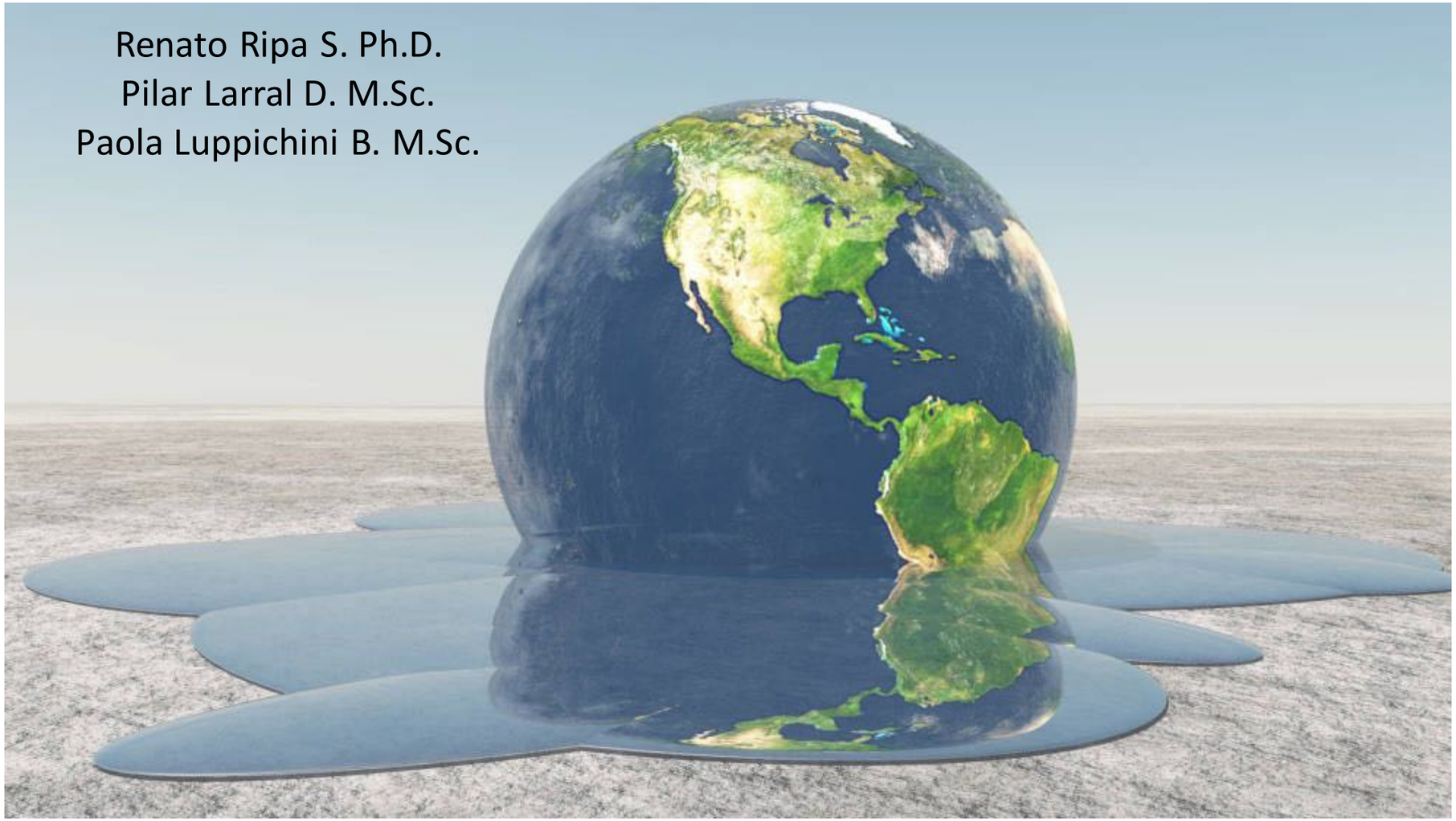
Renato Ripa S. Ph.D.
Pilar Larral D. M.Sc.
Paola Luppichini B. M.Sc.



Cambio climático y su efecto en la dinámica poblacional de plagas. Principales consideraciones

Contenido

- Antecedentes generales del cambio climático
- Efectos causados por el calentamiento global en artrópodos
  - Aumento de la temperatura
  - Humedad relativa
  - Precipitaciones
- Capacidad de plagas de tolerar altas temperaturas a diferencia de los enemigos naturales
- Efecto del cambio climático sobre enemigos naturales
  - Incremento de la temperatura
  - Efecto del viento y humedad
- Efecto del cambio climático en las aplicaciones plaguicidas
- Reflexión final

Cambios antropogénicos
(adaptado de Coley, 1998)

Los rápidos cambios en la atmósfera de la Tierra iniciados por la actividad humana, asociados a la dependencia de combustibles fósiles, están:

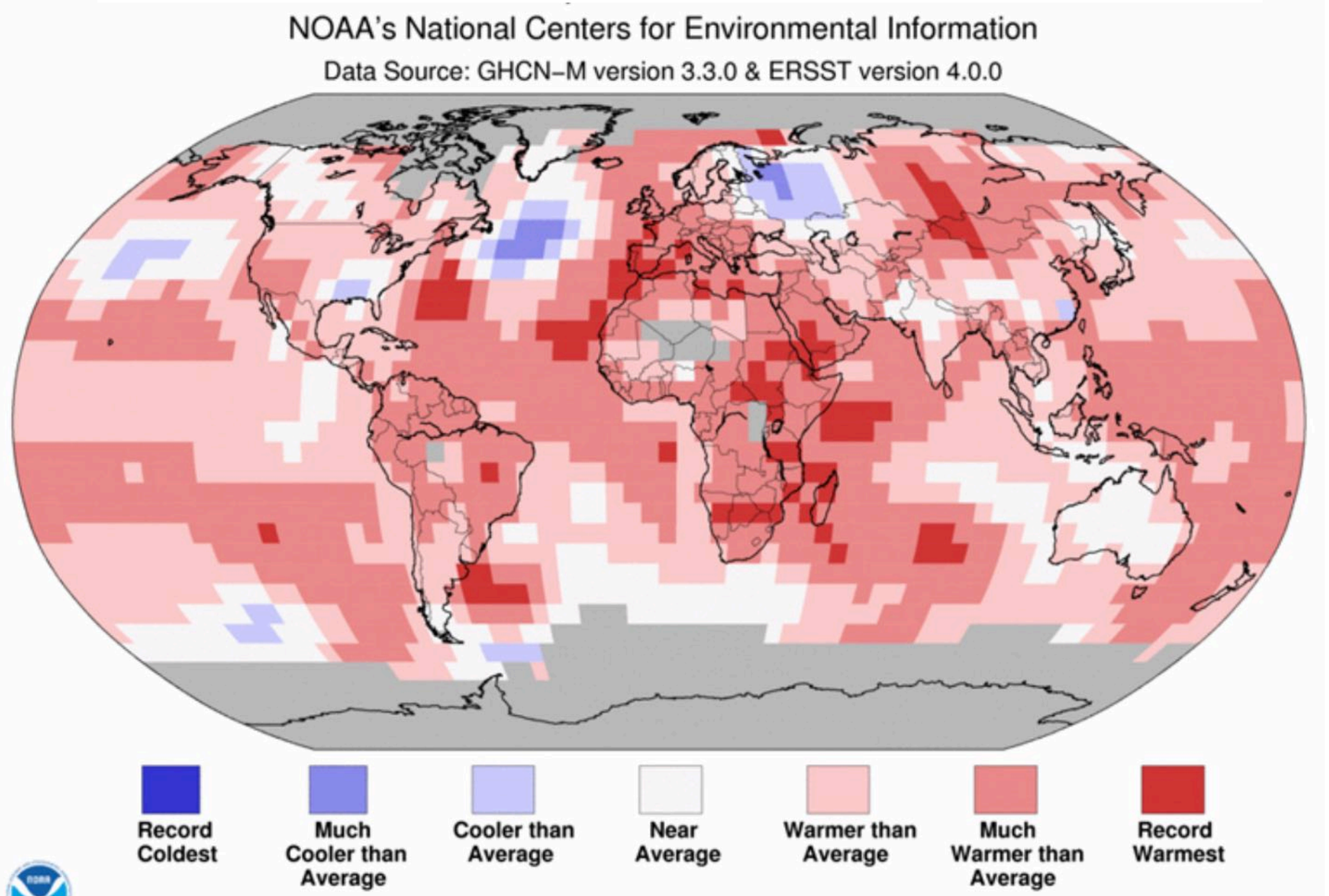
- modificando el equilibrio espacial y ecológico de complejas relaciones co-evolutivas
- no solo entre las plantas y los herbívoros sino también entre las plantas y sus socios mutualistas
- incluidos los polinizadores, y los depredadores de herbívoros

Efecto antropogénico en el cambio climático

- Aumentos del Dióxido de carbono (CO_2) atmosférico y otros gases de efecto invernadero
- Incremento de la temperatura
- Aumento de la frecuencia y la severidad de los fenómenos meteorológicos extremos (ej. olas de calor y sequías)
- Patrones de precipitación alterados (ej. disminución de la cubierta de nieve)

