



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFEECTO DE LA PLANTA HOSPEDERA (BRÓCOLI, COL, RÁBANO), SOBRE EL
POLIMORFISMO DE *Plutella xylostella* BBC AMBATENSE BAJO CONDICIONES
DE LABORATORIO.**

TRABAJO DE TITULACION

PROYECTO DE INVESTIGACION PARA TITULACION DE GRADO

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO**

RUBIO MORENO ROBERTO PATRICIO

RIOBAMBA – ECUADOR

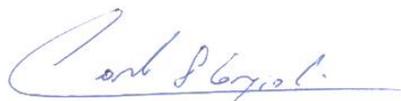
2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

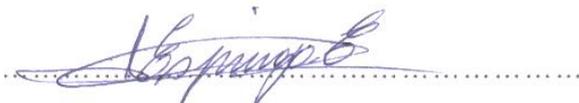
Riobamba, 24 de octubre del 2017

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

El suscrito TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN, Certifica: Que, el señor Rubio Moreno Roberto Patricio, culmino con el trabajo de titulación denominado “EFECTO DE LA PLANTA HOSPEDERA (BRÓCOLI, COL, RÁBANO), SOBRE EL POLIMORFISMO DE *Plutella xylostella* BBC AMBATENSE BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.”, y ha sido prolijamente revisado y aprobado, quedando autorizada su presentación y defensa.



.....
ING. CARLOS FRANCISCO CARPIO COBA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



.....
ING. ARMANDO ESTEBAN ESPINOZA ESPINOZA
ASESOR DEL TRIBUNAL

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, ROBERTO PATRICIO RUBIO MORENO, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que proviene de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 26 de Octubre del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rubio Moreno', is written over a large, stylized circular scribble.

Roberto Patricio Rubio Moreno

C.I. 060496145-8

DEDICATORIA

Dedico este logro y cada uno de los días provechosos a mis padres Gladys y Carlos respondiendo a la obligación moral que tenemos como hijos, los días malos me los dedico a mí y a todos quienes contribuyeron a que renunciara a cumplir mis metas porque gracias a ellos sigo aprendiendo a dejar un lado la cobardía y el miedo para levantar la cabeza, sentir amor propio y seguir adelante.

A Christopher Andrade Rubio.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por brindarme apoyo incondicional y exagerado, y a la dicha de pertenecer a mi familia de apellido Irónico, problemática, única, e irremplazable, todos me han regalado la confianza que me cuestiono merecer.

Al personal del Grupo de investigación GDETERRA especialmente a.
Ing. Carlos Carpio y Dr. Hugo Cerda.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

EFFECTO DE LA PLANTA HOSPEDERA (BRÓCOLI, COL, RÁBANO), SOBRE EL POLIMORFISMO DE <i>Plutella xylostella</i> BBC AMBATENSE BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.....	i
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE DE CONTENIDOS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INDICE DE GRAFICOS.....	xvi
INDICE DE ANEXOS.....	xvi
I. EFECTO DE LA PLANTA HOSPEDERA (BRÓCOLI, COL, RÁBANO), SOBRE EL POLIMORFISMO DE <i>Plutella xylostella</i> BBC AMBATENSE BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.	1
II. INTRODUCCIÓN.....	1
A. JUSTIFICACIÓN.....	3
B. OBJETIVOS	4
1. General	4
2. Específicos	4
C. HIPÓTESIS.....	4
a. Hipótesis para el color	4
b. Hipótesis para el tamaño.....	5
c. Hipótesis para la resistencia a insecticidas químicos.....	5
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
A. <i>Plutella xylostella</i>	6
1. Biología.....	6
2. Morfología.....	7
3. Comportamiento ovipositor y alimentario	8
4. Distribución.....	9
5. Resistencia insecticida.....	9
B. POLIMORFISMO.....	10
1. Variantes de polimorfismos.....	11
2. Polimorfismo del color (lepidopteros).....	12

a.	Causas del cambio de color (Deficiencia hormonal causante del albinismo).....	12
3.	Métodos de evaluación del cambio de color en lepidópteros.....	12
4.	Desarrollo y evolución de la pigmentación de insectos: Mecanismos genéticos y las posibles consecuencias de la pleiotropía.	13
C.	CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS HOSPEDERAS Y COMPORTAMIENTOS DESARROLLADOS POR <i>P. xylostella</i>	15
1.	Comportamiento de <i>P. xylostella</i> en la selección de múltiples plantas huésped y el efecto de estas sobre su fecundidad	15
2.	Clasificación de los cultivares de crucíferas basados en el registro de vida de la polilla de los diamantes (<i>P. xylostella</i>).....	16
3.	Composición química y nutricional del Brócoli, Col, Rábano.....	18
4.	Pigmentos de plantas	19
D.	GLUCOSINOLATOS	22
1.	Funciones de protección a las plantas.....	23
2.	Biosíntesis	23
3.	Defensa de las plantas	24
E.	GENÉTICA DEL COLOR DE LARVAS DE INSECTOS.....	25
1.	Biología molecular bioquímica y genética del color en insectos (adultos y larvas) que generan la expresión diferencial de genes relacionados con el cambio de color de una especie. ...	25
F.	GENÓMICA FUNCIONAL.....	27
1.	Otros agentes ambientales diferentes a la planta hospedera que afecta el color (depredadores, temperatura, densidad).	30
G.	CARACTERÍSTICAS DEL COLOR.....	31
1.	Fuente de Luz:.....	32
2.	Objeto:.....	33
3.	Observador:	33
H.	PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES	33
1.	Conceptos.....	33
2.	Etapas del procesamiento de imágenes	34
3.	Muestreo y Cuantización	35
4.	Conversión en niveles de gris.	37
I.	TECNICAS UTILIZADAS EN EL ANALISIS DE IMÁGENES	38
1.	Avance y uso de tecnología en la aplicación del reconocimiento y clasificación de insectos	38
2.	Segmentación de Imágenes por Intensidad de Color Mediante Método Iterativo Basado en Superpíxeles y Fuzzy C-Means	39
3.	Identificación fotográfica asistida por ordenador supera a los elastómeros de implantes visibles en una salamandra en peligro de extinción, <i>Eurycea tonkawae</i>	41
4.	Auto-clasificación de las imágenes de insectos basadas en histograma de color y GLCM...	43

J.	FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE (“R”)	45
1.	Introducción a “R”	45
2.	El entorno R	46
3.	Principio del funcionamiento y ejecución del software.	47
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	48
A.	CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR	48
1.	Localización	48
2.	Condiciones climáticas	48
B.	MATERIALES	49
1.	Material experimental	49
2.	Material de campo	49
3.	Material de laboratorio	49
4.	Material de oficina	50
C.	METODOLOGÍA	50
1.	Diseño experimental	50
2.	Especificaciones del campo experimental	51
V.	RESULTADOS	56
A.	DETERMINACIÓN DEL POLIMORFISMO DE LA INTENSIDAD DEL COLOR DE LAS LARVAS DE <i>P. xylostella</i> BBC AMBATENSE DURANTE 5 GENERACIONES	56
B.	DETERMINACIÓN DEL POLIMORFISMO DEL TAMAÑO DE LAS LARVAS DE <i>P. xylostella</i> BBC AMBATENSE DURANTE 5 GENERACIONES	70
C.	IDENTIFICACIÓN DE LAS ISOLINEAS DE PARENTESCO EN FUNCIÓN DEL PATRÓN DE COLOR.	82
D.	EXPLORACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS POLIMORFISMOS DE INTENSIDAD DE COLOR A LA APLICACIÓN DE UNA MOLÉCULA INSECTICIDA (CLORPIRIFOS)	91
VI.	CONCLUSIONES	98
VII.	RECOMENDACIONES	99
VIII.	RESUMEN	100
IX.	SUMMARY	101
X.	BIBLIOGRAFÍA	102
XI.	ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración de los larvas y pupas (días) y desempeño (%) (SD) de <i>P. xylostella</i> en las hojas de diferentes cultivares de crucíferas	16
Tabla 2. Longevidad (días) (SD) de la <i>P. xylostella</i> adulta alimentándose de las hojas de diferentes cultivares de crucíferas.....	17
Tabla 3. Composición química y nutricional del Brócoli por 100 gramos de muestra.	18
Tabla 4. Composición química y nutricional de la Col por 100 gramos de muestra.....	18
Tabla 5. Composición química y nutricional de Rábano por 100 gramos de muestra	18
Tabla 6. Nomenclatura del diseño.	54
Tabla 7. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en cinco generaciones alimentadas con brócoli con la prueba de Kruskal Wallis.....	57
Tabla 8. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli.	57
Tabla 9. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en cinco generaciones alimentadas con col con la prueba de Kruskal Wallis.	57
Tabla 10. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de <i>P. xylostella</i> alimentadas con col.....	58
Tabla 11. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P.xylostella</i> en cinco generaciones alimentadas con rábano con la prueba de Kruskal Wallis.	58
Tabla 12. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de <i>P. xylostella</i> alimentadas con rábano.	58
Tabla 13. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P.xylostella</i> en la primera generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.	59
Tabla 14. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en la segunda generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.	59
Tabla 15. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la segunda generación de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col, rábano.....	59
Tabla 16. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en la tercera generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.	60
Tabla 17. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la tercera generación de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col, rábano.....	60

Tabla 18. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en la cuarta generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis..	60
Tabla 19. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la cuarta generación de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col, rábano.....	61
Tabla 20. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en la quinta generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis..	61
Tabla 21. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la quinta generación de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col, rábano.....	61
Tabla 22. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en cinco generaciones procedentes de padres rojos con la prueba de Kruskal Wallis.....	62
Tabla 23. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de <i>P. xylostella</i> procedentes de padres rojos.	62
Tabla 24. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en cinco generaciones procedentes de padres verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	63
Tabla 25. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de <i>P. xylostella</i> procedentes de padres verdes.	63
Tabla 26. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en la primera generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis	63
Tabla 27. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la primera generación de <i>P. xylostella</i> procedentes de padres rojos y verdes.	64
Tabla 28. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en la segunda generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis	64
Tabla 29. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en la tercera generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	64
Tabla 30. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en la cuarta generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	65
Tabla 31. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> en la quinta generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	65
Tabla 32. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.....	65

Tabla 33. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> alimentadas con col procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	66
Tabla 34. Comparación de a pares de las medias de los rangos de padres procedentes de color rojo y verde de <i>P. xylostella</i> alimentadas con col.....	66
Tabla 35. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> alimentadas con Rábano procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	66
Tabla 36. Comparación de a pares de las medias de los rangos de padres procedentes de color rojo y verde de <i>P. xylostella</i> alimentadas con Rábano.	67
Tabla 37. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col, rábano, procedentes de padres de color rojo y verde con la prueba de Kruskal Wallis.....	67
Tabla 38. Comparación de a pares de las medias de los rangos de padres procedentes de color rojo y verde de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col y rábano.	67
Tabla 39. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en cinco generaciones alimentadas con brócoli con la prueba de Kruskal Wallis.....	71
Tabla 40. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli.	71
Tabla 41. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en cinco generaciones alimentadas con col con la prueba de Kruskal Wallis.	71
Tabla 42. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de <i>P. xylostella</i> alimentadas con col.....	72
Tabla 43. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en cinco generaciones alimentadas con rábano con la prueba de Kruskal Wallis.	72
Tabla 44. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de <i>P. xylostella</i> alimentadas con rábano.....	72
Tabla 45. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en la primera generación alimentadas con brócoli, col y rábano con la prueba de Kruskal Wallis.	73
Tabla 46. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en la segunda generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.	73
Tabla 47. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la segunda generación de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col, rábano.....	73

Tabla 48. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en la tercera generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.	74
Tabla 49. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la tercera generación de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col, rábano.....	74
Tabla 50. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en la cuarta generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.	74
Tabla 51. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la cuarta generación de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col, rábano.....	75
Tabla 52. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en la quinta generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.	75
Tabla 53. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la quinta generación de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col, rábano.....	75
Tabla 54. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en la primera generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis	76
Tabla 55. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en la segunda generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.....	76
Tabla 56. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en la tercera generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	76
Tabla 57. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en la cuarta generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis	77
Tabla 58. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la primera generación de <i>P. xylostella</i> procedentes de padres rojos y verdes.	77
Tabla 59. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en la quinta generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis	77
Tabla 60. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	78
Tabla 61. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> alimentadas con col procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	78
Tabla 62. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> alimentadas con rábano procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	78
Tabla 63. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en cinco generaciones procedentes de padres rojos con la prueba de Kruskal Wallis.....	79
Tabla 64. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de <i>P. xylostella</i> procedentes de padres rojos.	79

Tabla 65. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> en cinco generaciones procedentes de padres verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	79
Tabla 66. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de <i>P. xylostella</i> procedentes de padres verdes.	80
Tabla 67. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col y rábano procedentes de padres rojos con la prueba de Kruskal Wallis.	80
Tabla 68. Análisis de varianza del tamaño de larvas de <i>P. xylostella</i> alimentadas con brócoli, col y rábano procedentes de padres verdes con la prueba de Kruskal Wallis.	80
Tabla 69. Análisis de varianza de la mortalidad entre el color de los padres y el alimento de <i>P. xylostella</i> con la prueba de Anova después de 24 horas de la aplicación insecticida.	91
Tabla 70. Análisis de varianza de la mortalidad entre el color de los padres y el alimento de <i>P. xylostella</i> con la prueba de Anova después de 48 horas de la aplicación insecticida.	91
Tabla 71. Prueba de Tukey al 5% del porcentaje de mortalidad a las 48 horas después de la aplicación según el color de los padres de <i>P. xylostella</i>	92
Tabla 72. Análisis de varianza de la mortalidad entre el color de los padres y el alimento de <i>P. xylostella</i> con la prueba de Anova después de 72 horas de la aplicación insecticida.	92
Tabla 73. Prueba de Tukey al 5% del porcentaje de mortalidad a las 72 horas después de la aplicación según el color de los padres de <i>P. xylostella</i>	93
Tabla 74. Análisis de varianza de la mortalidad según el fenotipo de <i>P. xylostella</i> con la prueba de Anova a las 24 horas después de la aplicación insecticida.	93
Tabla 75. Prueba de Tukey al 5% del porcentaje de mortalidad a las 24 horas después de la aplicación según el fenotipo de <i>P. xylostella</i>	94
Tabla 76. Análisis de varianza de la mortalidad según el fenotipo de <i>P. xylostella</i> con la prueba de Anova a las 48 horas después de la aplicación insecticida.	94
Tabla 77. Prueba de Tukey al 5% del porcentaje de mortalidad a las 48 horas después de la aplicación según el fenotipo de <i>P. xylostella</i>	95
Tabla 78. Análisis de varianza de la mortalidad según el fenotipo de <i>P. xylostella</i> con la prueba de Anova a las 72 horas después de la aplicación insecticida.	95
Tabla 79. Prueba de Tukey al 5% del porcentaje de mortalidad a las 72 horas después de la aplicación según el fenotipo de <i>P. xylostella</i>	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de <i>Plutella xylostella</i>	6
Figura 2. Adulto macho de <i>Plutella xylostella</i>	8
Figura 3. Adulto hembra de <i>Plutella xylostella</i>	8
Figura 4. Patrón de color de <i>Bombix mori</i>	27
Figura 5. Espectro electromagnético.	32
Figura 6: longitudes de onda para cada color	32
Figura 7. imagen digital	34
Figura 8. Representación en formato de grilla (matriz) de una imagen digital , M filas x N columnas	34
Figura 9. Arreglo matricial de los pixeles de una imagen	35
Figura 10. Efecto en las imágenes digitales de cómo el muestreo varía en función de la resolución espacial.....	36
Figura 11. Efecto de la cuantización.....	37
Figura 12. Transformación a escala de grises.....	37
Figura 13: Diagrama de flujo principal de instrucción y reconocimiento.....	39
Figura 14. Diagrama de flujo del algoritmo propuesto.....	40
Figura 15. Resultado de la segmentacion utilizando el método SLIC con parámetros: región tamaño-10, factor Rec-1.	40
Figura 16. Análisis estadístico de intensidades de color en cada superpixel. Dependiendo de su homogeneidad de color de cada clúster presenta un histograma con rango variable. Clusters homogéneos son (A,E) y heterogéneos son (B,C,D). Fuente: (Cerón-Esparza et al., n.d.)	41
Figura 17. Resultado de la segmentación después de la segunda etapa. La adherencia a los bordes aumenta conforme el umbral se reduce. Los umbrales usados en las imágenes son los siguientes: (A) 0.3, (B) 0.2, (C) 0.1. los histogramas de los clúster final tienen un rango inferior al umbral establecido.	41
Figura 18. Reconocimiento del patrón de cabeza en <i>Eurycea tonkawae</i>	43
Figura 19. Histogramas de Tono y Saturación dentro de regiones válidas de diferentes muestras de insectos (a: imágenes de muestra alas de lepidópteros, b: histograma del tono del color de cada imagen, c: histograma de la saturación de cada imagen).	44
Figura 20. ubicación de GDETERRA ESPOCH.....	48

Figura 21. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de <i>P. xylostella</i> (color de los padres y alimentación) en la primera generación, en función de la intensidad del color de las larvas.	82
Figura 22. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de <i>P. xylostella</i> (color de los padres y alimentación) en la segunda generación, en función de la intensidad del color de las larvas.	83
Figura 23. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de <i>P. xylostella</i> (color de los padres y alimentación) en la tercera generación, en función de la intensidad del color de las larvas.	84
Figura 24. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de <i>P. xylostella</i> (color de los padres y alimentación) en la cuarta generación, en función de la intensidad del color de las larvas.	84
Figura 25. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de <i>P. xylostella</i> (color de los padres y alimentación) en la quinta generación, en función de la intensidad del color de las larvas.	85
Figura 26. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de <i>P. xylostella</i> (color de los padres y alimentación) durante cinco generaciones, en función de la intensidad del color de las larvas.	86
Figura 27. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de <i>P. xylostella</i> (alimentación) en la primera generación, en función de la intensidad del color de las larvas.....	86
Figura 28. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de <i>P. xylostella</i> (alimentación) en la segunda generación, en función de la intensidad del color de las larvas.	87
Figura 29. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de <i>P. xylostella</i> (alimentación) en la tercera generación, en función de la intensidad del color de las larvas.....	87
Figura 30. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de <i>P. xylostella</i> (alimentación) en la cuarta generación, en función de la intensidad del color de las larvas.....	88
Figura 31. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de <i>P. xylostella</i> (alimentación) en la quinta generación, en función de la intensidad del color de las larvas.....	88

Figura 32. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de <i>P. xylostella</i> (alimentación) durante cinco generaciones, en función de la intensidad del color de las larvas.	89
--	----

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Histograma, análisis de la intensidad del color de las larvas de <i>P. xylostella</i> durante cinco generaciones, para determinar los polimorfismos existentes.	56
Grafico 2. Histograma, análisis del tamaño de las larvas de <i>P. xylostella</i> durante cinco generaciones, para determinar los polimorfismos existentes.	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica del lugar (GDETERRA ESPOCH)	116
Anexo 2. Datos de las medianas de las intensidades del color por bandas (rojo, verde, azul)	117
Anexo 3. Datos de las medidas de longitud de las larvas de cuarto estadio de la quinta generación.	134
Anexo 4. Datos del porcentaje de mortalidad de las larvas de cuarto estadio después de 24, 48, 72 horas de la aplicación insecticida.	150
Anexo 5 Protocolo de producción, y manejo de alimento.	152
Anexo 6 Protocolo implantación del ensayo en laboratorio.	154
Anexo 7 Protocolo de procesamiento del color de imágenes	157
Anexo 8 Protocolo de procesamiento del tamaño de imágenes	169
Anexo 9 Protocolo de resistencia insecticida.	176
Anexo 10 Calendario de actividades diario	178
Anexo 11 Diagrama de pasos a seguir para cumplir las actividades diarias	179
Anexo 12 Procesamiento digital (resultados graficos realizados con Matlab)	180
Anexo 13 Registro de actividades desarrolladas en la investigación	181

I. EFECTO DE LA PLANTA HOSPEDERA (BRÓCOLI, COL, RÁBANO), SOBRE EL POLIMORFISMO DE *Plutella xylostella* BBC AMBATENSE BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.

II. INTRODUCCIÓN

La selección natural lleva al cambio evolucionario cuando individuos con ciertas características poseen una tasa de supervivencia o reproducción más alta que los otros individuos de la población y pasan estas características genéticas heredables a su progenie. Puesto en forma simple, consistente en la supervivencia y la reproducción entre genotipos diferentes, o hasta en genes diferentes, en lo que podríamos llamar el éxito reproductivo. Un genotipo es un grupo de organismos que comparten un conjunto genético específico. (Futuyma, 2004)

Es la idea central que surgió de los estudios de Charles Darwin y de Alfred Russel Wallace, y que explica al diseño en la naturaleza. Es el proceso que es responsable por la evolución de las adaptaciones de los organismos a su medio ambiente. (Futuyma, 2004)

El libro de Darwin *Sobre el Origen de las Especies por Medio de la Selección Natural* causó una gran controversia cuando fue publicado en 1859. Por supuesto, la evidencia en apoyo a la evolución y a la selección natural se ha acumulado con el tiempo, y ahora la ciencia acepta que la evolución es un hecho y que la selección natural explica muy bien como ocurre la evolución adaptativa. (Futuyma, 2004)

La selección natural es la base de todo el cambio evolutivo. Es el proceso a través del cual, los organismos mejor adaptados desplazan a los menos adaptados mediante la acumulación lenta de cambios genéticos favorables en la población a lo largo de las generaciones. Cuando la selección natural funciona sobre un número extremadamente grande de generaciones, puede dar lugar a la formación de la nueva especie. (Haldane, Fisher, & Wright, s.f.)

El carácter sobre el que actúa la selección natural es la eficacia biológica que se mide como la contribución de un individuo a la siguiente generación de la población. (Haldane *et al.*, s.f.)

La selección natural permite a algunos insectos pre-adaptados con genes de resistencia sobrevivir a las aplicaciones de insecticidas y pasar esa característica a su descendencia.

A través de la aplicación continua de insecticidas con el mismo modo de acción (MdA), la selección de los individuos resistentes continúa por lo que la proporción de insectos resistentes en la población aumenta, mientras que los individuos susceptibles son eliminados por el insecticida. Bajo esta permanente presión de selección los insectos resistentes superan en número a los susceptibles y el insecticida se torna ineficaz. La velocidad con que se desarrolla la resistencia depende de varios factores como la rapidez con que los insectos se reproducen, la migración y el rango de hospederos de la plaga, la disponibilidad de poblaciones susceptibles cercanas, la persistencia y la especificidad del producto fitosanitario y la tasa de aplicaciones (momento y número de aplicaciones). (IRAC, 2015)

El polimorfismo del patrón de color en los animales puede influir y ser influenciado por las interacciones entre depredadores y presas. Sin embargo, pocos estudios han examinado si el polimorfismo es adaptativo y no hay evidencia de que la co-ocurrencia de dos o más variantes naturales de color de presa pueda aumentar la supervivencia de las poblaciones. Los investigadores mostraron que los depredadores visuales que explotan presas polimórficas sufren de un rendimiento reducido y además proporcionan evidencia rara en apoyo de la hipótesis de que el polimorfismo de color de presa puede proporcionar protección contra depredadores tanto para individuos como para poblaciones. Este efecto protector proporciona una probable explicación para el rompecabezas evolutivo de larga data de la existencia de polimorfismos de color. (Karpestam, Merilaita, & Anders Forsman, 2016)

A. JUSTIFICACIÓN

Plutella xylostella. Como la gran mayoría de plagas existentes sufre depredación, parasitoidismo ambientalmente, y la evolución ha permitido desarrollar mecanismos de defensa en *P. xylostella* y todos los organismos, ayudados por el ambiente sus huéspedes o en mutuo beneficio entre estos, especialmente en insectos la mimetización se podría decir que ha sido perfeccionada obteniendo resultados muy eficaces.

La producción de alimentos es una actividad que depende de factores climáticos indiscutiblemente, no podemos desarrollar producción sin ellos, esto genera una interacción íntima entre los individuos existentes en ese medio, entre ellos las plantas y los insectos (benéficos y plagas). *P. xylostella*, es considerada una plaga estéticamente económicamente muy importante de crucíferas y para evadir depredación natural o control antrópico ha desarrollado en su evolución una muy eficiente, acelerada y numerosa forma de generar descendencia, la especificidad de huésped es otra de las ventajas ya que esto ayuda al insecto a elevar la tasa de fecundidad y longevidad de adultos.

En previos estudios dirigidos a conocer la eficiencia de algunos extractos botánicos desarrollados en GDETERRA (Grupo de Desarrollo de Tecnología para la Reducción y Racionalización de Agroquímicos) de la ESPOCH, se ha venido trabajando con una población de *P. xylostella* bajo condiciones de laboratorio, en la población mencionada se presentó un fenómeno morfológico de polimorfismo en el color, dicho fenómeno llamo la atención de quienes conformamos el GDETERRA y se propuso desarrollar una metodología de investigación para determinar cuál o cuáles pudiesen ser los causantes de ese polimorfismo, y se plantea el tema propuesto de esta investigación.

B. OBJETIVOS

1. General

Conocer si el polimorfismo de las larvas de la población de *P. xylostella* **BBC ambatense** esta explicado por la alimentación sobre la planta hospedera en la que se cría.

2. Específicos

- a) Determinar el polimorfismo en función de la medición del color de las larvas de *P. xylostella* **BBC ambatense** durante 5 generaciones.
- b) Determinar el polimorfismo en función de la medición del tamaño de las larvas de *P. xylostella* **BBC ambatense** durante 5 generaciones.
- c) Identificar las isolineas de parentesco en función del patrón de color.
- d) Explorar la resistencia de los diferentes polimorfismos en la aplicación de una molécula insecticida (clorpirifos).

C. HIPÓTESIS

1. Hipótesis para el color

a. Hipótesis nula

Si la herencia del color está determinada solamente por la genética en la población de *P. xylostella* **BBC ambatense** este no debería cambiar entre generaciones cuando se alimente con diferentes plantas hospederas.

b. Hipótesis alternante

Si la herencia del color no está determinada solamente por la genética en la población de *P. xylostella* **BBC ambatense** este debería cambiar entre generaciones cuando se alimente con diferentes plantas hospederas.

2. Hipótesis para el tamaño

a. Hipótesis nula

Las larvas de cuarto estadio de *P. xylostella* criadas sobre las variedades de Brassicas (brócoli, col, rábano), tienen el mismo tamaño.

b. Hipótesis alternante

Las larvas de cuarto estadio de *P. xylostella* criadas sobre las variedades de Brassicas (brócoli, col, rábano), no tienen el mismo tamaño

3. Hipótesis para la resistencia a insecticidas químicos

a. Hipótesis nula

Las larvas de *P. xylostella* de diferente color no presentan diferencia en su resistencia a insecticidas químicos.

b. Hipótesis alternante

Las larvas de *P. xylostella* de diferente color presentan diferencia en su resistencia a insecticidas químicos.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. *Plutella xylostella*

Plutella xylostella conocida como palomilla dorso de diamante o DBM (siglas en inglés Diamondback moth), es una plaga cosmopolita que afecta a los cultivos de la familia de las Brassicaceas en todo el mundo. (Castelo Branco, 1997)

Debido al uso irracional de sustancias insecticidas para controlar DBM, ha generado que esta plaga desarrolle una alta resistencia, por lo que, su control con este mecanismo es en ocasiones poco efectivo o nulo, provocando a la vez un problema ambiental ya que los productos que se usan son altamente tóxicos (Fernández & Alvarez, 1988)

1. Biología

Estudios realizados sobre *P. xylostella* (L.) del orden Lepidóptera, familia Yponomeutidae, establece que el ciclo de vida de esta polilla en promedio es de 17,1 días. Es una especie multivoltina con cuatro a 20 generaciones por año en regiones templadas y tropicales respectivamente. (Fernández & Alvarez, 1988)

La duración promedio de las diferentes fases de desarrollo del insecto es de: Huevo 2 – 3 días, larva de 7 – 8 días y pupa de 3 – 4 días. Presenta cuatro instares larvales. La longevidad de los adultos en promedio es de 21 - 23 días. (Fernández & Alvarez, 1988)

PLANTA HOSPEDERA DE *P. xylostella*

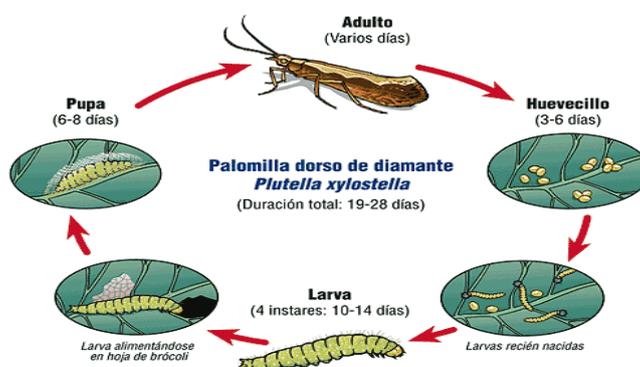


Figura 1. Ciclo de vida de *Plutella xylostella*

Fuente: www.bayercropscience.com.mx (s.f)

2. Morfología

A continuación, se presenta la descripción de las fases del insecto *P. xylostella*:

a. Huevo: Presentan una forma óvalo aplanada, de color amarillo claro recién colocados, cambiando de tonalidad hasta llegar a oscurecerse para el tiempo de eclosión. Tiene una longitud promedio de 0,48 mm de longitud y 0,28 mm de ancho. (Fernández & Alvarez, 1988)

b. Larva: La larva recién emergida es de color blanco pálido, con la cabeza marrón oscura. Al momento de emerger tiene una longitud promedio de 1,20 mm, esta larva se desplaza por la hoja y luego hace una pequeña “mina” superficial. Al iniciar su segundo instar la larva abandona la “mina” y se convierte en defoliador, causando perforaciones en el tejido foliar. Finalizando el último instar, el cuerpo tiene una coloración verde claro con la cabeza marrón y la longitud promedio del cuerpo es de 10,27 mm. La prepupa es de forma más contraída, especialmente en la región de la cabeza y tórax, cesa su alimentación y pierde movilidad. (Fernández & Alvarez, 1988)

c. Pupa: La pupa es obtecta con una longitud promedio de 6,83 mm. Al principio de su formación tiene un color verde brillante, más tarde se torna blanco crema y antes de emerger el adulto es de color marrón oscuro. La pupa se halla encerrada en un fino capullo de seda de color blanco. En esta fase es muy difícil diferenciar el sexo por presentar una morfología externa muy similar en esta especie. (Fernández & Alvarez, 1988)

d. Adulto: El adulto es una polilla cuya longitud promedio del cuerpo es de 10,56 mm. Las alas anteriores son angostas con manchas pálidas en la parte media, semejando, cuando están en reposo a un diamante en la parte dorsal del insecto. El adulto hembra se diferencia muy fácilmente del macho por su genitalia externa, pero además en la hembra se presenta la mancha dorsal con una coloración más clara y brillante (Fernández & Alvarez, 1988).

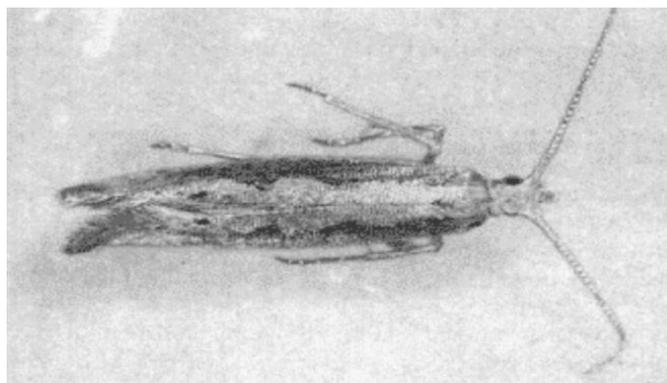


Figura 2. Adulto macho de *Plutella xylostella*

Fuente: (Fernández & Alvarez, 1988).

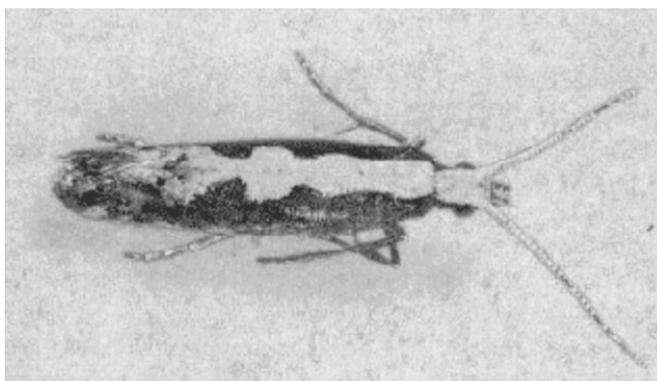


Figura 3. Adulto hembra de *Plutella xylostella*

Fuente: (Fernández & Alvarez, 1988).

3. Comportamiento ovipositor y alimentario

Las larvas recién nacidas de *P. xylostella* son minadoras de hojas ya que se alimentan del tejido del mesófilo esponjoso (Harcourt, 1957). Las larvas mayores se alimentan de todas las partes de la planta (Talekar & Shelton, 1993). El segundo, tercer y cuarto instar larval se alimentan del tejido de la hoja, haciendo agujeros en la hoja a manera de ventana, si es una severa infestación, la hoja entera puede ser afectada. Las larvas de *P. xylostella* también se alimentan de tallos, puntos de crecimiento, flores y vainas de semillas. (Ramachandran *et al.*, 1998).

Las hembras de *P. xylostella* en promedio colocan de 118 – 234 huevos. El período de preoviposición y oviposición dura en promedio de 3 y 11 días respectivamente. La mayor cantidad de huevos son puestos en el segundo día después de iniciado el

proceso de oviposición. Las posturas de este insecto se realizaron en horas nocturnas. Colocan sus huevos ya sea en el haz o envés de la hoja. (Fernández & Alvarez, 1988).

