



CIP
INTERNATIONAL
POTATO CENTER



KoLFACI KOREA - LATIN AMERICA
FOOD & AGRICULTURE
COOPERATION INITIATIVE



CURSO DE CAPACITACIÓN:

MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE LA PAPA

ILCYM 4.0 – UNA HERRAMIENTA AMIGABLE Y RAPIDA PARA LA
PREDICCIÓN DEL RIESGO DE PLAGAS DE INSECTOS BAJO
ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Pablo Carhuapoma Ramos

Lima, Perú Fecha Abril 2019

Contenido

1. Introducción
2. Propiedades
3. Por que usar ILCYM 4.0?
4. Input data
5. Modelamiento y Simulación (Outputs)
6. Validación y simulación espacial (Outputs)
7. Transmisión de virus
8. Conclusiones y recomendaciones
9. Publicaciones

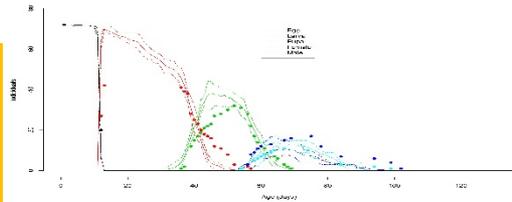


Introducción

- ILCYM 4.0 es la más reciente versión de ILCYM (Insect Life Cycle Modeling), el cual es un programa para el desarrollo de modelos fenológicos basados en la temperatura con aplicaciones globales y regionales y evaluaciones y mapeo de riesgo de plagas.
- Fue Creado en el Centro Internacional de la Papa a cargo del Dr. Marc Sporleder y el equipo de desarrollo del área de Entomología.
- Es comparado con otros Softwares como Climex y Maxent.

Propiedades (Desarrollo del modelo fenológico)

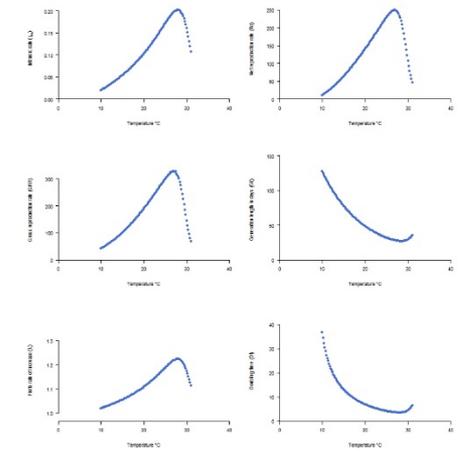
"Model builder"



← **Validación del modelo**

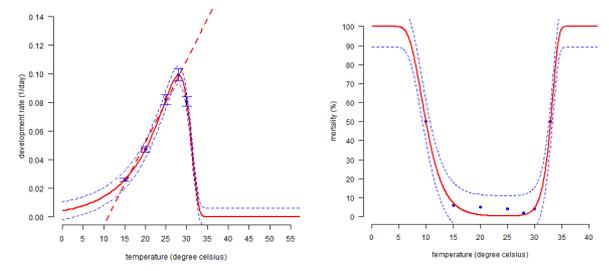
Simulación de parámetros de tabla de vida

- Tasa intrínseca de crecimiento
- Tasa finita de incremento
- Tasa de reproducción neta
- Tiempo generacional



Modelos fenológicos basados en la temperatura

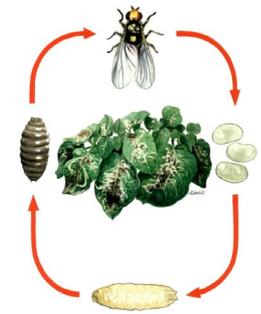
- Tasa y tiempo de desarrollo
- Tasa y tiempo de oviposición
- Senescencia
- Tasa de mortalidad
- Oviposición total



www.cipotato.org/ilcym

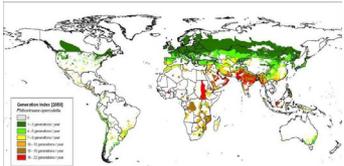
Estudios de tabla de vida

- ▀ tiempo de desarrollo,
- ▀ tiempo de supervivencia,
- ▀ mortalidad de inmaduros
- ▀ oviposición

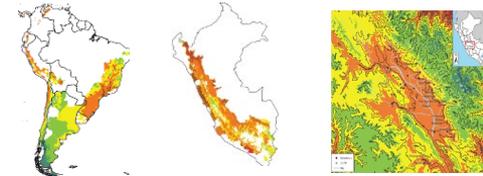


Resultados estadísticos de varias fuentes bibliográficas (μ , σ)

Propiedades (Aplicación del modelo fenológico)



Distribución potencial a nivel mundial, regional y local



Con y sin filtros de cultivos

Clima actual: 2000

(1950-2000: www.worldclim.org/)

$$ERI = \frac{(\sum_{i=1}^{365} I_i)}{I_l}$$

$$GI = \frac{(\sum_{i=1}^{365} 365 / \widehat{GL}_i)}{365}$$

ERI

GI

AI

Índices de riesgo

Modelo fenológico generado previamente

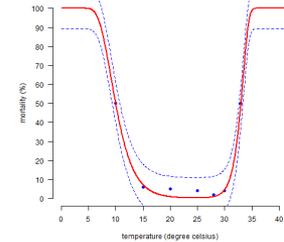
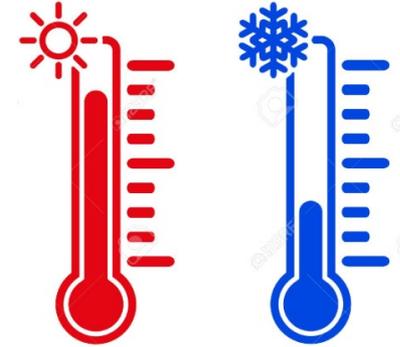
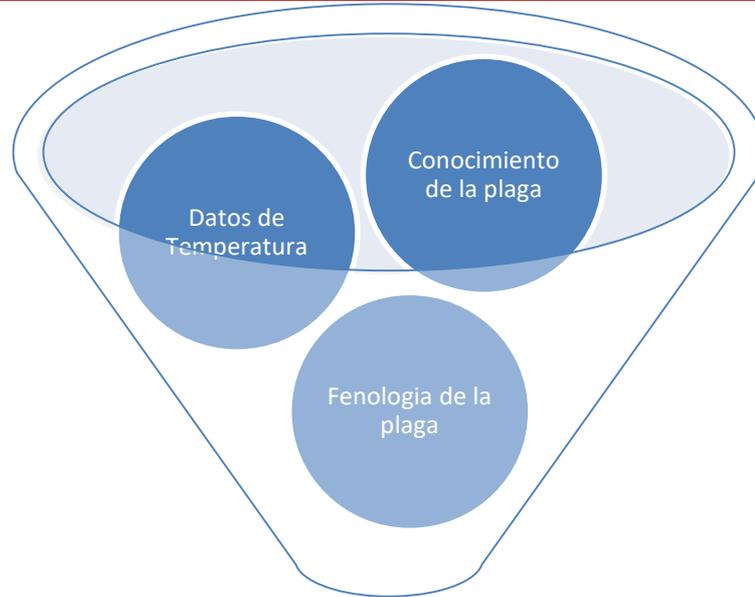
Clima futuro: 2050

Down-scaled data SRES-A1B, IPCC (2007):
<http://gisweb.ciat.cgiar.org/GCMPPage>

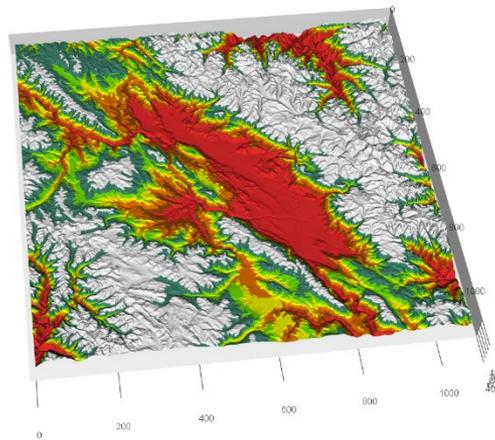
$$AI = \log_{10} \left(\prod_{i=1}^{365} \hat{\lambda}_i \right)$$

"Risk mapping"

Propiedades (Aplicación del modelo fenológico)



Mapas de Riesgo



¿Por que usar ILCYM 4.0?