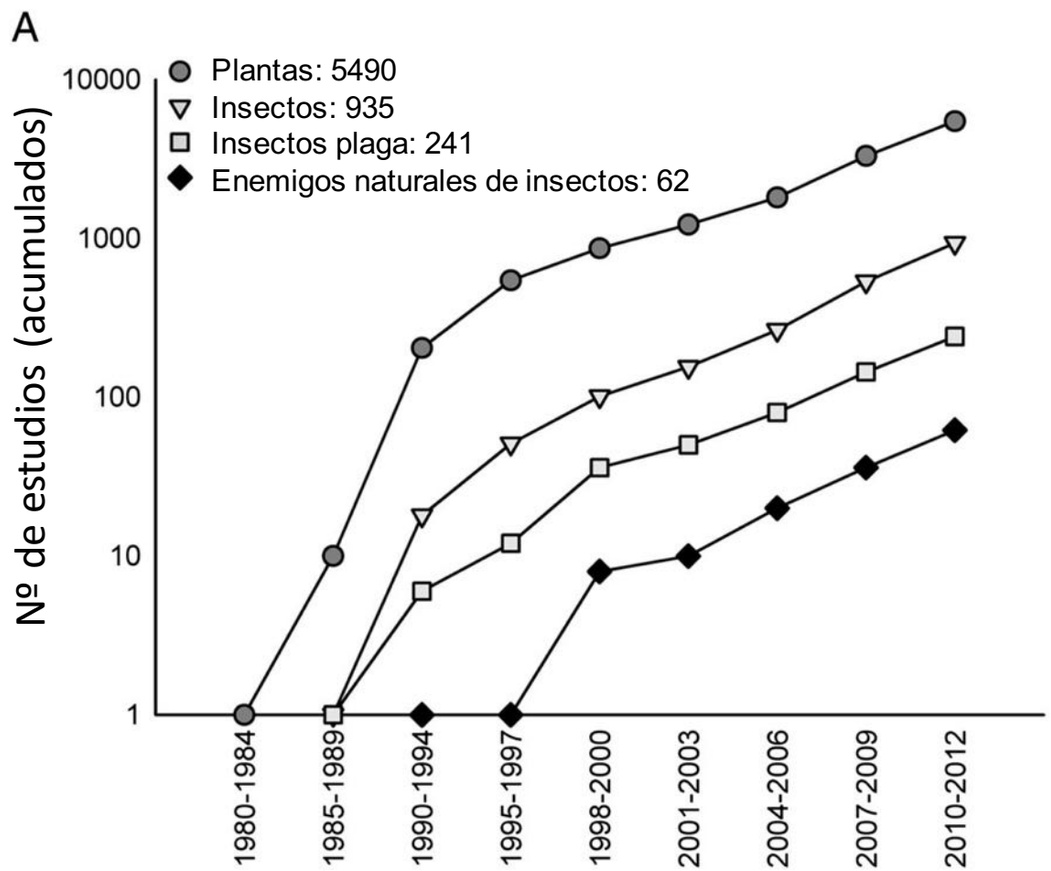
(National Research Council, 2010)

Percentiles de Temperaturas de la tierra y el océano Junio de 2017



Fuente: https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201806

Resumen de la literatura que examina los efectos del calentamiento global en plantas, insectos y organismos de nivel trófico superior.



Fuente: Mary A. Jamieson et al. Plant Physiol. 2012;160:1719-1727

Efectos causados por el calentamiento global en artrópodos

Sharma, 2014

- Modificación en la diversidad y la abundancia de artrópodos
- Cambio en la distribución geográfica de las plagas de insectos
- Efectos en la dinámica de la población de insectos
- Generación de nuevos biotipos de insectos
- Modificaciones en las interacciones entre herbívoros
- Cambios en la actividad y la abundancia de enemigos naturales
- Extinción de especies
- Alteración de eficacia de tecnologías de protección de cultivos

Bale *et al*., 2002; Parmesan y Yohe, 2003

- Desorganización de la sincronía fenológica en las interacciones planta-insecto, considerada uno de los efectos más importantes

Perdidas globales **estimadas** causadas por plagas

CULTIVO	Producción por cultivo (billones de US$)	Perdidas en billones US$			
		Patógenos	Insectos	Malezas	Total
ARROZ	**106.4**	33.0	45.4	34.2	112.5
TRIGO	**64.6**	14.0	10.5	14.0	38.5
CEBADA	**13.7**	1.9	1.7	2.0	5.7
MAIZ	**44.0**	7.8	10.4	9.3	27.4
PAPAS	**35.1**	9.8	9.6	5.3	24.8
SOYA	**24.2**	3.2	3.7	4.7	11.6
ALGODON	**25.7**	4.3	6.3	4.9	15.5
CAFE	**11.4**	2.8	2.8	2.0	7.6