4. Distribución

La palomilla dorso de diamante es originaria del Mediterráneo, región que también es centro de origen de las más importantes especies de plantas de la familia de las crucíferas, de donde se distribuyó a todos los países donde se cultivan brócoli y coliflor.

Se estima que ésta es la especie de mayor distribución a nivel mundial. Una de las causas por las que la palomilla dorso de diamante causa severos daños en varios países es la ausencia de fauna benéfica natural, especialmente parasitoides. (Lim, 1986), lo cual se debe a la capacidad de la plaga para establecerse rápidamente en nuevas áreas productoras, y a su habilidad para emigrar a otras áreas ubicadas a grandes distancias en donde no existe suficiente control biológico asociado (Bretherton, 1982; French, 1967).

5. Resistencia insecticida.

Antes del uso de insecticidas sintéticos, introducidos a finales de los años 1940, *P. xylostella* no se consideraba una plaga. Ya a mediados de los años 1950, el uso indiscriminado de estos insecticidas sintéticos terminó por eliminar a los enemigos naturales de *P. xylostella*. Al eliminar al enemigo natural de *P. xylostella* se incrementó aún más el uso de estos insecticidas, dando como resultado resistencias eventuales a insecticidas y fallos en el control de plagas de *P. xylostella*. Indirectamente se estaban seleccionando positivamente aquellos individuos que presentan resistencia a insecticidas debido a la presión selectiva que se estaba ejerciendo con los mismos. (Talekar, & Shelton, 1993). En 1953, *P. xylostella* se convirtió en el primer insecto que desarrollaba resistencia al DDT (Ankersmit, 1953).

B. POLIMORFISMO

En biología existe **polimorfismo** (del griego: *πολύ* «poli» = muchos, y *μορφή* «morfé» = forma, figura) cuando en una población de la misma especie hay dos o más fenotipos claramente diferenciados, es decir, existe más de un **morfo** o **fase**. Para ser clasificadas como tales las fases debe ocupar el mismo hábitat al mismo tiempo y pertenecer a una población panmíxica (una con apareamientos aleatorios). (Ford, 1965)

El polimorfismo descrito así se refiere a la existencia de formas distintas del fenotipo. El término también es usado de forma algo diferente por los biólogos moleculares para describir ciertas mutaciones puntuales del genotipo, como el polimorfismo de nucleótido simple (véase también polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción). De esta acepción no se tratará en este artículo ya que se desarrolla en el artículo Polimorfismo (genética). (Dobzhansky & Theodosius, 1951).

El polimorfismo es común en la naturaleza, está relacionado con la biodiversidad, la variación genética y la adaptación. Generalmente sirve para mantener variedad de formas de una población viva en un ambiente variado. El ejemplo más corriente es el dimorfismo sexual, que ocurre en muchísimos organismos. Otros ejemplos son las formas miméticas de las mariposas, o los grupos sanguíneos y colores de pelo de los humanos. (Dobzhansky & Theodosius, 1951).

Según la teoría evolutiva el polimorfismo resulta de procesos evolutivos, como cualquier aspecto de las especies. Es hereditario y modificable por la selección natural. En caso del polifenismo, la composición genética de un individuo permite varios morfos, y el mecanismo que desencadena el cambio entre morfos es ambiental. En el *polimorfismo genético* la composición genética determina el morfo. En las hormigas se presentan ambas formas en una sola población. (Clark, 1976 & Ford, 1975).

1. Variantes de polimorfismos

- a. **Molecular:** como los genes de grupo sanguíneo en los vertebrados. - cromosómico, como pueden ser los cambios en la estructura y número de los cromosomas, que constituyen una clase especial de caracteres polimorfos. (Gutierrez, 2006)
- b. **Proteico:** como son las proteínas que tienen diferentes secuencias de aminoácidos (distinta carga neta). (Gutierrez, 2006).
- c. **Inmunológico,** como la producción de antígenos en vertebrados. Ej: grupos sanguíneos: Sistema ABO, Sistema MN, Sistema Rh. (Gutierrez, 2006).
- d. **Fisiológico,** como el calabacín, que es muy variable en características tanto vegetativas como reproductivas. (Gutierrez, 2006)
- e. **Fenotípico,** como por ejemplo las variaciones de guisantes lisos/rugoso-verdes/amarillos, la presencia o ausencia de ciertas estructuras dentarias en los mamíferos, las venas de las alas o las alas enteras en los insectos, el modo de enrollarse la concha de los caracoles (dextral vs. sinistral) o la asimetría en los peces planos, son otros casos muy conocidos. (Gutierrez, 2006).
- f. **Mimético:** es común en muchas especies de mariposas, en su mayoría tropicales, en las que se dan varios tipos de color dentro de una misma población, cada una de las cuales mimetiza una especie diferente de mal sabor y así consiguen protegerse de las aves insectívoras. Aunque en el género *Papilio* sólo las hembras son miméticas; en otros géneros pueden ser miméticos los dos sexos. (Gutierrez, 2006)).
- g. **De coloración:** puede afectar a ambos sexos o a uno solo. Otro ejemplo de polimorfismo de coloración es el que se observa en las conchas de caracoles terrestres. El polimorfismo de coloración limitado al sexo femenino está muy extendido en lepidópteros y odonatos, pero aparece raramente en coleópteros, lagartos, aves y en copépodos marinos. (Gutierrez, 2006).

2. Polimorfismo del color (lepidopteros).

c. **Causas del cambio de color (Deficiencia hormonal causante del albinismo).**

En una investigación se obtuvo una cepa albina de *Locusta migratoria* (langosta migratoria) mediante la selección de mutantes albinos que habían aparecido de forma espontánea en una acción de laboratorio establecida originalmente de una población de Okinawa (Japón). En esta cepa, el albinismo se controla mediante una sencilla unidad mendeliana. (Hasegawa & Tanaka, 1994).

Como se informó para otra cepa albina de la misma especie (Verdier, 1965), esta cepa no expresa los pigmentos sólo bajo condiciones de hacinamiento, y desarrolla un pigmento verde bajo aislamiento (Tanaka, 1993) como un individuo solitario normal. Sorprendentemente, las ninfas albinas desarrollaron varios colores oscuros cuando se implantaron con cerebros o CC extraídos de individuos normales conspecíficos. (Tanaka, 1993).

Por lo tanto, se concluyó que el albinismo de esta cepa es causado por algún factor hormonal presente en el cerebro y / o CC. (Tanaka, 2001).

Un mecanismo similar que controlaba la inducción del color oscuro se sugirió para otro modelo, *Schistocerca gregaria* (langosta del desierto), en el que las ninfas verdes aisladas desarrollaron patrones negros cuando se incorporaron con CC extra. (Tanaka & Yagi, 1997).

En esta especie, el oscurecimiento también fue inducido por la implantación de CC de *L. migratoria* normal. Se señaló la posibilidad de que las dos especies de langostas compartan el mismo factor hormonal para el control del color oscuro. (Tanaka, 2001).

3. Métodos de evaluación del cambio de color en lepidópteros.

a. **Identificación de factores en la inducción de la oscuridad del color:**

En una investigación desarrollada en 1994, utilizando la cepa albina de *L. migratoria* como un nuevo sistema de bioensayo, se intentó identificar los factores que inducen el

color oscuro en los lechos analizando los extractos de la corpora cardiaca de adultos de *L. migratoria* CC obtenidos de individuos normales. Los factores de inducción de color oscuro de CC se podían extraer fácilmente con metanol, pero los extractos crudos inyectados eran eficaces para inducir el color oscuro en las ninfas albinas sólo después de ser secados y mezclados con aceite de cacahuete. (Tanaka & Pener, 1994., Tanaka, 1996).

No tenían efecto cuando se disolvieron en solución acuosa. Posiblemente, el factor de inducción de color oscuro, que de otro modo puede degradarse o excretarse rápidamente del cuerpo, es liberado de las gotas de aceite lentamente hacia la hemolinfa y su presencia de larga duración es necesaria para provocar la respuesta. Los extractos de CC de las dos especies permanecieron activos después del tratamiento térmico, pero perdieron la actividad si se incubaban con una proteinasa. (Tanaka, 2001)

El aislamiento cromatográfico de los dos neuropéptidos se controló utilizando una bioasa con la cepa albina de *L. migratoria* (Tawfik *et al*, 1999).

Como resultado, se encontró que eran el mismo compuesto que contenía 11 aminoácidos e idénticos a [His7] -corazonina, que se había pre-aislado del corpus cardiaca de otra acridida, *Schistocerca americana*, sin función conocida. (Veenstra, 1991).

Inyecciones del sintético [His7] -corazonina en aceite de cacahuete en las ninfas albinas a una dosis de 10 fmol. Las inyecciones de 10 pmol o concentraciones más altas hicieron que la mayoría de las ninfas albinas se volvieran completamente negras. (Tanaka, 2001)

4. Desarrollo y evolución de la pigmentación de insectos: Mecanismos genéticos y las posibles consecuencias de la pleiotropía.

La pigmentación de los insectos es un sistema modelo primario en la biología evolutiva y del desarrollo. Ha estado en el corazón de los estudios clásicos, así como de los últimos avances. En los insectos, los pigmentos son producidos por las células

epidérmicas a través de un proceso de desarrollo que incluye patrones de pigmentos y síntesis. Muchos aspectos de este proceso también afectan a otros fenotipos, incluyendo el comportamiento y la inmunidad. (Wittkopp & Beldade, 2009).

A diferencia de los vertebrados, que utilizan tipos de células especializadas y células migratorias para crear patrones de pigmento del cuerpo. (Hoekstra, 2006). Los insectos sintetizan típicamente pigmentos de color corporal y / o precursores de pigmento en sus células epidérmicas. (Wittkopp & Beldade, 2009).

En algunos casos, se encuentran pigmentos dentro de células epidérmicas modificadas (por ejemplo, escalas en alas de mariposa, pero por lo general estas moléculas se incorporan en el duro exoesqueleto que recubre las células epidérmicas a través de un proceso conocido como la esclerotización. Así, el color del cuerpo del insecto no es simplemente pintura sobre una pared; sino que es como el color integrado de la propia pared. (Tenga en cuenta que esto no se aplica a pigmentación ocular, donde los pigmentos están localizados en una célula específica). (Wittkopp & Beldade, 2009).

Entre los insectos, el desarrollo de la pigmentación se entiende mejor *en Drosophila. Melanogaster* (mosca de la fruta). La pigmentación es uno de los pocos rasgos adultos en estas especies para las que los genes reguladores que afectan el patrón de desarrollo, los genes que producen en última instancia el rasgo de adulto, y bioquímicos se conocen en detalle los enlaces entre ellos. (Wittkopp & Beldade, 2009).

Esta discusión sobre la pigmentación, desarrollo y la evolución divide el proceso de pigmentación en dos etapas (1) posicionamiento pigmentos en el espacio y el tiempo y (2) la síntesis bioquímica de pigmentos. Los genes involucrados en estos dos pasos serán referidos como "patrón" y "efector" genes, respectivamente. Patrón de genes regulan la distribución de pigmentos por activación directa o indirecta expresión de genes efectores que codifican las enzimas y co-factores necesarios para la biosíntesis del pigmento. (Wittkopp & Beldade, 2009).

a. Evolución del desarrollo de la pigmentación

La diversidad de la pigmentación indica que los mecanismos de pigmentación desarrollados no son estáticos, sino que varían dentro de las especies. (Wittkopp & Beldade, 2009).

C. CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS HOSPEDERAS Y COMPORTAMIENTOS DESARROLLADOS POR *P. xylostella*.

1. Comportamiento de *P. xylostella* en la selección de múltiples plantas huésped y el efecto de estas sobre su fecundidad

Los insectos herbívoros a menudo tienden a estar presentes en densidades más altas en plantas hospedantes cultivadas en monocultivos que en ambientes diversos. Se cree que los mecanismos subyacentes son que los insectos polívoros tienen dificultad en seleccionar sitios de alimento o de ovoposición cuando existe múltiples plantas huésped. Sin embargo, esta hipótesis debe ser ampliamente investigada. (Hou, 2014)

Este experimento de campo reveló que la población de polillas de diamantes, *P. xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), disminuyó significativamente en un campo de cultivo mixto en comparación con un monocultivo. Para determinar las razones de la reducción de la población en el campo de cultivo mixto, se comparó el comportamiento de despegue y la fecundidad de las hembras en ambientes de laboratorio de libre elección mediante grabaciones en video en la selección de huésped por *P. xylostella*. (Hou, 2014)

Los adultos presentaron una frecuencia de despegue significativamente mayor en ambientes de libre elección que en aquellos tratamientos sin elección y preferían aterrizar en plantas *Brassica campestris* (L.) o *Brassica juncea* (Coss) en contraste con *Brassica oleracea* (L.). Las hembras adultas en el ambiente de libre elección también pusieron menos huevos en comparación con el monocultivo. Los experimentos olfativos demostraron que la orientación de *P. xylostella* a las sustancias volátiles del huésped cuando se les presentó una opción entre olores de plantas y aire limpio, pero las hembras no mostraron preferencia cuando se presentaron simultáneamente olores de tres especies de Brassicaceae. Concluimos que el cultivo mixto altera el comportamiento de *P. xylostella* en el hallazgo del huésped, resultando en una ovoposición reducida. (Hou, 2014).

2. Clasificación de los cultivares de crucíferas basados en el registro de vida de la polilla de los diamantes (*P. xylostella*)

Se observaron diferencias en la duración y desempeño de los estadios larvario y pupal y también en la longevidad de adultos de *P. xylostella* atribuible a los cultivares (Tablas 1 y 2), indicando el efecto de los cultivares en la historia de vida de la plaga. Los insectos que se alimentaron con coliflor "Bola de Nieve" mostraron el período larval más corto (8,3 d). El tiempo de duración de las larvas fue significativamente más corto que el de los insectos alimentados con col de "Midori" y el híbrido "TPC668". Los insectos alimentados con los cultivares de col "Midori" y "Chato de Quintal" mostraron un bajo rendimiento larval (27,0% y 17,7%, respectivamente) y el porcentaje de emergencia en estos tratamientos fue de 56,7% y 63,1%, respectivamente. Estos valores fueron significativamente más bajos que los de las orugas que se alimentaron con el cultivar de col rizada. El brócoli fue un alimento de buena calidad para el desarrollo de la polilla de los diamantes, como lo demuestra el alto rendimiento larvario (Tabla 1). Los cultivares se clasificaron en 3 grupos de resistencia diferentes basados en los valores de CRP. El cultivar de Kale fue más susceptible a la plaga. La coliflor "Bola de Nieve", el brócoli "Ramoso Piracicaba Precoce", la col de "Chato de Quintal" y los híbridos de col "TPC668", "TPC681" y "TPC308" mostraron características intermedias y el híbrido "Midori"

(Bortoli, S., Ferraudo São, A. S., Vacari São, A. M. 2013)

Tabla 1. Duración de los larvas y pupas (días) y desempeño (%) (SD) de *P. xylostella* en las hojas de diferentes cultivares de crucíferas

Genotype	Period (days)		Performance (%)	
	Larval	Pupal	Larval	Pupal
Collard greens – M	8.7 ± 0.59 ^{ab}	2.8 ± 0.35 ^{bc}	91.2 ± 18.4 ^a	100.0 ± 0.0 ^a
Cabbage – CQ	9.2 ± 0.58 ^{ab}	2.9 ± 0.33 ^{abc}	27.0 ± 8.9 ^{cd}	63.1 ± 29.9 ^b
Cabbage – Midori	10.7 ± 0.40 ^a	3.6 ± 0.41 ^a	17.7 ± 4.5 ^d	56.7 ± 34.9 ^b
Cabbage – TPC668	10.5 ± 0.45 ^a	3.5 ± 0.50 ^{ab}	40.5 ± 18.6 ^{bc}	70.7 ± 29.9 ^{ab}
Cabbage – TPC681	10.1 ± 0.63 ^{ab}	2.8 ± 0.57 ^{bc}	50.0 ± 15.6 ^b	75.4 ± 20.0 ^{ab}
Cabbage – TPC308	9.1 ± 0.40 ^{ab}	3.3 ± 0.76 ^{abc}	52.0 ± 25.0 ^b	79.3 ± 21.9 ^{ab}
Cauliflower – BN	8.3 ± 1.30 ^b	2.7 ± 0.36 ^c	34.0 ± 18.4 ^{bcd}	72.0 ± 28.7 ^{ab}
Broccoli – RPP	9.1 ± 0.71 ^{ab}	3.3 ± 0.90 ^{abc}	77.0 ± 14.2 ^a	80.0 ± 14.68 ^{ab}

M = Manteiga; CQ = chato-de-Quintal; BN = Bola De Neve; RPP = Ramoso Piracicaba Precoce.

Fuente: (Bortoli, S., Ferraudo São, A. S., Vacari São, A. M. 2013)

Los medios seguidos por la misma letra del sobrescrito en la misma columna no diferían perceptiblemente (prueba de Tukey, $P > 0.05$).

La fecundidad de la polilla y la proporción de sexos no difieren entre los cultivares. El cultivar "Midori" influyó negativamente en las características biológicas directamente relacionadas con el tiempo de generación de la plaga, es decir, el rendimiento de las larvas, el período larvario y la duración de la pupa.

Los cultivares de col que tienen efectos similares a los del cultivar "Midori" (Figura 1) también tienen el potencial de limitar el crecimiento de la población de *P. xylostella*. (Bortoli, S., Ferraudo São, A. S., Vacari São, A. M. 2013)

Dos valores propios de PCA mostraron valores superiores a la unidad y retenidos juntos 78,42% (46,75% en PC1 y 31,67% en PC2) de la variabilidad contenida en la variabilidad original, siendo posible identificar tres grupos de cultivares (Figura 2). El grupo localizado en el lado derecho (brocolli y col rizada) tendió a ser similar y ambos eran más altamente susceptibles a *P. xylostella* que los otros cultivares (Figura 2). Esto se debió principalmente al alto rendimiento larvario y pupal y a la ganancia en el peso de pupas de los insectos alimentados con estos cultivares (Figura 3), contrastando con el grupo izquierdo (cultivar Chato-the-Quintal y Midori y TPC668 "Híbridos) que mostraron el rendimiento larvario y pupal más bajo, y pupa. (Bortoli, S., Ferraudo São, A. S., Vacari São, A. M. 2013)

Tabla 2. Longevidad (días) (SD) de la *P. xylostella* adulta alimentándose de las hojas de diferentes cultivares de crucíferas.

Genotype	Longevity (days)
Collard greens – M	9.1 ± 0.60 ^a
Cabbage – CQ	5.8 ± 0.38 ^{cd}
Cabbage – Midori	6.2 ± 0.00 ^{abc}
Cabbage – TPC668	6.6 ± 1.79 ^{abc}
Cabbage – TPC681	7.2 ± 1.35 ^{abc}
Cabbage – TPC308	2.8 ± 0.14 ^d
Cauliflower – BN	5.9 ± 0.13 ^{bcd}
Broccoli – RPP	9.1 ± 0.38 ^{ab}

M = Manteiga; CQ = chato-de-Quintal; BN = Bola De Neve; RPP = Ramoso Piracicaba Precoce.

Fuente: (Bortoli, S., Ferraudo São, A. S., Vacari São, A. M. 2013)

3. Composición química y nutricional del Brócoli, Col, Rábano.

a. Brócoli

Tabla 3. Composición química y nutricional del Brócoli por 100 gramos de muestra.

Por 100 gramos:

Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad
Energía	26	Fibra (g)	3	Vitamina C (mg)	110
Proteína	3	Calcio (mg)	93	Vitamina D (µg)	0
Grasa Total (g)	0.40	Hierro (mg)	1.40	Vitamina E (mg)	1
Colesterol (mg)	0	Yodo (µg)	2	Vitam. B12 (µg)	0
Glúcidos	2.40	Vitamina A (mg)	69	Folato (µg)	110

Fuente: (Iberoamericana, 2005)

b. Col

Tabla 4. Composición química y nutricional de la Col por 100 gramos de muestra

Por 100 gramos:

Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad
Energía	24	Fibra (g)	2	Vitamina C (mg)	49
Proteína	1.40	Calcio (mg)	52	Vitamina D (µg)	0
Grasa Total (g)	0.27	Hierro (mg)	0.70	Vitamina E (mg)	0.20
Colesterol (mg)	0	Yodo (µg)	2	Vitam. B12 (µg)	0
Glúcidos	4.30	Vitamina A (mg)	33.30	Folato (µg)	75

Fuente: (Iberoamericana, 2005)

c. Rábano

Tabla 5. Composición química y nutricional de Rábano por 100 gramos de muestra

Por 100 gramos:

Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad	Nutrientes	Cantidad
Energía	16	Fibra (g)	1.20	Vitamina C (mg)	23
Proteína	0.60	Calcio (mg)	20	Vitamina D (µg)	0
Grasa Total (g)	0.30	Hierro (mg)	0.80	Vitamina E (mg)	-
Colesterol (mg)	0	Yodo (µg)	1.20	Vitam. B12 (µg)	0
Glúcidos	2.60	Vitamina A (mg)	2	Folato (µg)	50

Fuente: (Iberoamericana, 2005)

4. Pigmentos de plantas

Las plantas producen más de 200000 tipos diferentes de compuestos. (Fiehn, 2002), muchos de ellos los de color (pigmentadas). Los seres humanos reconocen el color de un compuesto percibiendo, al ser reflejada o transmitida luz de longitudes de onda 380 y 730 nm, mientras que los insectos reconocen las longitudes de onda de luz más cortas. (Davies, 2004).

a. **Flavonoides / antocianinas**

Los flavonoides están entre los metabolitos secundarios mejor caracterizados de las plantas en términos de química, mecanismo de coloración, bioquímica, genética y biología molecular (Grotewold, 2006., Harborne, 1988, 1994., Stafford, 1990).

Las antocianinas son ampliamente utilizadas como colorantes alimentarios naturales, por ejemplo, la cianidina acilglucósidos de col roja (*Brassica oleraceavar.capitata*) y frutina de Perilla. (Tanaka, Sasaki, & Ohmiya, 2008).

1) Estructuras y colores.

Los flavonoides, con una estructura básica de C₆-C₃-C₆, se distribuyen ampliamente entre las plantas terrestres. Dependiendo de sus estructuras, los flavonoides pueden clasificarse en una docena de grupos, como chalconas, flavonas, flavonoles y antocianinas. La modificación de flavonoides con grupos hidroxilo, metilo, glicosilo y acilo da como resultado varios miles de estructuras. (Tanaka *et al.*, 2008)

De naranja a azul: antocianinas.

Se conocen un total de 19 tipos de antocianidinas, agliconas o cromoforas de antocianinas, pero sólo hay seis especies principales: pelargonidina, cianidina, peonidina, delphinidina, petunidina y malvidina. Su color depende en gran medida del número de grupos hidroxilo en el anillo B. Cuanto mayor es el número de grupos, más azul es el color. La metilación de las antocianinas tiene un ligero efecto de rojizo, Las antocianidinas se modifican por modos inversos de los restos glicosilo de una manera específica de la familia o de la especie. (Tanaka *et al.*, 2008).

Amarillo: chalcones, aurones, flavonoles y flavonas

Muchas flores de color amarillo pálido, como claveles (*Dianthus caryophyllus*) y cyclamens (*Cyclamen persicum*), contienen 2', 4,4', 6' -tetrahidroxi chalcona (THC) 2' -glucósido (isosali-purpúreo). El cártamo (*Cathamus tinctorius*) produce un glucósido de chalcona raro y amarillo, safflomin A, que se utiliza como colorante. Algunas Asteraceae (la familia del crisantemo) producen 6'-desoxalcalconas de color amarillo pálido. Los Aurones, una clase de flavonoides raros, dan flores amarillas más brillantes que chalcones, y se encuentran en un número limitado de especies, tales como Snapdragon (*Antirrhinum majus*) cosmos (*Cosmos bipinnatus*) y Limonium. Los flavonoles y flavonas son muy amarillos y son casi invisibles para el ojo humano. Como absorben los rayos UV, que los insectos reconocen, dan color y patrones a las flores para atraer a los insectos. (Tanaka *et al.*, 2008).

2) Biosíntesis de los flavonoides

Los flavonoides se sintetizan en el citosol. Se ha propuesto que las enzimas biosintéticas forman un complejo supermolecular (metabolon) a través de la interacción proteína-proteína y están ancladas en la membrana del retículo endoplasmático (ER) (Grotewold, 2006, Winkel, 2004). Las enzimas biosintéticas pertenecen a varias familias de enzimas, como las dioxigenasas dependientes de 2-oxoglutarato (OGD), los citocromos P450 (P450) y las glucosiltransferasas (GT), lo que sugiere que las plantas reclutaron estas enzimas a partir de vías metabólicas preexistentes. (Tanaka *et al.*, 2008)

d. Betalaninas

Las betalaninas muestran un color brillante en las flores o en los frutos de las especies pertenecientes a las familias de Caryophyllales, excepto para Caryophyllaceae y Molluginaceae. La mutua exclusividad de las antocianinas y betalainas en los Caryophyllales ha dado lugar a un considerable debate taxonómico (Clement y Mabry, 1996). La mala comprensión de la biosíntesis de la betalanina en términos de bioquímica y biología molecular ha impedido que los investigadores interpretaran este síndrome taxonómico. Las betalaninas de la *Beta vulgaris* (remolacha roja) se utilizan

como un colorante natural. La ventaja del color betalain es que el color no depende del pH y es más estable que el de las antocianinas. (Tanaka *et al.*, 2008)

1) Estructuras y colores

Las betalinas se clasifican en betacianinas rojas (carmesí) y beta antocianinas amarillentos. Son conjugados de inmonio de ácido betalámico con glucósido de ciclodihidroxifenilalanina (cDOPA) y aminoácidos o aminas, respectivamente Sólo las betacianinas están modificadas por restos glicosil o acilo. Se han aislado y identificado más de 50 especies moleculares de betacianinas y algunas de las taxanoxinas, y se informan de nuevas moléculas de beta- lina según el progreso en el desarrollo del equipo analítico. (Kugleret *et al*, 2007), (Wybraniec *et al*, 2007).

e. **Carotenoides**

Los carotenoides son compuestos isoprenoides (principalmente C40) con cadenas de polieno que pueden contener hasta 15 conjugados de doble enlace. Se han identificado más de 700 carotenóides naturales (Brittonet *et al.*, 1995, 2004). Los carotenoides difieren de las antocianinas y betalaninas en que desempeñan papeles esenciales en la vida vegetal, por ejemplo, las funciones fotoprotectoras durante la fotosíntesis. (Green & Durnford, 1996., Niyogi, 2000). y la provisión de sustratos para biosíntesis del regulador de crecimiento de plantas ácido abscísico (Nambara & Marion-Poll, 2005) y tal vez también otras hormonas (Auldridge *et al*, 2006). Los carotenoides también desempeñan un papel importante en la nutrición y la salud humanas, proporcionando la vitamina A y teniendo actividades contra el cáncer (Mayne, 1996). Algunos carotenoides se utilizan como colorantes alimenticios, cosméticos o productos farmacéuticos. (Tanaka *et al.*, 2008).

1) Composición de carotenoides.

Los carotenoides muestran diferencias cualitativas dependiendo de los órganos y especies de plantas. (Tanaka *et al*, 2008).

2) Biosíntesis de carotenoides.

En las plantas, la ruta completa a partir del pirofosfato de isopentenilo (IPP) se produce en los plastidios, y es ahí donde se produce la acumulación. Se plantea la hipótesis de que el enzima carotenogénico existente en el complejo con y asociado con las membranas plasmídicas (Cunningham & Gantt, 1998)

3) Regulación de la biosíntesis y la acumulación de carotenoides.

Los tejidos vegetales, en particular, pétalos de flores y frutas, tienen una amplia variedad de contenido de carotenoides, que van desde poco o ninguno a grandes cantidades, incluso dentro de la misma especie vegetal. (Tanaka *et al*, 2008)

Hay evidencia creciente de que la carotenogénesis en los tejidos de la planta se regulan principalmente en el nivel de la transcripción (Sandmann *et al*, 2006).

En la caléndula, las diferencias de color de los pétalos de color amarillo pálido a naranja-rojo son causadas por los diferentes niveles de acumulación de luteína carotenoide amarillo. (Moehs *et al*. 2001) demostraron que un mayor nivel de PSY y 1-desoxi-D-xilulosa-5- fosfato sintasa podría ser responsable del desarrollo de color amarillo pálido a naranja. También ha sido demostrado que PSY es una enzima limitante de la velocidad de la biosíntesis del carotenoide de (*Brassica napus*) semillas de canola (Shewmaker *et al*, 1999) y frutos de tomate. (Fraser *et al*, 1994).

D. GLUCOSINOLATOS

El término glucosinolatos hace referencia a la fracción de glucosilo (" gluco "), la presencia de un grupo sulfato (ate), y la propiedad de ser un precursor de un aceite de mostaza (sinol) (Niels *et al*, 2012).

Son metabolitos secundarios de las plantas de los que se derivan los aceites de mostaza, al ser hidrolizados por las enzimas mIrosinasas (Rodman, 1981).

Químicamente son glucósidos que contienen J-D-Tioglucona, al hidrolizarse dan lugar a productos tóxicos goitrogénicos (es decir antitiroideos) e inhibidores del crecimiento,

por ello en la industria de fabricación de piensos es considerado como un agente antinutritivo. (Rodman, 1981).

Evolutivamente se originaron dos veces, por lo que se encuentran en dos líneas de plantas no emparentadas filogenéticamente: en todos los Brassicales por un lado, y en Drypetes (familia Putranjivaceae, antes Euphorbiaceae). (Rodman *et al.*, 1981).

Los glucosinatos de las dos familias pertenecientes al núcleo de las brassicales (Brassicaceae, y Tovariaceae) son más complejos que los del resto. (Rodman *et al.*, 1981).

Los glucosinolatos son metabolitos secundarios derivados de aminoácidos (Fahey *et al.* 1999., Jahangir *et al.* 2009). Estos metabolitos han sido ampliamente estudiados junto con el contenido de aceites y ácidos grasos de las semillas, producidos por las Brassicaceae, principalmente por su constitución química y contenido. (Anjum *et al.*, 2011). Estos metabolitos y sus productos de hidrólisis son los que confieren los olores y sabores característicos a las Brassicaceae.

4) **Funciones de protección a las plantas.**

Las principales fuentes de los glucosinolatos son las plantas de las familias de las crucíferas entre las que se destacan y que tiene interés comercial, col de bruselas, brócoli, coliflor y repollo, de acuerdo con (Shahidi *et al.*, 1997) y la cantidad de glucosinolatos varía de una especie a otra e influye de manera directa el tipo de tejido de la planta. (Rinc, 2014).

Los glucosinolatos son hidrolizados por la enzima mirosinasa, fruto de esta fase se obtienen compuestos biológicamente activos entre los que se destacan isotiocianatos sulfuranos, nitrilos y tiocianatos, estos procesos dependen de las condiciones de reacción y la presencia de proteínas asociadas (Inis *et al.*, 2011).

5) **Biosíntesis**

Las rutas de biosíntesis de los glucosinolatos comprende procesos de elongación de la cadena de aminoácidos de proteínas, en los cuales la descarboxilación oxidativa de los aminoácidos a su correspondiente aldoxima, la conversión de la oxima en estructura básica de los glucosinolatos y sus modificaciones secundarias (Sixue *et al.*, 2001); de igual manera, en los procesos de biosíntesis de los glucosinolatos se incluyen una serie

de pasos responsables de la formación de la estructura del núcleo, así como diversos procesos responsables de la cadena lateral y la otra la diversificación. (Niels *et al*, 2012).

6) Defensa de las plantas

La mirosinasa se cree que es un sistema de defensa química que se activa al daño en los tejidos de las plantas y actúa como primera barrera química para disuadir a un amplio espectro de patógenos (Koroleva *et al*, 2000).

Los glucosinolatos que cumplen la función de defensa en las plantas son los tioglicósidos que son derivados del ácido amino (Nabamita *et al*, 2013) y sus principales fuentes son las coles de bruselas, repollo, brócoli y rábano, de igual manera existen otros compuestos que desempeñan un papel de defensa de muchas plantas, como son los glucósidos cianogénicos (GCN); en el reino vegetal existen más de 2500 especies de plantas que poseen este sistema de defensa y **algunas de estas especies son fuentes importantes de alimentos para la nutrición** del ser humano por ejemplo yuca, sorgo, almendras, habas, frutas de hueso y brotes de bambú, son notables ejemplos de alimentos que contienen glucósidos cianogénicos. (Ganjewala *et al.*, 2010).

Los glucosinolatos se almacenan en la vacuola de la célula de la planta, cuando se presenta ataque de plagas, los GCN reaccionan con la enzima β -glucosidasa, liberando el hidrógeno tóxico cianhídrico (HCN). (Nabamita *et al*, 2013).

El sistema binario GNC- β -glucosidasa es similar al sistema de glucosinolatos-mirosinasa en el cual ambos conjuntos de componentes son químicamente inertes cuando se separan, proporcionando plantas con una defensa inmediata contra intrusos herbívoros y patógenos, sin embargo, el HCN puede ser letal para los seres humanos, con una dosis de 1,5mg/kg de peso corporal. (Kermanshai *et al*, 2001).

Los insectos que se alimentan del floema de productos de degradación glucosinolatos, actúan como aleloquímicos y desempeñan un papel en la defensa de las plantas, por ejemplo, isotiocianatos de origen natural poseen un rango de actividad antifúngica,

antibacteriana y antimicrobiana, y por lo tanto repelen microorganismos e insectos (Sixue *et al*, 2001).

