	-119.12799	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.62503	-119.85411	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.62748	-118.26132	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.63180	-119.11252	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.66674	-119.08177	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.66853	-119.13935	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.67214	-119.22493	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.67293	-118.79724	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.67890	-118.96797	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.68102	-119.35002	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.68356	-119.46678	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.68499	-119.35271	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.68718	-118.83413	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.69413	-118.74836	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.70069	-119.96618	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.70681	-118.90194	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.73629	-119.04086	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.73630	-119.81305	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.73651	-119.46249	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.73715	-119.11468	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.73737	-119.63453	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.73737	-118.79940	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.25257	-119.12313	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.26016	-118.98300	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.26068	-119.84765	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.26210	-119.45389	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.26254	-119.14166	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.27919	-118.72859	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.27994	-119.20136	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28066	-119.34253	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28594	-118.25322	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28780	-119.60590	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.28871	-118.96558	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.29066	-119.96091	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.30779	-119.13504	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.30894	-118.87611	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.30943	-118.79997	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.31065	-119.40535	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.31207	-119.45484	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.33920	-119.80863	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.34288	-119.38340	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.34582	-118.78561	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.35335	-119.47233	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.36723	-119.47644	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.36918	-119.62494	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.37905	-118.77633	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.40248	-119.54608	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.40487	-119.21499	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.40761	-118.59971	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.45770	-119.08935	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.45805	-119.83084	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.46241	-119.01793	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.48768	-119.36823	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.49145	-119.18481	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.49367	-119.61827	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.49409	-119.10587	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.49681	-118.44039	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.50088	-119.52242	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.50275	-118.82203	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.50956	-119.54798	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.51801	-118.29710	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.53428	-119.15359	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.53745	-119.54621	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.54049	-119.37483	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.64599	-119.15142	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.71260	-118.96582	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.71974	-119.00508	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.72880	-119.60128	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73386	-119.90204	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.73901	-119.85445	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.74117	-119.41098	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.74783	-119.96867	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.75388	-119.61270	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.76089	-119.29131	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.80113	-119.21635	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80183	-119.84303	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80183	-119.45470	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80718	-119.33913	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.81254	-119.60318	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.83064	-119.13383	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.83192	-119.40771	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.83253	-119.45084	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.83966	-119.80686	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87750	-119.62031	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.88142	-119.21064	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.89155	-119.36198	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.89284	-119.08743	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.89463	-119.28988	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97469	-119.52323	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97670	-119.62603	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.56785	-119.46120	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.57711	-119.24401	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.63653	-119.88872	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.66318	-119.26846	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.68412	-119.81448	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.69525	-119.40195	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.69745	-119.78973	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.69745	-119.77831	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.70813	-119.15915	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.71455	-119.83351	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.72600	-119.12311	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.72791	-119.15844	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.73240	-119.58224	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73552	-119.06421	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.74168	-119.55940	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.75146	-119.05351	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.75592	-119.03855	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.75836	-119.07710	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.79072	-118.95574	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.79807	-119.08852	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80164	-119.12849	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80235	-118.82583	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.81092	-119.20130	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.81928	-119.12849	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82689	-119.11850	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.83019	-118.93005	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.83376	-119.11707	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.83641	-119.09280	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.86404	-119.13420	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.86496	-119.28574	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87302	-119.18381	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.87659	-119.22803	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87939	-119.27086	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.88590	-119.15335	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.88802	-118.93824	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.89161	-119.00895	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.89515	-119.21656	(Debano <i>et al.</i> 2010).