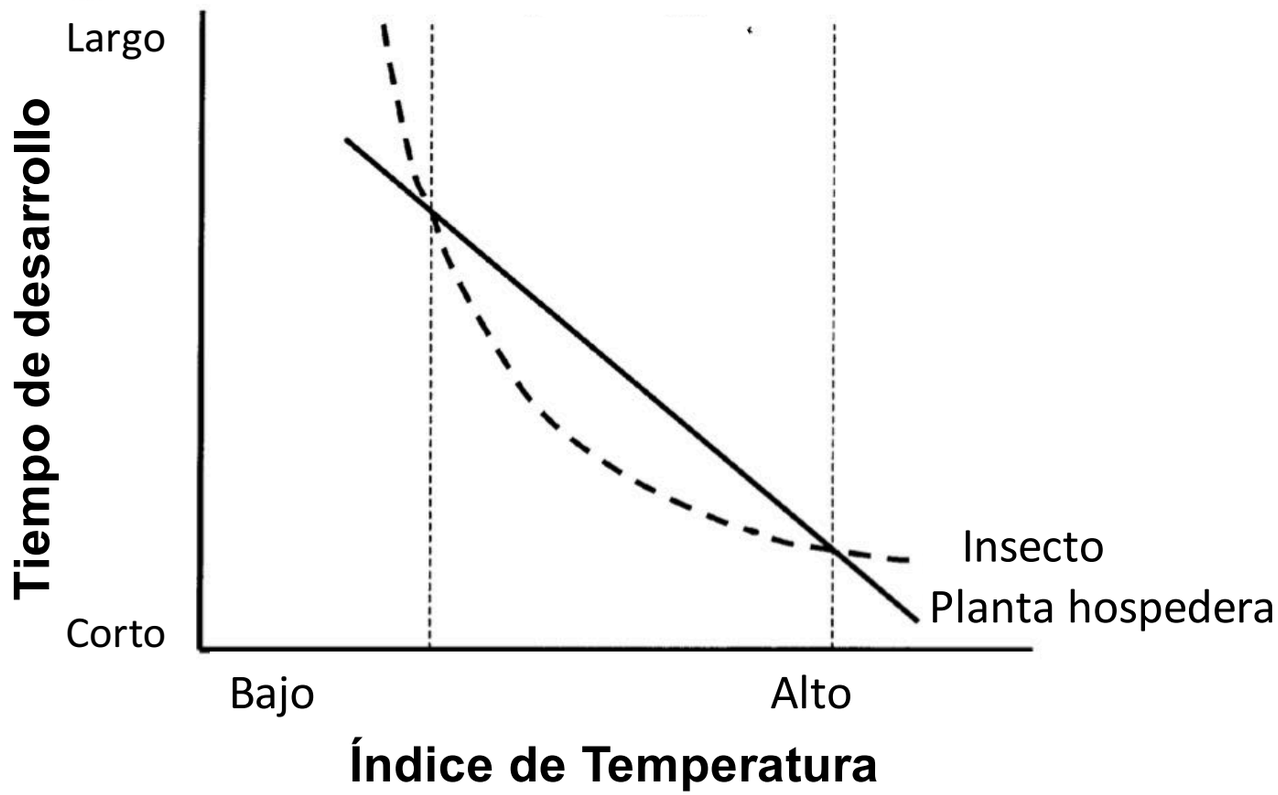
Fuente: Oerke *et al*. 1995

Efecto del cambio climático

Aumento de temperatura

- Los artrópodos son **poiquilotermios, o ectotermico**, es decir su temperatura corporal depende del ambiente
- Incremento en la temperatura del ambiente afecta su desarrollo

Efecto de la temperatura sobre el tiempo de desarrollo de plantas e insectos



Adaptado de BALE *et al,* 2002

Efecto del incremento de la temperatura

- Acelera la tasa metabólica de los insectos y ácaros
- Aumenta el consumo de alimento = > daño
- Esto causa un aumento en el número de insectos y ácaros - daño
- Esta tasa de crecimiento poblacional declina en climas tropicales y se incrementa en otras áreas

Efecto del incremento de la temperatura

- Especies con amplio rango geográfico son menos afectadas
- Es probable que las plagas se adapten, desarrollando un biotipo adaptado a temperatura más alta
- Plagas ausentes en Chile podrían establecerse, Ej. Mosca de la Fruta, *Ceratitis capitata*

https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1317085

Efecto del incremento de la temperatura

- Impacto sobre la mortalidad
  - Existe evidencia de incrementos de población por el calentamiento provienen de una combinación de desarrollo acelerado y reducción de la mortalidad durante el invierno.
- El aumento de la abundancia de plagas vectoras de enfermedades, áfidos, trips, chanchitos blancos, psilidos, etc, incrementaría la diseminación de estas enfermedades
- El calentamiento del clima puede exacerbar la susceptibilidad de las plantas al ataque de algunos grupos de insectos, en particular con una disponibilidad de agua reducida

Efecto del incremento de la temperatura

Plagas que se desarrollan en el suelo

- El suelo es un ambiente cuya temperatura es más homogénea que el aire (efecto buffer)
- Incrementos en este ambiente podrían acortar el ciclo de estados inmaduros (larvas y pupas) en el suelo, ejemplo curculiónidos
- Generando una y media a dos generaciones de curculiónidos al año (*N. xanthographus* y *N. cervinus*) aumentando la dificultad de controlar la plaga y riesgos de rechazo

Efecto del incremento de la temperatura

Fuente: BALE *et al* 2002

Los áfidos en condiciones favorables en invierno y primavera

- Muestran menor mortalidad
- Inician vuelos más tempranos y colonizan más rápidamente los cultivos
- Logran poblaciones más elevadas, generando hacinamiento e individuos alados que migran infestando nuevas plantas = mayor distribución de la plaga

Humedad relativa

Aumento de la humedad relativa

- Incrementa la sobrevivencia de estadios juveniles (ninfas migratorias)
  - Ejemplo: escamas, conchuelas, chanchitos blancos
- Aumento de la incidencia de hongos entomopatógenos en áfidos y otras plagas
- Aumento de moluscos, caracol *Helix aspersa*

Conchuela acanalada

Conchuela negra

Afido entomopatogeno

Humedad relativa

Disminución de la humedad relativa

- Aumenta la mortalidad de neonatos migratorias
- Afecta a los enemigos naturales adultos como microavispas
- Disminuye la incidencia de hongos entomopatógenos

Acerophagus flavidulus

Amitus spiniferus

Precipitaciones

El efecto es variable, ejemplo lluvias invernales causan:

- Disminución de la abundancia de Trips Californiano, *Frankliniella occidentalis* en primavera
- Reducción de adultos de Mosquita blanca de cítricos, *Aleurothrixus floccosus*
- Sobre Arañitas también posee efecto de control por arrastre

Trips Californiano

Arañita bimaculada

Capacidad de plagas de tolerar altas temperaturas a diferencia de los enemigos naturales

