

Sequential sampling plan for a regional management control of
Diaphorina citri in Persian lime: *Citrus latifolia* Tan. in Mexico.

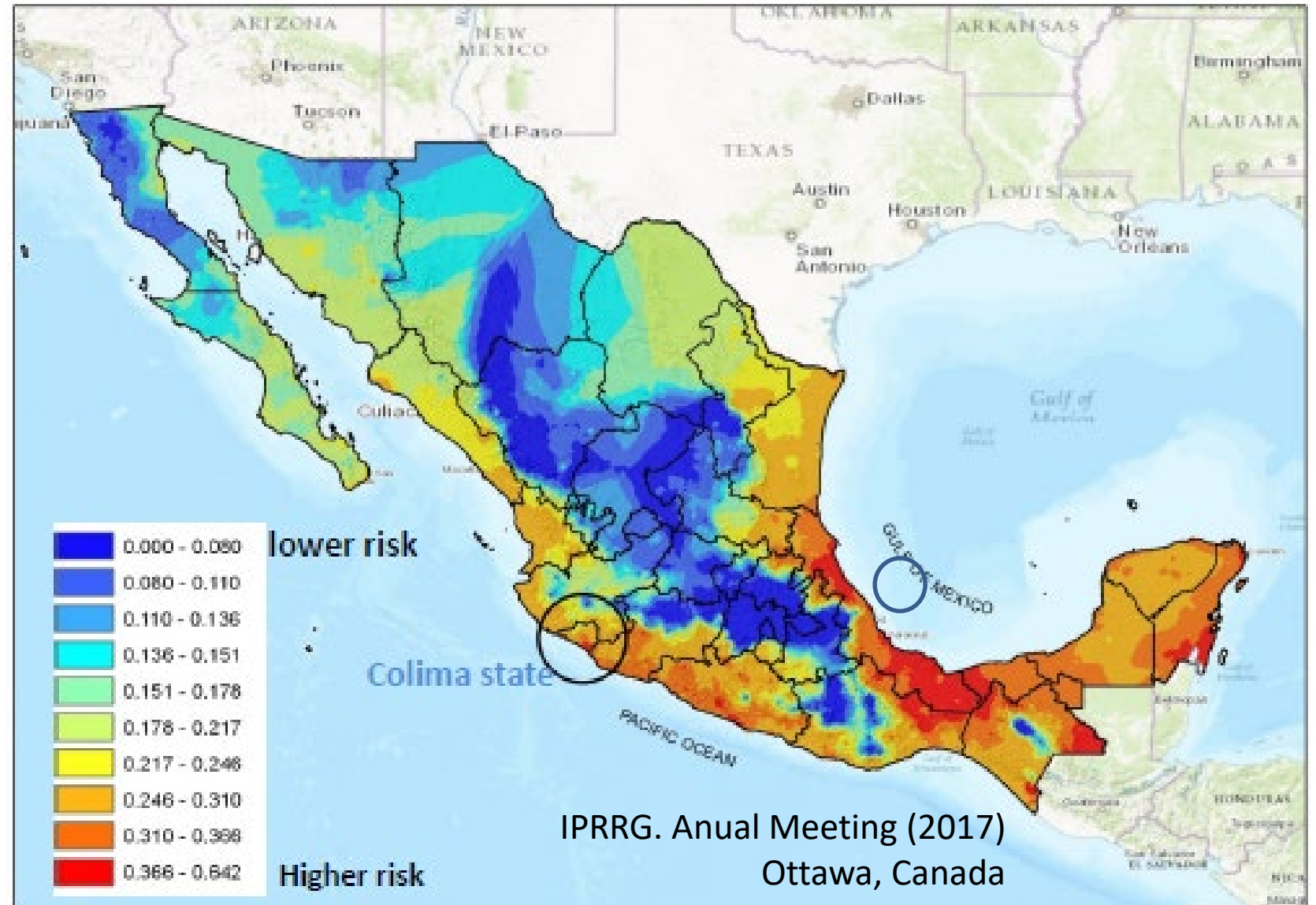
Gabriel Diaz Padilla ,
Arroyo López , Isabel Jose
Panes Guajardo , Alberto Rafael
Ignacio Sánchez Cohen

Spatial distribution of potential risk of *D. citri*

My first experience in Pest Risk Analysis was the development of this map, where the risk of the potential distribution of *Diaphorina citri* was evaluated.

I presented this map to citrus producers of Veracruz and one of them took the microphone and said:

.... It is a very nice map but what is it for? , what we really need is ***to know when and what we should apply*** to control the vector populations



Some classical paper review

Wald, A. 1947. *Sequential Analysis*. Wiley. New York.

Oakland, G. B. (1950) 'An Application of Sequential Analysis to Whitefish Sampling', *Society International Biometric*, 6(1), pp. 59–67. doi: 10.2307/3001424.

Taylor, L.R. 1961. Aggregation, Variance and the Mean. *Nature* 189: 732-735.

BLISS, C. I., & OWEN, A. R. G. (1958). NEGATIVE BINOMIAL DISTRIBUTIONS WITH A COMMON K. *Biometrika*, 45(1–2), 37–58. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1093/biomet/45.1-2.37>

Tsai, J. H., J. J. Wang, and Y.H. Liu. 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange Jessamine in southern Florida. *Florida Entomologist*. 83: 446-459.

Besides that I have the complete database of the national monitoring campaign 2016 with more or less 7 million of records used in risk map)

Why no study this and implement an strategy of Sequential Sampling in citrus and talk later with that farmer ?

Should I spray pesticide or not?