E. GENETICA DEL COLOR DE LARVAS DE INSECTOS.

1. Biología molecular bioquímica y genética del color en insectos (adultos y larvas) que generan la expresión diferencial de genes relacionados con el cambio de color de una especie.

a. Hormona juvenil y la base fisiológica del polimorfismo en insectos:

En el curso de los últimos veinticinco años se ha quedado muy claro que la hormona juvenil (JH) de los insectos tiene funciones que superan con creces sus efectos morfogenéticos en el control de la metamorfosis. Información obtenida hasta la fecha revela que la HJ cumple un papel en prácticamente todas las categorías principales de polimorfismo en los insectos. Toda la evidencia ahora disponible apunta al hecho de que JH está involucrado en el control de la expresión génica. (Wigglesworth, 1961, 1964., Gilbert & King, 1973., Willis, 1981).

Hay razones para creer que JH actúa directamente en el genoma. JH es una molécula de lípido, se cree que actúa de una manera similar a una hormona esteroide, mediante la combinación con un receptor citoplásmica. (Chang *et al*, 1979) y en el núcleo para actuar directamente en el genoma. Existe evidencia preliminar de que los núcleos de las larvas de *Manduca sexta* (gusano del tabaco) contienen sitios de unión de alta afinidad con JH, pero evidencia directa de la acción de JH en el genoma aún no existe. (Willis, 1974., Riddiford 1981).

b. Identificación de genes asociados al camuflaje de larvas en estadios específicos en la mariposa de cola *Swallowtail papilio xuthus*.

La mariposa de cola *Swallowtail papilio xuthus* cambia su patrón de cuerpo larval dramáticamente durante la ecdisis cuarto. El penúltimo instar (cuarta) imita los excrementos de los pájaros que tienen muchas estructuras del tubérculo en su superficie, mientras que las larvas del instar final (quinto) tienen un color verde

camuflaje. Para identificar los genes implicados en las marcas de mimetismo de larvas de las etapas específicas, se comparó la expresión del ácido ribonucleico mensajero epidérmico entre la tercera y cuarta muda de *P. xuthus* utilizando un método de sustracción de ácido desoxirribonucleico complementario. Después de analizar 2,072 clones de dos bibliotecas sustractivas, se obtuvieron 31 y 64 genes candidatos para los genes del último (Fsg) y penúltimo instar (Psg), respectivamente. El patrón de expresión de cada gen se examinó mediante reacción en cadena de polimerasa de transcriptasa inversa y hibridación in situ. Entre Fsgs, Fsg02 y Fsg20 se expresaron en la región verde presunto sólo durante la cuarta muda, lo que sugiere que estos dos genes se correlacionaron con la coloración verde en el instar final. Entre los Psgs, 11 genes de proteínas cuticulares se expresaron específicamente en las estructuras del tubérculo durante la tercera muda. (Futahashi & Fujiwara, 2008)

Es probable que estos genes estén implicados en la formación de las estructuras únicas del tubérculo observadas en el instar juvenil. (Futahashi & Fujiwara, 2008)

Encontramos que los genes con patrones de expresión similares no necesariamente comparten los mismos motivos de proteínas y viceversa. Este estudio proporciona nuevos marcadores moleculares y conocimientos sobre los mecanismos moleculares del patrón de color larvario y la forma del cuerpo. (Futahashi & Fujiwara, 2008)

c. Amarillo-e Determina el patrón de color de los puntos larvales de la cabeza y la cola del gusano de seda *Bombyx mori*

Las proteínas amarillas forman una gran familia en insectos. En *Drosophila melanogaster*, hay 14 genes amarillos en el genoma. Estudios previos han demostrado que el gen amarillo es necesario para la pigmentación normal; Sin embargo, no se conocen los papeles de otros genes amarillos en la coloración del cuerpo. Aquí, proporcionamos la primera evidencia de que el amarillo-e es necesario para el patrón de color corporal normal en larvas de insectos. En dos cepas mutantes, *bts* y su alelo *bts2*, del gusano de seda *Bombyx mori*, la cutícula de la cabeza larval y las placas anal son de color marrón rojizo en lugar del color blanco que se encuentra en el tipo salvaje. La clonación posicional reveló que las deleciones en el homólogo *Bombyx* del gen amarillo-e de *Drosophila* (*Bmyellow-e*) eran responsables del fenotipo *bts* / *bts2* . El ARNm de *Bmyellow-e* se expresó fuertemente en la tráquea,

los testículos y el tegumento, y la expresión aumentó notablemente en las etapas de muda. Este perfil es bastante similar al de *Bmyellow*, un regulador de color corporal neonatal y marcas de cuerpo en *Bombyx mori*. El análisis cuantitativo por transcripción inversa-PCR mostró que el ARNm de *Bmyellow-e* estaba fuertemente expresado en el tegumento de la cabeza y la cola en la que se observa el fenotipo *bts*. (Ito, Katsuma & Kadono-okuda, 2010)

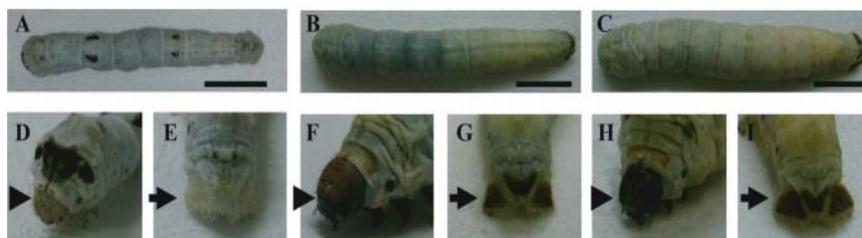


Figura 4. Patrón de color de *Bombyx mori*

Fuente: (Ito *et al.*, 2010)

Cepa salvaje y marrón de la cabeza y la cola (*bts* y *bts2*) de larvas de *B. mori*. A, de tipo salvaje (+ *bts* / + *bts* o + *bts2* / + *bts2*) p50T. B, cepa *bts* (*bts* / *bts*) w17. C, cepa *bts2* (*bts2* / *bts2*) No. 743. D y E, placas de cabeza y anal de la cepa de tipo salvaje; Ambas placas son blancas. F y G, placas de cabeza y anal de la cepa *bts*; El color es marrón rojizo. H e I, cabeza y placas anal de la cepa *bts2*; El color es marrón oscuro. Las puntas de flecha y las flechas indican placas de cabeza y anal, respectivamente. Barra de escala, 10 mm. (Ito *et al.*, 2010)

F. GENÓMICA FUNCIONAL

Muchos herbívoros están adaptados a alimentarse de un determinado grupo de plantas que se encuentran genética y bioquímicamente relacionados, y *P. xylostella* no es una excepción. Sin embargo, los mecanismos que determinan esa adaptación evolutiva a ese grupo de plantas relacionado aún no se conocen bien. En su trabajo, tratan de profundizar en el conocimiento de la herbivoría y la detoxificación, así como de dilucidar cuáles son las adaptaciones que han permitido a *P. xylostella* convertirse en una plaga a escala mundial. Para ello secuenciaron el genoma de *P. xylostella* y analizaron su estructura comparando con otras especies de lepidópteros. (You *et al.*, 2013).

Se predijo que el número de genes era de unos 18.071 codificantes para proteínas y otros 781 de ARN's no codificantes. De todos ellos, 1.683 genes eran específicos de los lepidópteros y otros 1.412 eran específicos de *P. xylostella*. El número de genes específicos de especie en *P. xylostella* era superior que en otras dos especies evolutivamente próximas como son *Danaus plexippus* (mariposa monarca, con 1.184 genes específicos de especie) y *Bombyx mori* (gusano de seda, con 463 genes específicos de especie). Esos 1.412 genes específicos de *P. xylostella* están, en su mayoría, implicados en rutas esenciales para el procesamiento de información ambiental, en replicación y/o reparación cromosómica, regulación transcripcional y metabolismo de carbohidratos y proteínas, lo que sugiere que *P. xylostella* tiene una capacidad intrínseca (genes específicos) de respuesta rápida a estrés ambiental y a daño genético. (You *et al*, 2013).

Al realizarse un análisis filogenético se estimó la época de divergencia de los diferentes órdenes de insectos hace unos 265-332 millones de años atrás, (You *et al*, 2013). época muy próxima a la época de divergencia entre monocotiledóneas y dicotiledóneas (304 millones de años atrás), (Zimmer *et al*, 2007). Y consistente con la hipótesis de que insectos herbívoros y sus plantas hospedadoras habrían coevolucionado desde entonces. En este sentido, *P. xylostella* se habría convertido en huésped específico de crucíferas (familia, Brassicaceae) tras la divergencia de dicha de la familia Caricaceae hace unos 54-90 millones de años atrás, (Wang, *et al*, 2011). poco después de la divergencia de *P. xylostella* de *D. plexippus* y de *B. mori* hace unos 124 millones de años atrás. (You *et al*, 2013).

Existe un conjunto de 354 genes que están preferencialmente expresados en estadios larvales, siendo muchos de ellos los que posibilitan esa adaptación específica de *P. xylostella* a las crucíferas. Entre ellos se encuentran. (You *et al*, 2013).

- Genes implicados en el metabolismo del sulfato, como los que codifican para glucosinolato sulfatasas (GSS1 y GSS2), (You *et al* 2013). que permiten a *P. xylostella* alimentarse de un amplio número de crucíferas, ya que transforman el glucosinolato (compuesto de defensa de la planta) en desulfoglucosinolato (impidiendo la formación de productos tóxicos de hidrólisis). (Ratzka. *et al*, 2002).

- Genes que codifican para enzimas digestivas. *P. xylostella* presenta un conjunto de enzimas digestivas similar a otra especie polifágica como es *Helicoverpa armigera*. Dentro de este conjunto de genes hay numerosos genes que codifican para serín proteasas. Cada planta hospedadora intentará defenderse de *P. xylostella* secretando inhibidores para estas serín proteasas digestivas, pero *P. xylostella* va a poder eludir dichos inhibidores puesto que presenta en su genoma un número mayor de genes para serín proteasas que inhibidores tiene la planta para éstas, por lo que siempre podrá disponer de serín proteasas funcionales que no estén afectadas por los inhibidores de la planta hospedadora. (You *et al*, 2013).
- Genes relacionados con el rango de plantas que puede hospedar. Dentro de este conjunto de genes se diferencian dos grupos. (You *et al*, 2013).
- Genes encargados de la percepción de señales químicas provenientes de la planta hospedadora. Son cinco familias de genes que están relacionadas con la preferencia de ingesta en estadio larval y con la selección de plantas hospedadoras en adultos: receptores de odorantes (OR's), proteínas de unión a odorantes (OBP's), receptores gustativos (GR's), receptores ionotrópicos (IR's) y proteínas quimiosensoras (CSP's). De las cinco familias de genes se observa que existe expansión en concreto de los genes de la familia de los OR's, lo que va a conferir a *P. xylostella* un alto potencial de adaptación a señales químicas provenientes de las plantas hospedadoras. (You *et al*, 2013).
- Genes de defensa contra compuestos secundarios de la planta. Son genes implicados en vías de detoxificación de compuestos de defensa de la planta que, a su vez, le van a ser útiles a *P. xylostella* para desarrollar tolerancia o resistencia a insecticidas (compuestos xenobióticos). Existe un mayor número de genes relacionados con la resistencia a insecticidas en *P. xylostella* que en *B. mori* (seguramente debido a que *B. mori* es una especie monofágica que ha tenido poca exposición a pesticidas). Muchos de los genes implicados en detoxificación van a estar duplicados en el genoma de *P. xylostella*, como ocurre en la mayoría de los genes que codifican para transportadores tipo *ATP-binding cassette* (transportadores ABC). Los genes de la familia de transportadores ABC son los más expandidos en

el genoma de *P. xylostella* dentro de las familias de genes implicadas en vías de detoxificación comparando con el genoma de *B. mori*. Es más, en cepas resistentes a insecticidas los niveles de expresión de transportadores ABC están aumentados. Otras familias de genes implicadas en vías de detoxificación son los de las Citocromo P450 monooxigenasas (P450's), Glutación-S-transferasas(GST's) y Carboxilesterasas (COE's). Dentro de las cuatro familias de genes implicadas en vías de detoxificación se observa un gran polimorfismo; por ejemplo, en genes de COE's hay un gran número de SNP's que conducen a cambios en la especificidad del sustrato y en la actividad catalítica. En general se observa un mayor número de transposones en genes involucrados en vías de detoxificación metabólica sensible a estrés externo (una tendencia general en lepidópteros). (You *et al*, 2013).

1. Otros agentes ambientales diferentes a la planta hospedera que afecta el color (depredadores, temperature, densidad).

El cambio climático también es cuestión de colores. Al menos en lo que a insectos se refiere. No en vano cada vez es más complicado ver en Europa mariposas y libélulas de colores oscuros dado que éstas están siendo desplazadas por otras de tonalidades más claras capaces de adaptarse mejor a los efectos del calentamiento global del planeta. Los insectos absorben la energía del sol para poder moverse y así regular la temperatura corporal de su pequeño organismo; por lo tanto su coloración depende del clima que prevalece en su hábitat natural. Al ser ectotermos, es decir no tienen sangre caliente, su temperatura depende del exterior y el color de sus alas resulta esencial para mariposas y libélulas. Los insectos de color oscuro se adaptan mejor al frío mientras que los de tonalidades más suaves soportan mejor el calor. (Torres, 2014).

Utilizando datos de 473 variedades de especies de mariposas y libélulas entre 1988 y 2006 podemos concluir que los insectos de color oscuro se adaptan mejor al frío mientras que los de tonalidades más suaves soportan mejor el calor. Así, las especies europeas que lucen más intensidad en sus colores ya se están desplazando hacia los Alpes, Escandinavia y los Balcanes al tiempo que el Viejo Continente se hace más cálido. (Torres A. 2014)

En este sentido, si el brillo del color de los insectos constituye una reacción al clima, podemos esperar que a medida que él se calienta el planeta cambie el tono de estos invertebrados. Las de tonalidades más claras reflejan la luz más fácilmente, de modo que en las regiones más calurosas del planeta evitan así sobrecalentarse y pueden permanecer activas más tiempo. (Torres, 2014)

Para reafirmar su tesis, los investigadores acuden a las libélulas escarlatas *Crocothemis erythraea* o la *Coenagrion scitulum*, típicas del Mediterráneo, han emigrado a Alemania e Inglaterra donde se ha visto por primera vez una especie de *scitulum* en los últimos 50 años. (Torres, 2014)

En resultados de la investigación realizada según el autor citado menciona. "Hemos descubierto una relación directa entre el clima y el color de dos de los mayores grupos de insectos, lo que determina sobremanera su elección de hábitat" afirma Carsten Rahbeck de la Universidad de Copenhague y coautor del estudio. (Torres, 2014)

"Ahora sabemos que las mariposas y libélulas de tonalidades más claras están mejor preparadas para sobrevivir en un mundo más caluroso", asegura. Pero no sólo eso. En virtud de este estudio también sabemos que los efectos del cambio climático no se dejarán sentir en el futuro, sino que ya están afectando en este preciso instante a los ecosistemas. (Torres, 2014).

G. CARACTERISTICAS DEL COLOR.

- El Color: Se define como la sensación visual que se origina por la estimulación de la retina del ojo. (Proveedores, Aptitud, & Calidad, 2009)
- Percepción de color: La percepción del color incluye tres elementos necesarios: una fuente de luz, un objeto que es iluminado, y un observador. (Proveedores *et al*, 2009)

1. Fuente de Luz:

La luz es una forma de energía y se propaga en forma de ondas electromagnéticas. La longitud de onda es una característica importante de la onda electromagnética y varía desde fracciones de nanómetro ($1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm}$) hasta kilómetros. (Provedores *et al*, 2009)

Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes, las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas como colores según las longitudes de ondas correspondientes. (León, Mery, Pedreschi, & León, 2006., Provedores *et al*, 2009)

El ojo humano solo puede detectar longitudes de onda de la región visible (380 nm a 780 nm) del espectro electromagnético, el cual se muestra en la (figura 5,6).

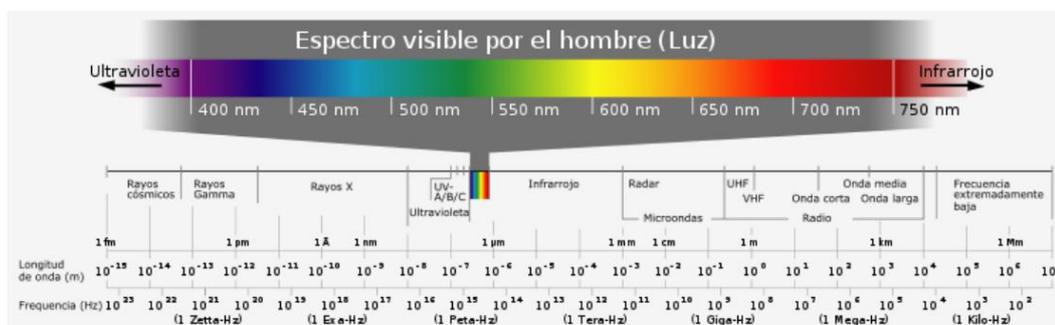


Figura 5. Espectro electromagnético.

Fuente: (Provedores *et al*, 2009)

Color	Longitud de onda
violeta	~ 380...450 nm
azul	~ 450...495 nm
verde	~ 495...570 nm
amarillo	~ 570...590 nm
naranja	~ 590...620 nm
rojo	~ 620...750 nm

Figura 6: longitudes de onda para cada color

Fuente: (Provedores *et al*, 2009)

2. Objeto:

Las radiaciones de iluminación son modificadas por el objeto mediante procesos físicos como la transmisión, reflexión, absorción y dispersión. Las proporciones relativas de estos procesos dependen de las características del material como su forma, espesor, longitud, composición química, etc. (Provedores *et al*, 2009)

3. Observador:

Los detectores comunes de la luz y el color son el ojo, el sistema nervioso y el cerebro. El ojo enfoca la imagen del objeto en la retina. Los detectores fotosensibles de la retina se denominan bastones y conos por su forma. Los bastones se activan en la oscuridad, y sólo permiten distinguir el negro, el blanco y los distintos grises, el color es detectado por los conos, hay tres tipos de conos que son sensibles a la luz en longitudes de onda distintas, por ello se les conoce como conos sensibles azules; conos sensibles verdes y conos sensibles rojos.

De este modo la luz reflejada de un objeto pigmentado estimula los tres tipos de conos y el cerebro interpreta el color como efecto de señales recibidas desde los conos, este mecanismo de percepción del color está basado en la mezcla de color aditiva. (Provedores *et al*, 2009).

H. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

1. Conceptos

a. Imagen: Una representación plana de un objeto de 3 dimensiones.

b. Imagen digital: Conjunto finito de elementos. Una imagen de dos dimensiones es una función $f(X, Y)$ donde X e Y representan las coordenadas del plano, $f(X, Y)$ representa la intensidad o nivel de gris de la imagen en ese punto si X e Y son discretos y finitos entonces la imagen es digital. (Wainschenker, Massa, & Tristan, 2011)

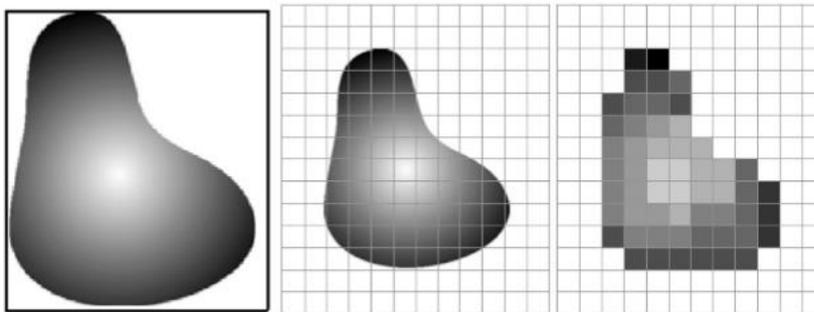


Figura 7. imagen digital

Fuente: (Wainschenker *et al.*, 2011)

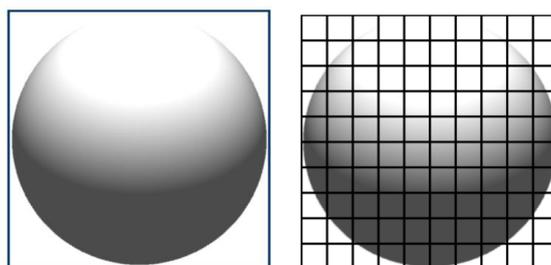


Figura 8. Representación en formato de grilla (matriz) de una imagen digital , M filas x N columnas

Fuente: (Wainschenker *et al.*, 2011)

c. Procesamiento digital de imágenes: Procesamiento de imágenes realizado por un sistema digital (electrónico). (Wainschenker *et al.*, 2011).

2. Etapas del procesamiento de imágenes

a. Captura: Diseño de las propiedades de la captura. Tipo de cámara, distancia al objeto, mega píxeles, etc.

b. Pre-procesamiento: Reducir el entorno que no es de interés para el problema. Fondo, ruido, etc.

c. Segmentación: Reconocer y extraer cada uno de los objetos presentes en la imagen.

d. Extracción de características: Seleccionar y extraer “características” apropiadas para la identificación de los objetos deseados.

e. **Identificación de objetos:** Utilizar un modelo de toma de decisión para decidir a qué categoría pertenece cada objeto. (Wainschenker *et al.*, 2011)

3. Muestreo y Cuantización

La conversión de las coordenadas a un dominio discreto está asociada al concepto de muestreo (píxeles) y la conversión de la amplitud a un rango discreto está asociada al concepto de cuantización (niveles de gris). Los dos procesos son necesarios para guardar en la memoria del computador la función de imagen $f(x,y)$. (Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006).

Desde un punto de vista práctico, una imagen se puede considerar como un conjunto de celdas (llamadas píxeles) que se organizan en posiciones que se hacen corresponder con un arreglo matricial bidimensional $M \times N$, tal como muestra la (Figura 10). En general, M y N son potencias de 2. (Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006).

		Celdas									
		0									Ancho -1
Alto-1	0	14	79	223	117	235	83	0	255	29	
	187	56	250	0	0	127	167	223	189		
	223	86	34	243	235	67	73	145	176		
	238	110	236	255	0	158	23	0	32		
	79	98	123	0	34	67	180	234	148		
	87	45	39	126	96	105	84	98	0		
	113	96	0	170	0	178	69	85	169		
	97	5	156	23	255	165	228	235	123		
	0	248	90	67	79	23	42	246	247		

Figura 9. Arreglo matricial de los píxeles de una imagen

Fuente: (Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006).

El muestreo es la conversión que sufren las dos dimensiones de la señal analógica (imagen continua), y la que genera la noción de píxel. La cuantización es la conversión que sufre la amplitud de la señal analógica en niveles de gris, que corresponde al valor que toman los elementos matriciales o píxeles (i, j) . Si se tienen 256 niveles de gris (de 0 a 255), el 0 representa que el píxel está en su mínima intensidad (negro) y el 255 que el píxel está en su máxima intensidad (blanco).

(Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006).

Las dos principales causas de pérdida de información cuando se captura una imagen digital, son la naturaleza discreta de los píxeles y el rango limitado de los valores de intensidad luminosa que se puede tener en cada píxel. De ahí surge el concepto de resolución de una imagen; una parte asociada al número de píxeles y otra parte a los niveles de gris. (Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006). La resolución espacial de una imagen digital está relacionada con el muestreo y que depende de:

a. La densidad espacial: la densidad espacial de los puntos (x,y) de la imagen (densidad de píxeles). El número de píxeles contenidos en una imagen digital y la distancia entre cada píxel (conocido como período de muestreo) está en función de la apreciación de los sensores del dispositivo de captura de la imagen. (Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006).

b. La resolución óptica del dispositivo de captura de la imagen.



Figura 10. Efecto en las imágenes digitales de cómo el muestreo varía en función de la resolución espacial

Fuente: (Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006).

El efecto de la cuantización viene dado por la imposibilidad de tener un rango infinito de valores para la intensidad o brillo de los píxeles. Después de que la imagen de un objeto ha sido capturada, a cada píxel se le asigna una intensidad, que será un número entero. La apreciación de este valor es directamente proporcional al número de bits que utiliza el dispositivo con que se captura la imagen para representar los enteros. Si emplea 2 bits la imagen se representa con 4 niveles de gris ($2^2=4$). Si se utilizan 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 bits, el número de niveles de gris será 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 y 1024 respectivamente (aplicación de la fórmula $2^n - 1 = nx$). En la Figura 2.5 se ilustra

una imagen de una escena digitalizada empleando 1, 3, 5, 6 y 8 bits. En de aplicaciones es suficiente con 8 bits (256 niveles de gris). (Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006).



Figura 11. Efecto de la cuantización

Fuente: (Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006).

4. Conversión en niveles de gris.

Una imagen a color en el formato RGB, corresponde a una imagen que en cada píxel tiene tres (3) enteros asociados a la intensidad, uno para el rojo (Red), otro para el verde (Green) y otro para el azul (Blue) (cada uno tiene 256 niveles de intensidades, al igual que en las imágenes en tonalidades de gris). Para convertirla en niveles de gris, a cada píxel se le coloca un número entero que es igual al promedio de los valores RGB del píxel respectivo en la imagen original. En la (Figura 12). se ilustra en la columna de la izquierda la imagen a color (RGB) y en la columna de la derecha la imagen convertida en niveles de gris. Es necesario anotar que para realizar el análisis digital de las imágenes, en la mayoría de los casos es mejor tenerlas en niveles de gris. (Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006).



Figura 12. Transformación a escala de grises.

Fuente: (Aristizábal, D., Ramírez, C. 2006).

I. TECNICAS UTILIZADAS EN EL ANALISIS DE IMÁGENES

1. Avance y uso de tecnología en la aplicación del reconocimiento y clasificación de insectos

El Reconocimiento de objetos basados en la visión surgió recientemente como campo de investigación. Esto se debe a que el mundo está cambiando a la era computarizada. La técnica anterior fue relativa a la identificación de objetos dependiendo demasiado de un experto humano, por lo tanto, no tolera la ausencia de estos y consumen más tiempo y recursos. (Hassan, Rahman, Zaw, Shoon, & Win, 2014)

El Sistema computarizado en el procesamiento de imágenes y detección de objetos es un método ideal para mejorar las deficiencias de esta técnica tradicional además de mejorar la precisión. (Hassan *et al.*, 2014)

Ha habido muchos intentos exitosos utilizando la automatización de procesos en la realización de trabajos intensivos. (Hassan *et al.*, 2014)

Después de tener éxito en la detección e identificación de objetos, las investigaciones se interesan en hacer la clasificación de una imagen que proviene de un árbol familiar similar. La parte desafiante en la clasificación se presenta cuando el objeto comparte características casi similares y los puntos de variación son limitados, otra dificultad de clasificar un objeto es que algunas especies son difíciles de distinguir visualmente ya que difieren en términos de características biológicas, es por ello que el uso de tecnología facilita y garantiza la obtención de resultados confiables. (Hassan *et al.*, 2014)

Los insectos pueden tener diferentes naturalezas dietéticas como depredadoras, herbívoras, hospedantes o descomponedores, sin embargo, su apariencia física no necesariamente varía mucho. Los insectos provienen del grupo de artrópodos que su cuerpo puede dividirse en tres secciones, a saber, la cabeza, el tórax y el abdomen. El tórax es la parte que conecta la cabeza y su abdomen. A pesar de esto, las tres secciones pueden fundirse juntas para ciertos tipos de insectos. Otro rasgo especial del insecto es que tienen alas y piernas unidas al tórax. Un gran grupo de insectos tienen antenas unidas a la cabeza que funcionan como un sensor para olfato y estímulos táctiles, estas

características casi indetectables por el hombre requieren de un análisis más minucioso para identificar esa/as pequeñas diferencias y realizar una posterior caracterización. (Hassan *et al.*, 2014)

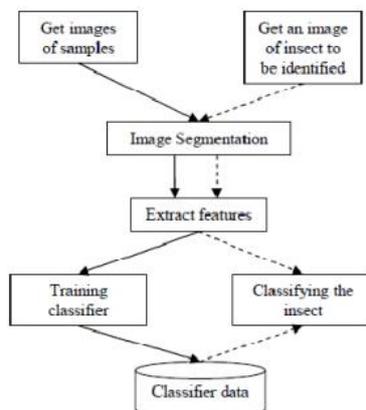


Figura 13: Diagrama de flujo principal de instrucción y reconocimiento

Fuente: (Yang *et al.*, 2010).

2. Segmentación de Imágenes por Intensidad de Color Mediante Superpíxeles y Fuzzy C-Means

El método se propone un algoritmo de segmentación de imágenes mediante la intensidad de color, Simple Linear Iterative Clustering (SLIC) como método de segmentación dura y Fuzzy C-Means como método de segmentación profunda. El algoritmo es recursivo y emplea un análisis estadístico de cada clúster. El objetivo es lograr la mayor adherencia a los bordes de la imagen, esto se logra mediante un umbral que controla el grado de dispersión o variación de color dentro de cada clúster producido, en cada iteración se hace una partición binaria difusa de los clústers cuya variación supera el umbral hasta lograr que la variación de todos los clústers se encuentre por debajo de dicho umbral. El desempeño de este algoritmo es apropiado para imágenes con dinámica de color media o baja lo que hace factible su uso en segmentación de imágenes médicas especialmente. (Cerón Esparza, París, Nakano Miyatake, & Robles Camarillo, s.f.)

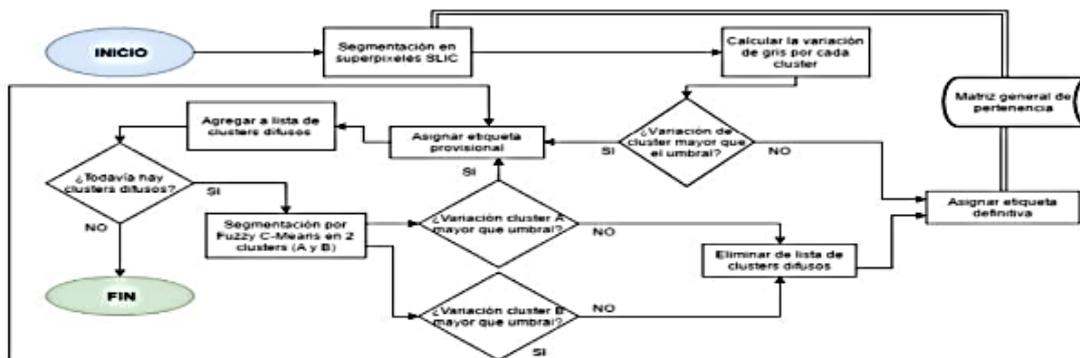


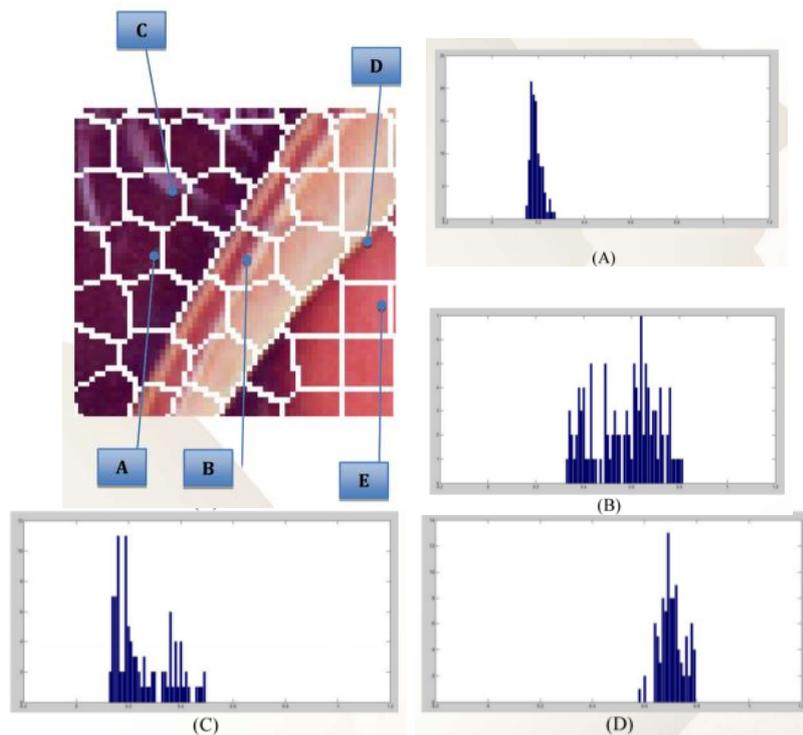
Figura 14. Diagrama de flujo del algoritmo propuesto.

Fuente: (Cerón-Esparza *et al.*, s.f.)



Figura 15. Resultado de la segmentación utilizando el método SLIC con parámetros: región tamaño-10, factor Rec-1.

Fuente: (Cerón-Esparza *et al.*, s.f.)



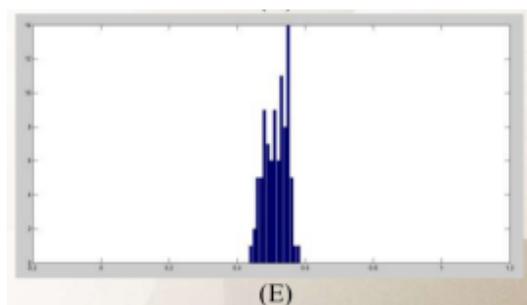


Figura 16. Análisis estadístico de intensidades de color en cada superpixel. Dependiendo de su homogeneidad de color de cada clúster presenta un histograma con rango variable. Clusters homogéneos son (A,E) y heterogéneos son (B,C,D).

Fuente: (Cerón-Esparza *et al.*, s.f.)