Capacidad de plagas de tolerar altas temperaturas

Temperaturas > 40º:

- Trips de California *Frankliniella occidentalis*, en alfalfa baja a la corona de la planta y sube a alimentarse al atardecer
- Mosquita blanca, *Trialeurodes vaporariorum,* tolera altas temperaturas

Mosquita blanca

Fumagina por mosquita blanca

Capacidad de plagas de tolerar altas temperaturas

- Incremento de la temperatura en túneles de malla para restringir la actividad de las abejas en clementinas
  - Aumento de niveles de infestación de plagas
  - Dificultad de ingreso de enemigos naturales

Capacidad de plagas de tolerar altas temperaturas

- Incremento de la temperatura con techos de malla
  - Aumentan los niveles de infestación de Afidos y mosquitas blancas

Clementina
techo malla
Copiapó 2003

Efecto del cambio climático sobre enemigos naturales

- La evaluación del impacto potencial del cambio climático en el control biológico es crítica en el manejo de plagas
- Las interacciones son complejas y difíciles de evaluar dado los múltiples factores que intervienen en el control biológico
- Los cambios climáticos (Tº, CO2, pp), afectan el control biológico de la siguiente forma:
  - Alterando directamente la fisiología o el comportamiento de los enemigos naturales y las plagas
  - Cambiando la superposición entre especies (plagas y enemigos naturales) en el espacio y el tiempo
  - Modificar las interacciones entre múltiples especies involucradas en el control biológico dentro del agroecosistema

(Eigenbrode *et al.*, 2015)

Interacción clima – plaga - enemigo natural

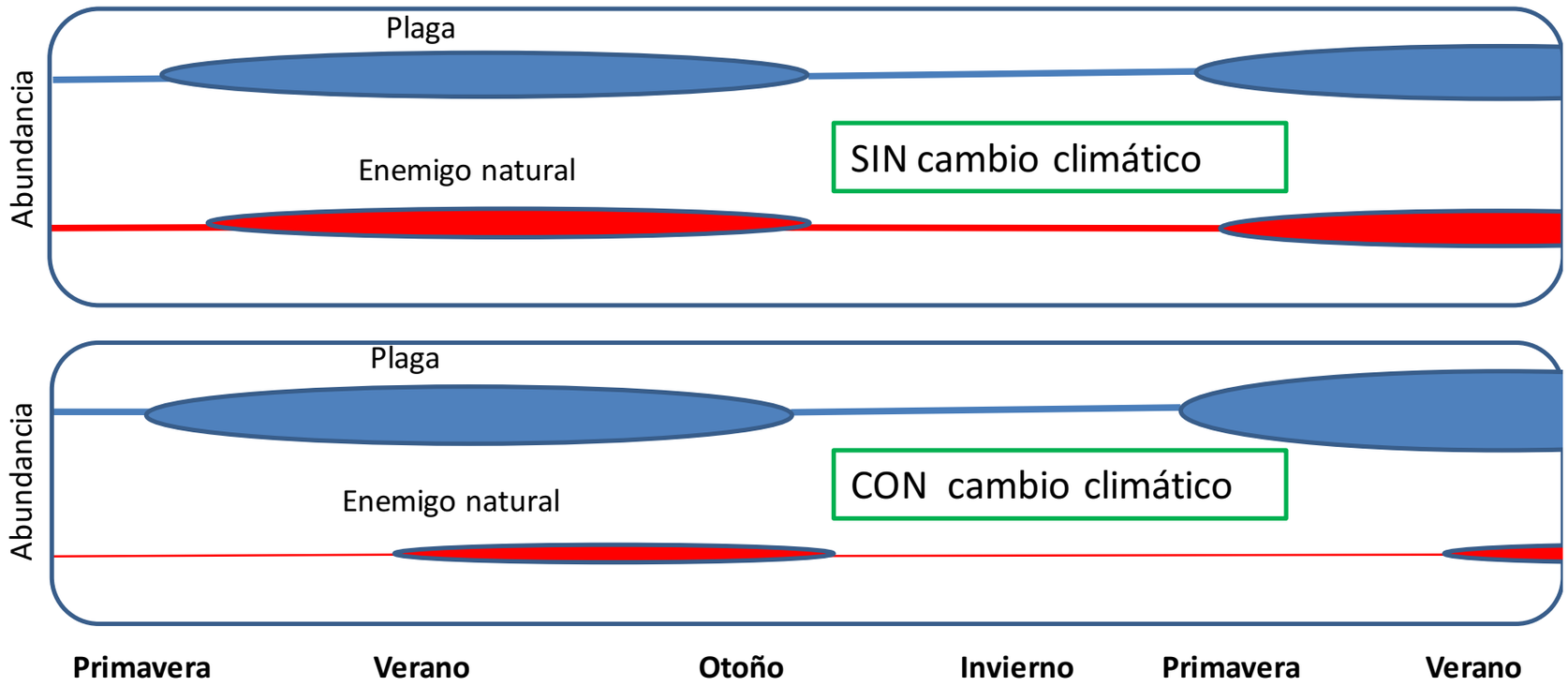
Los enemigos naturales tienen una estricta sincronía con sus hospederos

- La sincronía esta mediada por el clima, fotoperíodo, la plaga y hospedero vegetal
- Esta adaptación o sincronía es producto de la co-evolución de ambos durante largos períodos de tiempo
- La reducción de las tasas de parasitismo es probable que se deba a "mayores retrasos y desconexiones entre las plagas y sus enemigos naturales que ocurre a medida que aumenta la variabilidad climática"
- **El cambio climático afecta la fisiología y el comportamiento del enemigo natural y la presa, alterando la efectividad del control biológico.**

(Stireman, 2005)

Interacción clima – plaga - enemigo natural.