- ✓ Simulación de la dinámica de poblaciones de insectos
- ✓ Evaluación del riesgo de plagas
- ✓ Manejo Integrado de Plagas
 - Control biológico clásico: Identificación de lugares potenciales para la liberación de enemigos naturales
 - Simulación de frecuencia de aplicación (attracticida, biopesticida)
- ✓ Cambio climático / planificación de la adaptación

**ILCYM ahora es más rápida, intuitiva en el proceso de modelamiento e interactiva en todos sus módulos, haciendo que el usuario no tenga complicaciones en su manejo, ya sea para el desarrollo de fenologías o para predicciones*

Input data

Individuos

20 °C

Días evaluados



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	.....	E
2	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	.....	E
3	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	.....	E
4	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	.....	E
5	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	.....	L
6	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	.....	L
7	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	.....	L
8	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	.....	L
9	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	.....	L
10	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	.....	L
11	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	.....	L
12	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	.....	L
13	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	.....	L
14	P	P	dead	P	P	P	P	L	L	L	L	.....	L
15	P	P	dead	P	P	P	P	P	P	P	P	.....	P
16	P	P	dead	P	P	P	P	P	P	P	P	.....	P
17	P	P	dead	P	P	P	P	P	P	P	P	.....	P
18	P	P	dead	P	P	P	P	P	P	P	P	.....	P
19	P	M	dead	P	P	P	P	P	P	P	P	.....	P
20	M	M	dead	18	13	M	14	P	P	P	P	.....	dead
21	M	M	dead	25	17	M	18	4	5	M	M	.....	dead
22	M	M	dead	21	13	M	17	22	20	M	M	.....	dead
23	M	M	dead	11	4	M	4	13	20	M	M	.....	dead
24	M	M	dead	6					12	M	M	.....	dead
25	M	M	dead	3					6	M	M	.....	dead
26	M	M	dead	2	1	M	2	4	4	M	M	.....	dead
27	M	M	dead	1	2	M	1	1	1	M	M	.....	dead
28	M	M	dead	1	1	M	1	1	1	M	M	.....	dead
29	M	M	dead	dead	dead	M	dead	0	1	M	M	.....	dead
30	M	dead	dead	dead	dead	dead	dead	dead	0	M	M	.....	dead
31	dead	dead	dead	dead	dead	dead	dead	dead	dead	M	M	.....	dead
32	dead	dead	dead	dead	dead	dead	dead	dead	dead	dead	dead	.....	dead

4 días

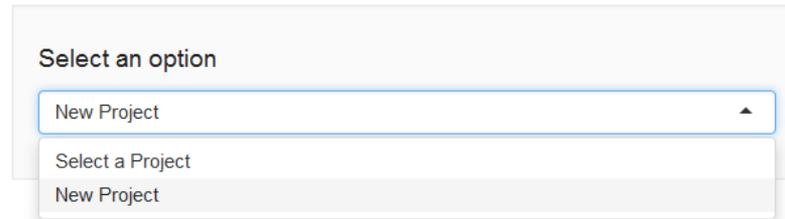
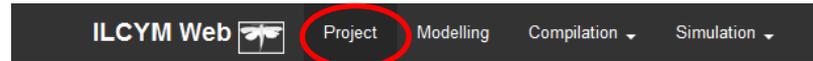
9 días

6 días

9 días y 88 huevos

Modelling

Información requerida: Datos de los ciclos de vida registrados a temperaturas constantes:



Creación o selección de proyectos

1. Project details

Project Name:

Species Name:

Author:

Date:

Fixed Rate:

Project location

Detalles del Proyecto

2. Load data file

5 files

Upload complete

Note: Select your files names according to next order: Egg, Larvae, Pupae, Female, Male and oviposition

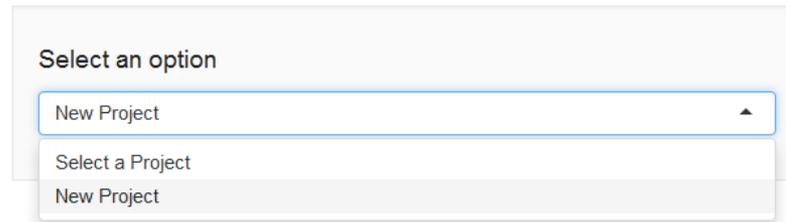
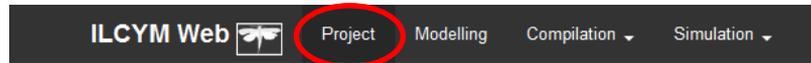
Female.txt
Male.txt
Oviposition.txt

Egg.txt
Nymph.txt

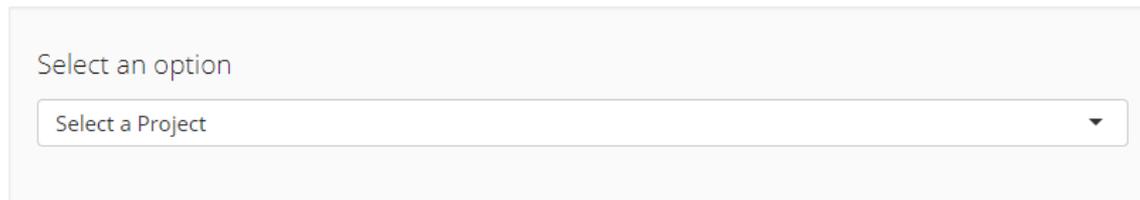
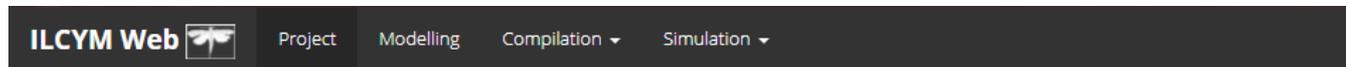
Carga de los datos de tabla de vidas (formato AFT)

Modelling

Abrir un proyecto que ya existente



⇒ Selección de un proyecto



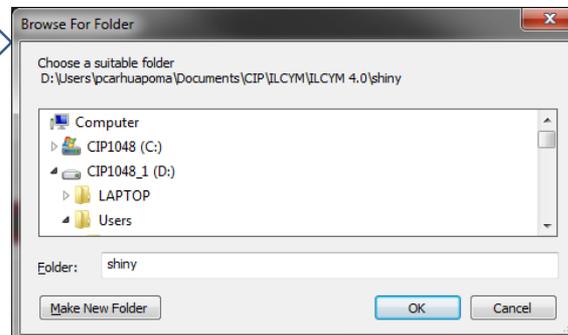
1. Project location

no project selected

2. Select a variable

Development Time

 Open Project



⇒ Búsqueda de la carpeta con el nombre del proyecto

Modelling

ILCYM Web  Project **Modelling** Compilation Simulation

Select an option

Select a Project

1. Project location

D:\PhthorimaeaOperculella-AFT-2018

Open Project

2. Select a variable

Development Time

➔ Selección del proyecto y de la variable a modelar

ILCYM Web  Project Modelling Compilation Simulation

➔ Ingreso de opciones en el modelamiento y la vista de resultados

Current stage evaluated:

Egg

Choose the final distribution model:

weibull

weibull

lognormal

loglogistic

Range of the x axis:

0 4 10

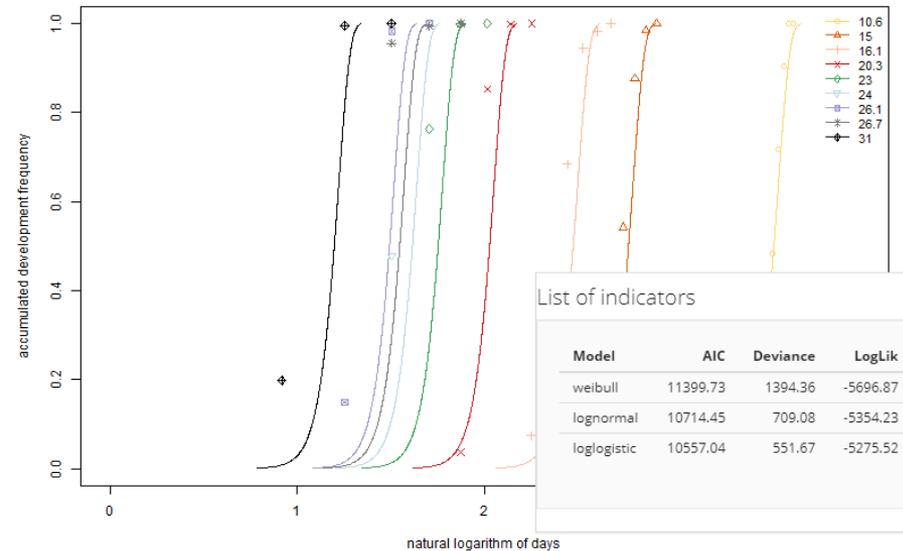
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