North America	USA	Benton	Present, no further details	45.90874	-119.34942	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.92588	-119.51328	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.94196	-119.60209	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.94301	-119.90381	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.95517	-119.85812	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97480	-119.61922	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97537	-119.41582	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97944	-119.97519	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.98298	-119.29208	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.02976	-119.21594	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.58884	-119.12743	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.59384	-119.11125	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.59403	-119.10480	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.59722	-119.01548	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.60455	-119.54907	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.48780	-119.29208	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.60686	-119.21486	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.50445	-119.20642	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.88390	-119.37584	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.16404	-119.46341	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.63601	-119.10649	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.65695	-119.88603	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.67408	-119.84617	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.69121	-119.81345	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.69396	-119.26924	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.69502	-119.40630	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.70443	-119.77836	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.71395	-119.83427	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.71977	-119.15881	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.72346	-119.12026	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.72822	-119.16550	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.72929	-119.58523	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.73119	-119.07454	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.73774	-119.56525	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.74345	-119.12457	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.74440	-119.05907	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.76069	-119.03766	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.79305	-119.07097	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.79675	-118.95319	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.79866	-119.12220	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80151	-119.08881	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.80246	-118.83064	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.81590	-119.12845	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.81674	-119.11581	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.82245	-118.82469	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.82626	-119.20052	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.82721	-118.93415	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.85576	-119.11581	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.85862	-119.11485	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87004	-119.08630	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Morrow	Present, no further details	45.87385	-118.94843	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.87385	-119.28505	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Klickitat	Present, no further details	45.87428	-119.13336	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.87725	-119.18690	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.88499	-119.26959	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.88908	-119.22497	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Umatilla	Present, no further details	45.89098	-119.05775	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.91949	-119.15359	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.93614	-119.24401	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.93796	-119.01548	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.95628	-119.21486	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97283	-119.30587	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97378	-119.12087	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.97534	-119.17976	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.98235	-119.66775	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	45.99567	-119.24100	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.02650	-119.09053	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.62827	-119.30587	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.67110	-119.12087	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Franklin	Present, no further details	46.67348	-119.17976	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.48491	-119.26484	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Benton	Present, no further details	46.28990	-119.56669	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	46.71468	-119.66775	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.74204	-119.24100	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.74784	-119.09053	(Debano <i>et al.</i> 2010).

North America	USA	Adams	Present, no further details	46.78357	-118.98300	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.83184	-119.14166	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.85849	-118.72859	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.86717	-118.25322	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.89371	-118.96558	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	46.99459	-118.87611	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Adams	Present, no further details	47.00982	-118.79997	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Grant	Present, no further details	47.11324	-119.38340	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Lincoln	Present, no further details	47.49733	-118.78561	(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA		Present, no further details			(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA		Present, no further details			(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA		Present, no further details			(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA		Present, no further details			(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA		Present, no further details			(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA		Present, no further details			(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA		Present, no further details			(Debano <i>et al.</i> 2010).
North America	USA	Idaho	Present, no further details			(EPPO, 2013).
North America	USA	Illinois	Absent, formerly present			(EPPO, 2013).
North America	USA	Indiana	Absent, formerly present			(EPPO, 2013).
North America	USA	Kansas	Absent, formerly present			(EPPO, 2013).
North America	USA	Massachusetts	Absent, formerly present			(EPPO, 2013).
North America	USA	New York	Absent, formerly present			(EPPO, 2013).
North America	USA	Wisconsin	Absent, formerly present			(EPPO, 2013).
North America	USA	Chaves	Present, no further details	33.47574	-104.47233	(GBIF, 2011).
North America	USA	Kansas	Present, no further details	39.00894	-98.47644	(GBIF, 2011).

North America	USA	California	Present, no further details			(Graf, 1917).
North America	USA	California	Present, no further details			(Graft, 1917).
North America	USA	University of California Field Station at Moreno	Present, no further details			(Kennedy, 1975).
North America	USA		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
North America	USA	Texas	Present, no further details			(Meisner <i>et al.</i> 1974).
North America	USA	Baldwin	Present, no further details	30.60107	-87.77633	(MEM, 2012).
North America	USA	Clay	Present, no further details	33.70260	-86.59971	(MEM, 2012).
North America	USA	Alameda	Present, no further details			(MEM, 2012).
North America	USA	Riley	Present, no further details	39.29889	-96.83084	(MEM, 2012).
North America	USA	Harrison	Present, no further details	30.43209	-89.01793	(MEM, 2012).
North America	USA	Hinds	Present, no further details	32.26484	-90.35727	(MEM, 2012).
North America	USA	Jackson	Present, no further details	32.29876	-90.18481	(MEM, 2012).
North America	USA	Lowndes	Present, no further details	33.47342	-88.44039	(MEM, 2012).
North America	USA	Oktibbeha	Present, no further details	33.38867	-88.90304	(MEM, 2012).
North America	USA	Davidson	Present, no further details	36.13426	-86.82203	(MEM, 2012).
North America	USA	Wilson	Present, no further details	36.16262	-86.29710	(MEM, 2012).
North America	USA	California	Present, no further details			(Oatman and Platner, 1989).
North America	USA	Riverside Co.	Present, no further details			(Shelton and Wyman, 1979).
North America	USA	California	Present, no further details			(Akhade <i>et al.</i> 1969).
Oceania	Australia	Tasmania	Widespread			(Das, 1995).
Oceania	Australia		Widespread			(Das, 1995).
Oceania	Australia	Littlehampton	Present, no further details			(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Yanco	Present, no further details			(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Kambah	Present, no further details			(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Ballarat	widespread	-37.58339	143.91225	(Briese and Mende, 1981).