Sequential
Sampling
(SS)



Necessity of tools or methods to support a decision



Traditional
Sampling(TS)

NO

YES



Why sequential sampling and non-traditional sampling

- The sample size is minimized
- Save time and money
- Computers are often required
- Three possibilities are tested:
 - 1. The null hypothesis is not rejected;
 - 2. Rejection of the null hypothesis; and
 - 3. Uncertainty (the decision is to take another sample)

- The sample size is set in advance
- Depends on the money available
- Maybe more expensive
- The decision is made at the end of the sampling
- Two possibilities are tested:
 - 1. The null hypothesis is not rejected;
 - 2. Rejection of the null hypothesis

Why Persian Lime ?

(*Citrus latifolia* Tanaka)

In the world context, Mexico is
the leading producer



95,609 hectares planted
3,131,000 millions of dollars
(Value of Production)

The annual income of a large number of families depends on the money
they receive for harvesting this crop.

Why *Diaphorina citri* ?

- It is an important pest of citrus in several countries as it is a vector of a serious citrus disease called greening disease or Huanglongbing
- In Mexico, Persian Lime production has decreased by 30%
- Vector control is essential to prevent this disease



Why Area Wide Control (AWC) ?

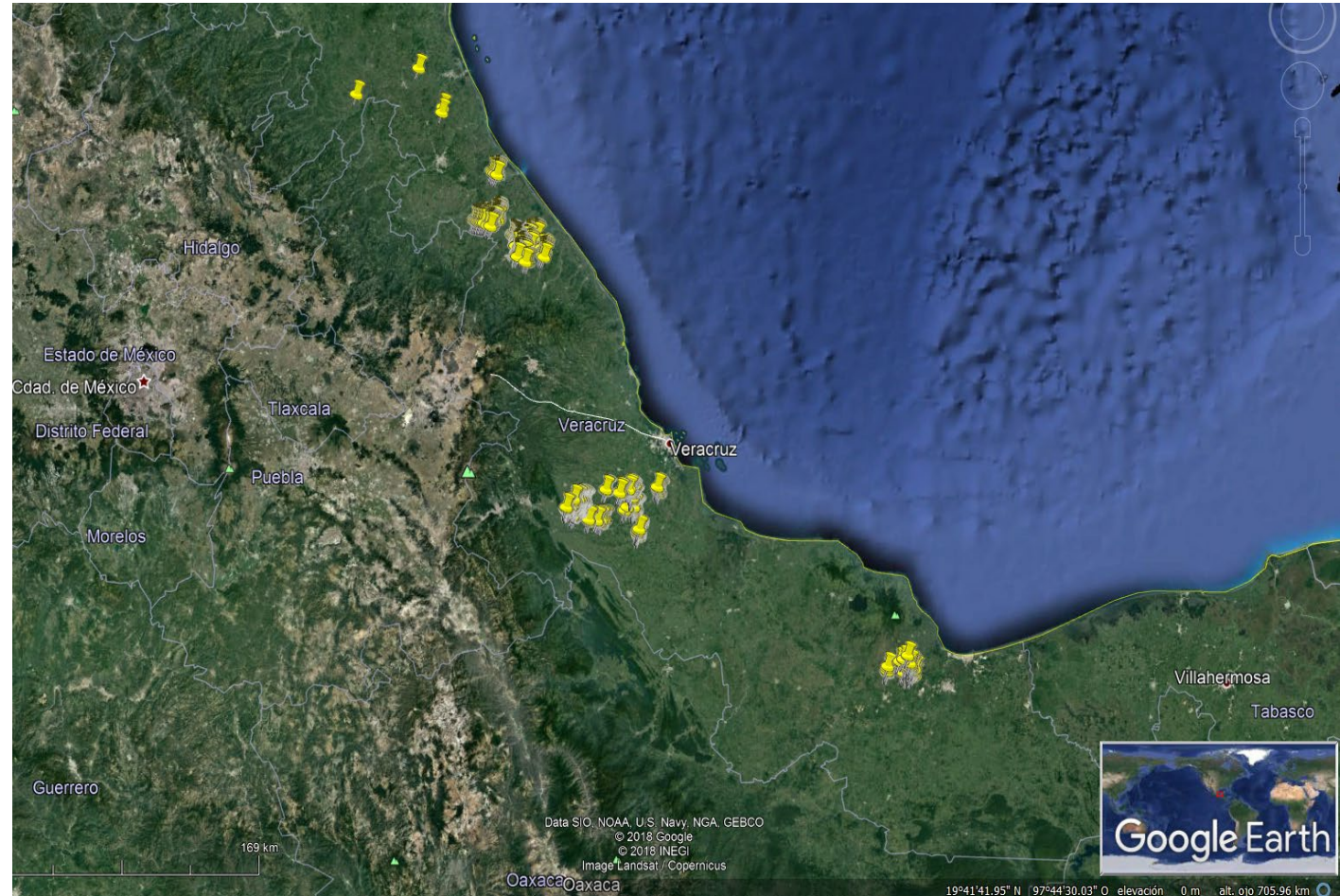
- It is a strategic component of the Integrated Pest Management.
- It has been shown to be:
 - an important,
 - necessary and
 - effective strategy
- for controlling pests and diseases



Database:

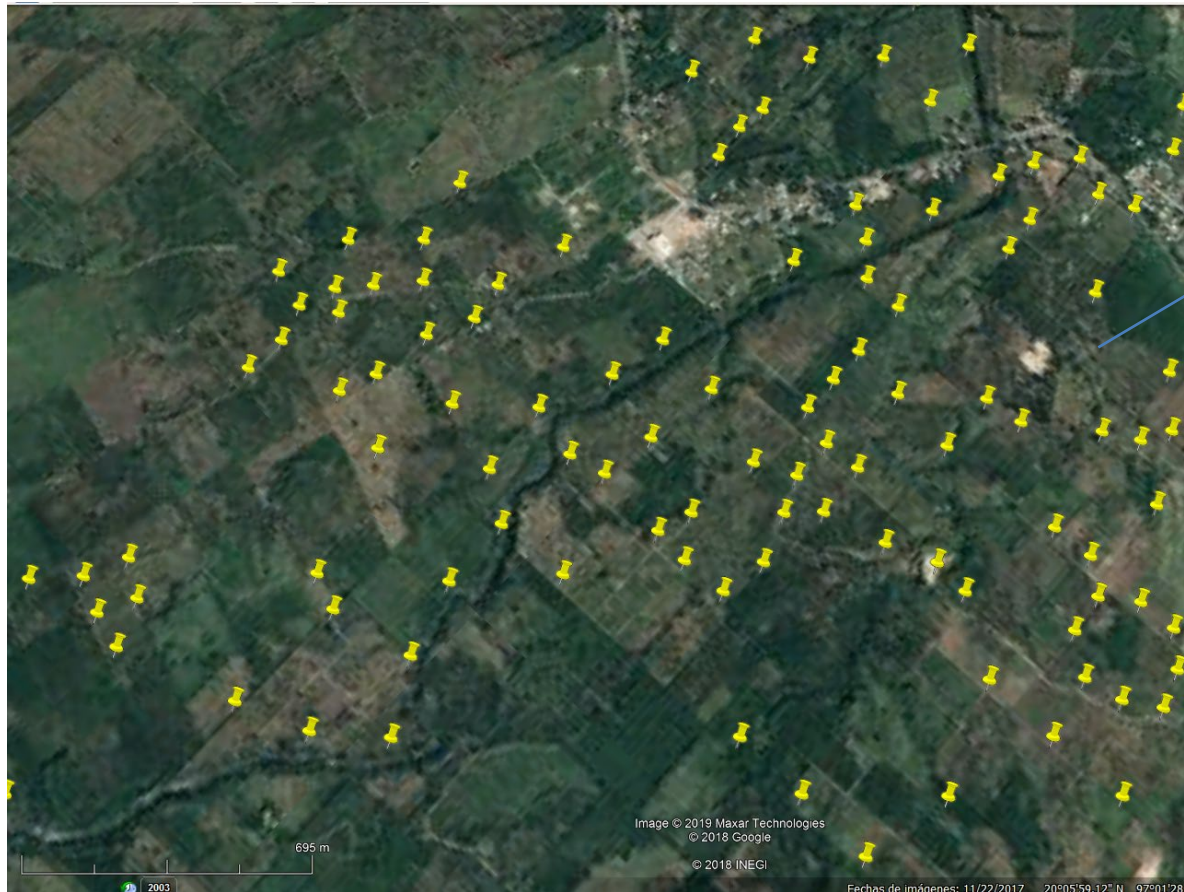
Are records of the number of *Psyllids* capture per Trap per Tree per Week (PCTTW), at each of the 1150 sticky yellow traps, strategically located in persian lime plantations in Veracruz, State, Mexico.

$$Y_i = \text{PCTTW}$$



Visual representation of how does
de records was obtained

One trap – one tree -one week



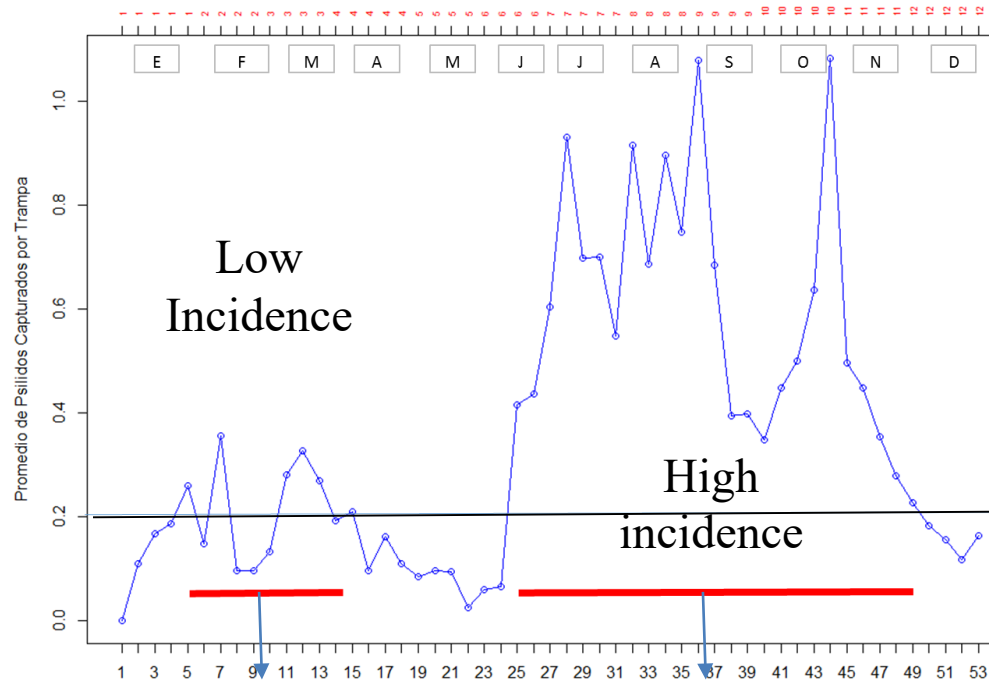
Counting
the psyllids
captured
weekly

(Y_i)

PCTTW

Results

spray
But exactly when ?
not to spray



Presence of psyllids arises from May to October, due to incidence of rain and a strong tree sprouting

Economic treshhold =.20

PCTTW

Variable	Global	Week(5-14) Low Incidence	Week (25-49) High Incidence
Mean	.3714	.2162	.5991
Sd	2.36	.99	3.28
Max	326	74	326
N (number of records)	166,220	22,748	56,401

To implement a SS, it is necessary to define:

- the statistical distribution that fits data,
- the type of spatial distribution,
- the possibility of using a common k (kc)
- and setting values decision thresholds.