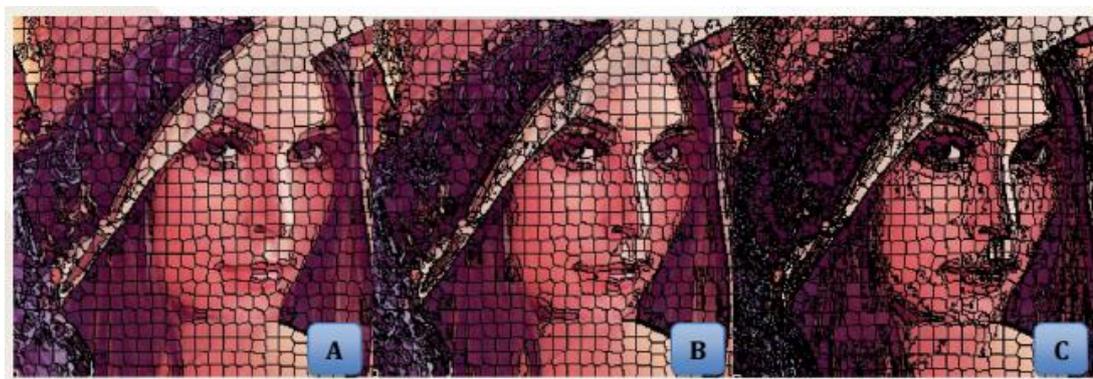


Figura 17. Resultado de la segmentación después de la segunda etapa. La adherencia a los bordes aumenta conforme el umbral se reduce. Los umbrales usados en las imágenes son los siguientes: (A) 0.3, (B) 0.2, (C) 0.1. los histogramas de los clúster final tienen un rango inferior al umbral establecido.

Fuente: (Cerón-Esparza *et al.*, s.f.)

3. Identificación fotográfica asistida por ordenador supera a los elastómeros de implantes visibles en una salamandra en peligro de extinción, *Eurycea tonkawae*.

Muchos de los métodos más comunes y poderosos para recolectar datos demográficos y de movimientos (por ejemplo, captura-recaptura) implican capturar, manipular y marcar físicamente los organismos de estudio y volver a identificarlos durante las prospecciones posteriores. Sin embargo, los anfibios a menudo son difíciles de marcar debido a su piel oscuramente pigmentada, sensible y su pequeño tamaño. Los métodos

comunes para etiquetar los anfibios incluyen el tatuaje, la marca, el recorte del dedo del pie, el etiquetado del transpondedor integrado pasivo y la implantación de los elastómeros coloreados bajo la piel de los animales capturados [5]. Este último método - los elastómeros de implantes visuales (VIE) - se ha vuelto popular porque puede usarse para identificar etapas larvarias y adultas (y metamorfosis entre las dos), (Bendik, Morrison, Gluesenkamp, Sanders, & O'Donnell, 2013)

La identificación fotográfica (photoID) es una técnica cada vez más popular utilizada en los estudios de captura-recaptura. Los avances en herramientas de análisis de imágenes digitales y algoritmos de reconocimiento de patrones han acelerado la aplicación de photoID a una amplia gama de especies con patrones de marcación naturales, incluyendo anfibios, reptiles, mamíferos terrestres. Y peces, entre otros. Mientras que la fotoID asistida por ordenador es sólo útil en especies con marcas naturales variables, tiene la ventaja de ser relativamente barata (que implica sólo una cámara digital y una computadora), Requiriendo sólo conocimientos técnicos básicos más allá del desarrollo de herramientas de análisis de imágenes, y permitiendo que un gran número de individuos sean re-identificados. (Bendik *et al.*, 2013)

a. PhotoID asistido por ordenador

La identificación de salamandras asistida por ordenador utilizando fotografías digitales de los patrones de pigmentación en las regiones de la cabeza dorsal de los individuos. Las salamandras fueron fotografiadas en una bandeja llena de agua con un fondo blanco inicialmente usando una Nikon Coolpix E995 'apuntar y disparar' cámara (para 24 encuestas en 2007), pero luego fueron fotografiados utilizando un avanzado sistema de réflex digital: Nikon D80, 90 Mm y dos destellos de primer plano (para 18 encuestas de 2008-2010). Las fotos se tomaron de mano, con un esfuerzo para asegurar que el plano focal y el dorso de la salamandra eran paralelos. La configuración de la cámara DSLR incluye una abertura de $f/16$ o menor, una velocidad de obturación de $1/160$ s o más rápida, y una configuración JPEG de alta calidad. (Bendik *et al.*, 2013)

Después de recortar cada fotografía para incluir sólo la cabeza, todas las fotografías de nuestra base de datos fueron comparadas y emparejadas utilizando código abierto software de identificación de patrones llamado 'Wild-ID' (ver 1.0.1 ; <http://www.dartmouth.edu/~envs/facultad/bolger.html>). Hasta la fecha, Wild-ID se ha utilizado para identificar con precisión el ñu (*Connochaetes taurinus*) y la jirafa

(*Giraffa camelopardis*). Este software utiliza el SIFT (Scale Invariant Feature Transform) algoritmo para caracterizar los patrones variables dentro de las fotografías y comparar todas las combinaciones de fotografías en una base de datos. SIFT localiza los puntos clave dentro de cada foto basándose en gradientes de información local. (Bendik *et al.*, 2013)

Los pares de imágenes se puntúan y se clasifican en función de la similitud de sus mapas de puntos clave. Las puntuaciones de similitud varían de 0,0 a 1,0 y proporcionan una medida estandarizada de semejanza de patrón entre cada par de imágenes. Las puntuaciones de similitud se determinan comparando iterativamente subconjuntos geoméricamente autoconservados de puntos clave dentro de pares de imágenes. Durante el marcador, cada par de imágenes se compara en una sola dirección (es decir, imagen A vs. imagen B, pero no B frente a A) y partidos se compilan secuencialmente en el orden en que se recogieron.(Bendik *et al.*, 2013)

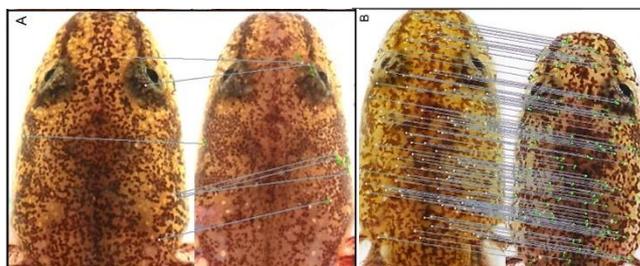


Figura 18. Reconocimiento del patrón de cabeza en *Eurycea tonkawae* .(A) dos individuos diferentes y (B) el mismo individuo con un año de diferencia. Las líneas conectan las características SIFT correspondientes.

Fuente: (Bendik *et al.*, 2013)

4. Auto-clasificación de las imágenes de insectos basadas en histograma de color y GLCM

Se propone un método novedoso para clasificar los insectos mediante el análisis del histograma de color y GLCM (Gray-Level Co-occurrence Matrices) de las imágenes de ala. La imagen de ala de insecto lepidóptero es preprocesada para obtener el ROI (Región de Interés); Entonces la imagen en color se convierte primero de RGB (Rojo-Verde-Azul) a HSV (Hue-Saturation-Value) espacio, y los histogramas de color 1D de ROI se generan a partir de tonalidad y distribución de saturación. Posteriormente, la imagen en color se convierte en una escala de grises, se hace girar y se transforma

en una posición estándar, y se extraen sus características de GLCM. La correspondencia se realiza primero calculando la correlación de los vectores del histograma entre las imágenes de prueba y de plantilla; Si la correlación es superior a cierto umbral, Entonces sus características de GLCM son igualadas. La política del ganador-toma-todo se adopta en decidir la mayoría de las especies emparejadas en k vecinos más cercanos. El método se prueba en la base de datos de insectos lepidópteros con 100 especies. La tasa de reconocimiento es tan alta como 71,1%. También se logra un rendimiento de tiempo ideal. Los resultados experimentales atestiguan la eficacia del método propuesto. (Zhu & Zhang, 2010)

Como se muestra en la figura 3, los histogramas de la misma especie son muy similares en distribución (columna 1 y columna 2); Y los histogramas de diferentes insectos varían mucho incluso si su color es parcialmente semejante (columna 1, 2 con columna 3 y columna 4). Por lo tanto, los histogramas de color se pueden utilizar para la clasificación de insectos. (Zhu & Zhang, 2010)

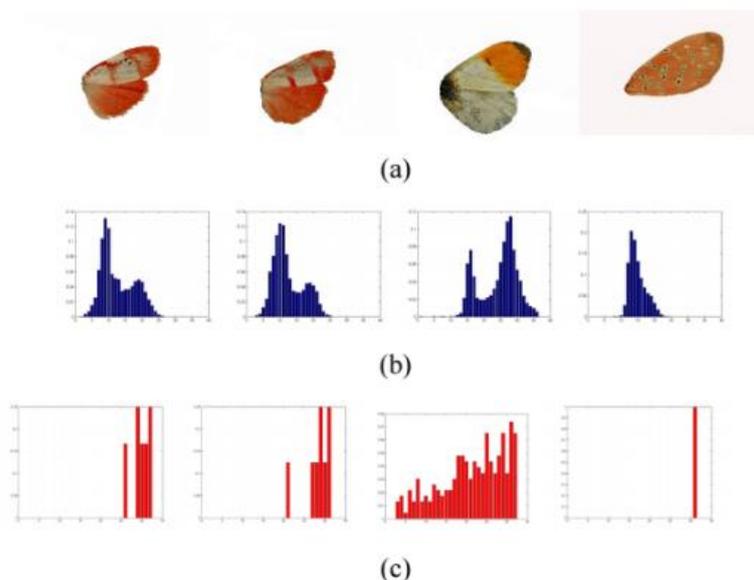


Figura 19. Histogramas de Tono y Saturación dentro de regiones válidas de diferentes muestras de insectos (a: imágenes de muestra alas de lepidópteros, b: histograma del tono del color de cada imagen, c: histograma de la saturación de cada imagen).

Fuente: (Zhu & Zhang, 2010)

J. FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE (“R”).

R es un lenguaje y entorno de programación, creado en 1993 por Ross Ihaka y Robert Gentleman del Departamento de Estadística de la Universidad de Auckland, cuya característica principal es que forma un entorno de análisis estadístico para la manipulación de datos, su cálculo y la creación de gráficos. En su aspecto R puede considerarse como otra implementación del lenguaje de programación S, con la particularidad de que es un software GNU, General Public License (conjunto de programas desarrollados por la Free Software Foundation), es decir, de uso libre. (Contreras, Molina, & Arteaga, 2010)

La página principal del proyecto “R – project” es <http://www.r-project.org>, en ella podremos conseguir gratuitamente el programa en su última versión, o cualquiera de las anteriores (para el caso de utilizar paquetes no implementados para las últimas versiones), además de manuales, librerías o package y demás elementos que forman la gran familia que es R. (Contreras *et al.*, 2010)

1. Introducción a “R”

R proporciona una amplia variedad de modelos estadísticos (modelos lineales y no lineales, pruebas estadísticas clásicas, análisis de series de tiempo, clasificación, agrupación, ...) y técnicas gráficas, y es muy extensible. El lenguaje S es a menudo el vehículo de elección para la investigación en metodología estadística, y R proporciona una ruta Open Source para participar en esa actividad. (R Foundation, 2017)

Una de las fortalezas de R es la facilidad con la que se pueden producir parcelas de calidad de publicación bien diseñadas, incluyendo símbolos matemáticos y fórmulas donde sea necesario. Se ha tenido mucho cuidado con los valores predeterminados de las opciones de diseño menores en los gráficos, pero el usuario mantiene el control total. (R Foundation, 2017)

R está disponible como software libre bajo los términos de la Free Software Foundation’s Licencia Pública General de GNU en forma de código fuente. Compila y ejecuta en una amplia variedad de plataformas UNIX y sistemas similares (incluyendo FreeBSD y Linux), Windows y MacOS. (R Foundation, 2017)

2. El entorno R

R es un conjunto integrado de instalaciones de software para la manipulación de datos, cálculo y visualización gráfica. (R Foundation, 2017)

- Incluye una facilidad eficaz de manejo y almacenamiento de datos,
- una serie de operadores para los cálculos en matrices, en particular matrices,
- una gran colección coherente e integrada de herramientas intermedias para el análisis de datos,
- instalaciones gráficas para el análisis de datos y visualización en pantalla o en papel, y
- un lenguaje de programación bien desarrollado, simple y eficaz que incluye condicionales, bucles, funciones recursivas definidas por el usuario y las instalaciones de entrada y salida. (R Foundation, 2017)

El término "medio ambiente" pretende caracterizarlo como un sistema completamente planeado y coherente, en lugar de una acumulación incremental de herramientas muy específicas e inflexibles, como es frecuentemente el caso con otro software de análisis de datos. (R Foundation, 2017)

R, al igual que S, está diseñado en torno a un verdadero lenguaje informático, y permite a los usuarios añadir funciones adicionales mediante la definición de nuevas funciones. Gran parte del sistema está escrito en el dialecto R de S, lo que facilita que los usuarios sigan las opciones algorítmicas hechas. Para las tareas de computación intensiva, código C, C ++ y Fortran se pueden vincular y llamar en tiempo de ejecución. Los usuarios avanzados pueden escribir código C para manipular objetos R directamente. (R Foundation, 2017)

Muchos usuarios piensan en R como un sistema de estadísticas. Preferimos pensar en un entorno en el que se implementan las técnicas estadísticas. R se puede extender (fácilmente). Hay alrededor de ocho paquetes suministrados con la distribución R y muchos más están disponibles a través de la familia CRAN de sitios de Internet que cubren una amplia gama de estadísticas modernas. (R Foundation, 2017)

R tiene su propio formato de documentación LaTeX-like, que se utiliza para suministrar documentación completa, tanto en línea en un número de formatos y en papel. (R Foundation, 2017)

3. Principio del funcionamiento y ejecución del software.

R como entorno de programación se desarrolla mediante librerías (también llamadas en R como paquetes) que lo que hacen es completar el lenguaje con nuevos desarrollos previstos para distintas áreas del análisis estadístico y gráfico de los datos. (Follos, 2012)

A efectos prácticos R consiste básicamente en un lenguaje de programación para el estudio estadístico de datos que presenta subconjuntos de lenguaje desarrollados para áreas específicas del análisis de datos. Así, el lenguaje R es común para R y Openair, pero el lenguaje de Openair, en muchas de sus instrucciones y comandos, es propio del desarrollo de Openair, no existiendo previamente para R si no se carga la librería de Openair. (Follos, 2012)

Como entorno de programación básicamente se trata de una consola (ventana de trabajo) sobre la que se van introduciendo scripts (instrucciones más o menos complejas) que se ejecutan sobre los datos previamente cargados (conjuntos o ventanas de datos). Los scripts consistirán en una serie de instrucciones modificadas por comandos y variables ejecutadas sobre un conjunto o conjuntos de datos que, además, pueden concatenarse introduciéndose en batería (un script detrás de otro) o en serie (concatenando un script con otro). (Follos, 2012)

En la consola de R se pueden iniciar distintas sesiones de trabajo (denominadas áreas de trabajo), que podemos grabar para retomar con posterioridad en el punto que lo dejamos, y sobre las que se van cargando y guardando no sólo los scripts que requerimos a R, sino todos aquellos paquetes de datos que previamente hemos cargado o leído, por lo que se convierte en un entorno de trabajo muy funcional y práctico. Además, no sólo se pueden guardar las áreas de trabajo que vayamos abriendo con R, sino que también podemos guardar las ventanas de datos como archivos R o los propios scripts que hayamos programado como objetos de R, o incluso las gráficas que vayamos generando en formatos gráficos totalmente compatibles. Esto aporta una gran versatilidad al programa. (Follos, 2012).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

1. Localización

La investigación se realizará en el laboratorio del Grupo de Desarrollo de Tecnologías para la Reducción y Racionalización de Agroquímicos (GDETERRA), Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, perteneciente a la parroquia Licán, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. (Anexo 1)



Figura 20. Fotografía aérea que muestra la ubicación de GDETERRA ESPOCH

Fuente: Google Maps

2. Condiciones climáticas

Las condiciones de laboratorio del Grupo de Entomología del Centro de Desarrollo de Tecnologías para la Reducción y Racionalización de Agroquímicos fueron semi controladas.

	T°C	HR %
PROMEDIO	18,77	52,69
TMIN	12,485	21,232
TMAX	29,215	70,667

B. MATERIALES

1. Material experimental

Plantas de brócoli, col blanca, rábano, las plantas fueron utilizadas como alimentación de las líneas de cría de *P. xylostella*.

Se estableció la cría de 48 líneas con una pareja en cada línea (30 líneas evaluadas) de *P. xylostella* en condiciones de laboratorio.

2. Material de campo

- Semillas de brócoli de la variedad Avenger.
- Semillas de col blanca de la variedad.
- Semillas de rábano de la variedad.
- Bandejas de germinación (3)
- Turba BM2 (5 Kg)
- Estructuras de protección anti-insectos (alambre galvanizado + tiras de madera de 1x1x50 cm)
- Baldes plásticos de 10 L. (50)
- Sustrato (tierra 5 qq, humus 2qq)
- Cubierta anti-insectos de tela crinolina (12 m²)
- Manguera x 17m

3. Material de laboratorio

- Estereoscopio microscopio con cámara integrada
- Cajas de engorde plásticas x 50
- Cajas de cría x 50
- Alcohol
- Toallas lisas
- Pinceles de pelo sintético
- Cajas Petri plásticas 100 mmx10 mm
- Cajas Petri plásticas 60x15 mm

- Torundas de Algodón
- Miel de abeja
- Agua destilada
- Jeringuillas de 10 ml
- Lupa
- Barras de silicón
- Pinzas entomológicas
- Vasos de precipitación de 100 ml, 1000 ml
- Fuente de calor
- Pinzas de laboratorio
- Masking

4. Material de oficina

- Resma de papel bond
- Etiquetas
- Marcadores permanentes
- Tijeras
- Computadora
- Cuaderno de laboratorio

C. METODOLOGÍA

1. Diseño experimental

En la presente investigación se trabajó con un Diseño Completamente Aleatorizados (DCA) con estructura factorial con cinco replicas, durante cinco generaciones.

Se identificaron variables respuesta de intensidad de color, tamaño y porcentaje de mortalidad.

Debido a que los datos obtenidos de la medición de la intensidad de color y tamaño no se lograron normalizar se aplicó la prueba estadística no paramétrico Kruskal wallis, mientras que para los datos obtenidos de la resistencia insecticida se aplicó un ANOVA.

a. Manejo de la investigación

- Producción del alimento (col, brócoli, rábano), (Anexo 5).
- Manejo de la crianza de *P. xylostella*
- Implantación del ensayo en laboratorio para identificar polimorfismos de una población de *P. Xylostella*, (Anexo 6).
- Implementación del ensayo en laboratorio (generación 5), para registrar resistencia insecticida. (Anexo 9)
- Selección de individuos a analizar en cada generación (para la generación 5 la selección de individuos se duplica para usar en la aplicación insecticida).
- Fotografía y recolección de datos de individuos seleccionados.
- Procesamiento de la información.
- Interpretación de datos.

2. Especificaciones del campo experimental

a. Variable independiente

1) Planta hospedera como alimento.

Se produjeron plantas de brócoli, col blanca y rábano bajo invernadero, a las cuales no se aplicaron plaguicidas durante toda la investigación.

Como material de alimento para *P. xylostella* con las plantas de col y brócoli se utilizó las hojas número 6-10, cuando la planta tuvo 30 días de edad luego del trasplante como mínimo, para cubrir la demanda alimenticia diaria de las cámaras de engorde se recolectó 16 hojas, adicionalmente 4 hojas se utilizaron como discos de ovoposición, usándose en total 20 hojas.

Como material de alimento para *P. xylostella* con las plantas de Rábano se utilizó la totalidad de hojas cuando la planta tuvo 30 días de edad después de la siembra (siembra directa). Para cubrir la demanda alimenticia diaria y realizar los discos de ovoposición se tomaron todas las hojas de 8 plantas de rábano diariamente.

(Anexo 5).

2) Color de los padres.

Para realizar el estudio se nos entregó una muestra de cría de alrededor de 500 larvas de *P. xylostella* BBC ambatense, en la décima generación de cría en cautiverio en el laboratorio.

La población entregada se reprodujo hasta uniformizar, distinguir y separar las larvas de color verde y rojo, este proceso tomo 4 generaciones es decir hasta la generación 14, (el análisis de la investigación tuvo inicio en la generación 15 y concluyó en la generación 19).

Se clasificó la población de larvas de color rojo de las de color verde.

Las larvas clasificadas se dejaron madurar en el interior de cajas petri, hasta que adopten estado de pupa.

Se realizó el sexaje (diferenciación del sexo) de las pupas seleccionadas.

Las pupas identificadas hembra y macho se colocaron de a una pareja por cada caja petri.

Se crearon 48 cámaras de cría, 24 contenían padres rojos y 24 padres verdes. (Las parejas padres se colocaron cuando estos adoptaron el estado de pupa.)

Se depositaron las cajas petri con la pareja de pupas (macho y hembra) en el interior de cada cámara de cría.

De las 48 cámaras de engorde creadas una por cada cámara de cría, 24 contienen padres rojos y 24 padres verdes, 8 fueron alimentadas con brócoli, 8 fueron alimentadas con col blanca, y 8 fueron alimentadas con rábano (tratamientos), tanto de los padres verdes como de los rojos.

b. Variables dependientes

1) Color: Evaluación de la expresión del color durante 5 generaciones en la población de *P. xylostella* BBC ambatense.

Se seleccionaron 5 individuos cuando estos desarrollaron el cuarto instar larval con el mejor potencial de cada cámara de engorde (repetición), al final de cada generación se

tiene 150 imágenes, y al final de la investigación se recopilaron un total de 750 imágenes.

Las larvas seleccionadas fueron fotografiadas por la cámara del estereoscopio controlada desde un computador.

Cada una de las imágenes fueron recortadas utilizando el software Photoshop CS6 (todos los recortes con las mismas características de forma posición y tamaño), considerando únicamente el segmento larval número 6 para el análisis.

Para el recorte de cada imagen se utilizó el programa libre “R”, el cual nos permite extraer el valor de la intensidad de cada uno de los píxeles. Se utilizaron varios scripts que aparecen detallados en el Anexo 7.

Los datos extraídos fueron almacenados en una base de datos debidamente agrupados de acuerdo a la dieta, la procedencia de los padres y la generación correspondiente. (Anexo 7).

2. Tamaño: Evaluación de la expresión de la longitud durante 5 generaciones en la población de *P. xylostella* BBC ambatense.

Se seleccionaron 5 individuos cuando estos desarrollaron el cuarto instar larval con el mejor potencial de cada cámara de engorde (repetición), los mismos ejemplares de la prueba de color.

Las larvas seleccionadas fueron fotografiadas por la cámara del estereoscopio controlada desde un computador.

Con la ayuda de una herramienta del programa AmScope 3.7 con el que funciona la cámara del estereoscopio se tomaron las medidas de la longitud de las larvas para luego hacer la captura de imagen y almacenar en una base de datos debidamente agrupados de acuerdo a la dieta la procedencia de los padres y la generación correspondiente. (Anexo 8).

3. Mortalidad.

La aplicación se realizó con individuos de la quinta generación.

- Se tomaron 10 ejemplares del cuarto instar larval de cada cámara de engorde (repetición) 5 ejemplares con características de color verdes y 5 ejemplares con características de color rojos.

Se agruparon de a 5 por separado los de características verdes de los rojos en cajas petri de 6 cm de diámetro por 1,5 cm de altura.

- Se realizó la aplicación de una molécula insecticida (Clorpirifos) sobre las larvas seleccionadas.
- Se registró el porcentaje de mortalidad a las 24, 48, 72 horas después de la aplicación insecticida.
- Los datos obtenidos fueron almacenados en una base de datos debidamente ordenados de acuerdo a: tipo de alimentación, color de los padres, fenotipo.

(Anexo 9).

Tabla 6. Nomenclatura del diseño.

(V)			(R)		
V-C	V-B	V-R	R-C	R-B	R-R
V-C-1	V-B-1	V-R-1	R-C-1	R-B-1	R-R-1
V-C-2	V-B-2	V-R-2	R-C-2	R-B-2	R-R-2
V-C-3	V-B-3	V-R-3	R-C-3	R-B-3	R-R-3
V-C-4	V-B-4	V-R-4	R-C-4	R-B-4	R-R-4
V-C-5	V-B-5	V-R-5	R-C-5	R-B-5	R-R-5

R: Padres rojos.

V: Padres verdes.

V-C: Verdes alimentadas con col blanca.

V-B: Verdes alimentadas con brócoli.

V-R: Verdes alimentadas con rábano.

R-C: Rojas alimentadas con col blanca.

R-B: Rojas alimentadas con brócoli.

R-R: Rojas alimentadas con rábano.

1,2,3,4,5: Numero de la repetición.

Fuente: Rubio, R. (2016)

V. RESULTADOS

A. DETERMINACIÓN DEL POLIMORFISMO DE LA INTENSIDAD DEL COLOR DE LAS LARVAS DE *P. xylostella* BBC AMBATENSE DURANTE 5 GENERACIONES

1. Histogramas identificación de tres polimorfismos de color en función de la intensidad y las imágenes correspondientes.

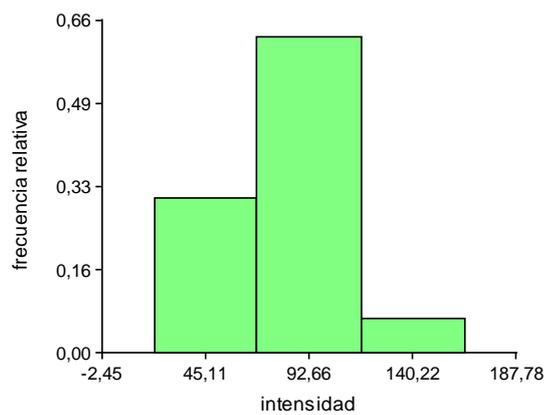


Grafico 1. Histograma obtenido del análisis de la intensidad del color de las larvas de *P. xylostella* durante cinco generaciones, para determinar los polimorfismos existentes.

El Histograma del Grafico 1. Muestra que, en función de la intensidad del color las larvas se clasifican en tres grupos, el primer grupo y con frecuencia del 30% están las larvas que poseen una intensidad media del 45/255; el segundo grupo con una frecuencia del 60% están las larvas que poseen una intensidad media del 93/255; y el tercer grupo con una frecuencia del 5% están las larvas con una intensidad media del 140/255.

2. Alimento por generaciones

Tabla 7. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en cinco generaciones alimentadas con brócoli con la prueba de Kruskal Wallis.

Alimento	Variable	Generación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
brócoli	intensidad	1	50	61,32	15,42	61,17	151,21	<0,0001
brócoli	intensidad	2	50	57,58	11,75	56,33		
brócoli	intensidad	3	50	96,74	16,57	95,67		
brócoli	intensidad	4	50	90,3	13,72	90		
brócoli	intensidad	5	50	75,88	11,3	76,34		

Tabla 8. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de *P. xylostella* alimentadas con brócoli.

Trat.	Ranks		
2,00	54,15	A	
1,00	72,02	A	
5,00	125,94	B	
4,00	179,74		C
3,00	195,65		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color entre las generaciones de *P. xylostella* alimentadas con brócoli (Ver Tabla 7). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 3 rangos, el rango A para la primera y segunda generación, rango B para la quinta generación, rango C para las generaciones tercera y cuarta, y es donde observamos las intensidades más altas entre generaciones (Ver Tabla 8).

Tabla 9. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en cinco generaciones alimentadas con col con la prueba de Kruskal Wallis.

alimento	Variable	generación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
col	intensidad	1	50	68,93	14,51	67	125,2	<0,0001
col	intensidad	2	50	79,33	21,55	78,5		
col	intensidad	3	50	120,13	21,35	118,83		
col	intensidad	4	50	101,12	18,24	98,83		
col	intensidad	5	50	94,55	14,06	95,83		

Tabla 10. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de *P. xylostella* alimentadas con col.

Trat.	Ranks		
1,00	53,14	A	
2,00	87,08		B
5,00	135,15		C
4,00	151,83		C
3,00	200,30		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color entre las generaciones de *P. xylostella* alimentadas con col (Ver Tabla 9). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 4 rangos, el rango A para la primera generación, rango B para la segunda generación, rango C para las generaciones quinta y cuarta, rango D para la generación tres, y es donde observamos las intensidades más altas entre generaciones (Ver Tabla 10).

Tabla 11. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P.xylostella* en cinco generaciones alimentadas con rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

alimento	Variable	generación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
rábano	intensidad	1	50	65,66	13,35	65,17	151,29	<0,0001
rábano	intensidad	2	50	52,92	12,18	53,5		
rábano	intensidad	3	50	95,63	13,95	98,5		
rábano	intensidad	4	50	89,97	10,67	89,67		
rábano	intensidad	5	50	82,19	15,3	82,33		

Tabla 12. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de *P. xylostella* alimentadas con rábano.

Trat.	Ranks		
2,00	41,69	A	
1,00	80,92		B
5,00	141,08		C
4,00	171,78		D
3,00	192,03		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color entre las generaciones de *P. xylostella* alimentadas con rábano (Ver Tabla 11). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 4 rangos, el rango A para la segunda generación, rango B para la primera generación, rango C para la

quinta generación, rango D para las generaciones cuatro y tres, y es donde observamos las intensidades más altas entre generaciones (Ver Tabla 12).

3. Generaciones por alimentos

Tabla 13. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P.xylostella* en la primera generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

Generación	Variable	alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
1	intensidad	brócoli	50	61,32	15,42	61,17	5,21	0,0739
1	intensidad	col	50	68,93	14,51	67		
1	intensidad	rábano	50	65,66	13,35	65,17		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en la intensidad del color en la primera generación de *P.xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano (Ver Tabla 13).

Tabla 14. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en la segunda generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

generación	Variable	alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
2	intensidad	brócoli	50	57,58	11,75	56,33	45,39	<0,0001
2	intensidad	col	50	79,33	21,55	78,5		
2	intensidad	rábano	50	52,92	12,18	53,5		

Tabla 15. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la segunda generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano.

Trat.	Ranks	
Rábano	53,50	A
brócoli	64,2 8	A
col	108,72	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color en la segunda generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano (Ver Tabla 14). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2

rangos, el rango A para los alimentos rábano y brócoli, rango B para el alimento col, y es donde observamos las intensidades más altas entre alimentos. (Ver Tabla 15).

Tabla 16. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en la tercera generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

generación	Variable	alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
3	intensidad	brócoli	50	96,74	16,57	95,67	39,94	<0,0001
3	intensidad	col	50	120,13	21,35	118,83		
3	intensidad	rábano	50	95,63	13,95	98,5		

Tabla 17. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la tercera generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano.

Trat.	Ranks	
rábano	59,13	A
brócoli	60,17	A
col	107,20	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color en la tercera generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano (Ver Tabla 16). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2 rangos, el rango A para los alimentos rábano y brócoli, rango B para el alimento col, y es donde observamos las intensidades más altas entre alimentos. (Ver Tabla 17).

Tabla 18. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en la cuarta generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

generación	Variable	alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
4	intensidad	brócoli	50	90,3	13,72	90	15,32	0,0005
4	intensidad	col	50	101,12	18,24	98,83		
4	intensidad	rábano	50	89,97	10,67	89,67		

Tabla 19. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la cuarta generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano.

Trat.	Ranks
brócoli	64,53 A
rábano	66,88 A
col	95,09 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color en la cuarta generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano (Ver Tabla 18). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2 rangos, el rango A para los alimentos brócoli y rábano, rango B para el alimento col, y es donde observamos las intensidades más altas entre alimentos. (Ver Tabla 19).

Tabla 20. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en la quinta generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

generación	Variable	alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
5	intensidad	brócoli	50	75,88	11,3	76,34	36,09	<0,0001
5	intensidad	col	50	94,55	14,06	95,83		
5	intensidad	rábano	50	82,19	15,3	82,33		

Tabla 21. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la quinta generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano.

Trat.	Ranks
brócoli	51,83 A
rábano	71,18 B
col	103,49 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color en la quinta generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano (Ver Tabla 20). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 3 rangos, el rango A para el alimento brócoli, rango B para el alimento rábano, rango C para el alimento col, y es donde observamos las intensidades más altas entre alimentos. (Ver Tabla 21).

4. Generaciones por color de los padres

Tabla 22. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en cinco generaciones procedentes de padres rojos con la prueba de Kruskal Wallis.

Color padre	Variable	generación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
rojo	intensidad	1	73	69,57	13,72	70	123,51	<0,0001
rojo	intensidad	2	73	66,6	23,89	60,67		
rojo	intensidad	3	73	102,23	22,84	98,33		
rojo	intensidad	4	73	92,49	16,92	90		
rojo	intensidad	5	73	84,15	17,99	83		

Tabla 23. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de *P. xylostella* procedentes de padres rojos.

Trat.	Ranks	
2,00	110,40	A
1,00	116,27	A
5,00	192,27	B
4,00	231,16	C
3,00	264,89	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color entre las generaciones de *P. xylostella* procedentes de padres rojos (Ver Tabla 22). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 3 rangos, el rango A para la segunda y primera generación, rango B para la quinta generación, rango C para las generaciones cuarta y tercera, y es donde observamos las intensidades más altas entre generaciones (Ver Tabla 23).

Tabla 24. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en cinco generaciones procedentes de padres verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

Color padre	Variable	generación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
verde	intensidad	1	77	61,26	14,52	61,67	253,79	<0,0001
verde	intensidad	2	77	60,12	13,57	59		
verde	intensidad	3	77	106	18,63	103,33		
verde	intensidad	4	77	95,03	13,7	94,67		
verde	intensidad	5	77	84,26	13,14	82		

Tabla 25. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de *P. xylostella* procedentes de padres verdes.

Trat.	Ranks		
2,00	84,53	A	
1,00	93,66	A	
5,00	211,44	B	
4,00	266,32		C
3,00	309,05		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color entre las generaciones de *P. xylostella* procedentes de padres verdes (Ver Tabla 24). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 4 rangos, el rango A para la segunda y primera generación, rango B para la quinta generación, rango C para la cuarta generación, rango D para la tercera generación y es donde observamos las intensidades más altas entre generaciones (Ver Tabla 25).