Oceania	Australia	Dardanup	widespread	-33.39725	115.75795	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Dorrigo	widespread	-30.32943	152.71939	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Finley	widespread	-35.53187	145.14936	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Ginninderra	widespread	-35.18640	149.07185	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Grantham	widespread	-27.57749	152.20253	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Guyra	widespread	-30.21668	151.68984	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Kooweerup	widespread	-38.19779	145.51298	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Koroit	widespread	-34.15456	142.43663	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Lawrence	widespread	-29.49075	153.10003	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Maitland	widespread	-31.25000	151.32550	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Manjimup	widespread	-34.40000	116.31995	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Northdown	widespread	-27.55000	147.39410	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Tolga	widespread	-17.22089	145.48818	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Toolangi	widespread	-37.54559	145.49395	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	Virginia	widespread	-34.65776	138.59285	(Briese and Mende, 1981).
Oceania	Australia	New South Wales	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Oceania	Australia	Queensland	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Oceania	Australia	South Australia	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Oceania	Australia	Tasmania	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Oceania	Australia	Victoria	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Oceania	Australia	Western Australia	Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
Oceania	Australia		Widespread			(Eppo, 2013).
Oceania	Australia		Present, no further details			(Ewards citado por Akhade <i>et al.</i> 1969)
Oceania	Australia	Queensland	Present, no further details	-25.46994	152.33449	(Foley, 1985).
Oceania	Australia	Bundaberg	Present, no further details			(Franzmann, 1980).

Oceania	Australia	Redland Bay	Present, no further details	-27.66310	153.29359	(Franzmann, 1980).
Oceania	Australia	Queensland: Lockyer Valley	Present, no further details	-27.55828	152.30352	(Franzmann, 1980).
Oceania	Australia	Mareeba	Present, no further details	-27.96667	145.41121	(Franzmann, 1980).
Oceania	Australia	Brisbane (general)	Present, no further details	-27.53835	152.99751	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Glen Innes	Present, no further details	-29.72243	151.73988	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Hobart (general)	Present, no further details	-42.88333	147.31667	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	National Pk [Lamington National Park]	Present, no further details	-28.23000	153.13001	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Bunya Mts.	Present, no further details	-26.85000	151.56670	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Mt. Tambourine [Mt. Tamborine] (general)	Present, no further details	-27.96667	153.18330	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Toowoomba	Present, no further details	-27.61356	151.89194	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Glenelg	Present, no further details	-31.28333	138.53330	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Mittagong	Present, no further details	-34.46003	150.46980	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Derby	Present, no further details	-41.15000	147.80000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Nornalup	Present, no further details	-31.95000	116.81670	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Blackwood	Present, no further details	-35.03660	138.61601	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Bourke	Present, no further details	-30.08333	145.93333	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Broken Hill (general)	Present, no further details	-31.95385	141.42826	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Cape Jervis	Present, no further details	-35.60000	138.10001	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	8 mls. NW of Nornalup	Present, no further details	-34.91667	116.71670	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Black Mtn (general)	Present, no further details	-35.26667	149.10001	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Clyde Mt.	Present, no further details	-35.54876	149.93102	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	O'Connor, Canberra	Present, no further details	-27.50686	149.11667	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	12 miles W of Pemberton	Present, no further details	-34.45000	115.81670	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Eucla (general)	Present, no further details	-31.66454	128.89929	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Mt. Keira (general)	Present, no further details	-34.40000	150.85001	(GBIF, 2011).