The statistical distribution that fits data

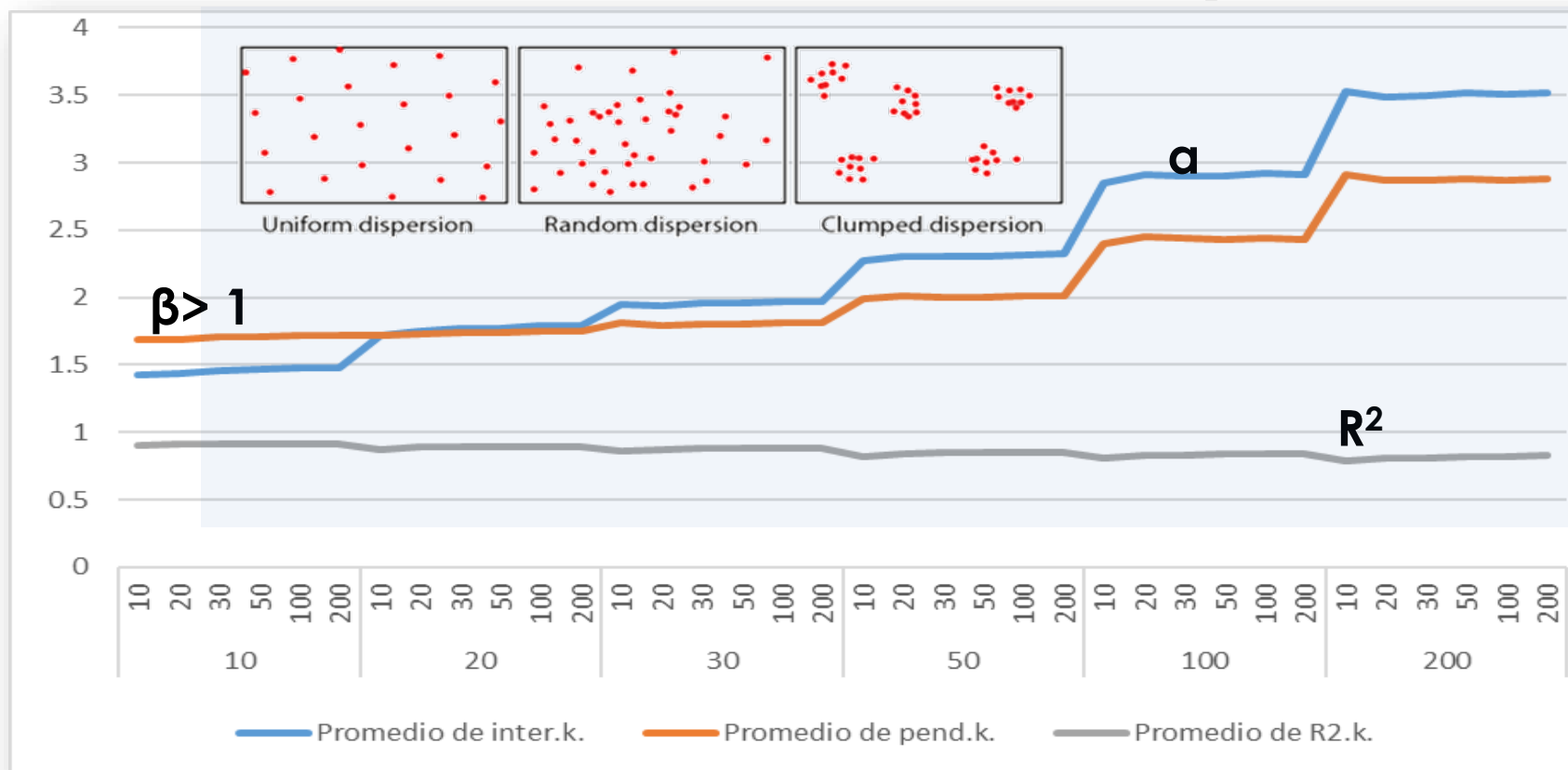
	Poisson	Binomial	Geometric	Negative Binomial(mme)	Negative Binomial(mle)
sum of residuals	0.1243	0.0350	3.2634	9.2275	9.3172
Chi-square Statistic	112.5171	123.0327	44.1295	14.3522	3.2322
p-value	0.0000	0.0000	0.0000	0.2788	0.9937
MSE	939.0411	1032.6554	335.5326	57.5986	1.8276

Resampling 1000 times for different samples sizes (10,20,200,500,1000) and the results were identical, so we concluded that the psyllids population follows a negative binomial distribution with an error of 1 %

The maximum likelihood method presents a better fit than the moment method.

Spatial distribution

Resampled= 1,000 times



According to Taylor Power Law: If slope $\beta > 1$ the dispersion pattern is aggregated

According to Bliss y Owen (1950)

Evaluating the possibility of using a common k (kc)

Parameter	Week 5-14	week 25-49
kc	0.07676573	0.05226572
kc_{inf}	0.06699	0.04947
kc_{sup}	0.0849	0.05539
$F_{Slope} (1/k)$	5.209 **	18.43**
$F_{Intercept}$	0.00085 NS	2.5382 NS

F_{cal} = To justify the use of a common k the value of F of slope $1/k$ must be significant and that the intercept should be no significant)

Copia de NBD Model Sequential Sampling-USDA-Krebs-Badii_VU_GDP2 (Autoguardado) - Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Desarrollador LASERFICHE Power Pivot ¿Qué desea hacer?