OK

Save

Plot of Model

Summary



Modelling

Selección del mejor modelo para Tasa de desarrollo



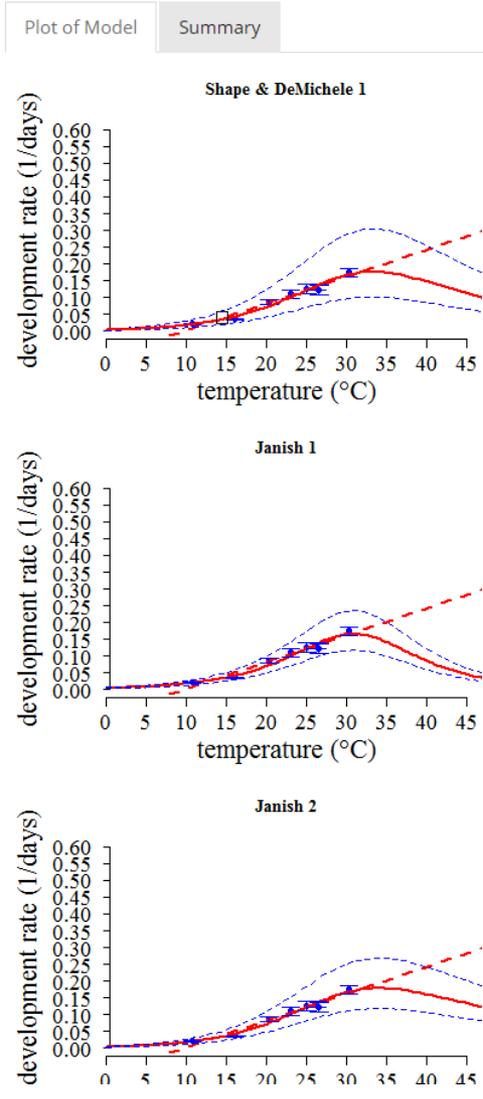
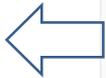
Current stage evaluated:
Pupa

Latin 2
Kontodimas 1
Ratkowsky 1
Ratkowsky 2
Hilber y logan 1
Hilber y logan 2
Exponential simple
Davidson
Pradham 1
Allahyari
Tanigoshi
Taylor
Shape & DeMichele 1
Janish 1
Janish 2
Tb Model
Exponential Model

Range of the y axis:
0 1 3
0 0.3 0.6 0.9 1.2 1.5 1.8 2.1 2.4 2.7 3

OK

Selección de modelos de fácil manejo



List of indicators

Model	AICc	R2	Pvalue
Shape & DeMichele 1	82.704	0.977	0.009
Janish 1	8.282	0.976	0
Janish 2	26.519	0.977	0.001
Tb Model	26.815	0.976	0.001
Exponential Model	13.506	0.953	0

Lista de Indicadores para comparación



Gráficos de los valores observados y la curva estimada por cada modelo



Validación (*Tuta absoluta*)

ILCYM Web 

Project

Modelling

Compilation

Simulation

Model validation according ILCYM 3.0

Load the fluctuating temperature

Browse...

Temperature-ILCYM_Fluctuante 7-1.txt

Upload complete

Load the fluctuating life table

Browse...

Life Table-ILCYM_Fluctuante 7-1.txt

Upload complete

External oviposition table

Load the oviposition table

Browse...

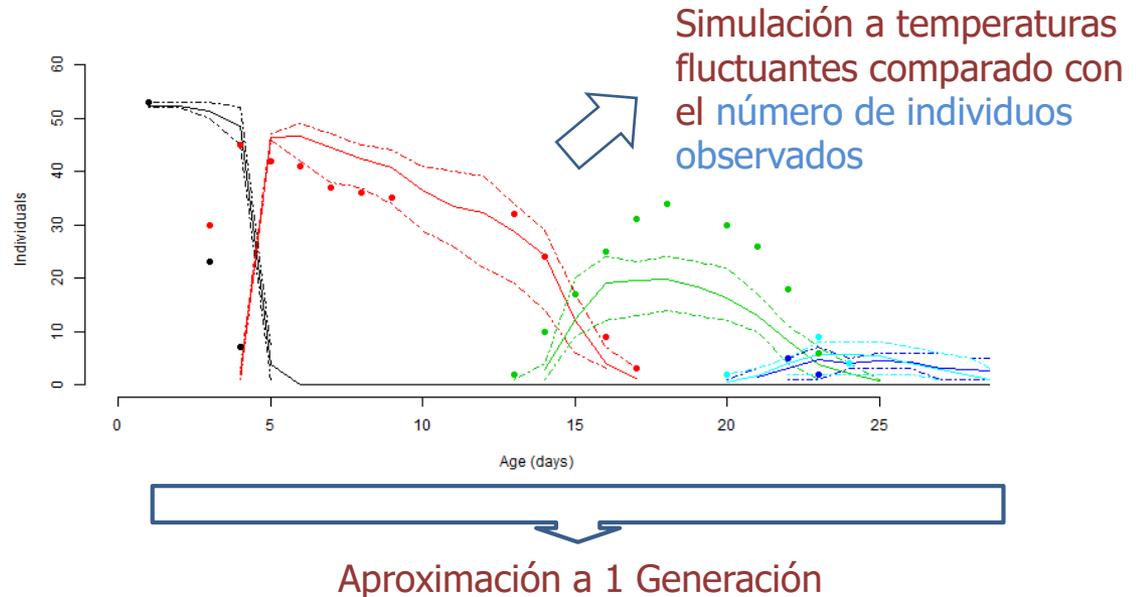
Oviposition-ILCYM_Fluctuante 7.txt

Upload complete

x coordinate of the legend



Estimate



Módulos – Simulation (Trialeurodes vaporariorum)

ILCYM Web 

Project Modelling Compilation Simulation

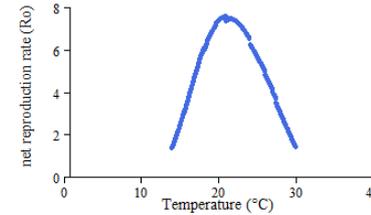
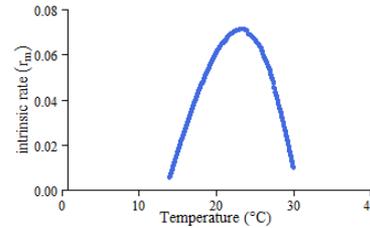
Constant simulation according ILCYM 3.0

Number of insects

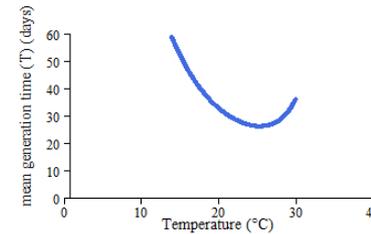
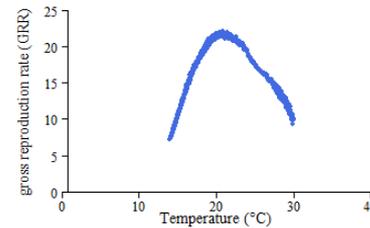
Number of days

Range of temperatures

Interval length



Simulación a temperaturas constantes de los parámetros de vida



ILCYM Web 

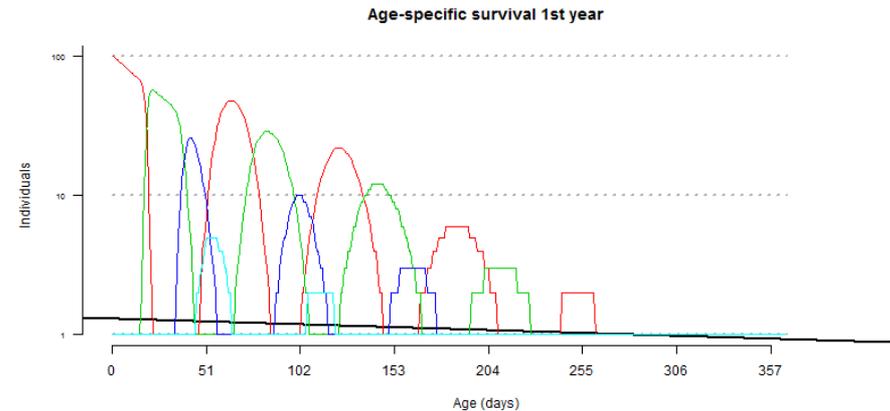
Project Modelling Compilation Simulation

Fluctuating simulation according ILCYM 3.0

Number of insects

Load the fluctuating temperature
 Huancayo-Peru.txt

x coordinate of the legend



Simulación a una temperatura fluctuante de las generaciones

Validación (*Tuta absoluta*)

ILCYM Web 

Project

Modelling

Compilation

Simulation

Model validation according ILCYM 3.0

Load the fluctuating temperature

Browse...

Temperature-ILCYM_Fluctuante 7-1.txt

Upload complete

Load the fluctuating life table

Browse...

Life Table-ILCYM_Fluctuante 7-1.txt

Upload complete

External oviposition table

Load the oviposition table

Browse...