Oceania	Australia	Bungonia	Present, no further details	-34.86667	149.95000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Wilton, CSIRO Exp. Fm.	Present, no further details	-34.23333	150.70000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	23 km SSE of Byrock	Present, no further details	-30.83333	146.55000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Barren Grounds Fauna Res.	Present, no further details	-34.70000	150.71670	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Drummond Cove	Present, no further details	-28.67814	114.63194	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Fitzroy Falls	Present, no further details	-29.73333	150.46667	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Lightning Ridge	Present, no further details	-29.43641	147.98991	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Mugincoble	Present, no further details	-35.00000	148.23330	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Batemans Bay (general)	Present, no further details	-35.71667	150.18333	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Mootwingee Historic Site	Present, no further details	-33.20000	142.30000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	1 km NNW of Goolgowi	Present, no further details	-33.96667	145.70000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	100 km SbyE of Broken Hill	Present, no further details	-32.85000	141.61667	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Round Hill Fauna Reserve [Round Hill Nature Reserve]	Present, no further details	-33.03333	146.16667	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	41 km EbyN of Nullabor [Nullarbor]	Present, no further details	-31.35000	131.31667	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	53 km E by N of Alice Springs	Present, no further details	-23.58333	134.36670	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Entire Ck., 155 km NE by E of Alice Springs	Present, no further details	-22.96667	135.15000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Mt. Wellington (general)	Present, no further details	-42.90000	147.23330	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	nr. Lake Eyre South	Present, no further details	-31.53333	137.23333	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Roe Ck., 12km SW by W of Alice Springs	Present, no further details	-23.76667	133.78330	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Narrabri	Present, no further details	-31.53333	149.68330	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	2.7 km NE of Queanbeyan	Present, no further details	-35.33333	149.25000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	14km SWbyW of Donnybrook	Present, no further details	-33.65000	115.70000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	7 km N of Kent River Bridge	Present, no further details	-34.90000	117.03333	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	7 km SbyE of Albany	Present, no further details	-35.08333	117.90000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Murray Bridge	Present, no further details	-35.09888	139.24300	(GBIF, 2011).



Oceania	Australia	Prince Henry Heights, Toowoomba	Present, no further details	-27.55000	151.98333	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Ampitheatre Mootwingee Nat. Park	Present, no further details	-31.30000	142.31667	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Homestd Gorge Mootwingee Nat. Park	Present, no further details	-38.19880	142.30000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Lillicos Beach Devonport	Present, no further details	-41.16669	146.28331	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	3 km WNW of Arkaroola Village	Present, no further details	-30.30000	139.31000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Yudnamutana Bore Arkaroola Stn	Present, no further details	-30.16667	139.28334	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Blackheath	Present, no further details	-33.63333	150.28333	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Gayndah	Present, no further details	-25.63333	151.60000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Perth	Present, no further details	-23.76667	115.85000	(GBIF, 2011).
Oceania	Australia	Bellarine Peninsula	Present, no further details	-38.14174	144.61041	(Horne, 1990).
Oceania	Australia	Gembrook	Present, no further details	-28.14036	145.53748	(Horne, 1990).
Oceania	Australia	Kinglake	Present, no further details	-38.24044	145.31477	(Horne, 1990).
Oceania	Australia	Koroit	Present, no further details	-34.27725	142.38142	(Horne, 1990).
Oceania	Australia	Kingston	Present, no further details	-38.29522	143.95400	(Horne, 1990).
Oceania	Australia	Kooweerup	Present, no further details	-38.23725	145.54046	(Horne, 1990).
Oceania	Australia	Thorpdale	Present, no further details	-38.28969	146.17633	(Horne, 1990).
Oceania	Australia	Toolangi	Present, no further details	-37.53556	145.47129	(Horne, 1990).
Oceania	Australia		Present, no further details			(Horne, 1992).
Oceania	Australia		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
Oceania	Australia		Present, no further details			(Lloyd, 1972).
Oceania	Australia		Present, no further details			(Nabi, 1978).
Oceania	Australia	ManjimupPemberton	Present, no further details			(Springett and Matthiessen, 1975).
Oceania	Australia	New Wales	Present, no further details			(Roschschild, 1936).
Oceania	Australia	Queensland	Present, no further details			(Rothschild, 1936).
Oceania	Australia	Victoria	Present, no further details			(Rothschild, 1936).