5. Color padres por generaciones

Tabla 26. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en la primera generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis

Generación	Variable	Color padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
1	intensidad	rojo	73	69,57	13,72	70	11,86	0,0006
1	intensidad	verde	77	61,26	14,52	61,67		

Tabla 27. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la primera generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes.

Trat.	Ranks	
Verde	63,60	A
rojo	88,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color en la primera generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes (Ver Tabla 26). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2 rangos, el rango A para padres procedentes de color verde, rango B para padres procedentes de color rojo, y es donde observamos las intensidades más altas entre los colores de procedencia de los padres (Ver Tabla 27).

Tabla 28. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en la segunda generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis

generación	Variable	Color padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
2	intensidad	rojo	73	66,6	23,89	60,67	1,11	0,2924
2	intensidad	verde	77	60,12	13,57	59		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en la intensidad del color en la segunda generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes (Ver Tabla 28).

Tabla 29. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en la tercera generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

generación	Variable	Color Padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
3	intensidad	rojo	73	102,23	22,84	98,33	2,48	0,1151
3	intensidad	verde	77	106	18,63	103,33		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en la intensidad del color en la tercera generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes (Ver Tabla 29).

Tabla 30. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en la cuarta generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

generación	Variable	Color padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
4	intensidad	rojo	73	92,49	16,92	90	3,1	0,0784
4	intensidad	verde	77	95,03	13,7	94,67		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en la intensidad del color en la cuarta generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes (Ver Tabla 30).

Tabla 31. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* en la quinta generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

generación	Variable	Color padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
5	intensidad	rojo	73	84,15	17,99	83	1,40E-03	0,97
5	intensidad	verde	77	84,26	13,14	82		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en la intensidad del color en la quinta generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes (Ver Tabla 31).

6. Color padre por alimentos

Tabla 32. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* alimentadas con brócoli procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

alimento	Variable	Color Padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
brócoli	intensidad	rojo	125	76,85	17,47	76,67	0,25	0,6193
brócoli	intensidad	verde	125	75,88	23,57	74,67		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en la intensidad del color entre los padres procedentes de color rojo y verde de *P. xylostella* alimentadas con brócoli (Ver Tabla 32).

Tabla 33. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* alimentadas con col procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

alimento	Variable	Color Padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
col	intensidad	rojo	125	97,17	25,46	97	9,03	0,0027
col	intensidad	verde	125	88,45	24,56	87,33		

Tabla 34. Comparación de a pares de las medias de los rangos de padres procedentes de color rojo y verde de *P. xylostella* alimentadas con col.

Trat.	Ranks
verde	111,76 A
rojo	139,24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color entre los padres procedentes de color rojo y verde de *P. xylostella* alimentadas con col (Ver Tabla 33). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2 rangos, el rango A para los padres procedentes de color verde, rango B para padres procedentes de color rojo, y es donde observamos las intensidades más altas entre los colores de procedencia de los padres (Ver Tabla 34).

Tabla 35. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* alimentadas con Rábano procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

alimento	Variable	Color Padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
rábano	intensidad	rojo	115	74,31	20,05	75,67	4,17	0,0413
rábano	intensidad	verde	135	79,8	20,7	82,33		

Tabla 36. Comparación de a pares de las medias de los rangos de padres procedentes de color rojo y verde de *P. xylostella* alimentadas con Rábano.

Trat.	Ranks
rojo	115,39 A
verde	134,11 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color entre los padres procedentes de color rojo y verde de *P. xylostella* alimentadas con rábano (Ver Tabla 35). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2 rangos, el rango A para los padres procedentes de color rojo, rango B para padres procedentes de color verde, y es donde observamos las intensidades más altas entre los colores de procedencia de los padres. (Ver Tabla 36).

7. Color padres con alimentos (interacción)

Tabla 37. Análisis de varianza de la intensidad del color de larvas de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano, procedentes de padres de color rojo y verde con la prueba de Kruskal Wallis.

Variable	Color Padre	alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
intensidad	rojo	brócoli	125	76,85	17,47	76,67	78,4	<0,0001
intensidad	rojo	col	125	97,17	25,46	97		
intensidad	rojo	rábano	115	74,31	20,05	75,67		
intensidad	verde	brócoli	125	75,88	23,57	74,67		
intensidad	verde	col	125	88,45	24,56	87,33		
intensidad	verde	rábano	135	79,8	20,7	82,33		

Tabla 38. Comparación de a pares de las medias de los rangos de padres procedentes de color rojo y verde de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col y rábano.

Trat.	Ranks	
rojo: rábano	310,18	A
Verde: brócoli	319,76	A
Rojo: brócoli	323,48	A
verde: rábano	363,14	A
verde: col	426,60	B
rojo: col	505,60	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color de padres procedentes de color rojo y verde de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col y Rábano (Ver Tabla 37). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 3 rangos, el rango A para padres procedentes de color rojo alimentados con rábano, padres procedentes de color verde alimentados con brócoli, padres procedentes de color rojo alimentados con brócoli, padres procedentes de color verde alimentados con rábano, rango B para para padres procedentes de color verde alimentados con col, para padres procedentes de color rojo alimentados con col, y es donde observamos las intensidades más altas entre el color de los padres y el alimento (Ver Tabla 38).

Discusión

Nuestros resultados muestran por primera vez que existe un polimorfismo para el color de las larvas de *P. xylostella*, la literatura asigna a estas larvas siempre el color verde. (Moriuti, 1986., Talekar, N. S & Shelton, A. M, 1993., Furlong, M. J., Wright, D. J & Dossdall, L. M. 2013).

Se registraron tres principales polimorfismos con sus respectivas tendencias, las tonalidades verdes comunes (según la literatura citada) registraron una frecuencia mayor con un porcentaje del 60%, las tonalidades oscuras registraron una frecuencia media con un porcentaje del 30%, y las tonalidades claras amarillentas registraron una frecuencia baja con un porcentaje del 5%.

La ecología de *P. xylostella* está dada fundamentalmente por su planta huésped (brassicaceas) (Sarfraz *et al.* 2006, 2010, 2011., Sakakibara & Takashino, 2004).

Es posible que este polimorfismo del color se encuentre en estas larvas por ser una población ancestral de América del Sur y que se haya conservado en los valles andinos cerca de Ambato. Los valles andinos funcionan como islas dentro de la teoría de la biogeografía de islas. (MacArthur, & Wilson, 1967., Pyrcz & Wojtusiak - Shilap, 1999., Vilorio, 1998).

Nuestros resultados del polimorfismo del color de la población BBC ambatense muestran que este está determinado por la planta huésped, destacándose dos grupos uno formado por las larvas que fueron alimentados con brócoli y rábano y otro grupo formado por las larvas que fueron alimentadas con col.

Una forma de defensa de los insectos ante la predación y el parasitoidismo, es mimetizarse (Evans & Schmidt, 1990., Dyer, L. A. 1997).

La capacidad de algunos animales y plantas de asemejarse en el color o en la forma a los objetos entre los que viven para pasar desapercibidos se conoce como mimetismo, y una de las variantes del concepto es la cripsis. En esta el individuo trata de parecerse a su entorno y no de parecerse a otro objeto específico u otra especie. En este trabajo planteamos la hipótesis que el polimorfismo desarrollado por la larva de *P. xylostella* BBC ambatense es una cripsis mimética al color de planta huésped. (Howard, R. W., Akre, R. D. 1995)

Se descubrió un patrón distinto de evolución correlacionada de los caracteres morfológicos vinculados a la criptosis. (Svenson, G., Medellín, & Sarmiento, C. 2016).

El color, la textura, la posición del cuerpo y los patrones de movimiento son algunos aspectos que pueden comprender la estrategia de camuflaje de una especie. (Stevens & Cuthill, 2006).

Endler (2006) aclara que el camuflaje se puede lograr de tres maneras. La primera es la homocromía (Del grieg *ὅμοιος*, (igual) y *χρῶμα* (color)) esta ocurre cuando el individuo se asemeja a muestras aleatorias del fondo visual (Endler, 1984). En segundo lugar, la coloración disruptiva ocurre cuando los individuos combinan patrones altamente conspicuos con elementos crípticos para distraer la atención del depredador y romper el contorno del cuerpo; esta estrategia también incluye cambios en la textura que

ayudan a ocultar al portador (Stevens & Cuthill, 2006). La tercera es el engaño, que se refiere a un conjunto de características que son distintas del fondo visual, pero que no permiten que el depredador reconozca al portador como comestible (Endler, 1981), tal es el caso de los animales que se asemejan a una hoja o un palo. (Stevens & Cuthill, 2006).

B. DETERMINACIÓN DEL POLIMORFISMO DEL TAMAÑO DE LAS LARVAS DE *P. xylostella* BBC AMBATENSE DURANTE 5 GENERACIONES

1. Histogramas identificación de tres polimorfismos del tamaño y las imágenes correspondientes.

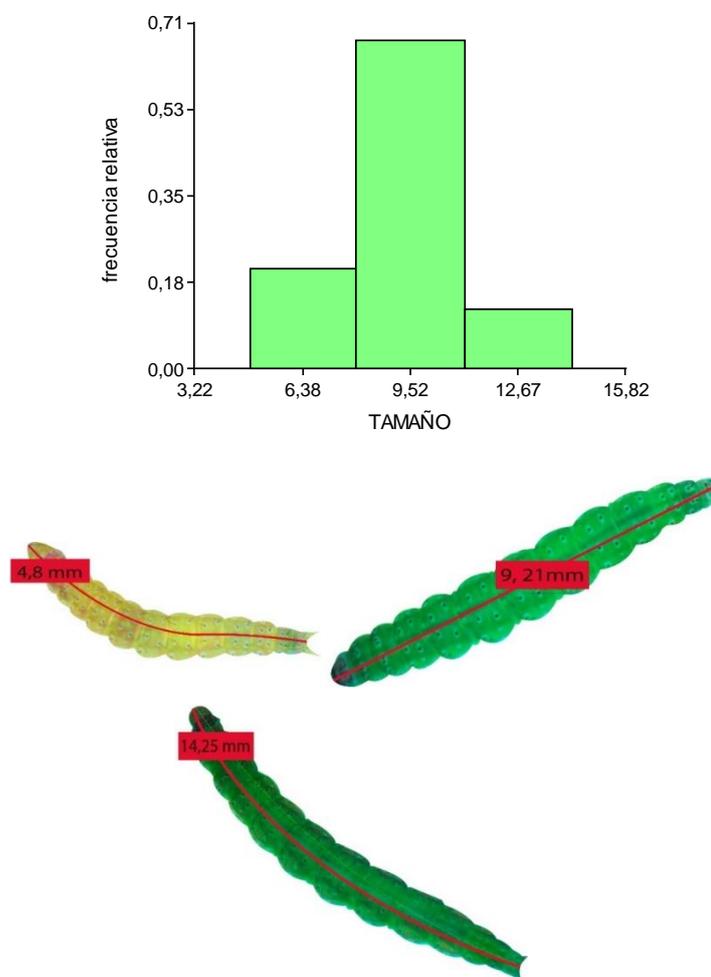


Grafico 2. Histograma obtenido del análisis del tamaño de las larvas de *P. xylostella* durante cinco generaciones, para determinar los polimorfismos existentes.

El Histograma del Grafico 2. Muestra que en función del tamaño de las larvas se clasifican en tres grupos con una frecuencia del 20%, 70% y 15% respectivamente, registrando los mínimos valores lar larvas cuya longitud media fue de 6,38 mm; los valores medios las larvas cuya longitud media fue de 9,52 mm; y los valores máximos las larvas cuya longitud media fue de 12,67 mm.

2. Alimentos por generaciones

Tabla 39. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en cinco generaciones alimentadas con brócoli con la prueba de Kruskal Wallis.

Alimento	Variable	Generación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
brócoli	TAMAÑO	1	50	8,56	1,31	8,1	113,33	<0,0001
brócoli	TAMAÑO	2	50	8,36	0,93	8,34		
brócoli	TAMAÑO	3	50	9,57	0,97	9,57		
brócoli	TAMAÑO	4	50	9,32	1,07	9,34		
brócoli	TAMAÑO	5	50	11,55	1,33	11,73		

Tabla 40. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de *P. xylostella* alimentadas con brócoli.

Trat.	Ranks	
2,00	72,29	A
1,00	84,00	A
4,00	123,61	B
3,00	137,54	B
5,00	210,06	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en el tamaño de las larvas entre las generaciones de *P. xylostella* alimentadas con brócoli (Ver Tabla 39). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 3 rangos, el rango A para las generaciones segunda y primera, rango B para las generaciones cuarta y tercera, rango C para la quinta generación, y es donde observamos los tamaños más grandes entre generaciones (Ver Tabla 40).

Tabla 41. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en cinco generaciones alimentadas con col con la prueba de Kruskal Wallis.

Alimento	Variable	Generación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
col	TAMAÑO	1	50	8,04	1,15	7,87	81,79	<0,0001
col	TAMAÑO	2	50	9,14	1,42	8,96		
col	TAMAÑO	3	50	8,82	1,23	8,86		
col	TAMAÑO	4	50	8,47	1,56	8,71		
col	TAMAÑO	5	50	10,81	1,24	10,86		

Tabla 42. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de *P. xylostella* alimentadas con col.

Trat.	Ranks	
1,00	77,64	A
4,00	103,34	A B
3,00	116,66	B
2,00	128,98	B
5,00	200,88	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en el tamaño de las larvas entre las generaciones de *P. xylostella* alimentadas con col (Ver Tabla 41). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 3 rangos, el rango A para las generaciones primera y cuarta B para las generaciones cuarta, tercera y segunda, rango C para la quinta generación, y es donde observamos los tamaños más grandes entre generaciones (Ver Tabla 42).

Tabla 43. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en cinco generaciones alimentadas con rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

Alimento	Variable	Generación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
rábano	TAMAÑO	1	50	8,19	1,16	8,17	90,49	<0,0001
rábano	TAMAÑO	2	50	9	1,18	9,14		
rábano	TAMAÑO	3	50	9,33	1,13	9,39		
rábano	TAMAÑO	4	50	9,05	0,88	8,91		
rábano	TAMAÑO	5	50	10,88	1,19	10,93		

Tabla 44. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de *P. xylostella* alimentadas con rábano.

Trat.	Ranks	
1,00	69,88	A
4,00	111,48	B
2,00	112,03	B
3,00	131,43	B
5,00	202,68	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en el tamaño entre las generaciones de *P. xylostella* alimentadas con rábano (Ver Tabla 43). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 3 rangos, el rango A para la primera generación, rango B para las generaciones cuarta segunda y tercera, rango C para la quinta generación, y es donde observamos los tamaños más grandes entre generaciones (Ver Tabla 44).

3. Alimentos por generaciones

Tabla 45. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en la primera generación alimentadas con brócoli, col y rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

Generación	Variable	Alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
1	TAMAÑO	brócoli	50	8,56	1,31	8,1	4,33	0,1145
1	TAMAÑO	col	50	8,04	1,15	7,87		
1	TAMAÑO	rábano	50	8,19	1,16	8,17		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en el tamaño en la primera generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano (Ver Tabla 45).

Tabla 46. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en la segunda generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

Generación	Variable	Alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
2	TAMAÑO	brócoli	50	8,36	0,93	8,34	11	0,0041
2	TAMAÑO	col	50	9,14	1,42	8,96		
2	TAMAÑO	rábano	50	9	1,18	9,14		

Tabla 47. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la segunda generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano.

Trat.	Ranks	
brócoli	58,91	A
rábano	82,74	B
col	84,85	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en el tamaño en la segunda generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano (Ver Tabla 46). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2 rangos, el rango A para el brócoli, rango B para los alimentos rábano y col, y es donde observamos los tamaños más grandes entre alimentos. (Ver Tabla 47).

Tabla 48. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en la tercera generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

Generación	Variable	Alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
3	TAMAÑO	brócoli	50	9,57	0,97	9,57	10,65	0,0049
3	TAMAÑO	col	50	8,82	1,23	8,86		
3	TAMAÑO	rábano	50	9,33	1,13	9,39		

Tabla 49. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la tercera generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano.

Trat.	Ranks	
col	59,80	A
rábano	79,34	B
brócoli	87,36	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en el tamaño en la tercera generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano (Ver Tabla 48). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2 rangos, el rango A para el alimento col, rango B para los alimentos rábano y brócoli, y es donde observamos los tamaños más grandes entre alimentos. (Ver Tabla 49)

Tabla 50. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en la cuarta generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

Generación	Variable	Alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
4	TAMAÑO	brócoli	50	9,32	1,07	9,34	8,04	0,0179
4	TAMAÑO	col	50	8,47	1,56	8,71		
4	TAMAÑO	rábano	50	9,05	0,88	8,91		

Tabla 51. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la cuarta generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano.

Trat.	Ranks		
col	63,22	A	
rábano	75,42	A	B
brócoli	87,86		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en el tamaño en la cuarta generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano (Ver Tabla 50). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2 rangos, el rango A para los alimentos col y rábano, rango B para el alimento Brócoli, y es donde observamos los tamaños más grandes entre alimentos. (Ver Tabla 51).

Tabla 52. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en la quinta generación alimentadas con brócoli, col, rábano con la prueba de Kruskal Wallis.

Generación	Variable	Alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
5	TAMAÑO	brócoli	50	11,55	1,33	11,73	10,05	0,0066
5	TAMAÑO	col	50	10,81	1,24	10,86		
5	TAMAÑO	rábano	50	10,88	1,19	10,93		

Tabla 53. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la quinta generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano.

Trat.	Ranks		
col	66,66	A	
rábano	68,47	A	
brócoli	91,37		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en el tamaño en la quinta generación de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col, rábano (Ver Tabla 52). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2 rangos, el rango A para los

alimentos col y rábano, rango B para el alimento brócoli, y es donde observamos los tamaños más grandes entre alimentos. (Ver Tabla 53).

4. Color padre por generaciones

Tabla 54. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en la primera generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis

Generación	Variable	Color padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
1	TAMAÑO	rojo	73	8,12	1,17	7,93	2,13	0,1446
1	TAMAÑO	verde	77	8,4	1,26	8,23		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en el tamaño en la primera generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes (Ver Tabla 54).

Tabla 55. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en la segunda generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis

Generación	Variable	Color Padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
2	TAMAÑO	rojo	73	8,84	1,29	8,8	0,03	0,8656
2	TAMAÑO	verde	77	8,83	1,18	8,73		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en el tamaño en la segunda generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes (Ver Tabla 55).

Tabla 56. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en la tercera generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

Generación	Variable	Color padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
3	TAMAÑO	rojo	73	9,38	1,2	9,58	3,26	0,0711
3	TAMAÑO	verde	77	9,11	1,1	9,16		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en el tamaño en la tercera generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes (Ver Tabla 56).

Tabla 57. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en la cuarta generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis

Generación	Variable	Color padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
4	TAMAÑO	rojo	73	9,35	0,99	9,42	13,88	0,0002
4	TAMAÑO	verde	77	8,56	1,35	8,68		

Tabla 58. Comparación de a pares de las medias de los rangos de la primera generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes.

Trat.	Ranks	
verde	62,63	A
rojo	89,08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en la intensidad del color en la primera generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes (Ver Tabla 57). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 2 rangos, el rango A para padres procedentes de color verde, rango B para padres procedentes de color rojo, y es donde observamos los tamaños más grandes de la procedencia de los padres (Ver Tabla 58).

Tabla 59. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en la quinta generación procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis

Generación	Variable	Color padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
5	TAMAÑO	rojo	73	11,22	1,46	11,08	1,12	0,2898
5	TAMAÑO	verde	77	10,95	1,1	10,94		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en el tamaño en la tercera generación de *P. xylostella* procedentes de padres rojos y verdes (Ver Tabla 59).

5. Color padre por alimentos

Tabla 60. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* alimentadas con brócoli procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

Alimento	Variable	Color padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
brócoli	TAMAÑO	rojo	125	9,62	1,68	9,53	1,37	0,2419
brócoli	TAMAÑO	verde	125	9,32	1,5	9,24		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en tamaño entre los padres procedentes de color rojo y verde de *P. xylostella* alimentadas con brócoli (Ver Tabla 60).

Tabla 61. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* alimentadas con col procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

alimento	Variable	Color padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
col	TAMAÑO	rojo	125	9,17	1,53	9,15	1,13	0,2867
col	TAMAÑO	verde	125	8,94	1,72	8,77		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en tamaño entre los padres procedentes de color rojo y verde de *P. xylostella* alimentadas con col (Ver Tabla 61).

Tabla 62. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* alimentadas con rábano procedentes de padres rojos y verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

Alimento	Variable	Color Padre	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
rábano	TAMAÑO	rojo	115	9,36	1,56	9,37	0,46	0,4998
rábano	TAMAÑO	verde	135	9,24	1,28	9,23		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en tamaño entre los padres procedentes de color rojo y verde de *P. xylostella* alimentadas con rábano (Ver Tabla 62).

6. Color padres por generaciones

Tabla 63. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en cinco generaciones procedentes de padres rojos con la prueba de Kruskal Wallis.

Color padre	Variable	Generación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
rojo	TAMAÑO	1	73	8,12	1,17	7,93	140,67	<0,0001
rojo	TAMAÑO	2	73	8,84	1,29	8,8		
rojo	TAMAÑO	3	73	9,38	1,2	9,58		
rojo	TAMAÑO	4	73	9,35	0,99	9,42		
rojo	TAMAÑO	5	73	11,22	1,46	11,08		

Tabla 64. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de *P. xylostella* procedentes de padres rojos.

Trat.	Ranks	
1,00	95,69	A
2,00	146,64	B
4,00	185,90	C
3,00	192,36	C
5,00	294,41	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en el tamaño entre las generaciones de *P. xylostella* procedentes de padres rojos (Ver Tabla 63). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 4 rangos, el rango A para la primera generación, rango B para la segunda generación, rango C para las generaciones cuarta y tercera, rango D para la quinta generación, y es donde observamos los tamaños más grandes entre generaciones (Ver Tabla 64).

Tabla 65. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* en cinco generaciones procedentes de padres verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

Color Padre	Variable	Generación	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
verde	TAMAÑO	1	77	8,4	1,26	8,23	131,86	<0,0001
verde	TAMAÑO	2	77	8,83	1,18	8,73		
verde	TAMAÑO	3	77	9,11	1,1	9,16		
verde	TAMAÑO	4	77	8,56	1,35	8,68		
verde	TAMAÑO	5	77	10,95	1,1	10,94		

Tabla 66. Comparación de a pares de las medias de los rangos de cinco generaciones de *P. xylostella* procedentes de padres verdes.

Trat.	Ranks
1,00	136,14 A
4,00	152,29 A
2,00	167,10 A B
3,00	191,40 B
5,00	318,07 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de Kruskal Wallis muestra que hay diferencias significativas en el tamaño entre las generaciones de *P. xylostella* procedentes de padres verdes (Ver Tabla 65). Al realizar la comparación de a pares, se identifican 3 rangos, el rango A para las generaciones primera cuarta y segunda, rango B para las generaciones segunda y tercera, rango C para la quinta generación, , y es donde observamos los tamaños más grandes entre generaciones (Ver Tabla 66).

7. Color padres por alimentos

Tabla 67. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col y rábano procedentes de padres rojos con la prueba de Kruskal Wallis.

Color Padre	Variable	Alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
rojo	TAMAÑO	brócoli	125	9,62	1,68	9,53	3,52	0,1721
rojo	TAMAÑO	col	125	9,17	1,53	9,15		
rojo	TAMAÑO	rábano	115	9,36	1,56	9,37		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en el tamaño entre la procedencia del color de los padres rojos de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col y Rábano (Ver Tabla 67).

Tabla 68. Análisis de varianza del tamaño de larvas de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col y rábano procedentes de padres verdes con la prueba de Kruskal Wallis.

Color Padre	Variable	Alimento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
verde	TAMAÑO	brócoli	125	9,32	1,5	9,24	3,9	0,1425
verde	TAMAÑO	col	125	8,94	1,72	8,77		
verde	TAMAÑO	rábano	135	9,24	1,28	9,23		

La prueba de Kruskal Wallis muestra que no hay diferencias significativas en el tamaño entre la procedencia del color de los padres verdes de *P. xylostella* alimentadas con brócoli, col y rábano (Ver Tabla 68).

Discusión

Según Bortoli, S., Ferraudo São, A. S., Vacari São, A. M. (2013) en una investigación desarrollada en la cual se estudió la resistencia de diferentes brasicas al ataque de *P. xylostella* se arrojaron como uno de los resultados que el brócoli fue un alimento de buena calidad para el desarrollo de la larva de *P. Xylostella*, como lo demuestra el alto rendimiento larvario (Tabla 1 del artículo citado).

Tabla 1. Duración de los larvas y pupas (días) y desempeño (%) (SD) de *P. xylostella* en las hojas de diferentes cultivares crucíferos,

Genotype	Period (days)		Performance (%)	
	Larval	Pupal	Larval	Pupal
Collard greens – M	8.7 ± 0.59 ^{ab}	2.8 ± 0.35 ^{bc}	91.2 ± 18.4 ^a	100.0 ± 0.0 ^a
Cabbage – CQ	9.2 ± 0.58 ^{ab}	2.9 ± 0.33 ^{abc}	27.0 ± 8.9 ^{cd}	63.1 ± 29.9 ^b
Cabbage – Midori	10.7 ± 0.40 ^a	3.6 ± 0.41 ^a	17.7 ± 4.5 ^d	56.7 ± 34.9 ^b
Cabbage – TPC668	10.5 ± 0.45 ^a	3.5 ± 0.50 ^{ab}	40.5 ± 18.6 ^{bc}	70.7 ± 29.9 ^{ab}
Cabbage – TPC681	10.1 ± 0.63 ^{ab}	2.8 ± 0.57 ^{bc}	50.0 ± 15.6 ^b	75.4 ± 20.0 ^{ab}
Cabbage – TPC308	9.1 ± 0.40 ^{ab}	3.3 ± 0.76 ^{abc}	52.0 ± 25.0 ^b	79.3 ± 21.9 ^{ab}
Cauliflower – BN	8.3 ± 1.30 ^b	2.7 ± 0.36 ^c	34.0 ± 18.4 ^{bcd}	72.0 ± 28.7 ^{ab}
Broccoli – RPP	9.1 ± 0.71 ^{ab}	3.3 ± 0.90 ^{abc}	77.0 ± 14.2 ^a	80.0 ± 14.68 ^{ab}

M = Manteiga; CQ = chato-de-Quintal; BN = Bola De Neve; RPP = Ramoso Piracicaba Precoce.

Según Iberoamericana, (2005) en análisis bromatológico de brócoli, col, y rábano se tiene que el contenido proteico del brócoli es superior con un valor del 3% en 100 gramos de muestra frente al contenido proteico de la col y rábano que es de 1,4% y 0,6% respectivamente.

Esta referencia concuerda con los resultados obtenidos en la investigación ya que los tamaños más grandes o mayor desarrollo larval se registraron en las larvas que fueron alimentadas con brócoli (posiblemente debido al alto contenido proteico mencionado

en la literatura para esta variedad (Iberoamericana, 2005)), independientemente del color de los padres o generación, también se registró que los tamaños más frecuentes fueron cuyas medias es de 9,5mm, los tamaños de frecuencia media fueron los que registraron una longitud larval media de 6,4mm y los tamaños con menor frecuencia fueron los que registraron medias del 12,6mm.

C. IDENTIFICACIÓN DE LAS ISOLINEAS DE PARENTESCO EN FUNCIÓN DEL PATRÓN DE COLOR.

1. Conglomerados color padres alimento por generaciones

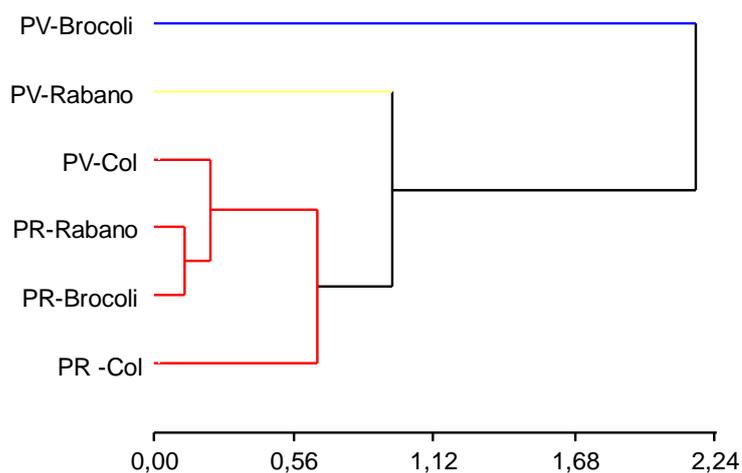


Figura 21. Dendrograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de *P. xylostella* (color de los padres y alimentación) en la primera generación, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendrograma de la Figura 21 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman tres grupos, un grupo formado por: los descendientes de padres rojos alimentados con col, los descendientes de padres rojos alimentados con brócoli; los descendientes de padres rojos alimentados con rábano y los descendientes de padres verdes alimentados con col; otro grupo formado por los descendientes de padres verdes alimentados con rábano; y el último grupo formado por los descendientes de padres verdes alimentados con brócoli.

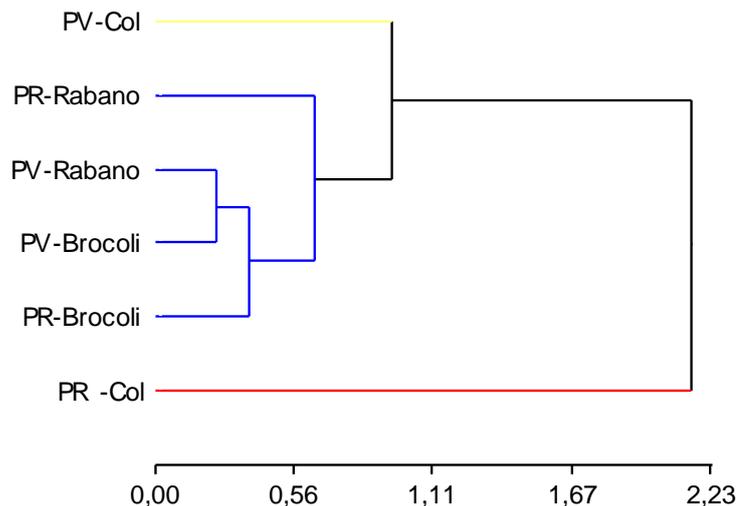


Figura 22. Dendrograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de *P. xylostella* (color de los padres y alimentación) en la segunda generación, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendrograma de la Figura 22 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman tres grupos, un grupo formado por: los descendientes de padres rojos alimentados con rábano, los descendientes de padres verdes alimentados con brócoli, los descendientes de padres verdes alimentados con brócoli y los descendientes de padres rojos alimentados con brócoli; otro grupo formado por los descendientes de padres verdes alimentados con col; y el último grupo formado por los descendientes de padres rojos alimentados con col.

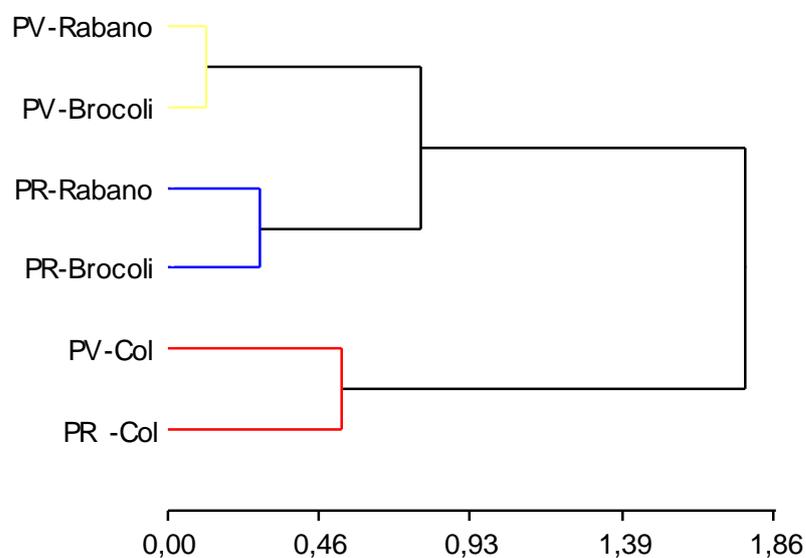


Figura 23. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de *P. xylostella* (color de los padres y alimentación) en la tercera generación, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendograma de la Figura 23 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman tres grupos, un grupo formado por: los descendientes de padres verdes alimentados con rábano, y los descendientes de padres verdes alimentados con brócoli; otro grupo formado por los descendientes de padres rojos alimentados con rábano, y los descendientes de padres rojos alimentados con brócoli; y el último grupo formado por los descendientes de padres verdes alimentados con col, y los descendientes de padres rojos alimentados con col.

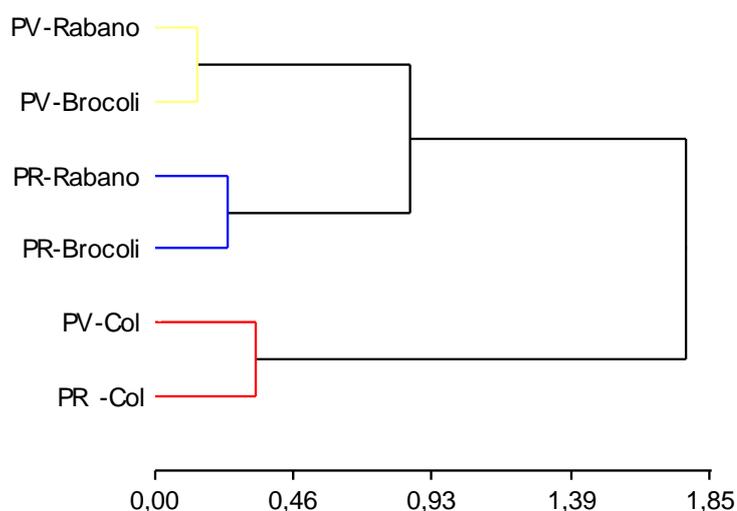


Figura 24. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de *P. xylostella* (color de los padres y alimentación) en la cuarta generación, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendograma de la Figura 24 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman tres grupos, un grupo formado por: los descendientes de padres verdes alimentados con rábano, y los descendientes de padres verdes alimentados con brócoli; otro grupo formado por los descendientes de padres rojos alimentados con rábano, y los descendientes de padres rojos alimentados con brócoli; y el último grupo formado por los descendientes de padres verdes alimentados con col, y los descendientes de padres rojos alimentados con col.