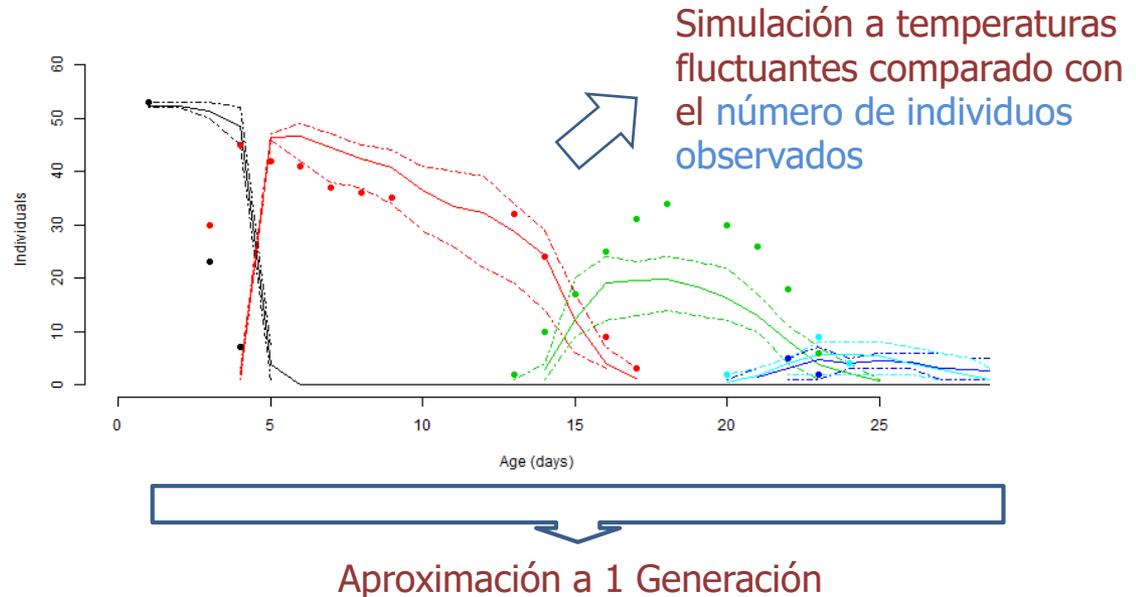
Oviposition-ILCYM_Fluctuante 7.txt

Upload complete

x coordinate of the legend



Estimate



Spatial Simulation

Select an option

Predict Raster

1. Input data

FLT files location

D:/LAPTOP/ILCYM/FLT-Peru-10min-2000

Load

2. Other details

Number of divisions for the extent

8

Folder name

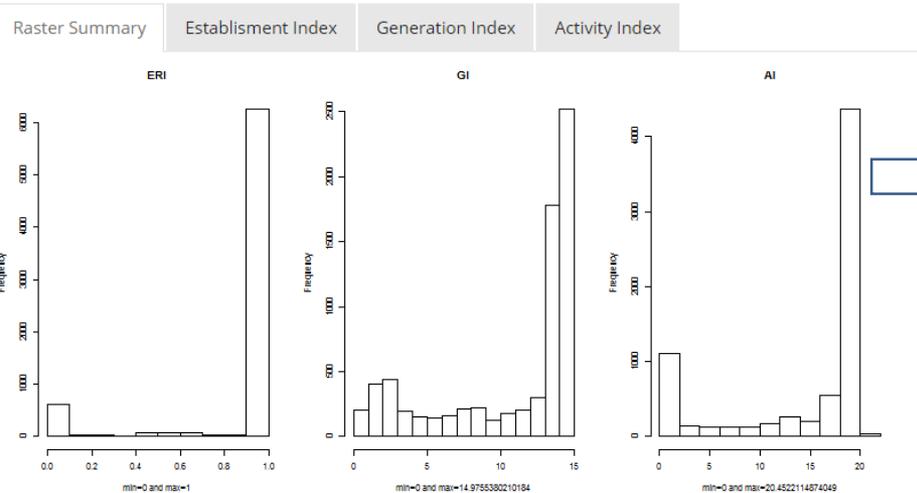
Risk Index Test TA

Generate raster

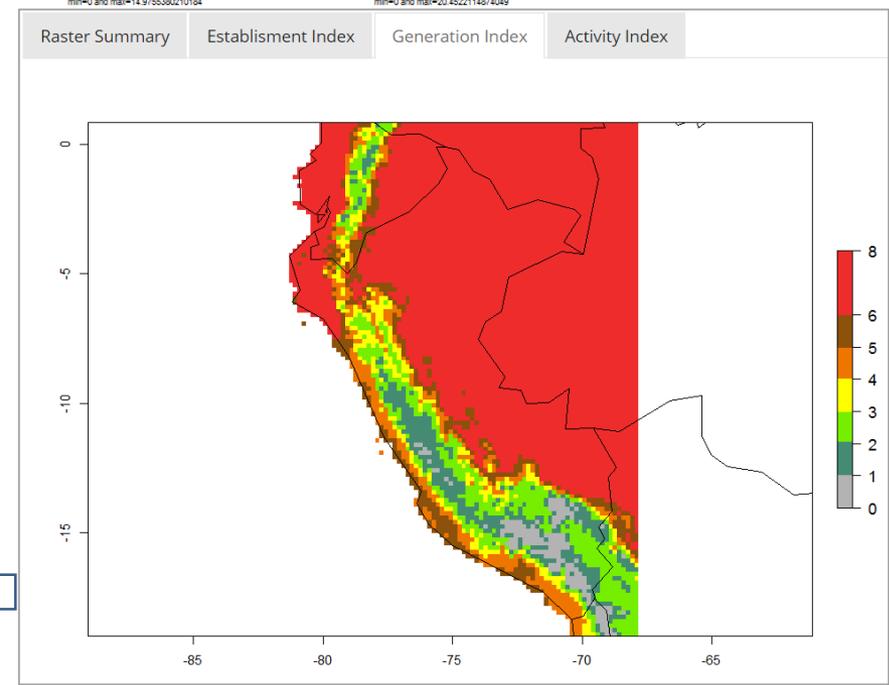
3. Mapping the indexes

Establishment Index needs to define intervals:

0,0.1,0.20,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.80,0.9,0.95,1



Histogramas de los Índices estimados



Mapas de cada uno de los Índices

Módulos – Simulation by Points

Climate data

FLT files location

D:/LAPTOP/Climate data/South America - 2000 - 2.5

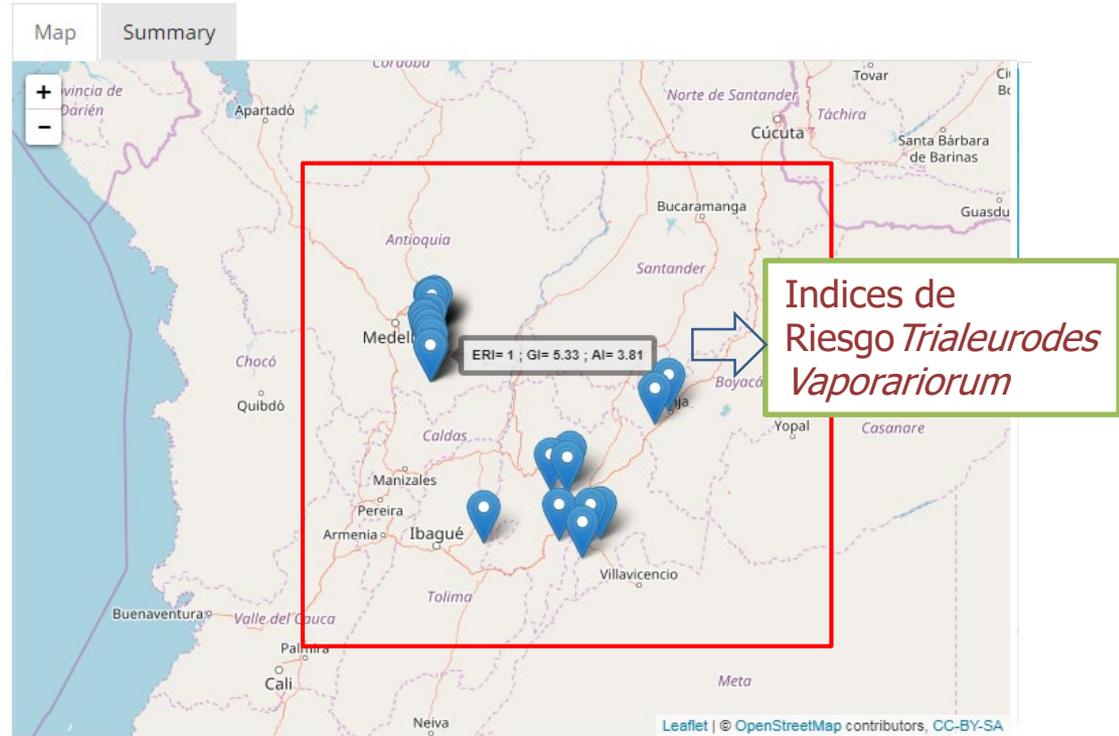
Load

Coordinates to predict

Browse... Coordinates-Crops-TriaVap.txt

Upload complete

Generate prediction



Módulos – Simulation by Points

ILCYM Web  Project Modelling Compilation Simulation

Climate data

FLT files location

Coordinates to predict

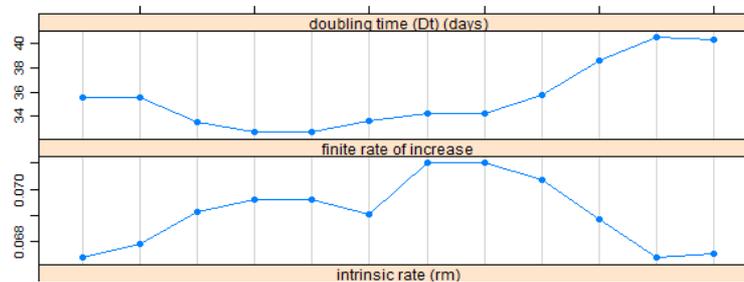
 Coordinates-Crops-TriaVap.txt
Upload complete