Cortar Copiar Copiar formato Pegar Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos

Normal Bueno Incorrecto Celda de co... Celda vincul... Entrada

H21

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		Datos						Calculo de Parametros						Calculo de lineas de aceptación rechazo				
2		<i>k_{p0}</i>	0.0170				<i>H₀</i>	<i>Valores</i>	<i>H₁</i>	<i>Valores</i>								
3		<i>k_{p1}</i>	0.2000				<i>K_{p0}</i>	0.0170	<i>K_{p1}</i>	0.2000				0	2.5111	-2.5111	0	
4		<i>k común</i>	0.0523				<i>K_{p0q0}</i>	0.0225	<i>K_{p1q1}</i>	0.9653				10	3.0872	-1.9350	2.1235723	
5		<i>alfa</i>	0.0500				<i>q₀</i>	1.3253	<i>q₁</i>	4.8266				20	3.6634	-1.3588	2.1235723	
6		<i>beta</i>	0.0500				<i>p₀</i>	0.3253	<i>p₁</i>	3.8266				30	4.2395	-0.7827	4.6456938	
7		<i>A</i>	19.0000				$(p1+q0)/(p0+q1)$		3.2303					40	4.8156	-0.2066	4.6456938	
8		<i>B</i>	0.0526				<i>q₁/q₀</i>	3.6420						50	5.3917	0.3695	6.8087764	
9							<i>q₀/q₁</i>	0.2746						60	5.9679	0.9457	10.590295	
10							<i>Slope</i>	0.0576						70	6.5440	1.5218	12.913501	
11							<i>h₀=</i>	-2.5111						80	7.1201	2.0979	15.265485	
12							<i>h₁=</i>	2.5111						90	7.6963	2.6741	19.237966	
13														100	8.2724	3.2502	21.121877	
14														110	8.8485	3.8263	24.191559	
15		<i>h</i>	<i>p</i>	<i>L(p)</i>	<i>E(n)</i>									120	9.4246	4.4024	28.102637	
16		infin	0	1.00	43.59									130	10.0008	4.9786	30.879142	
17		1	0.33	0.95	55.65									140	10.5769	5.5547	33.424127	
18		0.5	0.60	0.81	59.60									150	11.1530	6.1308	36.583647	
19		0.0001	1.10	0.50	52.06									160	11.7292	6.7070	36.583647	
20		-0.5	2.05	0.19	31.85									170	12.3053	7.2831	37.785054	
21		-1	3.83	0.05	15.87									180	12.8814	7.8592	41.476876	
22		-1.5	7.19	0.01	7.71									190	13.4575	8.4353	44.026815	
23		-2	13.56	0.00	3.83									200	14.0337	9.0115	44.026815	
24		-3	48.75	0.00	1.01													
25																		