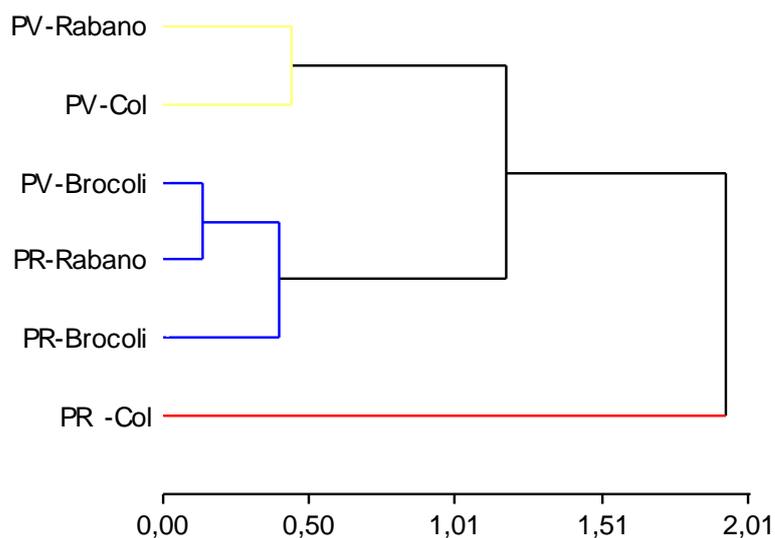


Figura 25. Dendrograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de *P. xylostella* (color de los padres y alimentación) en la quinta generación, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendrograma de la Figura 25 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman tres grupos, un grupo formado por: los descendientes de padres verdes alimentados con brócoli, los descendientes de padres rojos alimentados con rábano, y los descendientes de padres rojos alimentados con brócoli; otro grupo formado por los descendientes de padres verdes alimentados con rábano, y los descendientes de padres verdes alimentados con col; y el último grupo formado por los descendientes de padres rojos alimentados con col.

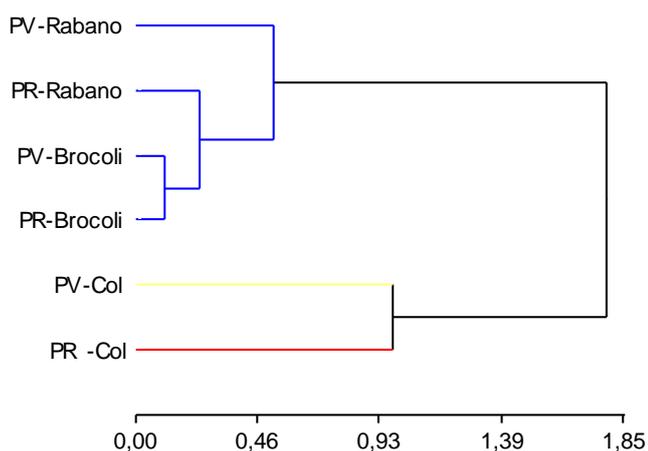


Figura 26. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para las variables evaluadas en larvas de *P. xylostella* (*color de los padres y alimentación*) durante cinco generaciones, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendograma de la Figura 26 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman dos grupos, un grupo formado por: los descendientes de padres verdes alimentados con Rábano, los descendientes de padres rojos alimentados con rábano, los descendientes de padres verdes alimentados con brócoli, y los descendientes de padres rojos alimentados con brócoli; y otro grupo formado por los descendientes de padres verdes alimentados con col, y los descendientes de padres rojos alimentados con col.

2. Conglomerados color por alimentos

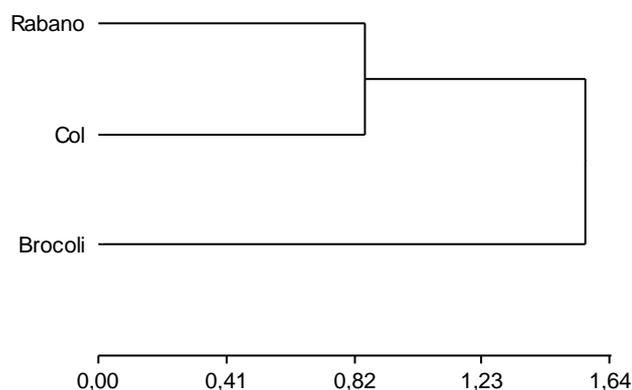


Figura 27. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de *P. xylostella* (*alimentación*) en la primera generación, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendograma de la Figura 27 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman dos grupos, un grupo formado por las larvas alimentadas con rábano y col; y otro grupo formado por las larvas alimentadas con brócoli.

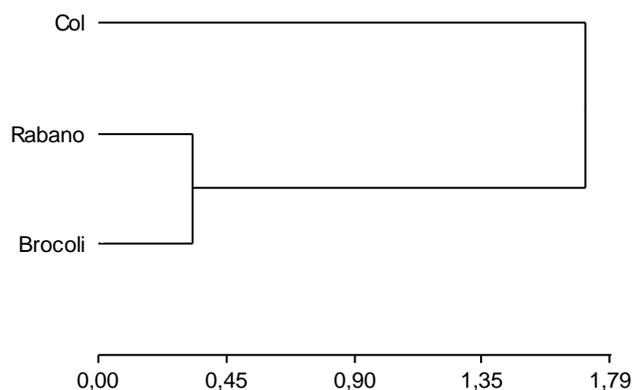


Figura 28. Dendrograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de *P. xylostella* (alimentación) en la segunda generación, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendrograma de la Figura 28 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman dos grupos, un grupo formado por las larvas alimentadas con rábano y brócoli; y otro grupo formado por las larvas alimentadas con col.

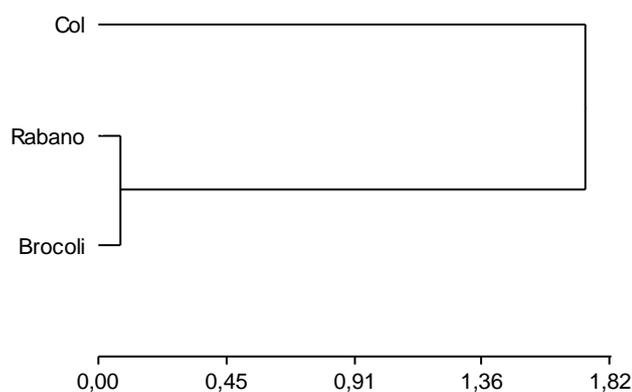


Figura 29. Dendrograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de *P. xylostella* (alimentación) en la tercera generación, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendrograma de la Figura 29 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman dos grupos, un grupo formado por las larvas alimentadas con rábano y brócoli; y otro grupo formado por las larvas alimentadas con col.

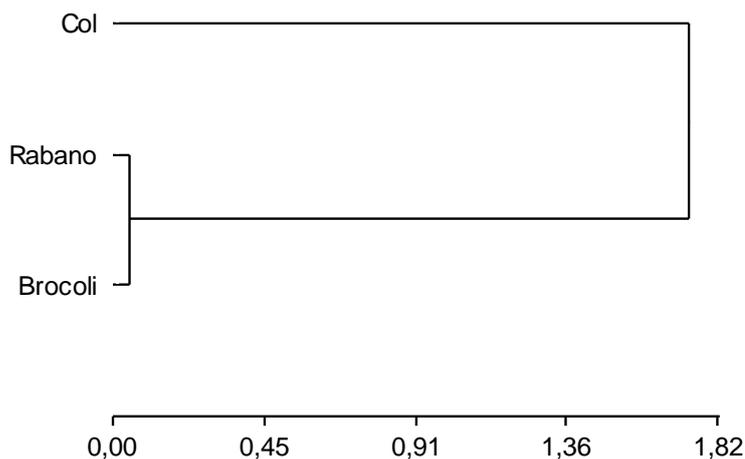


Figura 30. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de *P. xylostella* (alimentación) en la cuarta generación, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendograma de la Figura 29 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman dos grupos, un grupo formado por las larvas alimentadas con rábano y brócoli; y otro grupo formado por las larvas alimentadas con col.

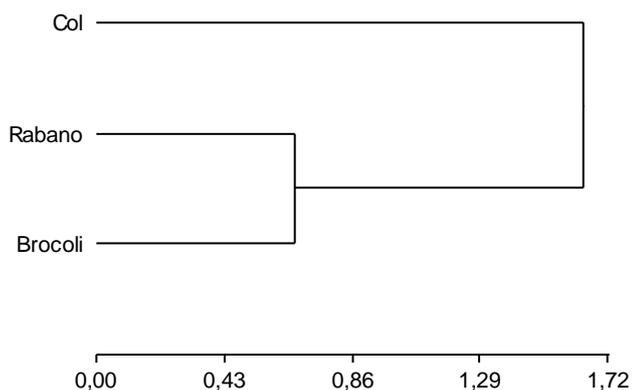


Figura 31. Dendograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de *P. xylostella* (alimentación) en la quinta generación, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendograma de la Figura 30 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman dos grupos, un grupo formado por las larvas alimentadas con rábano y brócoli; y otro grupo formado por las larvas alimentadas con col.

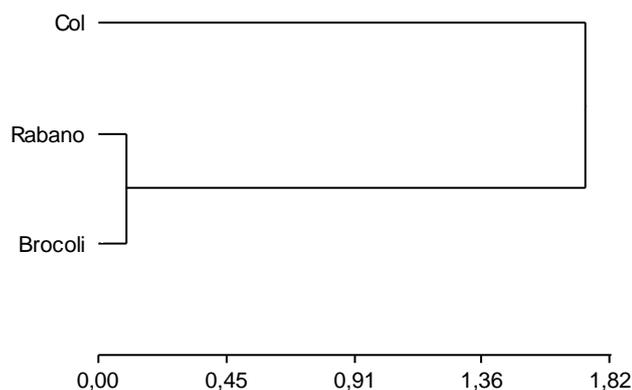


Figura 32. Dendrograma obtenido del análisis de conglomerados para la variable evaluada en larvas de *P. xylostella* (alimentación) durante cinco generaciones, en función de la intensidad del color de las larvas.

El Dendrograma de la Figura 31 se observa que en función de la intensidad del color de las larvas se forman dos grupos, un grupo formado por las larvas alimentadas con rábano y brócoli; y otro grupo formado por las larvas alimentadas con col.

Discusión

Según (You *et al.* 2013), los herbívoros están adaptados a alimentarse de un determinado grupo de plantas que se encuentran genética y bioquímicamente relacionados, *P. xylostella* no es una excepción. En su trabajo tratan de profundizar en el conocimiento de la herbivoría y la detoxificación, así como de dilucidar cuáles son las adaptaciones que han permitido a *P. xylostella* convertirse en una plaga a escala mundial. Para ello secuenciaron el genoma de *P. xylostella* y analizaron su estructura comparando con otras especies de lepidópteros.

Ellos identificaron que el número de genes codificantes para proteínas fue de 18.071 y otros 781 genes eran de ARN's no codificantes. De todos ellos, 1.683 genes eran compartidos con las Lepidópteros secuenciadas y 1.412 genes eran específicos de *P. xylostella*. El número de genes específicos de especie en *P. xylostella* era superior que en otras dos especies evolutivamente próximas como son *Danaus plexippus* (mariposa monarca, con 1.184 genes específicos) y *Bombyx mori* (gusano de seda, con 463 genes específicos de especie). Esos 1.412 genes específicos de *P.*

xylostella están, en su mayoría, implicados en rutas esenciales para el procesamiento de información ambiental, en replicación y/o reparación cromosómica, regulación transcripcional y metabolismo de carbohidratos y proteínas, lo que sugiere que *P. xylostella* tiene una capacidad intrínseca (genes específicos) de respuesta rápida a estrés ambiental y a daño genético, también se menciona que existe un conjunto de 354 genes que están preferencialmente expresados en estadios larvales,

You *et al.* (2013) menciona que la mayoría de estos genes específicos que posee *P. xylostella* se implican en procesar información ecológica (Sarfraz *et al.*, 2006).

Observaciones preliminares en el laboratorio (extra protocolo y registro). Esta respuesta genética se presentará mucho más evidente si es que a un grupo de larvas de un color marrón, (este color se desarrolla con más frecuencia cuando es alimentada con brócoli o rábano) se la traslada a que se alimente con una hoja de col cuyas características de color es diferente de las de brócoli y rábano.

Esta capacidad mimética desarrollado por *P. xylostella*, especulamos que sería una ventaja adaptativa que le permite a las larvas mimetizadas en plantas huéspedes de distinto color, sobrevivir al ataque de parasitoides y depredadores.

Según los resultados obtenidos en nuestra investigación se encuentra significancia para el alimento, mas no para el color de los padres, las pruebas estadísticas de conglomerados revelan que las larvas que fueron criadas con brócoli y rábano se agrupan formando un mismo dendograma o nivel mientras que las larvas que fueron alimentadas con col forman otro dendograma o nivel por separado, concluyendo con nuestro análisis diremos que cuando una larva adopta un equis “X” color independientemente de las condiciones con las que esta fuera criada, su descendencia no necesariamente tendrá que adoptar las mismas características morfológicas de sus antecesores, sino más bien las características morfológicas serán adoptadas en función de la alimentación y características ambientales donde esta larva se crie.

En base a los resultados de la presente investigación se puede realizar la siguiente predicción científica: a las larvas de color marrón criadas sobre brócoli o rábano, si se las deposita sobre las hojas de col su color (en un porcentaje considerable) cambiaran

a tonalidades de verde. Y viceversa, es decir larvas de color verdes criadas sobre col se las deposita sobre brócoli o rábano estas deberían cambiar (en un porcentaje considerable) a tonalidades marrón.

D. EXPLORACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS POLIMORFISMOS DE INTENSIDAD DE COLOR A LA APLICACIÓN DE UNA MOLÉCULA INSECTICIDA (CLORPIRIFOS)

1. Mortalidad color de padres por el alimento

Tabla 69. Análisis de varianza de la mortalidad entre el color de los padres y el alimento de *P. xylostella* con la prueba de Anova después de 24 horas de la aplicación insecticida.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 HORAS	60	0,06	0,00	83,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1690,77	5	338,15	0,74	0,5992
ALIMENTO	69,74	2	34,87	0,08	0,9269
COLOR PADRES	1132,93	1	1132,93	2,47	0,122
ALIMENTO*COLOR PADRES	488,1	2	244,05	0,53	0,5906
Error	24785,53	54	458,99		
Total	26476,3	59			

La prueba de varianza del Anova muestra que no hay diferencias significativas en el color de los padres y el alimento de *P. xylostella* después de 24 horas de la aplicación insecticida (Ver Tabla 69).

Tabla 70. Análisis de varianza de la mortalidad entre el color de los padres y el alimento de *P. xylostella* con la prueba de Anova después de 48 horas de la aplicación insecticida.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
48 HORAS	60	0,13	0,05	58,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3048,93	5	609,79	1,56	0,1871
ALIMENTO	153,54	2	76,77	0,2	0,8223
COLOR PADRES	1839,31	1	1839,31	4,71	0,0345
ALIMENTO*COLOR PADRES	1056,08	2	528,04	1,35	0,2676
Error	21109,05	54	390,91		
Total	24157,98	59			

Tabla 71. Prueba de Tukey al 5% del porcentaje de mortalidad a las 48 horas después de la aplicación según el color de los padres de *P. xylostella*.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,23482

Error: 390,9084 gl: 54

COLOR PADRES	Mediasn	E.E.		
ROJOS	28,47	30	3,61	A
VERDES	39,54	30	3,61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba del Anova muestra que hay diferencias significativas en el color de los padres de *P. xylostella* después de 48 horas de la aplicación insecticida (Ver Tabla 70), Al realizar la Prueba de tukey al 5%, se identifican 2 rangos, el rango A para el color de los padres rojos, y el rango B para el color de los padres verdes, y es donde observamos niveles más altos de mortalidad (Ver Tabla 71).

Tabla 72. Análisis de varianza de la mortalidad entre el color de los padres y el alimento de *P. xylostella* con la prueba de Anova después de 72 horas de la aplicación insecticida.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
72 HORAS	60	0,14	0,06	58,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3541,09	5	708,22	1,7	0,151
COLOR PADRES	1969,28	1	1969,28	4,72	0,0342
ALIMENTO	175,83	2	87,92	0,21	0,8107
COLOR PADRES*ALIMENTO	1395,98	2	697,99	1,67	0,1973
Error	22533,78	54	417,29		
Total	26074,87	59			

Tabla 73. Prueba de Tukey al 5% del porcentaje de mortalidad a las 72 horas después de la aplicación según el color de los padres de *P. xylostella*.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,57457

Error: 417,2922 gl: 54

COLOR PADRES	Mediasn	E.E.		
ROJOS	29,31	30	3,73	A
VERDES	40,77	30	3,73	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba del Anova muestra que hay diferencias significativas en el color de los padres de *P. xylostella* después de 72 horas de la aplicación insecticida (Ver Tabla 72), Al realizar la Prueba de tukey al 5%, se identifican 2 rangos, el rango para A el color de los padres rojos, y el rango B para el color de los padres verdes, y es donde observamos niveles más altos de mortalidad (Ver Tabla 73).

2. Mortalidad según el fenotipo

Tabla 74. Análisis de varianza de la mortalidad según el fenotipo de *P. xylostella* con la prueba de Anova a las 24 horas después de la aplicación insecticida.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24 HORAS	60	0,19	0,17	75,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4900,75	1	4900,75	13,17	0,0006
FENOTIPO	4900,75	1	4900,75	13,17	0,0006
Error	21575,56	58	371,99		
Total	26476,3	59			

Tabla 75. Prueba de Tukey al 5% del porcentaje de mortalidad a las 24 horas después de la aplicación según el fenotipo de *P. xylostella*.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,96837

Error: 371,9924 gl: 58

FENOTIPO	Mediasn	E.E.	
VERDE	16,51	30	3,52 A
ROJO	34,58	30	3,52 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba del Anova muestra que hay diferencias significativas en el fenotipo de *P. xylostella* después de 24 horas de la aplicación insecticida (Ver Tabla 74), Al realizar la Prueba de tukey al 5%, se identifican 2 rangos, el rango A para el fenotipo verde, y el rango B para el fenotipo rojo, y es donde observamos niveles más altos de mortalidad (Ver Tabla 75).

Tabla 76. Análisis de varianza de la mortalidad según el fenotipo de *P. xylostella* con la prueba de Anova a las 48 horas después de la aplicación insecticida.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
48 HORAS	60	0,09	0,07	57,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2103,69	1	2103,69	5,53	0,0221
FENOTIPO	2103,69	1	2103,69	5,53	0,0221
Error	22054,29	58	380,25		
Total	24157,98	59			

Tabla 77. Prueba de Tukey al 5% del porcentaje de mortalidad a las 48 horas después de la aplicación según el fenotipo de *P. xylostella*.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,07836

Error: 380,2464 gl: 58

FENOTIPO	Mediasn	E.E.	
VERDE	28,08	30	3,56 A
ROJO	39,92	30	3,56 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba del Anova muestra que hay diferencias significativas en el fenotipo de *P. xylostella* después de 24 horas de la aplicación insecticida (Ver Tabla 76), Al realizar la Prueba de tukey al 5%, se identifican 2 rangos, el rango A para el fenotipo verde, y el rango B para el fenotipo rojo, y es donde observamos niveles más altos de mortalidad (Ver Tabla 77).

Tabla 78. Análisis de varianza de la mortalidad según el fenotipo de *P. xylostella* con la prueba de Anova a las 72 horas después de la aplicación insecticida.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
72 HORAS	60	0,10	0,08	57,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2562,98	1	2562,98	6,32	0,0147
FENOTIPO	2562,98	1	2562,98	6,32	0,0147
Error	23511,89	58	405,38		
Total	26074,87	59			

Tabla 79. Prueba de Tukey al 5% del porcentaje de mortalidad a las 72 horas después de la aplicación según el fenotipo de *P. xylostella*.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,40607

Error: 405,3774 gl: 58

FENOTIPO	Mediasn	E.E.	
VERDE	28,50	30	3,68 A
ROJO	41,57	30	3,68 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba del Anova muestra que hay diferencias significativas en el fenotipo de *P. xylostella* después de 72 horas de la aplicación insecticida (Ver Tabla 78), Al realizar la Prueba de tukey al 5%, se identifican 2 rangos, el rango A para el fenotipo verde, y el rango B para el fenotipo rojo, y es donde observamos niveles más altos de mortalidad (Ver Tabla 79).

Discusión

Según Wittkopp & Beldade, (2009), la pigmentación de los insectos es un sistema modelo primario en la biología evolutiva y del desarrollo. En los insectos, los pigmentos son producidos por las células epidérmicas a través de un proceso de desarrollo que incluye patrones de pigmentos y síntesis. Muchos aspectos de este proceso afectan a fenotipos, incluyendo el comportamiento y la inmunidad.

Según (You et al 2013), dentro de los genes relacionados con el rango de plantas que puede hospedar, existen genes de defensa contra compuestos secundarios de la planta. Que están implicados en vías de detoxificación de compuestos de defensa de la planta que, a su vez, le van a ser útiles a *P. xylostella* para desarrollar tolerancia o resistencia a insecticidas (compuestos xenobióticos).

Los resultados obtenidos en nuestra investigación revelaron que el porcentaje de mortalidad frente a insecticidas químicos muestra diferencia significativa para el fenotipo color. Se observó una tasa de mortalidad superior en el fenotipo rojo y una tasa de mortalidad inferior en el fenotipo verde. La resistencia a insecticidas no estuvo relacionada con el alimento que se le dio a la larva.

Una posible explicación puede fundamentarse en la teoría del fitness cost (costo de adaptación) (Coustau , *et al* 2000). Esta teoría sugiere que la cantidad de energía que utiliza un organismo para adaptarse es constante. Cuando se presenta una nueva variedad adaptativa (en nuestro caso polimorfismos de color) se producirá una disminución en la capacidad adaptativa a otras agresiones ambientales.

Por ejemplo en el caso del fitness cost generado por la resistencia a insecticidas químicos, se prevé que: 1 las nuevas mutaciones de resistencia sean costosas, pero esto rara vez se muestra en el campo, debido a que solo se han registrado en estudios realizados en laboratorio, 2 Las mutaciones de resistencia pueden ser polimorfismos preexistentes o mantenerse por antagonismo sexual. 3 la duplicación de loci de resistencia puede mantener una copia susceptible en heterocigosis permanente. (Coustau , *et al* 2000)

En el año (2000), Coustau *et al.* Sugirió que "los costos de fitness solo pueden interpretarse completamente a la luz de las mutaciones moleculares que podrían subyacer en ellos". La teoría clásica predice que las mutaciones *de novo* que confieren resistencia a los insecticidas deberían llevar un costo de adaptación en ausencia de insecticidas. Esta teoría se basa en un modelo desarrollado por (Fisher, 1999) lo que sugiere que las presiones de selección independientes dan forma a los fenotipos actuales (casi) óptimos mediante coevolución de genes complejos.

En el caso de los resultados de nuestro trabajo presentamos la hipótesis que: *la menor resistencia registrada por los fenotipos de color atípicos (colores oscuros) se debió a que las larvas podrían estar gastando energía metabólica para producir el color y esto conllevaría a disponer de menos energía metabólica para la resistencia al insecticida químico (fitness cost).*

VI. CONCLUSIONES

- Se identificaron tres principales grupos polimórficos en función de la intensidad pixelar de las imágenes de las larvas de *P. xylostella*, el grupo uno con una frecuencia de un 30% y una intensidad media del 45/255 (escala adimensional) las larvas que adoptaron un color oscuro rojizo atípico, el grupo dos cuya frecuencia fue la mayor con un 60% y una intensidad media del 93/255 (escala adimensional) para las larvas que adoptaron un verde común y un tercer grupo con una frecuencia del 5% y una intensidad media del 140/255 (escala adimensional) para las larvas que adoptaron un color amarillento no común.
- Se identificó que el tamaño adoptado por las larvas de *P. xylostella* es diferente, identificándose tres grupos con frecuencias del 20%, 70%, y 15% y medias de longitud larval de 6,38 mm, 9,52 mm, y 12,67 mm respectivamente, y se obtuvieron los valores de desarrollo larval más altos con el tratamiento de larvas que fueron alimentadas con brócoli (larvas más grandes).
- Se identificó variabilidad del color entre los tratamientos, demostrándose en los análisis de conglomerados en donde se muestran claramente la agrupación de los tratamientos, por un lado, los tratamientos alimentados con brócoli y rábano formando un solo dendograma o nivel mientras que se forma otro por separado con el tratamiento alimentado con col.
- Las pruebas realizadas también nos indican que la respuesta de color que se genera en las larvas de *P. xylostella* obedece a las condiciones con las que este se cría especialmente al alimento, mas no al color de los padres, esto induce a la idea que la adopción del color no es una secuencia genética o heredada.
- El análisis de la resistencia insecticida demuestra que las larvas son más resistentes cuando adoptan el fenotipo verde común mientras que los fenotipos oscuros son los más sensibles al insecticida, de tal manera que los polimorfismos atípicos no le generan mayor resistencia insecticida, sino más bien puede estar orientado a una defensa de tipo parasítica.

VII. RECOMENDACIONES

- Continuar los trabajos de investigación con la población de *P. xylostella* en campo poniendo a prueba la resistencia a parásitos de los diferentes polimorfismos de color encontrados en las larvas.
- Desarrollar una metodología para identificar el potencial mimético de las larvas de *P. xylostella*.
- Realizar un análisis digital a las hojas de las plantas huésped más comunes de *P. xylostella* para identificar las diferencias de color y relacionar con los polimorfismos larvales.
- Realizar una prueba ante la resistencia insecticida con varias moléculas para medir el gasto de acondicionamiento de los polimorfismos generados.

VIII. RESUMEN

La presente investigación propone. Conocer si el polimorfismo de las larvas de la población de *Plutella xylostella* BBCambatense esta explicado por la alimentación sobre la planta hospedera en la que se cría; se fotografiaron a cinco individuos con buen desarrollo larval en su cuarto instar seleccionados al azar de la población de *P. xylostella* BBC ambatence. A las fotografías se les hizo un análisis digital con un código desarrollado en “R” Software, el cual permitió extraer la intensidad pixelar RGB de las imágenes. La data obtenida fue analizada con análisis de conglomerados y de varianza no paramétrica. Se observo en la población de *P. xylostella* BBC ambatence, tres polimorfismos de intensidad de color: verde, tonalidades oscuras (marrones) y tonalidades claras (amarillentas). Este polimorfismo estuvo determinado por la planta huésped con la que se alimentó la larva, no por la herencia del fenotipo del color de sus padres. En un análisis de conglomerados para el color se identificaron dos grupos, las larvas que fueron alimentadas con *Brassica oleracea* var. *capitata* y las larvas que fueron alimentadas con *Brassica oleracea* var. *italica* y *Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus*. Las larvas de color oscuro fueron menor resistente al insecticida químico Clorpirifos, que las larvas de color verde. Se observo que las larvas alimentadas con *Brassica oleracea* var. *Itálica* presentaron un tamaño mayor comparado con las larvas alimentadas con *Brassica oleracea* var. *capitata* y *Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus*.. Para explicar estos resultados se hipotetiza: 1. que el polimorfismo de color de la larva de *P. xylostella* BBC ambatence es una capacidad criptica al color de la planta huésped. 2. Que esta capacidad criptica está relacionada con eludir la predacion y el parasitismo. 3. Que esta capacidad criptica de las larvas de *P. xylostella* BBC ambatence presenta fitness cost para la resistencia insecticida químico Clorpirifos.

Palabras clave: POLIMORFISMO – LARVAS PLAGA – COSTO DE ADAPTACION – PLANTA HOSPEDERA – CAPACIDAD CRIPTICA

Por: Roberto Rubio



IX. SUMMARY

The present investigation proposes to know if the polymorphism from larvae of population of *Plutella xylostella* BBC ambatense is explained by the feeding on the host plant in which it is bred, five individuals with good development were photographed in their fourth instar randomly selected from the population of *P. xylostella* BBC ambatense. The photographs were digitally analyzed with a code developed on "R" software which allowed extracting RGB pixel intensity (RED GREEN BLUE) from images. The obtained data were analyzed with non-parametric analysis of conglomerates and variance. It was observed from the population at *P. xylostella* BBC ambatense, three polymorphisms intensity of green color, dark tones (brown) and light tones (yellowish). This polymorphism was determined by host plant with which the larva was fed, not by inheritance of the parental phenotype of their parents. In a conglomerate analysis for color, two groups were identified; larvae that were fed with *Brassica oleracea* var. capitata and larvae that were fed with *Brassica oleracea* var. italica and *Raphanus raphanistrum* subsp. sativus. The dark colored larvae were less resistant to the chemical insecticide Chlorpyrifos, than the green colored larvae. It was observed that the larvae fed with *Brassica oleracea* var. Itálica had a larger size compared with the larvae fed with *Brassica oleracea* var. capitata and *Raphanus raphanistrum* subsp. sativus. In order to explain these results, it is hypothesized: 1. that color polymorphism of *P. xylostella* larva BBC ambatense is a cryptic capacity to color of the host plant. 2. That this cryptic capacity is related to avoiding predation and parasitism. In addition, 3. This critical capacity of larvae from *P. xylostella* BBC ambatense present fitness cost for the resistance chemical insecticide chlorpyrifos.

Keywords: POLIMORFISM, LARVAS PLAGA, COST OF ADAPTATION, HOSPEDERA PLANT, CRIPTIC CAPACITY.



X. BIBLIOGRAFÍA

1. Anjum, Gill., Ahmad, I., Pacheco., Duarte., Umar., Khan., & Pereira. (2011). *The Plant Family Brassicaceae: An introduction*. pp 1-33. En: Anjum NA, Ahmad I, Pereira ME, Duarte AC, Umar S, Khan NA. (Eds.), *The Plant Family Brassicaceae*. Springer, The Netherlands.
2. Ankersmit, G. W. (2009). *DDT-resistance in Plutella maculipennis (Curt.) (Lep.) in Java*. *Bulletin of Entomological Research* **44**: 421-425. Cambridge University. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S0007485300025530>. Consultado el 12 Jun. 2017.
3. Aristizábal Ramírez, D. L., Ramírez Martínez, C. A. (2006). *Conceptos Básicos del Procesamiento Digital de Imágenes Usando OrquideaJAI CALCULADORA DIGITAL DE IMÁGENES*. Escuela de Física Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
4. Auldridge, McCarty, & Klee. (2006). *Plant caroten- oid cleavage oxygenase and their apocarotenoid products*. *Curr. Opin. Plant Biol.* 9, 315–321. disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2006.03.005>.
5. Bendik, Morrison, Gluesenkamp, Sanders, & O'Donnell. (2013). *Computer-assisted photo identification outperforms visible implant elastomers in an endangered salamander, Eurycea tonkawae*. *PloS One*, 8(3), e59424. JOUR. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059424>
6. Bortoli, S., Ferraudo São, A. S., Vacari São, A. M. (2013). *Classification of crucifer cultivars based on the life- history of diamondback moth (Plutella xylostella)* *Classification of crucifer cultivars based on the life-history of diamondb*, (April 2016).
7. Bretherton, R. (1982). *Lepidoptera immigration to the British Isles, 1969 to 1977*. *Proc Trans. British Entomol. Nat. Hist. Soc.* 15:98-110. UK.

8. Britton, G., Liaaen-Jensen, S., & Pfander, H. (1995). *Carotenoids*, Vol. 1A: Isolation and Analysis . Basel, Switzerland: Birkhauser.
9. Britton, G., Liaaen-Jensen, S., & Pfander, H. (2004). *Carotenoids Handbook* . Basel, Switzerland: Birkhauser
10. Castelo Branco, M. (1997). *Insecticide resistance in Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae). In the Federal District, Brazil. *Anais Da Sociedade Entomol.* <https://doi.org/10.1590/S0301-80591997000100010>
11. Cerón-Esparza, J., París, S., Nakano-Miyatake, M., & Robles-Camarillo, D. (s.f.). *Segmentación de Imágenes por Intensidad de Color Mediante Método Iterativo Basado en Superpíxeles y Fuzzy C-Means*. JOUR.
12. Chang, F., Kou, R., & CHou, Y. S. (1979). *The effect of precocene I and II on sex attractancy in the diamond back moth, Plutella xylostella L.* Proc. Nat. Sci. Council. Republ. China 3. 67-7
13. Charles, P., Moehs, Li Tian, Katherine, W. Osteryoung, & DellaPenna, D. (2001). *Analysis of carotenoid biosynthetic gene expression during marigold petal development*, *Plant Molecular Biology* 45(3):281-93.
14. Clark, W. C. (1976). *The Environment and the Genotype in Polymorphism*. *Zoological Journal of the Linnean Society* **58** (3): 255–262. [doi:10.1111/j.1096-3642.1976.tb00831.x](https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1976.tb00831.x).
15. Clement, J. S., & Mabry, T. J. (1996). *Pigment evolution in the Caryophyllales: a systematic overview*. *Bot. Acta*, 109,360–367. Doi: 10.1111/j.1438-8677.1996.tb00584.x
16. Contreras, J., Molina, E., & Arteaga, P. (2010). *Introducción a la programación estadística con R para profesores*.