Oceania	Australia		Present, no further details			(Rothschild, 1936).
Oceania	Australia	Ginninderra Experiment Station	Present, no further details			(Tóth, 1985).
Oceania	Australia	Camberra	Present, no further details			(Traynier, 1975).
Oceania	Fiji		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Oceania	French Polynesia		Present, no further details			(EPPO, 2013).
Oceania	Guam		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Oceania	New Caledonia		Present, no further details			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
Oceania	New Zealand		Present, no further details			(Trivedi and Rajagopal, 1992).
Oceania	New Zealand		Present, no further details			(Das, 1995).
Oceania	New Zealand		Present, no further details			(Das, 1995).
Oceania	New Zealand		Widespread			(CIE, 1968; APPPC, 1987; EPPO, 2013).
Oceania	New Zealand		Present, no further details			(Fenemore citado por Valencia, 1984).
Oceania	New Zealand		Present, no further details			(Fenemore, 1980).
Oceania	New Zealand	Pukekohe	Present, no further details	-37.21693	174.88276	(Foot, 1979).
Oceania	New Zealand	Auckland	Present, no further details	-36.97640	174.98528	(Foot, 1979).
Oceania	New Zealand	Northland	Present, no further details			(Foot, 1979).
Oceania	New Zealand		Present, no further details			(Herman, 2005).
Oceania	New Zealand		Present, no further details			(Lacey and Kroschel, 2009).
Oceania	New Zealand		Present, no further details			(Lloyd, 1972).
Oceania	New Zealand		Present, no further details			(Nabi, 1978).
Oceania	Papua New Guinea		Present, no further details	-6.31499	143.95555	(APPPC, 1987).
Oceania	Tasmania		Present, no further details			(Trivedi and Rajagopal, 1992).
South America	Argentina		Widespread			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
South America	Argentina	Ayacucho	Present, no further details	-37.11963	-58.53694	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Balcarce	Present, no further details	-37.85925	-58.21558	(Lloyd, 1972).

South America	Argentina	C. Vidal	Present, no further details	-37.43250	-57.71271	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Castelar	Present, no further details	-34.75195	-58.74365	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Las Flores	Present, no further details	-36.03626	-59.06529	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	M. Buratovich	Present, no further details	-39.27272	-62.58445	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Mar de Plata	Present, no further details	-38.03326	-57.63666	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Mendoza	Present, no further details	-32.85844	-68.75629	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Necochea	Present, no further details	-38.56783	-58.79167	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	P. Luro	Present, no further details	-39.49340	-62.67490	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Rosario	Present, no further details	-32.96904	-60.80797	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Santa Fe	Present, no further details	-31.62532	-60.77452	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Tandil	Present, no further details	-37.28032	-59.14713	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Tucuman	Present, no further details	-26.99218	-64.91579	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Vivorata	Present, no further details	-37.64601	-57.57885	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Vivorata	Present, no further details	-37.73442	-57.66978	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Vivorata	Present, no further details	-37.65537	-57.67758	(Lloyd, 1972).
South America	Argentina	Vivorata	Present, no further details	-37.60186	-57.71747	(Lloyd, 1972).
South America	Bolivia		Present, no further details			(Tenorio, 1996)
South America	Bolivia		Widespread			(CIE, 1968; EPP0, 2013).
South America	Bolivia		Present, no further details			(Palacios, 1992).
South America	Bolivia	Valle de Saipina comunidad de Bañados	Present, no further details			(Rojas <i>et al.</i> 2002).
South America	Bolivia	Valle de Saipina comunidad de Chilón	Present, no further details	-17.99759	-64.62939	(Rojas <i>et al.</i> 2002).
South America	Bolivia	Valle de Saipina comunidad de Montegrande	Present, no further details	-18.04797	-64.60782	(Rojas <i>et al.</i> 2002).
South America	Bolivia	Valle de Saipina comunidad de San Rafael	Present, no further details	-18.11243	-64.56933	(Rojas <i>et al.</i> 2002).
South America	Bolivia		Present, no further details			(Vargas, 2003).
South America	Bolivia	Vinto Coopani que pertenece al Cantón de San Miguel de Coopani, se encuentra ubicada a 17 Kilómetros de la Localidad de Patacamaya y 118	Present, no further details	-17.31667	-68.01667	(Vera <i>et al.</i> 2009).