Fit the Error probability Type (I,II) →

Economic threshold ←

Common K ←

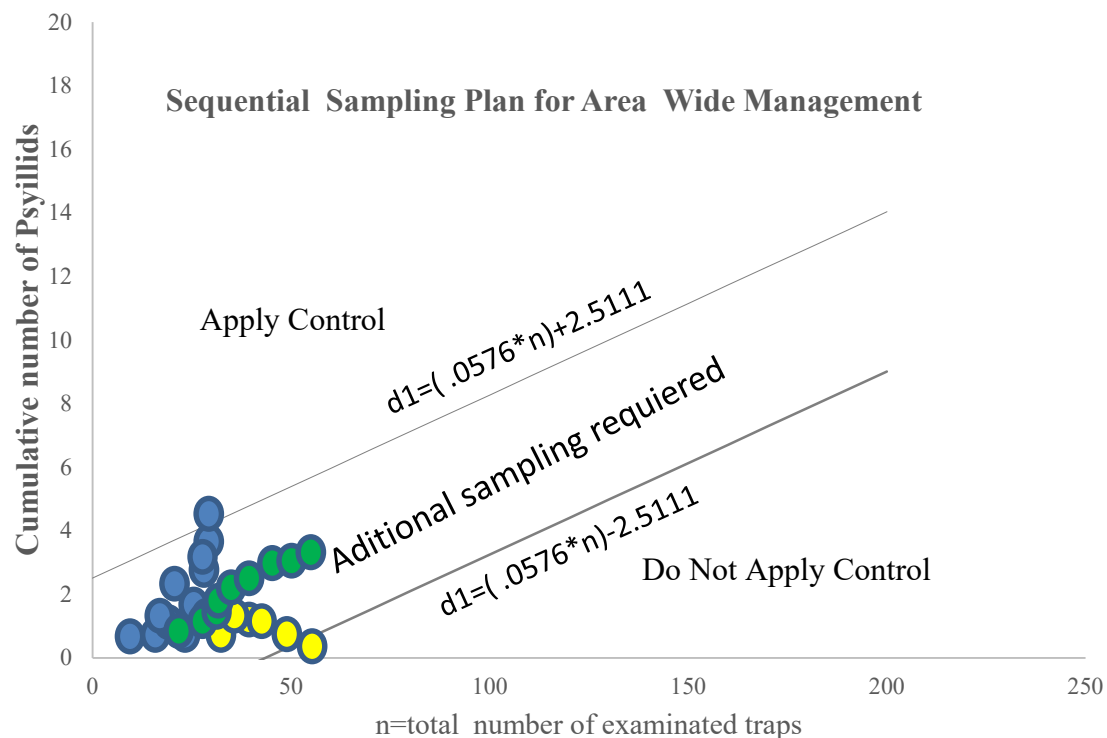
$d1 = (.0576 * n) - 2.5111$

$d2 = (.0576 * n) + 2.5111$

n = Traps number

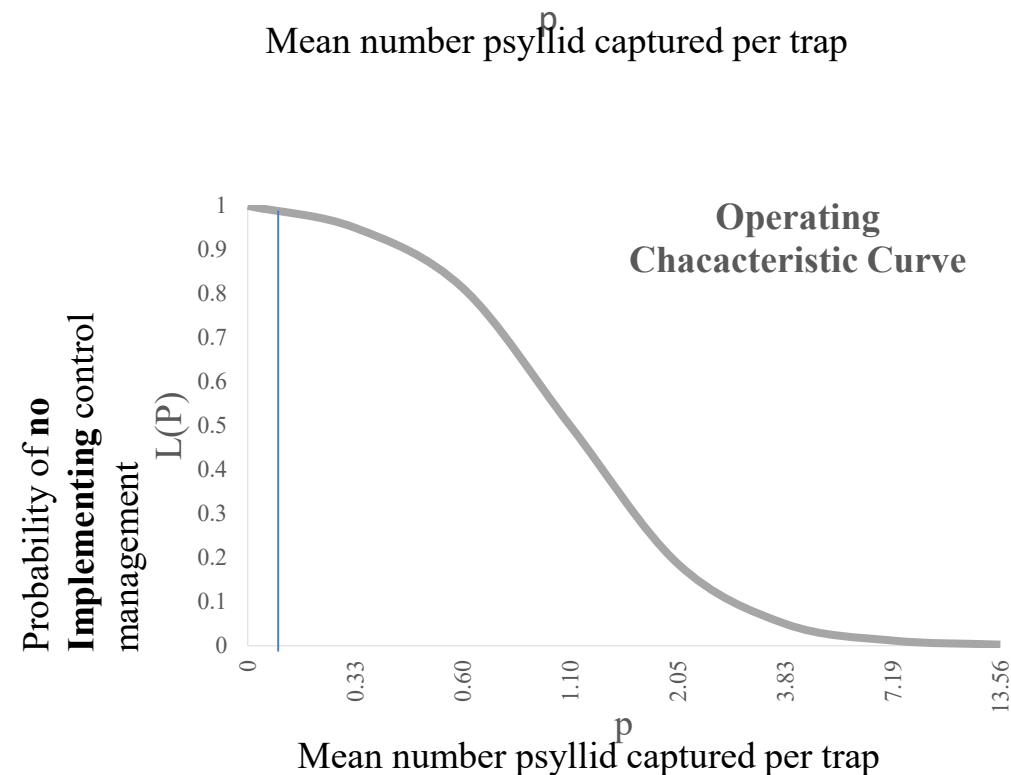
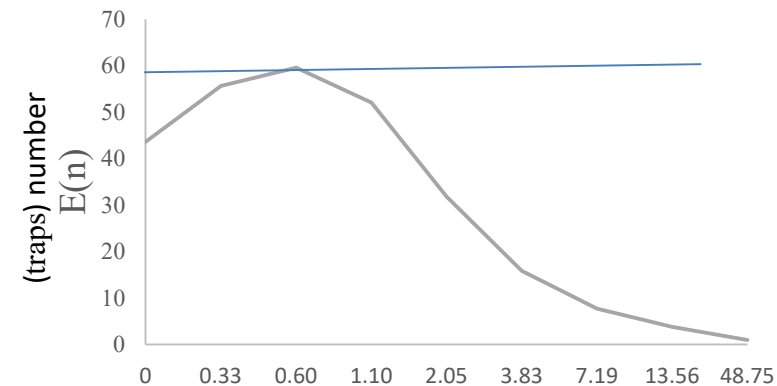
Sequential Sampling Plan for Area Wide Management

(Week 25 to 43)