17. Coustau, C., Chevillon, C., & Ffrench-Constant, R. (2000). *Resistencia a los xenobióticos y parásitos: ¿podemos contar el costo?* *Tendencias Ecol. Evol*, 15 , pp. 378 - 383. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10931680>

18. Cuningham, F. X., & Gantt, E. (1998). *Genes and enzymes of carotenoid biosynthesis in plants*. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 49: 557-583. Cuningham, pp 557-583.

19. Dobzhansky, & Theodosius. (1951). *Genetics and the Origin of Species* (3rd ed). New York: Columbia U. Pr. Note the contrast between these this edition and the original 1937 edition.

20. Dyer, L. A. (1997). *Effectiveness of caterpillar defenses against three species of invertebrate predators*. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 34(October 1995), 48–68. Retrieved from <http://lepidopteraresearchfoundation.org/pdf/pdf34/34-048.pdf>.

21. Endler, J. A. (1981). *An overview of the relationships between mimicry and crypsis*. *Biological Journal of the Linnaean Society*, 16, 25–31.

22. Endler, J. A. (1984). *Progressive background matching in moths, and a quantitative measure of crypsis*. *Biological Journal of the Linnaean Society*, 22, 187–231.

23. Endler, J. A. (2006). *Disruptive and cryptic colouration*. *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, 273, 2425–2426.

24. Evans , D. L., & Schmidt, J. O. (1990). *Insect defenses: adaptive mechanisms and strategies of prey and predators*. Retrieved from <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=jpxkhS7O0p0C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Insect+Defenses+-+Adaptative+Mechanisms+and+Strategies+of+Prey+and+Predators&ots=6ECTbh2Dr8&sig=ulMz0FgYmmkEs0xiQEPEHexhXC4>

25. Fahey, J. W., & Stephenson, K. K. (1999). *Cancer chemoprotective effects of cruciferous vegetables*. *Am Soc Hortic Sci* 34 (7): 1159-1163. The Johns Hopkins University School of Medicine, Department of Pharmacology and Molecular Sciences, Brassica Chemoprotection Laboratory, 725 N. Wolfe Street, Baltimore, MD 21205-2185.
26. Fernández, S., & Alvarez, C. (1988). *BIOLOGIA DE Plutella xylostella (L.) (LEPIDOPTERA: YPONOMEUTIDAE) POLILLA DEL REPOLLO (Brassica oleraceae L.)*. Estacion Experimental Lara, Barquisimeto, Venezuela.
27. Fiehn, O. (2002). *Metabolomics - el acoplamiento entre genotipos y phenotypes (Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos Institutos Nacionales de Salud)*, disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11860207>, consultado el 15-04-2017.
28. Fisher, R. A. (1999). *The Genetical Theory of Natural Selection - A Complete Variorum Edition*, Oxford University Press, Oxford
29. Follos, F. (2012). *Lenguaje R aplicado al análisis de datos de calidad del aire*. King's College London.
30. Ford, E. B. (1975). *Ecological Genetics* (4th ed.). London: Chapman & Hall
31. Fraser, P. D., Truesdale, M. R., Bird, C. R., Schuch, W., & Bramley, P. M. (1994). *Carotenoid biosynthesis during tomato fruit-development*. *Plant Physiology* 105,405–413. American Society of Plant Biologists. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.105.1.405>.
32. French, R. A. (1967). *Long distance movement of two migrant lepidoptera in relation to synoptic weather conditions*. *Biometeorol.* 2:565-569.
33. Furlong, M. J., Wright, D. J., & Dossall, L. M. (2013). *Diamond back moth ecology and management: problems, progress, and prospects*. *Annual Review of Entomology*, 58:517-541. <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-ento-120811-153605>.

34. Futahashi, R., & Fujiwara, H. (2008). *Identification of stage-specific larval camouflage associated genes in the swallowtail butterfly, Papilio xuthus*, 491–504. <https://doi.org/10.1007/s00427-008-0243-y>.
35. Futuyma, D. (2004). *La Selección Natural: Cómo funciona la Evolución*. Retrieved from <http://www.actionbioscience.org/esp/evolucion/futuyma.html#fullbio>.
36. Ganjewala, D., Kumar, S., Devi, A., & Ambika, K., (2010). *Advances in cyanogenic glycosides biosynthesis and analysis in plants: a review*. *Acta Biologica Szegediensis* 54, 1–14.
37. Gilbert, L. I., & King, D. S. (1973). “*The Physiology of Insecta*” (M. Rockstein, ed.) vol. I, 2nd ed. pp. 249–370, Academic Press, New York and London.
38. Gonzales, I. (2006). *Estudio del mantenimiento del polimorfismo en larvas de Ischnura graellsii Rambur, 1842 (Odonata: Coenagrionidae) Departamento de Ecología y Biología Animal Universidad de Vigo* . tesis de licenciatura . pag 6-11
39. Grotewold, E. (2006). *The Science of Flavonoids*. New York: Springer.
40. Green, B. R., & Durnford, D. G. (1996). *The chlorophyll-carotenoid proteins of oxygenic photosynthesis*. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47, 685–714
41. Haldane, J. B., Fisher, A., & Wright, S. (s.f.). *Selección Natural*. Retrieved from [https://pendientedemigracion.ucm.es/info/genetica/grupod/Genetica evolutiva/Seleccion natural/Seleccion Natural.htm](https://pendientedemigracion.ucm.es/info/genetica/grupod/Genetica%20evolutiva/Seleccion%20natural/Seleccion%20Natural.htm).
42. Harborne, J. B. (1994). *The Flavonoids: advances in Research Since 1986*. London: Chapman and Hall.

43. Harborne, J. B. (1988). *The Flavonoids: advances in Research Since 1980*. New York: Chapman and Hall.
44. Harcourt, D. G. (1957). *Biology of the diamondback moth, Plutella maculipennis (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae), in Eastern Ontario*. II. Life-history, behaviour, and host relationship. *The Canadian Entomologist* 12:554 -564.
45. Hasegawa, E. & Tanaka, S. (1994). *Genetic control of albinism and the role of juvenile hormone in pigmentation in Locusta migratoria (Orthoptera: Acrididae)*. *Jpn. J. Entomol.* 62: 315–324.
46. Hoekstra, H. E. (2006). *Genetics, development and evolution of adaptive pigmentation in vertebrates*. *Heredity*;97:222–34. University of California, San Diego, La Jolla.
47. Hassan, S. N. A., Rahman, N. S. A., Zaw, Z., Shoon, H., & Win, L. (2014). *Automatic classification of insects using color-based and shape-based descriptors*, 2(2), 23–35.
48. Hou, Y. (2014). *Host Selection Behavior and the Fecundity of Plutella xylostella (Lepidoptera : Plutellidae) on Multiple Host Plants*. *Journal of insect science* , (December). <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu113>.
49. Howard, R. W., & Akre, R. D. (1995). *Propaganda, Crypsis y Esclavo*. En: *Ecología química de insectos 2*. Springer, Boston, MA
50. Iberoamericana, F. U. (2005). *Composicion quimica de basicas*. Disponible en: <http://www.composicionnutricional.com/alimentos/BROCOLI-1>. Consultado el 17 de mayo del 2017.
51. Winder, I., Wittstock, Ute. (2011). *Insect herbivore counteradaptations to the plant glucosinolate–myrosinase system*, *Phytochemistry*, Volume 72, Issue 13, September, Pages 1566-1575.

52. Insecticide Resistance Action Committee. (2015). *Resistencia a insecticidas*. 971bcb1e3b67e115f35f8d0e19c7fa04ba060606 @ irac-argentina.org. Retrieved from <http://irac-argentina.org/resistencia-a-insectos/>. Argentina.
53. Ito, K., Katsuma, S., & Kadono-okuda, K. (2010). *Yellow-e Determines the Color Pattern of Larval Head and Tail Spots of the Silkworm Bombyx mori* . <https://doi.org/10.1074/jbc.M109.035741>
54. Karpestam, E., Merilaita, S., & Anders Forsman. (2016). *Colour Polymorphism Protects Prey Individuals and Populations Against Predation*. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4763262/>. Consultado el 12 de febrero del 2017.
55. Kermanshai, R., McCarry, B. E., Rosenfeld, J., Summers, P. S., Weretilnyk, E. A., & Sorger, G. J., (2001). *Benzyl isothiocyanate is the chief or sole antihelminthic in papaya seed extract*. *Phytochemistry* 57, 427–435.
56. Koroleva, O. A., Davies, A., Deeken, R., Thorpe, M. R., Tomos, A. D., & Hedrich, R. (2000). *Identification of a new glucosinolate-rich cell type in Arabidopsis flower stalk*, *Plant Physiol.* 124 599–608.
57. Kugler, F., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2007) *Characterisation of betalain patterns of differently coloured inflorescences from Gomphrena globosa L. and Bougainvillea sp . by HPLC-DAD-ESI- MSn*. *Anal. Bioanal. Chem.* 387 , 637 648.
58. León, K., Mery, D., Pedreschi, F., & León, J. (2006). *Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images*. *Food Research International*, 39(10), 1084–1091. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.006>.
59. MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). *La teoría de la biogeografía de la isla*. Princeton, New Jersey: Presión de la universidad de Princeton.

60. Mayne, S. T. (1996). *b-Carotene, carotenoids and disease prevention in humans*. FASEB J. 10 , 690–701. The Federation of American Societies for Experimental Biology. Disponible en: <http://www.fasebj.org/content/10/7/690.short>.
61. Moriuti, S. (1986). *Taxonomic notes on the diamondback moth. Diamondback Moth Management*. Proceedings of the First International Workshop, Tainan, Taiwan, 11-15 March, 1985 Shanhua, Taiwan; Asian Vegetable Research and Development Center, 83-88
62. Muhammad J., Bayoumi, I., Farid, A., Kyong Kim, H., & Verpoorte, R. (2009) *Healthy and unhealthy plants: The effect of stress on the metabolism of Brassicaceae*. Environmental and Experimental Botany 67(1):23-33.
63. Nabamita, B., Sajal, Kumar, Maity, Chaudhury, Aritra, & Ghosh, R. (2013). *Trichloroisocyanuric acid (TCCA): an efficient green reagent for activation of thioglycosides toward hydrolysis*, Carbohydrate Research, Volume 369, 22 March, Pages 10-13.
64. Nambara, E., & Marion-Poll, A. (2005) *Abscisic acid biosynthesis and catabolism*. Annu. Rev. Plant Biol. 56, 165–185. Laboratory for Reproductive Growth Regulation, Plant Science Center, RIKEN, Yokohama, 230-0045, Japan., Seed Biology Laboratory, UMR 204 INRA-INAPG, Jean-Pierre Bourgin Institute, 78026 Versailles cedex, France; email.
65. Niels, Agerbir, Carl, Erik, & Olsen. (2012). *Glucosinolate structures in evolution*, *Phytochemistry*, Volume 77, May, Pages 16-45. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.02.005>.
66. Niyogi, K. (2000) *Safety valves for photosynthesis*. Curr. Opin. Plant Biol. 3, 455–460. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(00\)00113-8](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(00)00113-8)
67. Peter, J. D. (2010). *Plant hormones: Biosynthesis, signal transduction, action*.

68. Proveedores, D., Aptitud, E., & Calidad, S. (2009). *Medición del color. La Guía MetAs*, 1–12. Retrieved from <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=1d77459e-55da-3549-5d64-b340a91d7167&documentId=50a2264f-0410-3b60-ba0f-fd700b404230>.
69. Pyrcz, T. W., & J - Wojtusiak, S. (1999). *Mariposas de la tribu Pronophilini de la Reserva Forestal Tambito, Cordillera Occidental, Colombia*. Segunda Parte. Patrones de distribución altitudinal (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae).
70. Ramachandran, S., Butin, G. D, All, J. N., & Raymer, P. L. (1998). *Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance of Brassica napus and B. oleracea lines with differing leaf characteristics*. *Journal of Economic Entomology* 91: 987-992.
71. Ratzka, A., Vogel, H., Kliebenstein, D. J., Mitchell-Olds, T., & Kroymann, J. (2002). Disarming the mustard oil bomb. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(17): 11223-11228
72. Riddiford, L. M. (1976). *Juvenile hormone control of epidermal commitment in vivo and in vitro*. In L. I. Gilbert (ed.), *The juvenile hormones*, pp. 198-219. Plenum Press, New York.
73. Riddiford, L. M. (1981). *Hormonal control of epidermal cell development*. *Amer. Zool.* 21:751-762. Plenum Press, New York.
74. Fundación R. (2017). *Introducción a R*. Disponible en: <https://www.r-project.org/about.html>. Consultado el 23 de Julio del 2017.
75. Rinc, A. (2014). *Biosíntesis De Los Glucosinolatos E Importancia Nutricional Humana Y Funciones De Protección a Las Plantas*. *Revista Alimentos Hoy*, 22(31), 64–80.
76. Rodman, J. E. (1981). "Divergence, convergence, and parallelism in phytochemical characters: The glucosinolate-myrosinase system." En: *Phytochemistry and angiosperm phylogeny*. DA Young y DS Seigler (editores). 43-79. Praeger, Nueva York.

77. Rodman, J. E., Soltis, P. S., Soltis, D. S., Sytsma, K. J., & Karol, K. G. (1998). "Parallel evolution of glucosinolate biosynthesis inferred from congruent nuclear and plastid gene phylogenies." *Am. J. Bot.* 85: 997-1006.
78. Sakakibara, M., Takashino, K. (2004). *Un ensayo de la cría de la lechuga-feeding diamondback moth strain*. Informe Anual de la Sociedad de Protección Vegetal de Japón del Norte, Núm. 55: 216-220. <http://njp.ac.affrc.go.jp/index.html>
79. Sarfraz, M., Dossall, L. M., & Keddie, B. A, (2006). *Diamondback moth-host plant interactions: implications for pest management*. *Crop Protection*, 25(7):625-639. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.011>
80. Sarfraz, R. M., Dossall, L. M., Blake, A. J., & Keddie, B. A, (2010). *Los niveles de nutrientes foliares y las distribuciones espacio-temporales de Plutella xylostella y sus larvas parasitoides Diadegma insulare y Microplitis plutellae en canola*. *BioControl*, 55 (2): 229 - 244. <http://www.springerlink.com/content/q213161464m75mkn/fulltext.html>
81. Sarfraz, R. M., Dossall, L. M., Keddie, A. B., & Myers, J. H, (2011). *Larval survival, host plant preferences and developmental responses of the diamondback moth Plutella xylostella (Lepidoptera: Plutellidae) on wild brassicaceous species*. *Entomological Science*, 14(1):20-30. [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1479-8298](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1479-8298)
82. Sandmann, T., Jensen, L. J, Jakobsen, J. S, Karzynski, M. M, Eichenlaub, M. P, Bork, P., & Furlong, E. E (2006). *Un mapa temporal de la actividad del factor de transcripción: mef2 regula directamente los genes objetivo en todas las etapas del desarrollo muscular*. *Dev. Cell* 10 (6) : 797 - 807.

83. Shahidi, F., & Daun, J. K. (1997). *Glucosinolates in Brassica oilseeds: processing effects and extraction*. Antinutrients Phytochemicals in Food 622: 152- 170. Department of Biochemistry, Memorial University of Newfoundland, St John's, Newfoundland A1B 3X9, Canada., Grain Research Laboratory, Canadian Grain Commission, Winnipeg, Manitoba R3C 3G8, Canada
84. Shewmaker, C. K., Sheehy, J. A., Daley, M., Colburn, S., & Ke D. Y. (1999). *Seed-specific overexpression of phytoene synthase: increase in carotenoids and other metabolic effects*. Plant J 20: 401–412
85. Sixue, C., & Andreassonb, E. (2001). *Update on glucosinolate metabolism and transport*. Plant Physiol. Biochem 743- 758. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(01\)01301-8](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(01)01301-8)
86. Stafford, H. A. (1990). *Flavonoid Metabolism* . Boca Raton, Florida: CRC Press.
87. Stevens, M. & Cuthill, I. C. (2006). *Disruptive colouration, crypsis and edge detection in early visual processing*. Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences, 273, 2433–2438.
88. Svenson, G., Mdellin, & Sarmiento. (2016). *Re-evolution of a morphological precursor of crypsis investment in the newly revised horned praying mantises (Insecta, Mantodea, Vatiniae)*. Department of Invertebrate Zoology, Cleveland Museum of Natural History, Cleveland, OH, U.S.A. and Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia Systematic, 41, 229–255. DOI: 10.1111/syen.12151.
89. Talekar, N. S., & Shelton, A. M. (1993). *Biology, ecology and management of diamondback moth*. Annual Review Entomology 38: 275-301. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.001423>

90. Tanaka, S. (2001). *Endocrine mechanisms controlling body-color polymorphism in locusts*. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 47(3), 139–149. <https://doi.org/10.1002/arch.1045>.
91. Tanaka, S. (1993). *Hormonal deficiency causing albinism in Locusta migratoria*. Zool. Sci.10: 467–471. Department of insect physiology and behavior, National Institute of Sericultura and Entomological Science, Tsukuba, 305, Japan
92. Tanaka, S., & Pener, M. P. (1994). *A neuropeptide controlling the dark pigmentation in color polymorphism of the migratory locust, Locusta migratoria*. J. Insect Physiol. 40: 997–1005
93. Tanaka, S., & Takeda, N. (1996). *Biogenic monoamines in the brain and the corpus cardiacum between albino and normal strains of the migratory locust, Locusta migratoria*. Comp. Biochem. Physiol. 117C: 221–227.
94. Tanaka, S., & Yagi, S. (1997). *Evidence for the involvement of a neuropeptide in the control of body color in the desert locust, Schistocerca gregaria*. Jpn. J. Entomol. 65: 447–457. Japan.
95. Tanaka, Y., Sasaki, N., & Ohmiya, A. (2008). *Biosynthesis of plant pigments: Anthocyanins, betalains and carotenoids*. Plant Journal, 54(4), 733–749. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03447.x>
96. Tawfik, I. M., Tanaka, S., Schoofs, L., Baggerman, G., Waelkens, E., Derua, R., Milner, Y., Yerushalmi, Y., & Pener, M. P. (1999). *Identification of the gregarization-associated dark-pigmentropin in locusts through an albino mutant*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96: 7083– 7087.
97. Torres, A. (2014), *Los insectos cambian de color por el efecto del cambio climático*, (*nature communications*). Disponible en: http://www.teinteresa.es/ciencia/insectos-cambian-efecto-cambio-climatico_0_1219079701.html. Consultado el 13-2-2017

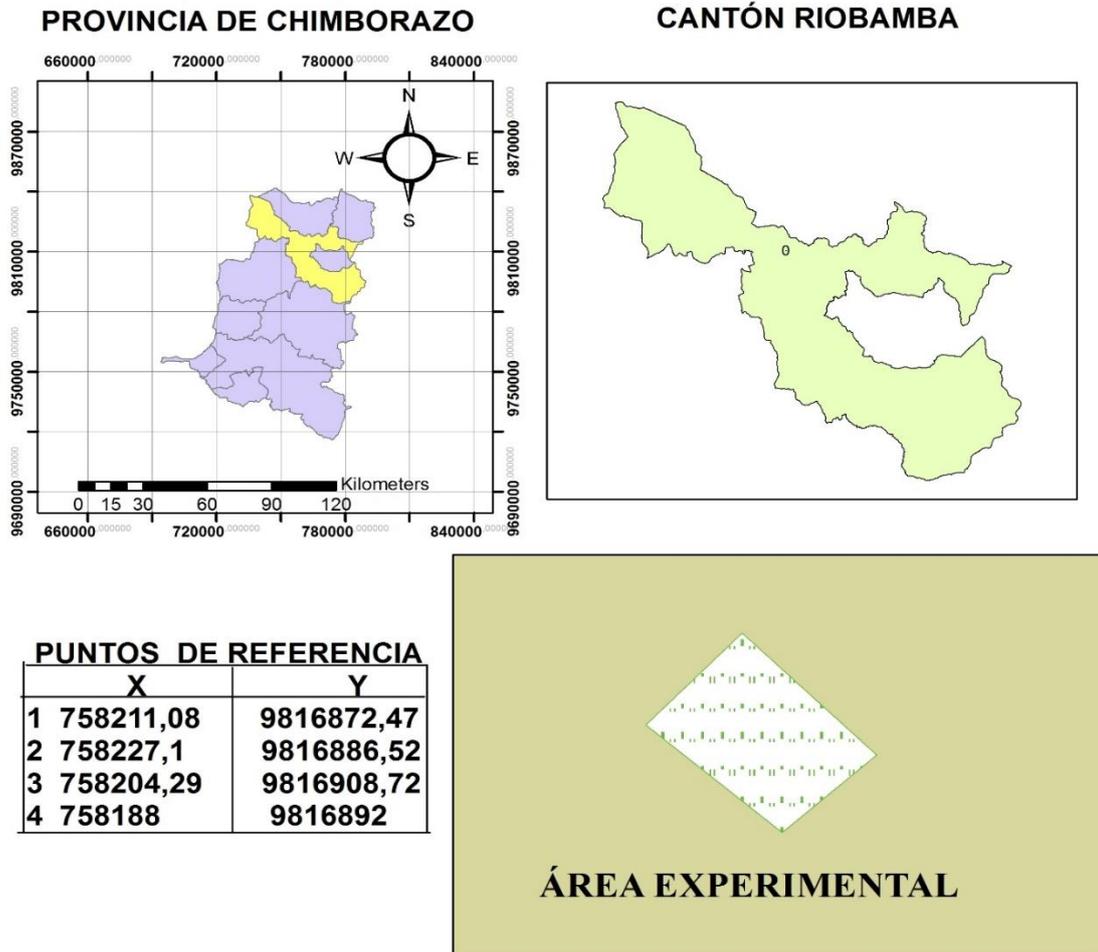
98. Veenstra, J. A. (1991). *Presence of corazonin in three insect species, and isolation and identification of [His7] corazonin from Schistocerca americana*. *Peptides* 12: 1285– 1298.
99. Verdier, M. (1965) *Mutation albinos de Locusta migratoria. I. Origine et description* (C.S.). *Bull. Soc. Zool. Fr.* 90: 493–501.
100. Vilorio .(1998). *Studies on the systematics and biogeography of some montane satyrid butterflies (Lepidoptera)*, tesis PhD. King's College London (University of London).
101. Wainschenker, R., Massa, J. M., & Tristan, P. (2011). *Procesamiento digital de imagenes. Argentina*
102. Wang, X. (2011). *The genome of the mesopolyploid crop species Brassica rapa*. *Nature genetics* 43 (10): 1035-1039. [doi:10.1038/ng.919](https://doi.org/10.1038/ng.919)
103. Wigglesworth, V. B. (1961). *Differentiation of sensilla, glands and in the epidermis*, Cambridge Univ. Press, 127-43
104. Wigglesworth, V. B. (1964). *Insect Physiol, hormones and insect growth: review*, 243-332. Reino Unido.
105. Willis, J. H., Regier, J. C., & Debrunner, B. A. (1981). *The metamorphosis of arthropods*. In G. Bhas-karan, S. Friedman, and J. G. Rodriguez (eds.), *Current topics in insect endocrinology and nutrition*, pp. 27—46. Plenum Press, New York.
106. Willis, J. H. (1974). *Morphogenetic action of insect hormones*. *Ann. Rev. Ent.* 19:97-115. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.19.010174.000525>

107. Winkel, B. S. (2004). *Metabolic channeling in plants*. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55 , 85–107. Department of Biology and Fralin Biotechnology Center, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia 24061-0346. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141714>
108. Wittkopp, P. J., & Beldade, P. (2009). *Seminars in Cell & Developmental Biology* *Development and evolution of insect pigmentation : Genetic mechanisms and the potential consequences of pleiotropy*, 20, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.semcd.2008.10.002>
109. Wybraniec, S., Nowak-Wydra, B., Mitka, K., Kowalski, P. & Mizrahi, Y. (2007) *Minor betalains in fruits of Hylocereus species*. *Phytochemistry*, 68, 251–259.
110. You, M. (2013). *A heterozygous moth genome provides insights into herbivory and detoxification*. *Nature genetics* **45** (2): 220-225. doi:10.1038/ng.2524
111. Zhu, L.-Q., & Zhang, Z. (2010). Auto-classification of insect images based on color histogram and GLCM. In *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2010 Seventh International Conference on* (Vol. 6, pp. 2589–2593). CONF, IEEE.
112. Zimmer, A., Lang, D., Richardt, S., Frank, W., Reski, R., & Rensing, S. A. (2007). *Dating the early evolution of plants: detection and molecular clock analyses of orthologs*. *Molecular Genetics and Genomics* **278** (4): 393-402. doi:10.1007/s00438-007-0257-6

XI. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica del lugar (GDETERRA ESPOCH)

ÁREA EXPERIMENTAL DE ESTUDIO



LEYENDA

- ÁREA EXPERIMENTAL
- RIOBAMBA

UBICACIÓN

PROVINCIA: Chimborazo
CANTÓN: Riobamba
UBICACIÓN: Predios de la ESPOCH

ÁREA DEL LOTE: 0,07581 ha - 758,1 m²
ALTITUD: 2838

Anexo 2. Tabla de datos de las medianas de las intensidades del color por bandas (rojo, verde, azul)

N° Foto	Nombre Imagen	Generación	Alimento	Color Padre	Rep. Caja	Rep. Larva	INTENSIDAD			Intensidad
							Rmed	Gmed	Bmed	
1	1.png	1	Brócoli	rojo	1	1	46	133	54	77,67
2	2.png	1	Brócoli	rojo	1	2	54	97	60	70,33
3	3.png	1	Brócoli	rojo	1	3	59	130	52	80,33
4	4.png	1	Brócoli	rojo	1	4	69	109	63	80,33
5	5.png	1	Brócoli	rojo	1	5	65	93	65	74,33
6	6.png	1	Brócoli	rojo	2	1	50	121	48	73,00
7	7.png	1	Brócoli	rojo	2	2	38	92	33	54,33
8	8.png	1	Brócoli	rojo	2	3	61	90	55	68,67
9	9.png	1	Brócoli	rojo	2	4	35	93	58	62,00
10	10.png	1	Brócoli	rojo	2	5	64	105	57	75,33
11	11.png	1	Brócoli	rojo	3	1	49	114	40	67,67
12	12.png	1	Brócoli	rojo	3	2	41	99	44	61,33
13	13.png	1	Brócoli	rojo	3	3	42	82	40	54,67
14	14.png	1	Brócoli	rojo	3	4	46	81	45	57,33
15	15.png	1	Brócoli	rojo	3	5	50	89	43	60,67
16	16.png	1	Brócoli	rojo	4	1	46	120	58	74,67
17	17.png	1	Brócoli	rojo	4	2	48	96	77	73,67
18	18.png	1	Brócoli	rojo	4	3	48	121	43	70,67
19	19.png	1	Brócoli	rojo	4	4	43	113	84	80,00
20	20.png	1	Brócoli	rojo	4	5	40	79	59	59,33
21	21.png	1	Brócoli	rojo	5	1	48	116	48	70,67
22	22.png	1	Brócoli	rojo	5	2	53	142	76	90,33
23	23.png	1	Brócoli	rojo	5	3	40	111	39	63,33
24	24.png	1	Brócoli	rojo	5	4	30	28	31	29,67
25	25.png	1	Brócoli	rojo	5	5	36	92	50	59,33
26	26.png	1	col	rojo	1	1	60	92	59	70,33
27	27.png	1	col	rojo	1	2	39	71	47	52,33
28	28.png	1	col	rojo	1	3	30	100	42	57,33
29	29.png	1	col	rojo	1	4	50	139	59	82,67
30	30.png	1	col	rojo	1	5	34	34	39	35,67
31	31.png	1	col	rojo	2	1	43	162	61	88,67
32	32.png	1	col	rojo	2	2	40	134	50	74,67
33	33.png	1	col	rojo	2	3	49	119	78	82,00
34	34.png	1	col	rojo	2	4	63	96	66	75,00
35	35.png	1	col	rojo	2	5	64	108	63	78,33
36	36.png	1	col	rojo	3	1	46	82	39	55,67
37	37.png	1	col	rojo	3	2	58	77	60	65,00
38	38.png	1	col	rojo	3	3	50	72	62	61,33
39	39.png	1	col	rojo	3	4	57	148	95	100,00
40	40.png	1	col	rojo	3	5	39	120	48	69,00

41	41.png	1	col	rojo	4	1	74	136	79	96,33
42	42.png	1	col	rojo	4	2	43	151	93	95,67
43	43.png	1	col	rojo	4	3	62	154	91	102,33
44	44.png	1	col	rojo	4	4	33	78	39	50,00
45	45.png	1	col	rojo	4	5	55	97	49	67,00
46	46.png	1	col	rojo	5	1	54	95	47	65,33
47	47.png	1	col	rojo	5	2	42	93	53	62,67
48	48.png	1	col	rojo	5	3	47	140	52	79,67
49	49.png	1	col	rojo	5	4	38	47	48	44,33
50	50.png	1	col	rojo	5	5	45	103	58	68,67
51	51.png	1	Rábano	rojo	1	1	49	76	53	59,33
52	52.png	1	Rábano	rojo	1	2	49	127	53	76,33
53	53.png	1	Rábano	rojo	1	3	43	114	41	66,00
54	54.png	1	Rábano	rojo	1	4	47	92	47	62,00
55	55.png	1	Rábano	rojo	1	5	50	79	55	61,33
56	56.png	1	Rábano	rojo	2	1	52	139	44	78,33
57	57.png	1	Rábano	rojo	2	2	61	120	39	73,33
58	58.png	1	Rábano	rojo	2	3	64	103	49	72,00
59	59.png	1	Rábano	rojo	2	4	64	135	53	84,00
60	60.png	1	Rábano	rojo	2	5	65	95	52	70,67
61	61.png	1	Rábano	rojo	3	1	58	88	52	66,00
62	62.png	1	Rábano	rojo	3	2	45	105	37	62,33
63	63.png	1	Rábano	rojo	3	3	55	76	44	58,33
64	64.png	1	Rábano	rojo	3	4	42	133	40	71,67
65	65.png	1	Rábano	rojo	3	5	65	104	62	77,00
66	66.png	1	Rábano	rojo	4	1	50	95	65	70,00
67	67.png	1	Rábano	rojo	4	2	44	124	42	70,00
68	68.png	1	Rábano	rojo	4	3	52	159	58	89,67
69	69.png	1	Rábano	rojo	4	4	67	146	59	90,67
70	70.png	1	Rábano	rojo	4	5	53	60	41	51,33
71	71.png	1	Rábano	rojo	5	1	56	131	69	85,33
72	72.png	1	Rábano	rojo	5	2	43	89	51	61,00
73	73.png	1	Rábano	rojo	5	3	31	79	46	52,00
74	74.png	1	Rábano	verde	5	4	42	105	56	67,67
75	75.png	1	Rábano	verde	5	5	25	42	26	31,00
76	76.png	1	Brócoli	verde	1	1	36	34	31	33,67
77	77.png	1	Brócoli	verde	1	2	33	104	41	59,33
78	78.png	1	Brócoli	verde	1	3	36	61	36	44,33
79	79.png	1	Brócoli	verde	1	4	47	79	49	58,33
80	80.png	1	Brócoli	verde	1	5	46	98	39	61,00
81	81.png	1	Brócoli	verde	2	1	54	104	50	69,33
82	82.png	1	Brócoli	verde	2	2	33	92	49	58,00
83	83.png	1	Brócoli	verde	2	3	39	52	40	43,67
84	84.png	1	Brócoli	verde	2	4	9	69	41	39,67
85	85.png	1	Brócoli	verde	2	5	24	18	22	21,33
86	86.png	1	Brócoli	verde	3	1	75	126	92	97,67

87	87.png	1	Brócoli	verde	3	2	55	62	41	52,67
88	88.png	1	Brócoli	verde	3	3	57	121	33	70,33
89	89.png	1	Brócoli	verde	3	4	69	90	45	68,00
90	90.png	1	Brócoli	verde	3	5	34	28	28	30,00
91	91.png	1	Brócoli	verde	4	1	58	106	50	71,33
92	92.png	1	Brócoli	verde	4	2	55	71	30	52,00
93	93.png	1	Brócoli	verde	4	3	36	37	36	36,33
94	94.png	1	Brócoli	verde	4	4	47	62	27	45,33
95	95.png	1	Brócoli	verde	4	5	53	81	33	55,67
96	96.png	1	Brócoli	verde	5	1	41	89	46	58,67
97	97.png	1	Brócoli	verde	5	2	45	108	36	63,00
98	98.png	1	Brócoli	verde	5	3	43	116	40	66,33
99	99.png	1	Brócoli	verde	5	4	42	91	50	61,00
100	100.png	1	Brócoli	verde	5	5	36	105	37	59,33
101	101.png	1	col	verde	1	1	41	130	39	70,00
102	102.png	1	col	verde	1	2	38	119	41	66,00
103	103.png	1	col	verde	1	3	44	144	45	77,67
104	104.png	1	col	verde	1	4	35	118	39	64,00
105	105.png	1	col	verde	1	5	55	105	44	68,00
106	106.png	1	col	verde	2	1	50	107	41	66,00
107	107.png	1	col	verde	2	2	41	108	51	66,67
108	108.png	1	col	verde	2	3	39	105	38	60,67
109	109.png	1	col	verde	2	4	44	76	37	52,33
110	110.png	1	col	verde	2	5	48	114	39	67,00
111	111.png	1	col	verde	3	1	58	144	78	93,33
112	112.png	1	col	verde	3	2	39	111	58	69,33
113	113.png	1	col	verde	3	3	44	99	47	63,33
114	114.png	1	col	verde	3	4	40	138	77	85,00
115	115.png	1	col	verde	3	5	47	110	60	72,33
116	116.png	1	col	verde	4	1	44	114	43	67,00
117	117.png	1	col	verde	4	2	49	90	46	61,67
118	118.png	1	col	verde	4	3	48	108	58	71,33
119	119.png	1	col	verde	4	4	45	105	40	63,33
120	120.png	1	col	verde	4	5	50	132	50	77,33
121	121.png	1	col	verde	5	1	37	32	34	34,33
122	122.png	1	col	verde	5	2	27	89	80	65,33
123	123.png	1	col	verde	5	3	37	92	42	57,00
124	124.png	1	col	verde	5	4	38	124	41	67,67
125	125.png	1	col	verde	5	5	42	94	44	60,00
126	126.png	1	Rábano	verde	1	1	35	39	30	34,67
127	127.png	1	Rábano	verde	1	2	42	126	57	75,00
128	128.png	1	Rábano	verde	1	3	30	140	71	80,33
129	129.png	1	Rábano	verde	1	4	28	92	44	54,67
130	130.png	1	Rábano	verde	1	5	37	89	47	57,67
131	131.png	1	Rábano	verde	2	1	42	89	42	57,67
132	132.png	1	Rábano	verde	2	2	27	157	84	89,33