		kilómetros de la ciudad de La Paz perteneciente al Municipio de Umala.				
South America	Bolivia	San José Llanga capital del Cantón San José, ubicado a 30 Kilómetros de la localidad de Patacamaya a una distancia de 126 Kilómetros de la ciudad de La Paz.	Present, no further details			(Vera <i>et al.</i> 2009).
South America	Brazil	Bahia	Present, no further details	-11.40987	-41.28086	(CIE, 1968; Eppo, 2013).
South America	Brazil	Minas Gerais	Present, no further details	-17.93018	-43.79085	(CIE, 1968; Eppo, 2013).
South America	Brazil	Parana	Present, no further details	-25.25209	-52.02154	(CIE, 1968; Eppo, 2013).
South America	Brazil	Rio Grande do Sul	Present, no further details	-29.53451	-53.39061	(CIE, 1968; Eppo, 2013).
South America	Brazil		Widespread			(Eppo, 2013).
South America	Brazil	Campinas	Present, no further details	-22.98134	-47.22842	(Lloyd, 1972).
South America	Brazil	Itatiba	Present, no further details	-22.99462	-46.78515	(Lloyd, 1972).
South America	Brazil	Itatiba	Present, no further details	-22.96742	-46.83008	(Lloyd, 1972).
South America	Brazil	Itatiba	Present, no further details	-23.00730	-46.88073	(Lloyd, 1972).
South America	Brazil	Itatiba	Present, no further details	-23.04828	-46.80751	(Lloyd, 1972).
South America	Brazil	Braganca Paulista	Present, no further details	-22.97175	-46.49941	(Lloyd, 1972).
South America	Brazil	Braganca Paulista	Present, no further details	-22.99437	-46.55619	(Lloyd, 1972).
South America	Brazil	Braganca Paulista	Present, no further details	-22.93839	-46.58025	(Lloyd, 1972).
South America	Brazil	Braganca Paulista	Present, no further details	-22.93592	-46.49561	(Lloyd, 1972).
South America	Chile	Llavería: Las Cabras	Present, no further details	-34.33653	-71.24954	(Brogle, 2004).
South America	Chile	Llavería: Las Cabras	Present, no further details	-34.29060	-71.31661	(Brogle, 2004).
South America	Chile	Llavería: Las Cabras	Present, no further details	-34.32358	-71.35892	(Brogle, 2004).
South America	Chile	Llavería: Las Cabras	Present, no further details	-34.26187	-71.39681	(Brogle, 2004).
South America	Chile	Llavería: Las Cabras	Present, no further details	-34.25041	-71.29110	(Brogle, 2004).
South America	Chile		Present, no further details			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
South America	Chile	El Romero	Present, no further details	-29.87532	-71.12478	(Larraín, 2007).
South America	Chile	El Romero	Present, no further details	-29.91137	-71.16185	(Larraín, 2007).

South America	Chile	Pan de Azúcar	Present, no further details	-29.98542	-71.26010	(Larraín, 2007).
South America	Chile	Pan de Azúcar	Present, no further details	-29.98090	-71.23064	(Larraín, 2007).
South America	Chile	Pan de Azúcar	Present, no further details	-30.03058	-71.26530	(Larraín, 2007).
South America	Chile	Pan de Azúcar	Present, no further details	-30.06046	-71.23949	(Larraín, 2007).
South America	Chile		Present, no further details			(Trivedi and Rajagopal, 1992).
South America	Colombia		Widespread			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
South America	Colombia	Zonas altas	Present, no further details			(CIP, 1984).
South America	Colombia	Zonas Altas de Colombia (Zonas frías)	Present, no further details			(Tenorio, 1996).
South America	Colombia	Tibaitatá	Present, no further details	5.01667	-73.36670	(Palacios, 1992).
South America	Colombia	Tibaitatá	Present, no further details	5.01589	-73.37063	(Palacios, 1992).
South America	Colombia	Tibaitatá	Present, no further details	5.01954	-73.36475	(Palacios, 1992).
South America	Colombia	Toca	Present, no further details	5.56667	-73.20000	(Palacios, 1992).
South America	Colombia	Toca	Present, no further details	5.55999	-73.15718	(Palacios, 1992).
South America	Colombia	Toca	Present, no further details	5.54614	-73.20025	(Palacios, 1992).
South America	Colombia	Toca	Present, no further details	5.57683	-73.22822	(Palacios, 1992).
South America	Colombia	Toca	Present, no further details	5.58264	-73.18156	(Palacios, 1992).
South America	Colombia		Present, no further details			(Raman, 1988).
South America	Colombia		Present, no further details			(Vargas, 2003).
South America	Colombia		Present, no further details			(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
South America	Colombia	Boyacá	Present, no further details			(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
South America	Colombia	Cundinamarca	Present, no further details			(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
South America	Colombia	Santander	Present, no further details			(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
South America	Colombia	Antioquia	Present, no further details			(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
South America	Colombia		Present, no further details			(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
South America	Colombia		Present, no further details	5.63963	-72.89881	(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).