Modificación (Pérdida) de sintonía entre la plaga y sus enemigos naturales



(Stireman, 2005)

Interacción clima – plaga - enemigo natural

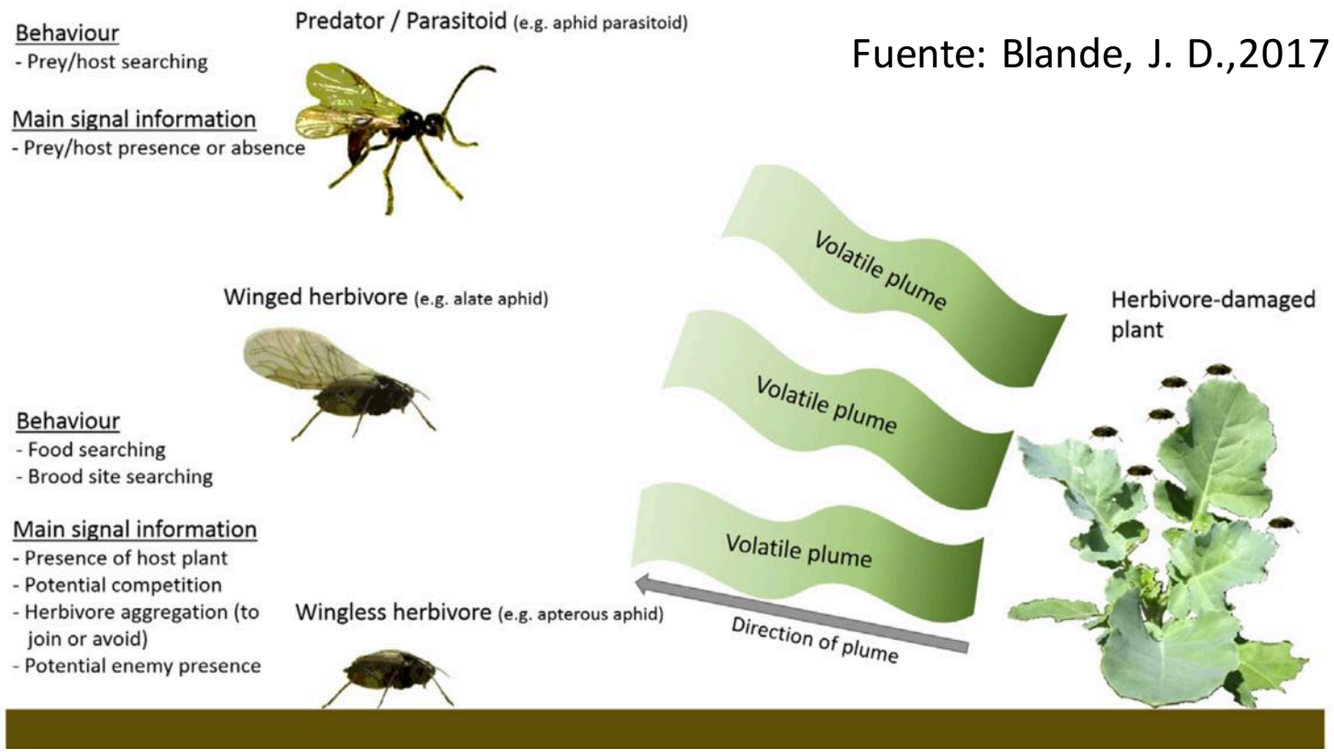
Comunicación planta - enemigo natural

- Los vegetales **dañados** por plagas generan señales químicas volátiles específicas que atraen a los enemigos naturales
- Temperaturas elevadas incrementan la emisión de estos volátiles en la planta (Niinemets et al., 2004; Holopainen y Gershenzon, 2010) atrayendo más enemigos naturales
- El stress hídrico disminuye la emisión de estos compuestos en la planta

(Stireman, 2005)