Map Summary



Registros de presencia de *Trialeurodes Vaporariorum*

Parámetros de vida estimados de forma mensual



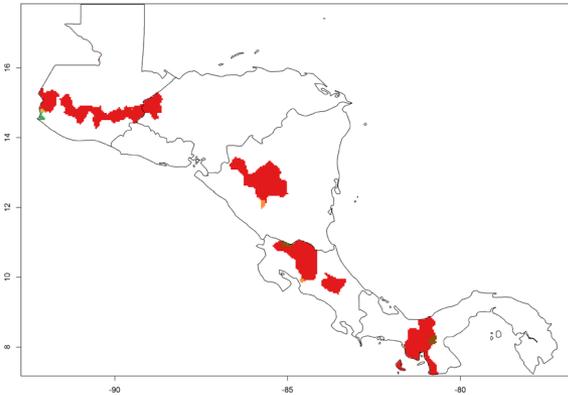
Riesgo regional bajo el clima actual y futuro

El CC reducirá las condiciones favorables en la zonas más cálidas (oeste de Brasil) y aumentará el establecimiento en las zonas templadas y altas.

Tecia solanivora: ERI y GI en Sudamérica

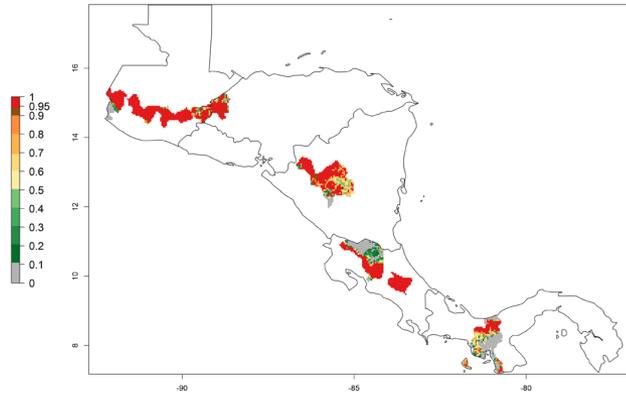
2000

Central America



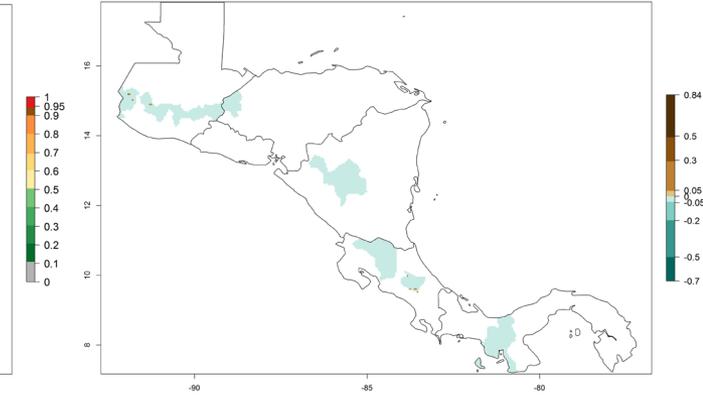
2050

Central America



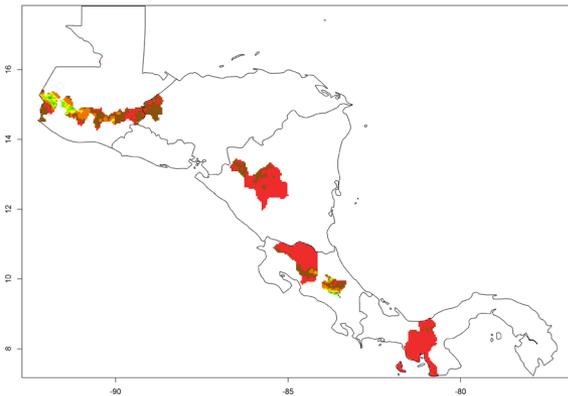
ERI cambio 2000 - 2050

Central America



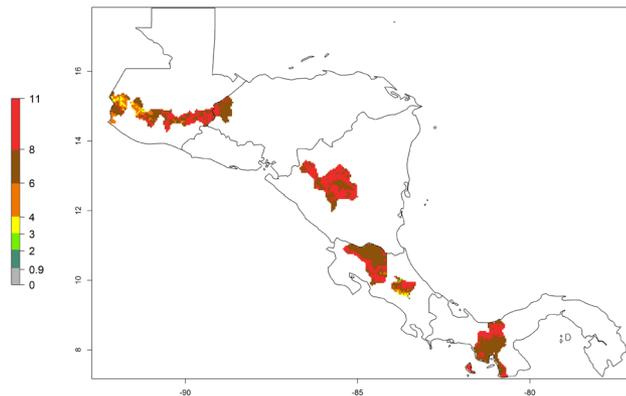
2000

Central America



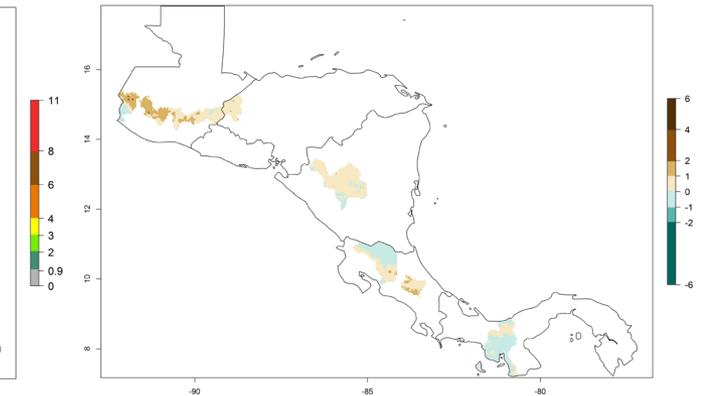
2050

Central America



GI cambio 2000 - 2050

Central America



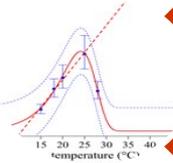
Transmisión: Como predecir el Riesgo en caso de una propagación

- 1. Disponible: un modelo fenológico de la mosca blanca (vector de virus) sensible a la temperatura.**
- 2. Generar temperaturas que respondan al modelo de transmisión por adultos de mosca blanca.**
- 3. Generar mapas de Riesgo de diseminación de virus por vectores de mosca blanca.**
- 4. Generar modelos epidemiológicos para dar soporte en el manejo de la enfermedad.**

Transmisión: Incluir la propagación de virus transmitido dentro del modelo



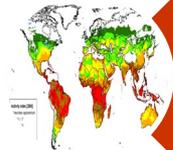
Determinar la eficiencia de transmisión de PYVV por *T. vaporariorum* y el efecto de la temperatura en la transmisión de virus



Desarrollo de un modelo matemático para la temperatura dependiente de la transmisión de PYVV por *T. vaporariorum*