South America	Colombia		Present, no further details	5.02600	-74.03001	(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
South America	Colombia		Present, no further details	6.64371	-73.65362	(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
South America	Colombia		Present, no further details	7.19861	-75.34122	(XII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa "ALAP" 1984).
South America	Ecuador	Anchilibi 2	Present, no further details	-1.00667	-78.57194	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Anchilibi I	Present, no further details	-1.55306	-78.56889	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Busquilag	Present, no further details	-1.84917	-78.66611	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Carbon Chimipamba	Present, no further details	-1.55444	-79.00139	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Cascarillas	Present, no further details	-1.26806	-78.94639	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Chilcal	Present, no further details	-1.65861	-78.52306	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Chulcunag	Present, no further details	-1.79167	-78.66028	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Colta	Present, no further details	-1.72889	-78.80056	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Cotojuan	Present, no further details	-1.07833	-78.82861	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Cruz Pamba	Present, no further details	-1.13889	-78.53750	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	El Toldo 1	Present, no further details	-1.65861	-78.52306	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	El Toldo 2	Present, no further details	-1.52306	-78.52306	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Guntuz 1	Present, no further details	-1.66889	-78.57722	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Guntuz 2	Present, no further details	-1.67028	-78.57500	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Guntuz 3	Present, no further details	-1.67028	-78.57500	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Guntuz 4	Present, no further details	-1.66889	-78.57722	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Huagraguasi 1	Present, no further details	-1.19000	-78.56083	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Huagraguasi 2	Present, no further details	-1.14083	-78.47333	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Huagraguasi 3	Present, no further details	-1.14056	-78.47306	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Illangana	Present, no further details	-1.52028	-78.94139	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	La Hoya	Present, no further details	-1.00667	-78.57194	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Langam	Present, no further details	-1.11917	-78.50917	(Dangles <i>et al.</i> 2008).

South America	Ecuador	Marcopamba	Present, no further details	-1.52722	-78.93194	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Palama 1	Present, no further details	-1.01000	-78.53111	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Palama 2	Present, no further details	-1.00389	-78.52722	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Palama 3	Present, no further details	-1.00139	-78.52000	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Pangue	Present, no further details	-1.47417	-78.96694	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Pisque 1	Present, no further details	-1.19000	-78.56083	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Pisque 2	Present, no further details	-1.19000	-78.56083	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Pucarápamba	Present, no further details	-1.51694	-78.93056	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Puelazo	Present, no further details	-1.64944	-78.54500	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Pumamaqui	Present, no further details	-1.78944	-79.07028	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Quindigua	Present, no further details	-1.49806	-78.93444	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Salache	Present, no further details	-1.03056	-78.60250	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	San Francisco	Present, no further details	-1.00306	-78.54528	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	San Miguelito	Present, no further details	-1.55417	-79.00222	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Santa Ana	Present, no further details	-1.02306	-78.55833	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Shacundo	Present, no further details	-1.65000	-78.98028	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Shaushi	Present, no further details	-1.39389	-78.58972	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Simiatug	Present, no further details	-1.25083	-78.96028	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Tzalaron	Present, no further details	-1.79389	-78.68583	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador	Zulzul	Present, no further details	-1.78556	-78.62917	(Dangles <i>et al.</i> 2008).
South America	Ecuador		Present, no further details			(EPPO, 2013).
South America	Paraguay		Restricted distribution			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
South America	Peru		Present, no further details			(Alcázar <i>et al.</i> 1992).
South America	Peru	San Ramón	Widespread	-11.127777°	-75.383988°	(Tenorio, 1996)
South America	Peru	Puno	Present, no further details			(Tenorio, 1996)

South America	Peru		Widespread			(CIE, 1968; Eppo, 2013).
South America	Peru	Zonas altas	Present, no further details			(CIP, 1984).
South America	Peru	Cruz Pampa	Present, no further details	-11.91667	-75.42564	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Cuty Cuty	Present, no further details	-11.89619	-75.42955	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Cuzco	Present, no further details	-13.55108	-71.95009	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Hierba Buena de Polloc	Present, no further details	-7.06750	-78.34167	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Huachac	Present, no further details	-11.86629	-75.32063	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Huambos	Present, no further details	-6.45331	-78.95621	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	La Encañada	Present, no further details	-7.06750	-78.34167	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	La Molina	Present, no further details	-12.08088	-76.94235	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	La Molina	Present, no further details	-12.08108	-76.94170	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Lima	Present, no further details	-12.08595	-76.94633	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Llacta	Present, no further details	-11.92878	-75.24571	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Chipata	Present, no further details			(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Chocta	Present, no further details			(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Zonas Altas de Perú (Zonas frías)	Present, no further details			(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Acopalca	Present, no further details	-11.99003	-75.10555	(Kroschel <i>et al.</i> 2013).
South America	Peru	Asca	Present, no further details	-12.15282	-75.15665	(Kroschel <i>et al.</i> 2013).
South America	Peru	Cajamarca	Present, no further details	-7.17200	-78.48303	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Cañete	Present, no further details	-13.08882	-76.39426	(Kroschel <i>et al.</i> 2013)
South America	Peru	Celendín	Present, no further details	-6.86583	-78.13583	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Chachapoyas	Present, no further details	-6.21667	-77.85000	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Chachapoyas: Levanto	Present, no further details	-6.30919	-77.89931	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Chacrampa	Present, no further details	-11.90075	-75.40231	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Chagmapampa	Present, no further details	-7.06750	-78.34167	(Galves and Villa, 1986).