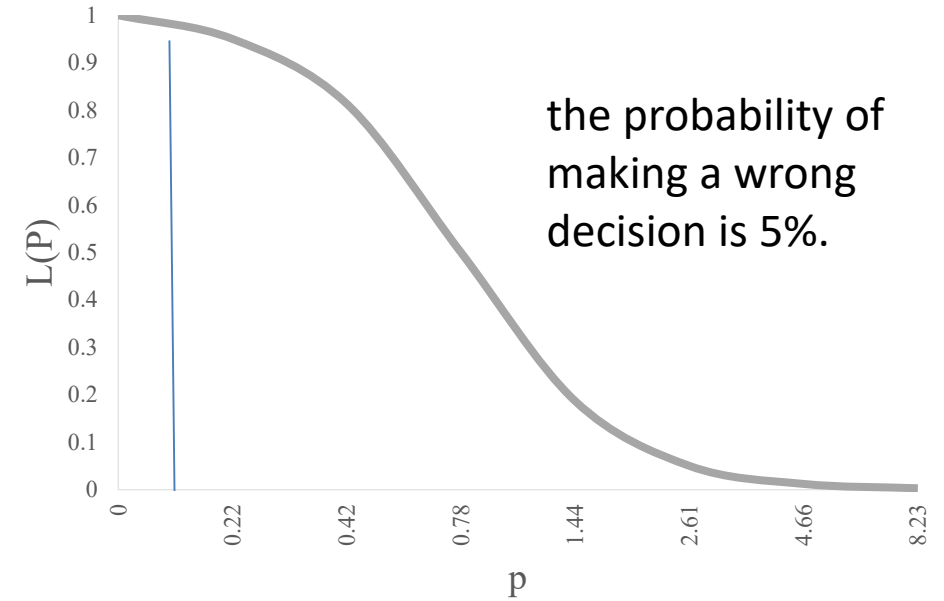
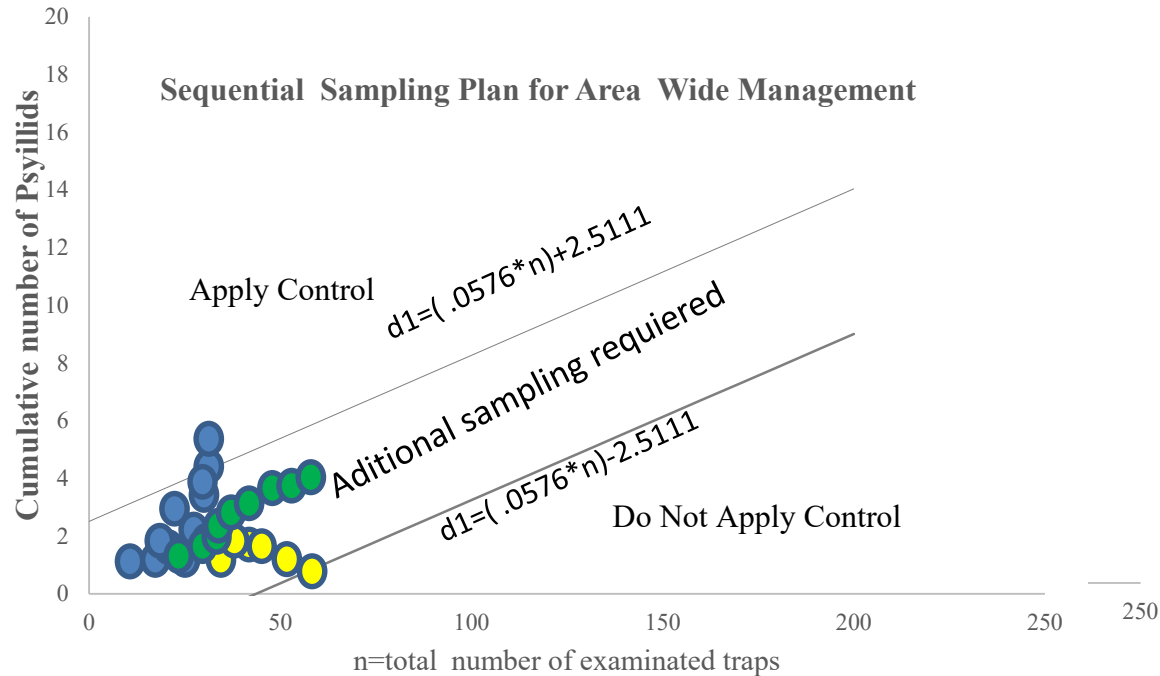
A critical threshold corresponds to find 3 Psyllids in 10 traps

Average Sample Number (ASN)

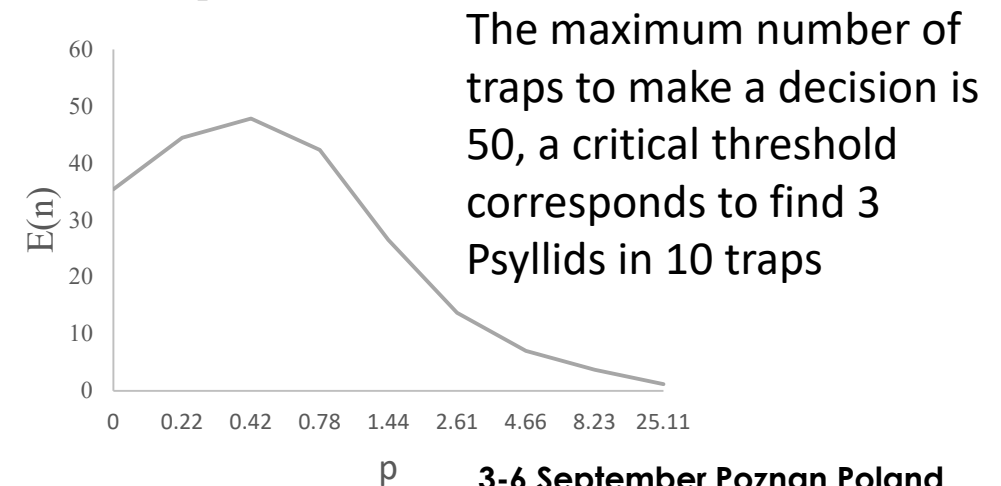


Sequential Sampling Plan for Area Wide Management

(Week 5 to 15)



Curva número de muestreo promedio



Some advances in results in the Regional Control Areas (ARCO)

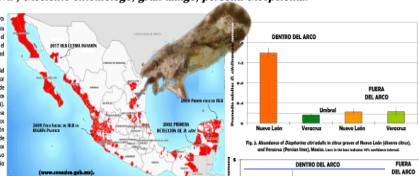
AVANCES EN LA EVALUACIÓN DE ASPERSIONES REGIONALES DE INSECTICIDAS CONTRA *Diaphorina citri* Kuwayama EN EL ARCO DE GENERAL TERÁN, N.L.

Santos Díaz-Martínez¹, J. Isabel López-Arroyo¹, Edgardo Cortez-Mondaca¹, Rosa M. De León²

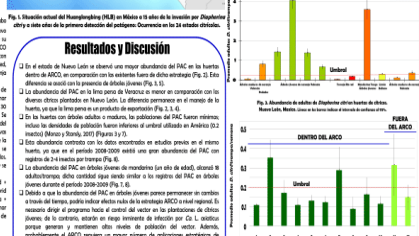
¹ Colegio de Postgrado, Centro de Entomología y Acuicultura, Car. México-Tuxtepec Km. 36.5, Tehuacan, Tlaxcala, Estado de México, CP 52920. INIFAP-Corpo Experimental General Terán, Km. 57 en la Manzanilla China General Terán, N.L., México. e-mail: INIFAP_Corpo_Eperimental_Valle del Paro; Rosal.Ros@afip.cinvestav.mx

Humildemente dedicado a la memoria del Dr. Jesús Loera Gallardo (1945-2017).
Colega INIFAP, excelente entomólogo, gran amigo, persona excepcional.