Comunicación planta - enemigo natural

Fuente: Blande, J. D.,2017



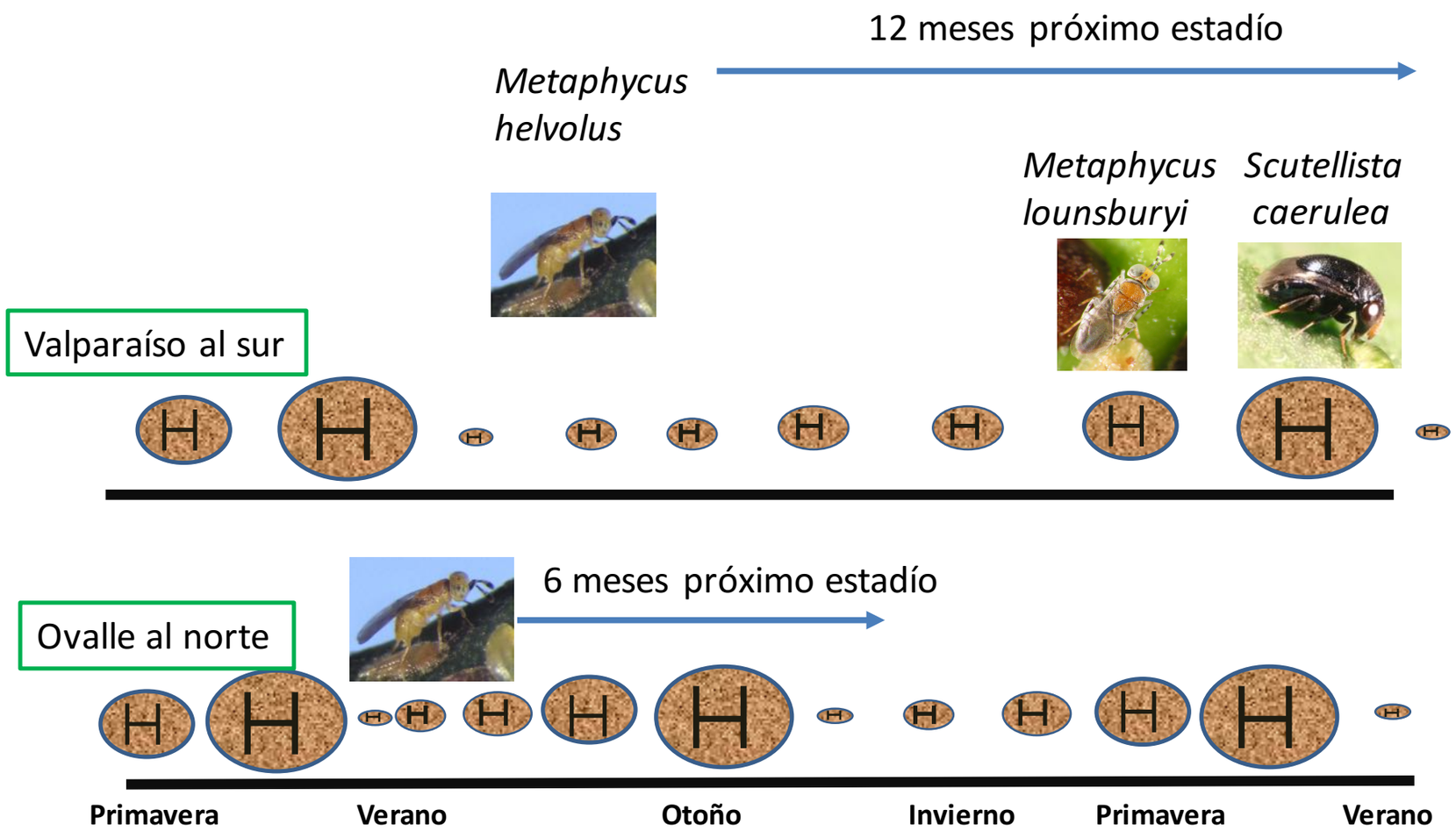
Volátiles inducidos por las plagas (HIPV), transmiten información a los enemigos naturales y las plagas. Las respuestas de los diversos receptores de HIPV pueden ser de atracción, repulsión o no respuesta conductual.

Interacción clima – plaga - enemigo natural

Conchuela negra del olivo, *Saissetia oleae*

- Posee una generación en la Región de Valparaíso al sur
- Más de 1 generación al norte de la Región de Valparaíso
- Enemigos naturales asociados a diferentes estados de desarrollo

Conchuela negra del olivo enemigos naturales



Efecto del incremento de la temperatura sobre enemigos naturales

- Arañita roja del clavel, en invernaderos, soporta sobre 40º C no así los enemigos naturales – lo que facilita el incremento de resistencia a acaricidas
- El incremento de la temperatura tiene un efecto negativo en el control biológico de la escama roja *Aonidiella aurantii* por parasitoides del genero *Aphytis* (Cebolla et al 2018)

Tetranychus sp

Aphytis sp

Efecto del incremento de la temperatura sobre enemigos naturales

- Los coccinélidos a altas temperaturas generan larvas de menor tamaño cuyos adultos colocan menos huevos afectando el control de áfidos (Honěk, 1993; Davis y Landolt, 2012)
- En general, se ha observado que los que los enemigos naturales se adaptan lentamente a los cambios en el ambiente. Ej. *Cotesia glomerata* de *Pieris brassicae* requirió 10 años para adaptarse

Hipodamia sp

Cotesia glomerata

Efecto del viento y humedad relativa en Enemigos naturales

Viento

- Los enemigos naturales de Polilla de la col (*Plutella* sp) disminuyen su actividad en sectores con mucho viento

Baja humedad relativa

- Algunos parasitoides disminuyen su efectividad o no se establecen en condiciones de baja humedad
  - Parasitoide de chanchito blanco (*Acerophagus)*,
  - Parasitoide de mosquita blanca (*Amitus spiniferus)*

Efecto del cambio climático en las aplicaciones de plaguicidas

Temperatura

- Cuanto mayor la temperatura en la aplicación, mayor será la deshidratación de la gota en el viaje de la boquilla al tejido vegetal
- Mayor pérdida y deriva
- Disminución de la efectividad y del periodo de protección o efecto residual