South America	Peru	Corral Quemado	Present, no further details	-5.75250	-78.68830	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Luya	Present, no further details	-6.17372	-77.98336	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Luya: Lamud	Present, no further details	-6.16817	-77.94223	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	Luya: Trita	Present, no further details	-6.15693	-77.98272	(Galves and Villa, 1986).
South America	Peru	San Ramón	Widespread	-11.12750	-75.35639	(Keller, 2003).
South America	Peru	Huancayo	Widespread	-12.03358	-75.20336	(Keller, 2003).
South America	Peru	Majes	Widespread	-16.35929	-72.20302	(Keller, 2003).
South America	Peru	Nununhuayo	Present, no further details	-11.78619	-75.33667	(Lloyd, 1972).
South America	Peru	Ranra	Present, no further details	-11.89858	-75.23397	(Lloyd, 1972).
South America	Peru		Present, no further details			(Palacios, 1992).
South America	Peru	San Jacinto	Present, no further details	-5.25000	-80.66670	(Palacios and Cisneros, 1996).
South America	Peru		Present, no further details			(Raman, 1988).
South America	Peru	San Lorenzo	Present, no further details	-11.84961	-75.38828	(Raman, 1988).
South America	Peru	San Marcos	Present, no further details	-7.33541	-78.16973	(Raman <i>et al.</i> 1986).
South America	Peru	Santa Clotilde	Present, no further details	-7.06750	-78.34167	(Tenorio, 1996).
South America	Peru	Tacabamba	Present, no further details	-6.38336	-78.61667	(Tenorio, 1996).
South America	Peru		Present, no further details			(Vargas, 2003).
South America	Peru		Widespread			(Tenorio, 1996).
South America	Uruguay		Widespread			(CIE, 1968; EPPO, 2013).
South America	Uruguay	Salto	Present, no further details	-31.40692	-57.92049	(Lloyd, 1972).
South America	Uruguay	Paysandú	Present, no further details	-32.32027	-58.03275	(Lloyd, 1972).
South America	Uruguay	Fray Bentos	Present, no further details	-33.14169	-58.31200	(Lloyd, 1972).
South America	Uruguay	Carmelo	Present, no further details	-33.98739	-58.25961	(Lloyd, 1972).
South America	Uruguay	Libertad	Present, no further details	-34.64021	-56.59376	(Lloyd, 1972).
South America	Uruguay	Montevideo	Present, no further details	-34.85593	-56.30768	(Lloyd, 1972).

South America	Venezuela		Widespread			(CIE, 1968; EPP0, 2013).
South America	Venezuela	Carabobo	Present, no further details	10.11764	-68.04775	(Notz s.f.).
South America	Venezuela	Aragua	Present, no further details	10.23132	-67.28479	(Notz s.f.).
South America	Venezuela	Jiménez	Present, no further details	10.00509	-69.52612	(Salas, 2007).
South America	Venezuela		Widespread			(Seminario Taller Aspectos Entomológicos en el Cultivo de la Papa, 1989).
South America	Venezuela	Mucuchies	Present, no further details	8.75440	-70.92522	(Seminario Taller Aspectos Entomológicos en el Cultivo de la Papa, 1989).
South America	Venezuela	La Quinta	Present, no further details	8.15535	-72.01566	(Seminario Taller Aspectos Entomológicos en el Cultivo de la Papa, 1989).
South America	Venezuela	San Agustín	Present, no further details	9.78583	-63.06471	(Seminario Taller Aspectos Entomológicos en el Cultivo de la Papa, 1989).
South America	Venezuela	Guanaguana	Present, no further details	10.07551	-63.60569	(Seminario Taller Aspectos Entomológicos en el Cultivo de la Papa, 1989).
South America	Venezuela		Present, no further details			(Vargas, 2003).
South America	Brazil	Campinas	Present, no further details	-22.92010	-47.19258	(Lloyd, 1972).
South America	Brazil	Campinas	Present, no further details	-23.02173	-47.08456	(Lloyd, 1972).