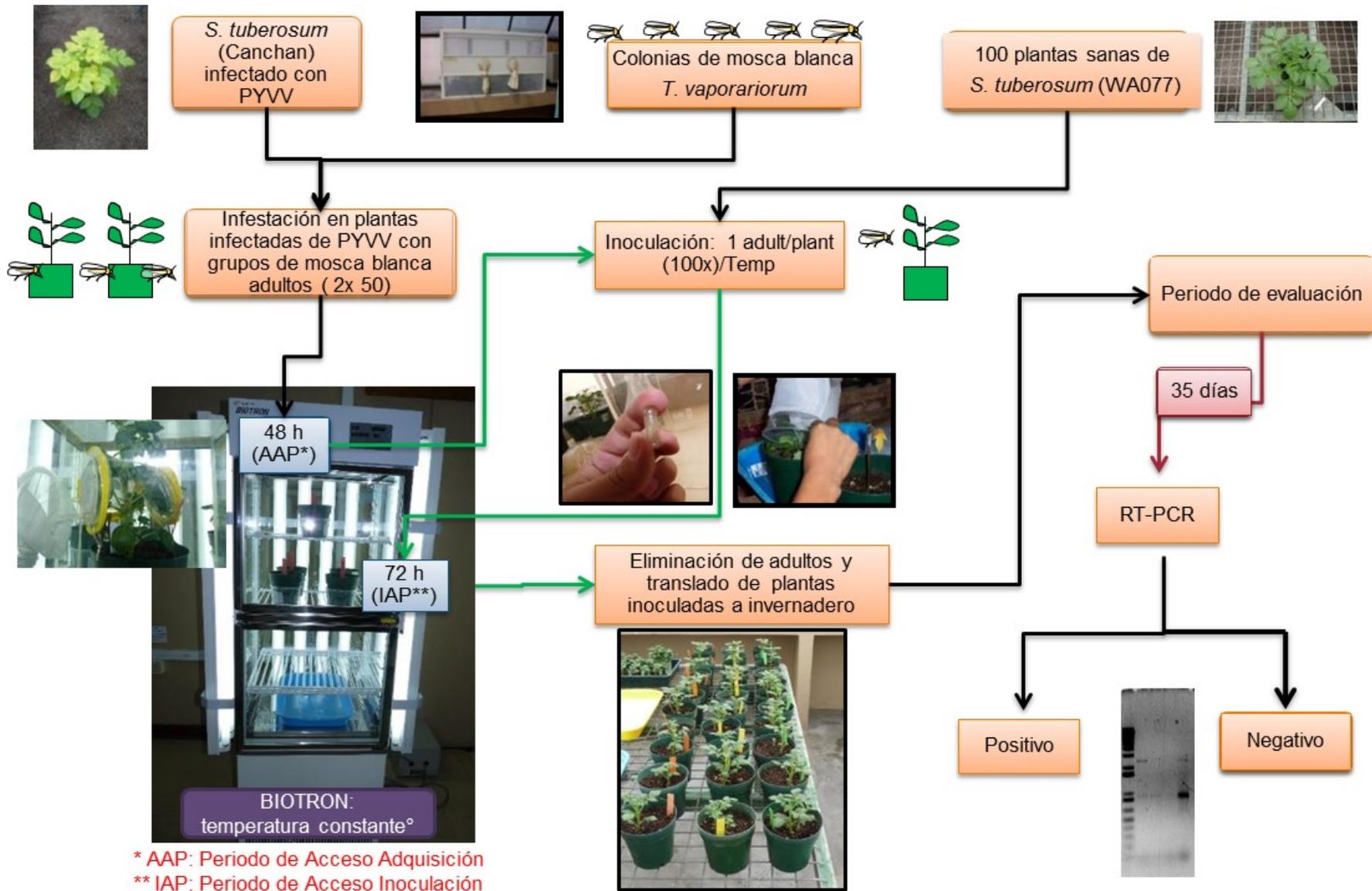


Validación del modelo de transmisión bajo condiciones naturales.



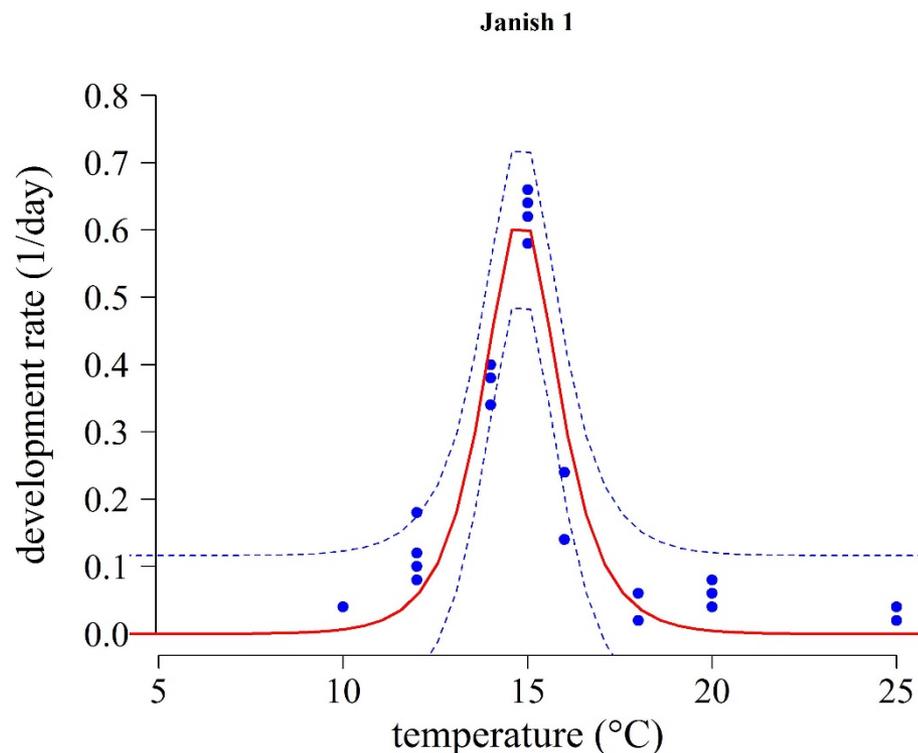
Calcular nuevos índices de Riesgo actuales y futuros relacionados a la transmisión del virus.

Transmisión de PYVV por *T. vaporariorum* bajo temperaturas constantes (10°C, 12°C, 14°C, 15°C, 16°C, 20°C, 25°C, 28°C)



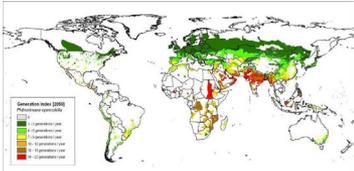
Aplicación: Eficiencia de transmisión de PYVW por *T. vaporariorum* y el efecto de la temperatura en la transmisión

Temperatura	Transmisión	Porcentaje (%)
10	0.04	10
12	0.1	12
12	0.18	12
12	0.08	12
12	0.12	12
14	0.4	14
:	:	:

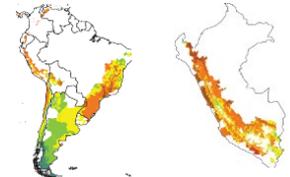


Aplicación: Simulación

Modelamiento de la **transmisión** de virus y su predicción espacial



Distribución potencial a nivel mundial, regional y local



Con y sin filtros de cultivos

$$PAT_{(lon,lat)} = \sum_{k=1}^{365} (((p_k)(s_k)(o_k)) / 365)$$

"Risk mapping"

Clima actual: 2000
(1950-2000: www.worldclim.org/)

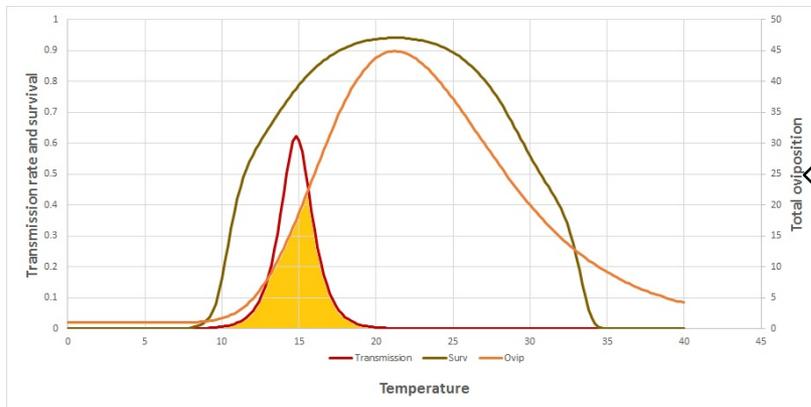
**Potential Transmission (PT) y
Potential Activity in the
Transmission (PAT)**

Clima futuro: 2050

Down-scaled data SRES-A1B, IPCC (2007):
<http://gisweb.ciat.cgiar.org/GCMPage>

Índices de Transmisión

$f(T)=p$ $g(T)=s$ $q(T)=o$



Riesgo de Transmisión
Porcentaje de transmisión, Supervivencia de todo el ciclo inmaduro y Oviposición

(www.cipotato.org/ilcym)

Aplicación: Modelling

Selección del mejor modelo para Porcentaje de transmisión

The screenshot displays the ILCYM Web application interface. At the top, there are navigation tabs: Project, Modelling, Compilation, and Simulation. The main interface is divided into several sections:

- Transmission dataset:** A section for uploading data, showing a file named 'DataTransm.txt' and an 'Upload complete' button.
- Model Selection:** A list of models including Stinner 3, Stinner 4, Latin 2, Kontodimas 1, Janish 2, Ratkowsky 1, Ratkowsky 2, Hilber y logan 1, Hilber y logan 2, Exponential simple, Exponential Model, and Davidson. Below this list, three models are selected: Janish 1, Tb Model, and Taylor.
- Range of the x axis:** A slider control showing the range of the x-axis from 0 to 100, with markers at 5, 25, and 100.
- Plot of Model:** Three vertically stacked plots showing the development rate (1/day) versus temperature (°C) for the selected models: Janish 1, Tb Model, and Taylor. Each plot displays observed data points (blue dots) and a fitted curve (red line).
- Summary:** A tab for comparing the models based on their AIC, R2, and Pvalue.
- List of indicators:** A table summarizing the model comparison results.