Efecto del cambio climático en las aplicaciones plaguicidas

Lluvia

- En general la mayoría de los productos fitosanitarios una vez transcurridos 3 a 4 horas la lluvia no afecta el depósito

Efecto del cambio climático en las aplicaciones plaguicidas

Radiación y Ultravioleta

- El incremento de la radiación aumenta la volatilización y UV tiende a acelerar la degradación de los productos fitosanitarios (Delcour 2015)
- Especial efecto tienen sobre productos biológicos como los *Bacillus thuringiensis* BT, hongos, virus, etc
- Muchos productos contienen protectores UV

Efecto del cambio climático:
Escenario negativo incremento de Temperatura y CO_2

INTERACCIÓN TRITRÓFICA

Planta
- Mayor desarrollo
- Incremento azúcar
- Alteración de señales químicas

Plaga
- Aumento Nº generaciones
- Aceleración del metabolismo
- Mayor consumo

Enemigo natural
- Incremento de la mortalidad
- Cambios fisiológicos y de comportamiento
  - **pérdida de sincronización con las plagas**
  - alteración de señales químicas

DAÑO / PÉRDIDAS ECONÓMICAS

Relevante estudio de interacción tritrófica ante cambios en el clima

Efecto del cambio climático

- En un escenario en que los supuestos se cumplen, aumentaría el daño de los insectos y ácaros, disminuiría el rendimiento de cultivos, aumentaría el costo de la protección de los cultivos y por lo tanto, afectaría la economía.

Reflexión final

- En el futuro próximo la humanidad requiere un aumento en la producción agrícola
  - Por aumento de la población
  - Mejora de la situación económica global
- El calentamiento global puede exacerbar la susceptibilidad de las plantas al ataque de algunos grupos de insectos, particularmente con escasez hídrica
- Recientemente se están conociendo los riesgos que están causando los cambio climáticos
- Paradójicamente nuestra economía está basada en la utilización de combustibles fósiles, asegurando la continuidad del problema

Bibliografía

1. Bale JS, Masters GJ, Hodkinson ID, Awmack C, Bezemer TM, Brown VK, Butterfield J, Buse A, Coulson JC, Farrar J, et al. (2002) Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. Glob Change Biol 8: 1–16 https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x
2. Curtis A. Deutsch, Joshua J. Tewksbury, Michelle Tigchelaar, David S. Battisti, Scott C. Merrill, Raymond B. Huey and Rosamond L. Naylor 2018. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science* 361 (6405), 916-919. DOI: 10.1126/science.aat3466
3. Stireman, J. O., 2005, Climatic unpredictability and parasitism of caterpillars: implications of global warming. Proc. Natl. Acad. Sci., (USA), 102(48): 17384-17387.
4. D. N. Kambrekar, S. S. Guledgudda, Anand Katti and Mohankumar. 2015 Impact of climate change on insect pests and their natural enemies. Karnataka J. Agric. Sci. Spl. Issue, 28(5): (814-816) 2015
5. Rosenzweig, Cynthia; Iglesius, Ana; Yang, X. B.; Epstein, Paul R.; and Chivian, Eric, "Climate change and extreme weather events - Implications for food production, plant diseases, and pests" (2001). *NASA Publications*. 24. http://digitalcommons.unl.edu/nasapub/24
6. Sharma, H. C. 2014 Climate Change Effects on Insects: Implications for Crop Protection and Food Security. Journal of Crop Improvement Volume 28, 2014 - Issue 2
7. Jamieson, M. A; Amy M. Trowbridge, Kenneth F. Raffa, Richard L. Lindroth 2012. Consequences of Climate Warming and Altered Precipitation Patterns for Plant-Insect and Multitrophic Interactions. DOI: https://doi.org/10.1104/pp.112.206524
8. Parmesan C, Yohe G (2003) A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421: 37–42
9. Coley, P. (1998) Possible effects of climate change on plant/herbivore interactions in moist tropical forests. *Climatic Change* 39, 455–472.
10. Oerke, E.C., H.W. Dehne, F. Schohnbeck, and A. Weber. 1995. *Crop Produc- tion and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Elsevier. Amsterdam and New York. 830 pp.
11. Eigenbrode,. Davis and Crowder 2015 Climate Change and Biological Control in Agricultural Systems: Principles and Examples from North America 119 Sanford
12. Honek, A. (1993) Intraspecific variation in body size and fecundity in insects – a general relationship. *Oikos* 66, 483–492.
13. Blande, J. D. (2017). Plant Communication With Herbivores. How Plants Communicate with Their Biotic Environment, 281–304. doi:10.1016/bs.abr.2016.09.004
14. Snyder, W., Snyder, G., Finke, D. and Straub, C. (2006) Predator biodiversity strengthens herbivore suppression. Ecology Letters 9, 789–796.
15. Cebolla, R., Urbaneja, A., Baaren, J. van, & Tena, A. (2018). Negative effect of global warming on biological control is mitigated by direct competition between sympatric parasitoids. Biological Control, 122, 60–66.
16. Delcour, I., Spanoghe ,P. , and Uyttendaele, M. 2015. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. Food Research International 68 (2015) 7–15

Gracias