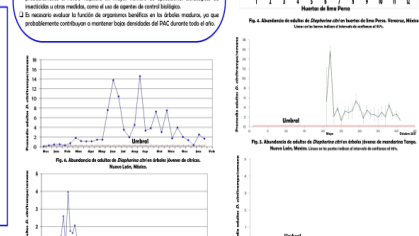
Introducción. *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Luliidae), el primer vector de la enfermedad (DCE), es actualmente una de las plagas más importantes económicamente en México, ya que es el principal vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, el patógeno causal de "Huanglongbing" (HLB), una enfermedad sistémica de los árboles frutales. La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) clasifica a la especie como uno de los diez patógenos más peligrosos del mundo (OIE, 2010). El control de la HLB mediante el uso de insecticidas se ha convertido en un desafío debido a la resistencia de la especie a los insecticidas, el alto costo de los productos químicos y la necesidad de operar en áreas con alta densidad de población humana. Actualmente, se han reportado casos de HLB en varias regiones de México, incluyendo el Estado de Nuevo Léon, donde se ha establecido el primer foco de la enfermedad. En este estudio se evalúa la efectividad de las aplicaciones de insecticidas en un huerto de aguacate en un área de alta densidad de población humana.



Resultados y Discusión. El estudio se realizó en un huerto de aguacate ubicado en el ARCO de General Terán, Nuevo Léon, México. Alrededor de 100 árboles de aguacate fueron divididos en tres grupos: control, dentro del ARCO y fuera del ARCO. Se realizaron cinco aplicaciones de insecticidas por semana. Los resultados muestran que la abundancia de *Diaphorina citri* fue significativamente menor en el grupo dentro del ARCO que en el grupo fuera del ARCO. Esto sugiere que el control de la HLB mediante el uso de insecticidas es más efectivo en áreas con alta densidad de población humana.



Conclusiones. Actualmente en México el manejo del vector del patógeno causal de "Huanglongbing", *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Luliidae), se realiza mediante la aplicación regional de insecticidas en los árboles hospederos de la enfermedad. Este estudio demuestra que el control de la HLB mediante el uso de insecticidas es más efectivo en áreas con alta densidad de población humana. Los resultados muestran que la abundancia de *Diaphorina citri* fue significativamente menor en el grupo dentro del ARCO que en el grupo fuera del ARCO. Esto sugiere que el control de la HLB mediante el uso de insecticidas es más efectivo en áreas con alta densidad de población humana.



Agradecimientos. Agradecemos al Centro de Entomología y Acuicultura del INIFAP-Corpo Experimental General Terán por proporcionar el espacio de trabajo necesario para realizar este estudio.



- It has a great effect in reducing the incidence (90%) and rate of progress (75%) of the HLB;
- The incidence starts later and is slower,
- Reduces the population of local psyllids (from 76 to 97%), even in abandoned orchards
- It allows the use of a less intensive program of local vector control.

REFERENCIAS.
Bull. Ent. Res. 100 (2010) 1-10
Cortez-Mondaca E, Díaz-Martínez S, López-Arroyo JI, Cortez-Mondaca E, De León RM (2018) Efectividad de las aplicaciones de insecticidas en un huerto de aguacate en un área de alta densidad de población humana. Rev. Mex. Entomol. 11(1): 1-10.
Cortez-Mondaca E, Díaz-Martínez S, López-Arroyo JI, Cortez-Mondaca E, De León RM (2018) Efectividad de las aplicaciones de insecticidas en un huerto de aguacate en un área de alta densidad de población humana. Rev. Mex. Entomol. 11(1): 1-10.
Cortez-Mondaca E, Díaz-Martínez S, López-Arroyo JI, Cortez-Mondaca E, De León RM (2018) Efectividad de las aplicaciones de insecticidas en un huerto de aguacate en un área de alta densidad de población humana. Rev. Mex. Entomol. 11(1): 1-10.
Cortez-Mondaca E, Díaz-Martínez S, López-Arroyo JI, Cortez-Mondaca E, De León RM (2018) Efectividad de las aplicaciones de insecticidas en un huerto de aguacate en un área de alta densidad de población humana. Rev. Mex. Entomol. 11(1): 1-10.
Cortez-Mondaca E, Díaz-Martínez S, López-Arroyo JI, Cortez-Mondaca E, De León RM (2018) Efectividad de las aplicaciones de insecticidas en un huerto de aguacate en un área de alta densidad de población humana. Rev. Mex. Entomol. 11(1): 1-10.
Cortez-Mondaca E, Díaz-Martínez S, López-Arroyo JI, Cortez-Mondaca E, De León RM (2018) Efectividad de las aplicaciones de insecticidas en un huerto de aguacate en un área de alta densidad de población humana. Rev. Mex. Entomol. 11(1): 1-10.

Mora (2018),Robles(2016), López(2018)



Thank you Engineer, I am convinced about Sequential Sampling, but I have two question for you :

how are we going to get organized for regional control because we are too many?

- 1) How you're going to convince SENASICA to include their model in the official protocol ?

The big challenge:
How to implement the strategy with small citrus producers (60%)

ARCOS= 500 -1000 ha

The average size of a
citrus orchard is 1.5-2 ha

(SENASICA)The
National Service for
Agri-Food Health,
Safety and Quality



Thank you for your attention !!!!!

Dr Gabriel Díaz Padilla
INIFAP
Agrometeorology and Modeling
diaz.gabriel@inifap.gob.mx

Thank you everybody for your attention !!!!!

Dr Gabriel Díaz Padilla
INIFAP
Agrometeorology and Modeling

diaz.gabriel@inifap.gob.mx



I hope you see you at the group dinner !!!