Annotations:

- An arrow points to the 'Transmission dataset' section with the text: "Ingreso de la tabla que contiene las temperaturas y el porcentaje de transmisión".
- An arrow points to the model selection list with the text: "Selección de modelos de fácil manejo".
- An arrow points to the 'List of indicators' table with the text: "Lista de Indicadores para comparación".
- An arrow points to the three plots with the text: "Gráficos de los valores observados y la curva estimada por cada modelo".

Model	AIC	R2	Pvalue
Janish 1	-174.686	0.947	0
Tb Model	-135.108	0.903	0
Taylor	-155.436	0.927	0

Aplicación: Simulación

ILCYM Web 

Project

Modelling

Compilation

Simulation

Select an option

Predict Raster

1. Input data

FLT files location

D:/LAPTOP/ILCYM/FLT-Peru-10min-2000

Load

2. Other details

Number of divisions for the extent

8

Folder name

Risk Index - Trans Test

Generate raster

3. Mapping the indexes

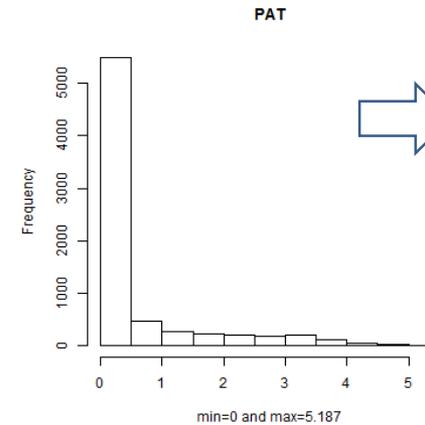
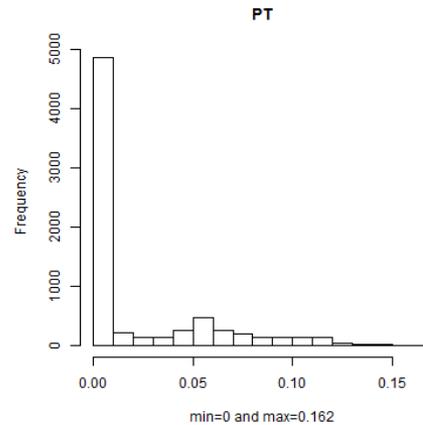
Potential Transmission:

0,0.02,0.04,0.06,0.08,0.1,0.15,0.20,0.25,0.30,0.35,0.40

Raster Summary

Potential Transmission

Potential Activity of Transmission

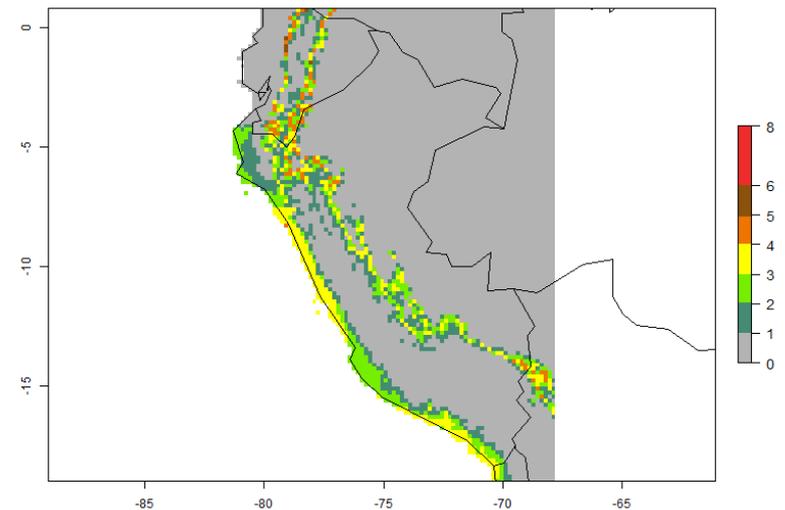


Histogramas de los Índices estimados

Raster Summary

Potential Transmission

Potential Activity of Transmission



Mapas de cada uno de los Índices



Aplicación: Simulación por puntos

ILCYM Web  Project Modelling Compilation Simulation

Climate data
FLT files location
D:/LAPTOP/Climate data/South America - 2000 - 2.5
Load

Coordinates to predict
Browse... Coordinates-Crops-TriaVapPYV.txt
Upload complete

Generate prediction

Map Summary

Registros de presencia de *Trialeurodes Vaporariorum*

PT= 0.15 ; PAT= 4.57

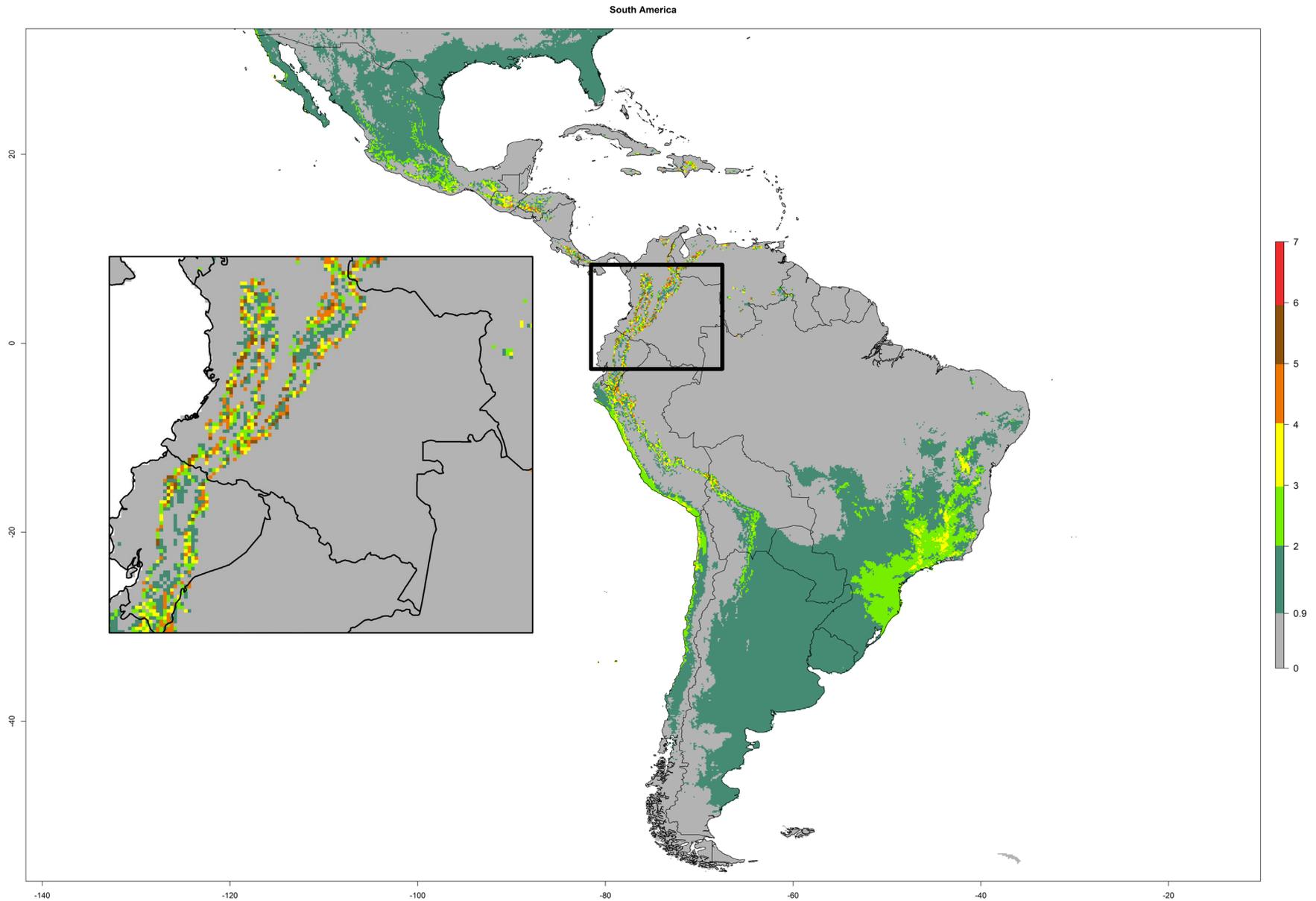
Ampliación en el Mapa

Map Summary

PT= 0.15 ; PAT= 4.57

Leaflet | © OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA

Aplicación: Simulación para Sudamérica (PAT)



Validación a temperaturas fluctuantes

Considerando que el Annual Mean Transmission (AMT) y el Annual Mean Survival (AMS) se operan para obtener el Potential Activity in the Transmission (PAT):

$$PAT = AMT_{\text{límite}} * AMS_{\text{límite}} * \text{Oviposition}_{\text{esperado}}$$

$$PAT_{\text{límite}} = 0.1 * 0.6 * 20$$

$$PAT_{\text{límite}} = 1.2$$

Precisión de predicción utilizando PAT: $((83 + 1034)/1509) * 100 = 74\%$.

	Presence	Absence
Estim_Presence	83	360
Estim_Absence	32	1034
	Total	1509

La validación del PAT se puede obtener utilizando datos georeferenciados sobre la presencia y ausencia del virus y su vector, ubicados en campos de zonas endémicas, validando el valor de PAT (valores mayores a 1.2), y con ello mejorando la capacidad de predicción y alerta en tales zonas.

Conclusiones y desafíos

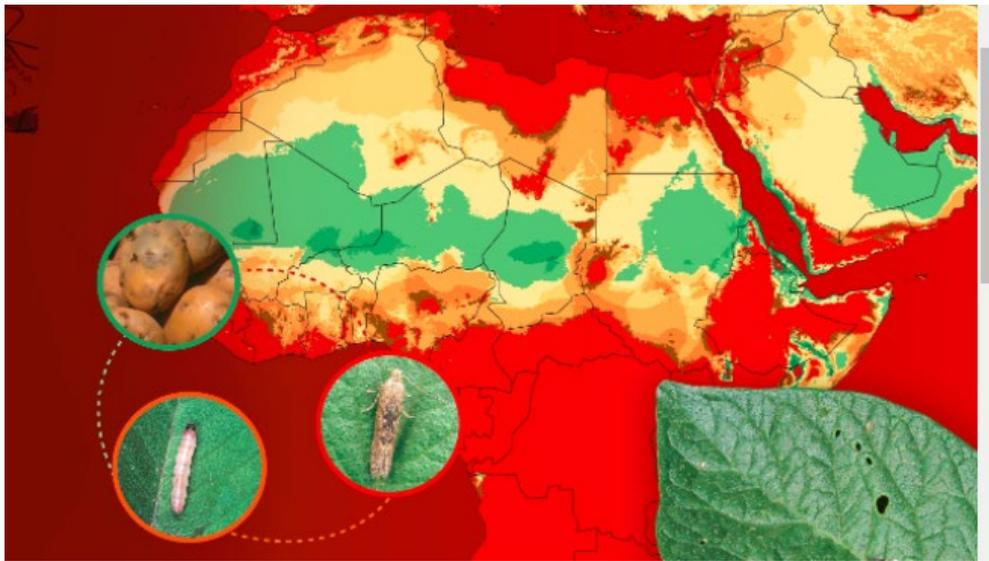
- ❑ La nueva versión de ILCYM optimiza la estimación de los tiempos de vida por lo cual las predicciones refleja bien el potencial de crecimiento de la plaga dependiente de la temperatura.
- ❑ Los parámetros de población simulados predicen con precisión el comportamiento de los insectos bajo temperaturas fluctuantes en dos o mas agroecosistemas contrastados de papa.
- ❑ El mapeo de riesgos de las plagas importantes permitió predecir su distribución y abundancia futuras.
- ❑ Las predicciones tempranas podrían ayudar a la adaptación al cambio climático mediante el desarrollo de estrategias adecuadas de manejo de plagas para reducir las pérdidas de rendimiento de la papa.

Conclusiones y desafíos

- ❑ La nueva versión de ILCYM optimiza la estimación de los tiempos de vida por lo cual las predicciones refleja bien el potencial de crecimiento de la plaga (vector) dependiente de la temperatura.
- ❑ Se pudo determinar un patrón no lineal entre la temperatura y el porcentaje de transmisión, donde la temperatura optima de transmisión es 15°C.
- ❑ La validación obtuvo un 74% de buena predicción lo cual nos indica que esta herramienta tiene un alto nivel de confiabilidad y poder de predicción.
- ❑ Las predicciones tempranas podrían ayudar a la adaptación al cambio climático mediante el desarrollo de estrategias adecuadas de control en la diseminación del virus por parte del vector para reducir las pérdidas de rendimiento de la papa.

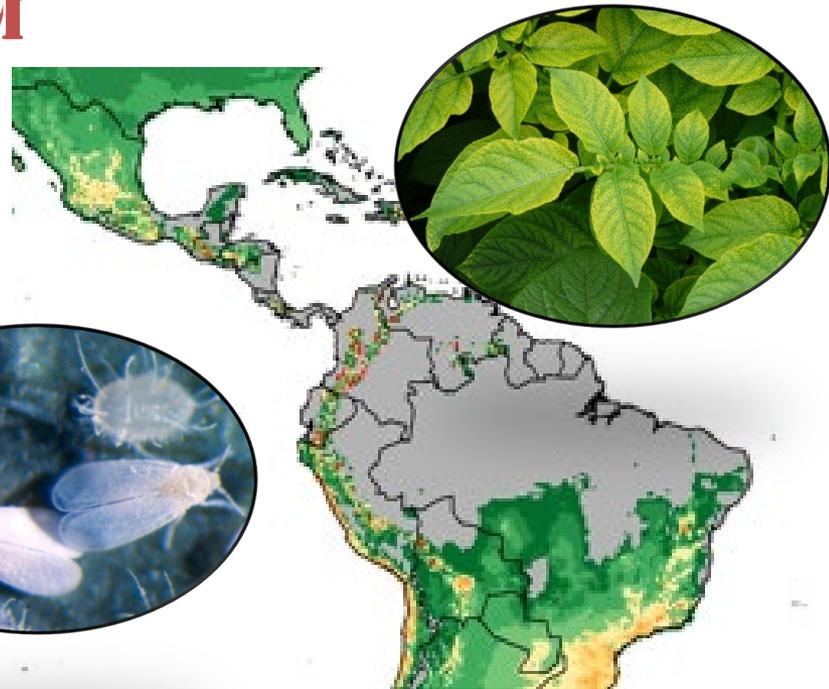
Publicaciones

- Kroschel, J., Sporleder, M., Tonnang, H.E.Z., Juarez, H., Carhuapoma, P., Gonzales, J.C., 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*, Volume 170, 15.
- Hutchinson MF. 1995. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines. *International Journal of Geographical Information Systems*. 9: 385 – 403.
- Hutchinson MF. 2004. Anusplin Version 4.3. Centre for Resource and Environmental Studies. The Australian National University: Canberra, Australia.
- Koenker, R. 1991, Quantile Smoothing Splines, Bureau of Economic and Business Research, University of Illinois, U.S.A.
- Gamarra, H.; Carhuapoma, P.; Mujica, N.; Kreuze, J.; Kroschel, J. 2016. Greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood 1956). In: Kroschel, J.; Mujica, N.; Carhuapoma, P.; Sporleder, M. (eds.). Pest distribution and risk atlas for Africa. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates. Lima (Peru). International Potato Center (CIP). ISBN 978-92-9060-476-1. DOI 10.4160/9789290604761-12. pp. 154-168
- Sporleder, M., J. Kroschel, M. R. Gutierrez Quispe, and A. Lagnaoui. 2004. A temperature-based simulation model for the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera; Gelechiidae). *Environmental Entomology* 33: 477-486.



ILCYM

Muchas gracias por su atención!





CIP is a research-for-development organization with a focus on potato, sweetpotato and Andean roots and tubers. It delivers innovative science-based solutions to enhance access to affordable nutritious food, foster inclusive sustainable business and employment growth, and drive the climate resilience of root and tuber agri-food systems. Headquartered in Lima, Peru, CIP has a research presence in more than 20 countries in Africa, Asia and Latin America.

www.cipotato.org



CIP is a CGIAR research center

CGIAR is a global research partnership for a food-secure future. Its science is carried out by 15 research centers in close collaboration with hundreds of partners across the globe.

www.cgiar.org

CIP thanks all donors and organizations that globally support its work through their contributions to the CGIAR Trust Fund: www.cgiar.org/funders



This publication is copyrighted by the International Potato Center (CIP). It is licensed for use under the Creative Commons Attribution 4.0 International License