133	133.png	1	Rábano	verde	2	3	25	109	45	59,67
134	134.png	1	Rábano	verde	2	4	40	63	24	42,33
135	135.png	1	Rábano	verde	2	5	56	126	34	72,00
136	136.png	1	Rábano	verde	3	1	51	86	48	61,67
137	137.png	1	Rábano	verde	3	2	40	125	54	73,00
138	138.png	1	Rábano	verde	3	3	50	89	33	57,33
139	139.png	1	Rábano	verde	3	4	48	130	71	83,00
140	140.png	1	Rábano	verde	3	5	49	128	54	77,00
141	141.png	1	Rábano	verde	4	1	44	92	46	60,67
142	142.png	1	Rábano	verde	4	2	71	100	39	70,00
143	143.png	1	Rábano	verde	4	3	39	108	45	64,00
144	144.png	1	Rábano	verde	4	4	45	86	50	60,33
145	145.png	1	Rábano	verde	4	5	26	96	56	59,33
146	146.png	1	Rábano	verde	5	1	30	51	29	36,67
147	147.png	1	Rábano	verde	5	2	40	123	54	72,33
148	148.png	1	Rábano	verde	5	3	19	101	57	59,00
149	149.png	1	Rábano	verde	5	4	28	113	52	64,33
150	150.png	1	Rábano	verde	5	5	30	91	40	53,67
151	151.png	2	Brócoli	rojo	1	1	46	138	67	83,67
152	152.png	2	Brócoli	rojo	1	2	43	129	62	78,00
153	153.png	2	Brócoli	rojo	1	3	39	135	56	76,67
154	154.png	2	Brócoli	rojo	1	4	50	73	59	60,67
155	155.png	2	Brócoli	rojo	1	5	50	52	57	53,00
156	156.png	2	Brócoli	rojo	2	1	37	53	49	46,33
157	157.png	2	Brócoli	rojo	2	2	47	57	51	51,67
158	158.png	2	Brócoli	rojo	2	3	45	40	51	45,33
159	159.png	2	Brócoli	rojo	2	4	35	104	53	64,00
160	160.png	2	Brócoli	rojo	2	5	44	71	60	58,33
161	161.png	2	Brócoli	rojo	3	1	37	81	48	55,33
162	162.png	2	Brócoli	rojo	3	2	34	78	45	52,33
163	163.png	2	Brócoli	rojo	3	3	37	94	66	65,67
164	164.png	2	Brócoli	rojo	3	4	50	77	64	63,67
165	165.png	2	Brócoli	rojo	3	5	44	116	44	68,00
166	166.png	2	Brócoli	rojo	4	1	36	71	43	50,00
167	167.png	2	Brócoli	rojo	4	2	52	86	60	66,00
168	168.png	2	Brócoli	rojo	4	3	27	105	37	56,33
169	169.png	2	Brócoli	rojo	4	4	45	91	50	62,00
170	170.png	2	Brócoli	rojo	4	5	36	49	39	41,33
171	171.png	2	Brócoli	rojo	5	1	24	81	44	49,67
172	172.png	2	Brócoli	rojo	5	2	33	149	94	92,00
173	173.png	2	Brócoli	rojo	5	3	36	77	59	57,33
174	174.png	2	Brócoli	rojo	5	4	44	96	60	66,67
175	175.png	2	Brócoli	rojo	5	5	37	121	42	66,67
176	176.png	2	col	rojo	1	1	71	184	82	112,33
177	177.png	2	col	rojo	1	2	72	186	108	122,00
178	178.png	2	col	rojo	1	3	70	185	104	119,67

179	179.png	2	col	rojo	1	4	84	167	97	116,00
180	180.png	2	col	rojo	1	5	60	147	89	98,67
181	181.png	2	col	rojo	2	1	70	166	80	105,33
182	182.png	2	col	rojo	2	2	59	112	88	86,33
183	183.png	2	col	rojo	2	3	79	140	112	110,33
184	184.png	2	col	rojo	2	4	47	40	52	46,33
185	185.png	2	col	rojo	2	5	58	90	75	74,33
186	186.png	2	col	rojo	3	1	49	152	77	92,67
187	187.png	2	col	rojo	3	2	44	116	74	78,00
188	188.png	2	col	rojo	3	3	52	116	115	94,33
189	189.png	2	col	rojo	3	4	32	176	121	109,67
190	190.png	2	col	rojo	3	5	64	189	96	116,33
191	191.png	2	col	rojo	4	1	48	138	89	91,67
192	192.png	2	col	rojo	4	2	38	138	103	93,00
193	193.png	2	col	rojo	4	3	43	93	66	67,33
194	194.png	2	col	rojo	4	4	64	109	102	91,67
195	195.png	2	col	rojo	4	5	28	157	78	87,67
196	196.png	2	col	rojo	5	1	53	148	77	92,67
197	197.png	2	col	rojo	5	2	41	80	53	58,00
198	198.png	2	col	rojo	5	3	36	54	37	42,33
199	199.png	2	col	rojo	5	4	40	79	62	60,33
200	200.png	2	col	rojo	5	5	38	119	57	71,33
201	201.png	2	Rábano	rojo	1	1	31	52	41	41,33
202	202.png	2	Rábano	rojo	1	2	44	83	49	58,67
203	203.png	2	Rábano	rojo	1	3	55	75	50	60,00
204	204.png	2	Rábano	rojo	1	4	32	32	29	31,00
205	205.png	2	Rábano	rojo	1	5	31	27	26	28,00
206	206.png	2	Rábano	rojo	2	1	34	50	43	42,33
207	207.png	2	Rábano	rojo	2	2	36	56	41	44,33
208	208.png	2	Rábano	rojo	2	3	31	46	43	40,00
209	209.png	2	Rábano	rojo	2	4	35	50	31	38,67
210	210.png	2	Rábano	rojo	2	5	32	47	37	38,67
211	211.png	2	Rábano	rojo	3	1	50	63	39	50,67
212	212.png	2	Rábano	rojo	3	2	47	64	43	51,33
213	213.png	2	Rábano	rojo	3	3	45	102	40	62,33
214	214.png	2	Rábano	rojo	3	4	41	78	40	53,00
215	215.png	2	Rábano	rojo	3	5	41	63	39	47,67
216	216.png	2	Rábano	rojo	4	1	47	49	59	51,67
217	217.png	2	Rábano	rojo	4	2	55	84	62	67,00
218	218.png	2	Rábano	rojo	4	3	49	60	56	55,00
219	219.png	2	Rábano	rojo	4	4	31	30	34	31,67
220	220.png	2	Rábano	rojo	4	5	56	79	75	70,00
221	221.png	2	Rábano	rojo	5	1	37	43	30	36,67
222	222.png	2	Rábano	rojo	5	2	38	37	38	37,67
223	223.png	2	Rábano	rojo	5	3	51	70	45	55,33
224	224.png	2	Rábano	verde	5	4	42	106	44	64,00

225	225.png	2	Rábano	verde	5	5	44	67	39	50,00
226	226.png	2	Brócoli	verde	1	1	59	101	56	72,00
227	227.png	2	Brócoli	verde	1	2	52	38	50	46,67
228	228.png	2	Brócoli	verde	1	3	68	61	62	63,67
229	229.png	2	Brócoli	verde	1	4	54	43	45	47,33
230	230.png	2	Brócoli	verde	1	5	57	44	48	49,67
231	231.png	2	Brócoli	verde	2	1	45	44	43	44,00
232	232.png	2	Brócoli	verde	2	2	45	60	47	50,67
233	233.png	2	Brócoli	verde	2	3	44	40	48	44,00
234	234.png	2	Brócoli	verde	2	4	58	51	50	53,00
235	235.png	2	Brócoli	verde	2	5	38	37	35	36,67
236	236.png	2	Brócoli	verde	3	1	53	91	52	65,33
237	237.png	2	Brócoli	verde	3	2	53	94	47	64,67
238	238.png	2	Brócoli	verde	3	3	38	36	34	36,00
239	239.png	2	Brócoli	verde	3	4	61	78	47	62,00
240	240.png	2	Brócoli	verde	3	5	52	52	43	49,00
241	241.png	2	Brócoli	verde	4	1	50	47	43	46,67
242	242.png	2	Brócoli	verde	4	2	37	60	40	45,67
243	243.png	2	Brócoli	verde	4	3	44	72	42	52,67
244	244.png	2	Brócoli	verde	4	4	47	74	36	52,33
245	245.png	2	Brócoli	verde	4	5	46	65	41	50,67
246	246.png	2	Brócoli	verde	5	1	55	115	54	74,67
247	247.png	2	Brócoli	verde	5	2	42	91	36	56,33
248	248.png	2	Brócoli	verde	5	3	46	88	45	59,67
249	249.png	2	Brócoli	verde	5	4	42	126	37	68,33
250	250.png	2	Brócoli	verde	5	5	52	83	35	56,67
251	251.png	2	col	verde	1	1	39	117	64	73,33
252	252.png	2	col	verde	1	2	47	100	125	90,67
253	253.png	2	col	verde	1	3	31	76	58	55,00
254	254.png	2	col	verde	1	4	26	108	66	66,67
255	255.png	2	col	verde	1	5	33	142	99	91,33
256	256.png	2	col	verde	2	1	38	90	41	56,33
257	257.png	2	col	verde	2	2	33	95	43	57,00
258	258.png	2	col	verde	2	3	31	105	44	60,00
259	259.png	2	col	verde	2	4	30	94	39	54,33
260	260.png	2	col	verde	2	5	42	84	59	61,67
261	261.png	2	col	verde	3	1	46	123	69	79,33
262	262.png	2	col	verde	3	2	43	140	78	87,00
263	263.png	2	col	verde	3	3	71	128	72	90,33
264	264.png	2	col	verde	3	4	54	114	64	77,33
265	265.png	2	col	verde	3	5	44	96	62	67,33
266	266.png	2	col	verde	4	1	56	117	82	85,00
267	267.png	2	col	verde	4	2	31	103	65	66,33
268	268.png	2	col	verde	4	3	55	113	69	79,00
269	269.png	2	col	verde	4	4	44	123	95	87,33
270	270.png	2	col	verde	4	5	39	95	70	68,00

271	271.png	2	col	verde	5	1	41	115	42	66,00
272	272.png	2	col	verde	5	2	42	92	64	66,00
273	273.png	2	col	verde	5	3	26	41	30	32,33
274	274.png	2	col	verde	5	4	26	78	52	52,00
275	275.png	2	col	verde	5	5	37	90	48	58,33
276	276.png	2	Rábano	verde	1	1	44	80	35	53,00
277	277.png	2	Rábano	verde	1	2	44	78	36	52,67
278	278.png	2	Rábano	verde	1	3	43	47	35	41,67
279	279.png	2	Rábano	verde	1	4	42	96	26	54,67
280	280.png	2	Rábano	verde	1	5	53	93	46	64,00
281	281.png	2	Rábano	verde	2	1	58	67	61	62,00
282	282.png	2	Rábano	verde	2	2	32	45	38	38,33
283	283.png	2	Rábano	verde	2	3	34	76	45	51,67
284	284.png	2	Rábano	verde	2	4	32	108	58	66,00
285	285.png	2	Rábano	verde	2	5	27	113	35	58,33
286	286.png	2	Rábano	verde	3	1	65	95	44	68,00
287	287.png	2	Rábano	verde	3	2	51	103	47	67,00
288	288.png	2	Rábano	verde	3	3	48	84	37	56,33
289	289.png	2	Rábano	verde	3	4	62	137	53	84,00
290	290.png	2	Rábano	verde	3	5	51	112	45	69,33
291	291.png	2	Rábano	verde	4	1	50	94	47	63,67
292	292.png	2	Rábano	verde	4	2	32	38	36	35,33
293	293.png	2	Rábano	verde	4	3	28	107	34	56,33
294	294.png	2	Rábano	verde	4	4	37	110	43	63,33
295	295.png	2	Rábano	verde	4	5	31	118	43	64,00
296	296.png	2	Rábano	verde	5	1	36	121	45	67,33
297	297.png	2	Rábano	verde	5	2	33	111	33	59,00
298	298.png	2	Rábano	verde	5	3	34	53	41	42,67
299	299.png	2	Rábano	verde	5	4	43	63	33	46,33
300	300.png	2	Rábano	verde	5	5	39	92	31	54,00
301	301.png	3	Brócoli	rojo	1	1	68	119	65	84,00
302	302.png	3	Brócoli	rojo	1	2	71	122	66	86,33
303	303.png	3	Brócoli	rojo	1	3	69	123	70	87,33
304	304.png	3	Brócoli	rojo	1	4	74	140	61	91,67
305	305.png	3	Brócoli	rojo	1	5	67	119	72	86,00
306	306.png	3	Brócoli	rojo	2	1	79	175	85	113,00
307	307.png	3	Brócoli	rojo	2	2	89	129	84	100,67
308	308.png	3	Brócoli	rojo	2	3	70	152	61	94,33
309	309.png	3	Brócoli	rojo	2	4	61	88	74	74,33
310	310.png	3	Brócoli	rojo	2	5	82	177	87	115,33
311	311.png	3	Brócoli	rojo	3	1	92	71	75	79,33
312	312.png	3	Brócoli	rojo	3	2	67	124	69	86,67
313	313.png	3	Brócoli	rojo	3	3	98	82	75	85,00
314	314.png	3	Brócoli	rojo	3	4	81	131	66	92,67
315	315.png	3	Brócoli	rojo	3	5	96	84	70	83,33
316	316.png	3	Brócoli	rojo	4	1	89	187	66	114,00

317	317.png	3	Brócoli	rojo	4	2	83	178	63	108,00
318	318.png	3	Brócoli	rojo	4	3	71	147	72	96,67
319	319.png	3	Brócoli	rojo	4	4	83	190	83	118,67
320	320.png	3	Brócoli	rojo	4	5	73	161	61	98,33
321	321.png	3	Brócoli	rojo	5	1	71	114	65	83,33
322	322.png	3	Brócoli	rojo	5	2	74	114	71	86,33
323	323.png	3	Brócoli	rojo	5	3	72	78	63	71,00
324	324.png	3	Brócoli	rojo	5	4	72	94	67	77,67
325	325.png	3	Brócoli	rojo	5	5	78	165	79	107,33
326	326.png	3	col	rojo	1	1	61	145	86	97,33
327	327.png	3	col	rojo	1	2	51	172	83	102,00
328	328.png	3	col	rojo	1	3	59	171	104	111,33
329	329.png	3	col	rojo	1	4	49	172	89	103,33
330	330.png	3	col	rojo	1	5	58	165	137	120,00
331	331.png	3	col	rojo	2	1	69	204	139	137,33
332	332.png	3	col	rojo	2	2	66	247	179	164,00
333	333.png	3	col	rojo	2	3	66	201	119	128,67
334	334.png	3	col	rojo	2	4	67	209	126	134,00
335	335.png	3	col	rojo	2	5	73	219	176	156,00
336	336.png	3	col	rojo	3	1	71	179	109	119,67
337	337.png	3	col	rojo	3	2	75	163	124	120,67
338	338.png	3	col	rojo	3	3	71	152	87	103,33
339	339.png	3	col	rojo	3	4	77	171	101	116,33
340	340.png	3	col	rojo	3	5	60	178	96	111,33
341	341.png	3	col	rojo	4	1	108	186	139	144,33
342	342.png	3	col	rojo	4	2	56	218	123	132,33
343	343.png	3	col	rojo	4	3	75	97	99	90,33
344	344.png	3	col	rojo	4	4	79	104	66	83,00
345	345.png	3	col	rojo	4	5	100	167	110	125,67
346	346.png	3	col	rojo	5	1	92	225	153	156,67
347	347.png	3	col	rojo	5	2	92	205	134	143,67
348	348.png	3	col	rojo	5	3	92	162	109	121,00
349	349.png	3	col	rojo	5	4	128	193	120	147,00
350	350.png	3	col	rojo	5	5	97	178	96	123,67
351	351.png	3	Rábano	rojo	1	1	69	81	70	73,33
352	352.png	3	Rábano	rojo	1	2	75	115	65	85,00
353	353.png	3	Rábano	rojo	1	3	93	132	73	99,33
354	354.png	3	Rábano	rojo	1	4	69	105	67	80,33
355	355.png	3	Rábano	rojo	1	5	85	152	68	101,67
356	356.png	3	Rábano	rojo	2	1	87	120	89	98,67
357	357.png	3	Rábano	rojo	2	2	72	53	54	59,67
358	358.png	3	Rábano	rojo	2	3	78	126	74	92,67
359	359.png	3	Rábano	rojo	2	4	77	124	74	91,67
360	360.png	3	Rábano	rojo	2	5	67	59	46	57,33
361	361.png	3	Rábano	rojo	3	1	80	146	71	99,00
362	362.png	3	Rábano	rojo	3	2	67	149	79	98,33

363	363.png	3	Rábano	rojo	3	3	97	152	76	108,33
364	364.png	3	Rábano	rojo	3	4	80	156	75	103,67
365	365.png	3	Rábano	rojo	3	5	70	79	66	71,67
366	366.png	3	Rábano	rojo	4	1	84	125	80	96,33
367	367.png	3	Rábano	rojo	4	2	86	118	62	88,67
368	368.png	3	Rábano	rojo	4	3	96	100	73	89,67
369	369.png	3	Rábano	rojo	4	4	85	125	79	96,33
370	370.png	3	Rábano	rojo	4	5	72	65	73	70,00
371	371.png	3	Rábano	rojo	5	1	79	87	70	78,67
372	372.png	3	Rábano	rojo	5	2	79	180	76	111,67
373	373.png	3	Rábano	rojo	5	3	90	122	77	96,33
374	374.png	3	Rábano	verde	5	4	86	127	68	93,67
375	375.png	3	Rábano	verde	5	5	87	86	76	83,00
376	376.png	3	Brócoli	verde	1	1	56	125	74	85,00
377	377.png	3	Brócoli	verde	1	2	80	166	67	104,33
378	378.png	3	Brócoli	verde	1	3	70	97	72	79,67
379	379.png	3	Brócoli	verde	1	4	83	76	70	76,33
380	380.png	3	Brócoli	verde	1	5	67	105	79	83,67
381	381.png	3	Brócoli	verde	2	1	94	199	146	146,33
382	382.png	3	Brócoli	verde	2	2	61	89	74	74,67
383	383.png	3	Brócoli	verde	2	3	66	164	64	98,00
384	384.png	3	Brócoli	verde	2	4	83	178	88	116,33
385	385.png	3	Brócoli	verde	2	5	59	173	43	91,67
386	386.png	3	Brócoli	verde	3	1	93	149	74	105,33
387	387.png	3	Brócoli	verde	3	2	102	170	84	118,67
388	388.png	3	Brócoli	verde	3	3	87	84	62	77,67
389	389.png	3	Brócoli	verde	3	4	92	180	78	116,67
390	390.png	3	Brócoli	verde	3	5	93	172	68	111,00
391	391.png	3	Brócoli	verde	4	1	79	62	56	65,67
392	392.png	3	Brócoli	verde	4	2	89	112	83	94,67
393	393.png	3	Brócoli	verde	4	3	75	213	87	125,00
394	394.png	3	Brócoli	verde	4	4	76	181	76	111,00
395	395.png	3	Brócoli	verde	4	5	81	144	69	98,00
396	396.png	3	Brócoli	verde	5	1	75	178	74	109,00
397	397.png	3	Brócoli	verde	5	2	82	141	67	96,67
398	398.png	3	Brócoli	verde	5	3	64	173	71	102,67
399	399.png	3	Brócoli	verde	5	4	114	142	71	109,00
400	400.png	3	Brócoli	verde	5	5	105	185	66	118,67
401	401.png	3	col	verde	1	1	59	149	70	92,67
402	402.png	3	col	verde	1	2	70	177	111	119,33
403	403.png	3	col	verde	1	3	62	98	76	78,67
404	404.png	3	col	verde	1	4	101	206	170	159,00
405	405.png	3	col	verde	1	5	71	140	89	100,00
406	406.png	3	col	verde	2	1	44	180	107	110,33
407	407.png	3	col	verde	2	2	46	182	109	112,33
408	408.png	3	col	verde	2	3	68	127	91	95,33

409	409.png	3	col	verde	2	4	40	163	123	108,67
410	410.png	3	col	verde	2	5	42	160	74	92,00
411	411.png	3	col	verde	3	1	72	156	82	103,33
412	412.png	3	col	verde	3	2	72	156	82	103,33
413	413.png	3	col	verde	3	3	72	163	110	115,00
414	414.png	3	col	verde	3	4	53	156	100	103,00
415	415.png	3	col	verde	3	5	75	122	103	100,00
416	416.png	3	col	verde	4	1	85	130	134	116,33
417	417.png	3	col	verde	4	2	134	199	144	159,00
418	418.png	3	col	verde	4	3	67	157	131	118,33
419	419.png	3	col	verde	4	4	80	185	180	148,33
420	420.png	3	col	verde	4	5	79	204	152	145,00
421	421.png	3	col	verde	5	1	79	187	139	135,00
422	422.png	3	col	verde	5	2	82	175	130	129,00
423	423.png	3	col	verde	5	3	49	174	89	104,00
424	424.png	3	col	verde	5	4	112	177	133	140,67
425	425.png	3	col	verde	5	5	97	181	97	125,00
426	426.png	3	Rábano	verde	1	1	93	105	73	90,33
427	427.png	3	Rábano	verde	1	2	93	128	72	97,67
428	428.png	3	Rábano	verde	1	3	87	165	66	106,00
429	429.png	3	Rábano	verde	1	4	78	168	63	103,00
430	430.png	3	Rábano	verde	1	5	92	154	57	101,00
431	431.png	3	Rábano	verde	2	1	83	173	62	106,00
432	432.png	3	Rábano	verde	2	2	93	154	80	109,00
433	433.png	3	Rábano	verde	2	3	78	213	82	124,33
434	434.png	3	Rábano	verde	2	4	69	194	76	113,00
435	435.png	3	Rábano	verde	2	5	76	171	59	102,00
436	436.png	3	Rábano	verde	3	1	82	79	70	77,00
437	437.png	3	Rábano	verde	3	2	86	158	72	105,33
438	438.png	3	Rábano	verde	3	3	81	155	61	99,00
439	439.png	3	Rábano	verde	3	4	85	133	60	92,67
440	440.png	3	Rábano	verde	3	5	91	122	67	93,33
441	441.png	3	Rábano	verde	4	1	79	165	81	108,33
442	442.png	3	Rábano	verde	4	2	75	161	53	96,33
443	443.png	3	Rábano	verde	4	3	64	160	44	89,33
444	444.png	3	Rábano	verde	4	4	82	147	67	98,67
445	445.png	3	Rábano	verde	4	5	77	163	67	102,33
446	446.png	3	Rábano	verde	5	1	87	195	83	121,67
447	447.png	3	Rábano	verde	5	2	54	182	64	100,00
448	448.png	3	Rábano	verde	5	3	87	175	83	115,00
449	449.png	3	Rábano	verde	5	4	81	152	82	105,00
450	450.png	3	Rábano	verde	5	5	74	172	54	100,00
451	451.png	4	Brócoli	rojo	1	1	60	150	62	90,67
452	452.png	4	Brócoli	rojo	1	2	56	136	60	84,00
453	453.png	4	Brócoli	rojo	1	3	61	133	61	85,00
454	454.png	4	Brócoli	rojo	1	4	63	178	65	102,00

455	455.png	4	Brócoli	rojo	1	5	55	97	74	75,33
456	456.png	4	Brócoli	rojo	2	1	65	148	76	96,33
457	457.png	4	Brócoli	rojo	2	2	74	130	72	92,00
458	458.png	4	Brócoli	rojo	2	3	79	181	79	113,00
459	459.png	4	Brócoli	rojo	2	4	86	202	112	133,33
460	460.png	4	Brócoli	rojo	2	5	73	149	65	95,67
461	461.png	4	Brócoli	rojo	3	1	82	128	66	92,00
462	462.png	4	Brócoli	rojo	3	2	78	103	58	79,67
463	463.png	4	Brócoli	rojo	3	3	70	134	66	90,00
464	464.png	4	Brócoli	rojo	3	4	81	107	64	84,00
465	465.png	4	Brócoli	rojo	3	5	81	134	77	97,33
466	466.png	4	Brócoli	rojo	4	1	73	127	56	85,33
467	467.png	4	Brócoli	rojo	4	2	70	106	52	76,00
468	468.png	4	Brócoli	rojo	4	3	86	117	67	90,00
469	469.png	4	Brócoli	rojo	4	4	74	94	61	76,33
470	470.png	4	Brócoli	rojo	4	5	67	87	51	68,33
471	471.png	4	Brócoli	rojo	5	1	66	109	64	79,67
472	472.png	4	Brócoli	rojo	5	2	75	147	59	93,67
473	473.png	4	Brócoli	rojo	5	3	74	81	53	69,33
474	474.png	4	Brócoli	rojo	5	4	67	153	45	88,33
475	475.png	4	Brócoli	rojo	5	5	57	89	60	68,67
476	476.png	4	col	rojo	1	1	68	211	93	124,00
477	477.png	4	col	rojo	1	2	65	197	118	126,67
478	478.png	4	col	rojo	1	3	50	172	58	93,33
479	479.png	4	col	rojo	1	4	70	189	80	113,00
480	480.png	4	col	rojo	1	5	42	206	109	119,00
481	481.png	4	col	rojo	2	1	60	121	80	87,00
482	482.png	4	col	rojo	2	2	62	128	83	91,00
483	483.png	4	col	rojo	2	3	68	139	70	92,33
484	484.png	4	col	rojo	2	4	49	132	72	84,33
485	485.png	4	col	rojo	2	5	92	178	139	136,33
486	486.png	4	col	rojo	3	1	81	174	93	116,00
487	487.png	4	col	rojo	3	2	73	165	65	101,00
488	488.png	4	col	rojo	3	3	126	199	122	149,00
489	489.png	4	col	rojo	3	4	70	160	72	100,67
490	490.png	4	col	rojo	3	5	60	74	66	66,67
491	491.png	4	col	rojo	4	1	89	188	105	127,33
492	492.png	4	col	rojo	4	2	75	152	64	97,00
493	493.png	4	col	rojo	4	3	77	151	63	97,00
494	494.png	4	col	rojo	4	4	58	160	80	99,33
495	495.png	4	col	rojo	4	5	71	99	81	83,67
496	496.png	4	col	rojo	5	1	80	144	84	102,67
497	497.png	4	col	rojo	5	2	59	119	91	89,67
498	498.png	4	col	rojo	5	3	62	172	67	100,33
499	499.png	4	col	rojo	5	4	55	154	74.5	69,67
500	500.png	4	col	rojo	5	5	64	121	77	87,33

501	501.png	4	Rábano	rojo	1	1	70	163	63	98,67
502	502.png	4	Rábano	rojo	1	2	60	155	52	89,00
503	503.png	4	Rábano	rojo	1	3	85	67	70	74,00
504	504.png	4	Rábano	rojo	1	4	81	95	67	81,00
505	505.png	4	Rábano	rojo	1	5	75	123	72	90,00
506	506.png	4	Rábano	rojo	2	1	51	183	52	95,33
507	507.png	4	Rábano	rojo	2	2	60	122	51	77,67
508	508.png	4	Rábano	rojo	2	3	58	127	69	84,67
509	509.png	4	Rábano	rojo	2	4	75	132	70	92,33
510	510.png	4	Rábano	rojo	2	5	66	128	63	85,67
511	511.png	4	Rábano	rojo	3	1	78	186	78	114,00
512	512.png	4	Rábano	rojo	3	2	65	78	68	70,33
513	513.png	4	Rábano	rojo	3	3	67	124	75	88,67
514	514.png	4	Rábano	rojo	3	4	85	110	63	86,00
515	515.png	4	Rábano	rojo	3	5	76	69	62	69,00
516	516.png	4	Rábano	rojo	4	1	68	110	58	78,67
517	517.png	4	Rábano	rojo	4	2	76	86	65	75,67
518	518.png	4	Rábano	rojo	4	3	78	115	64	85,67
519	519.png	4	Rábano	rojo	4	4	71	124	78	91,00
520	520.png	4	Rábano	rojo	4	5	73	101	68	80,67
521	521.png	4	Rábano	rojo	5	1	73	153	57	94,33
522	522.png	4	Rábano	rojo	5	2	76	121	57	84,67
523	523.png	4	Rábano	rojo	5	3	85	155	74	104,67
524	524.png	4	Rábano	verde	5	4	67	81	59	69,00
525	525.png	4	Rábano	verde	5	5	81	137	105	107,67
526	526.png	4	Brócoli	verde	1	1	55	141	73	89,67
527	527.png	4	Brócoli	verde	1	2	72	149	68	96,33
528	528.png	4	Brócoli	verde	1	3	58	155	54	89,00
529	529.png	4	Brócoli	verde	1	4	73	149	63	95,00
530	530.png	4	Brócoli	verde	1	5	54	104	67	75,00
531	531.png	4	Brócoli	verde	2	1	88	142	59	96,33
532	532.png	4	Brócoli	verde	2	2	70	120	42	77,33
533	533.png	4	Brócoli	verde	2	3	57	138	63	86,00
534	534.png	4	Brócoli	verde	2	4	71	94	67	77,33
535	535.png	4	Brócoli	verde	2	5	81	149	49	93,00
536	536.png	4	Brócoli	verde	3	1	62	160	56	92,67
537	537.png	4	Brócoli	verde	3	2	63	114	62	79,67
538	538.png	4	Brócoli	verde	3	3	78	122	52	84,00
539	539.png	4	Brócoli	verde	3	4	60	130	52	80,67
540	540.png	4	Brócoli	verde	3	5	61	97	62	73,33
541	541.png	4	Brócoli	verde	4	1	105	167	82	118,00
542	542.png	4	Brócoli	verde	4	2	82	174	59	105,00
543	543.png	4	Brócoli	verde	4	3	96	190	58	114,67
544	544.png	4	Brócoli	verde	4	4	78	149	59	95,33
545	545.png	4	Brócoli	verde	4	5	74	137	65	92,00
546	546.png	4	Brócoli	verde	5	1	77	140	51	89,33

547	547.png	4	Brócoli	verde	5	2	61	181	62	101,33
548	548.png	4	Brócoli	verde	5	3	104	179	94	125,67
549	549.png	4	Brócoli	verde	5	4	74	141	62	92,33
550	550.png	4	Brócoli	verde	5	5	71	135	64	90,00
551	551.png	4	col	verde	1	1	44	214	83	113,67
552	552.png	4	col	verde	1	2	93	171	61	108,33
553	553.png	4	col	verde	1	3	79	112	74	88,33
554	554.png	4	col	verde	1	4	83	167	54	101,33
555	555.png	4	col	verde	1	5	77	128	55	86,67
556	556.png	4	col	verde	2	1	82	158	72	104,00
557	557.png	4	col	verde	2	2	76	138	96	103,33
558	558.png	4	col	verde	2	3	93	179	53	108,33
559	559.png	4	col	verde	2	4	83	160	52	98,33
560	560.png	4	col	verde	2	5	100	153	45	99,33
561	561.png	4	col	verde	3	1	72	211	103	128,67
562	562.png	4	col	verde	3	2	69	188	67	108,00
563	563.png	4	col	verde	3	3	67	140	62	89,67
564	564.png	4	col	verde	3	4	70	145	69	94,67
565	565.png	4	col	verde	3	5	61	149	70	93,33
566	566.png	4	col	verde	4	1	60	168	74	100,67
567	567.png	4	col	verde	4	2	63	137	56	85,33
568	568.png	4	col	verde	4	3	70	187	77	111,33
569	569.png	4	col	verde	4	4	78	138	77	97,67
570	570.png	4	col	verde	4	5	64	144	50	86,00
571	571.png	4	col	verde	5	1	73	104	70	82,33
572	572.png	4	col	verde	5	2	72	113	79	88,00
573	573.png	4	col	verde	5	3	92	191	183	155,33
574	574.png	4	col	verde	5	4	71	127	95	97,67
575	575.png	4	col	verde	5	5	80	65	69	71,33
576	576.png	4	Rábano	verde	1	1	69	145	57	90,33
577	577.png	4	Rábano	verde	1	2	65	130	52	82,33
578	578.png	4	Rábano	verde	1	3	56	162	43	87,00
579	579.png	4	Rábano	verde	1	4	66	193	63	107,33
580	580.png	4	Rábano	verde	1	5	84	161	66	103,67
581	581.png	4	Rábano	verde	2	1	90	155	33	92,67
582	582.png	4	Rábano	verde	2	2	93	150	60	101,00
583	583.png	4	Rábano	verde	2	3	80	148	59	95,67
584	584.png	4	Rábano	verde	2	4	88	177	43	102,67
585	585.png	4	Rábano	verde	2	5	91	175	44	103,33
586	586.png	4	Rábano	verde	3	1	77	156	56	96,33
587	587.png	4	Rábano	verde	3	2	75	84	68	75,67
588	588.png	4	Rábano	verde	3	3	82	161	63	102,00
589	589.png	4	Rábano	verde	3	4	80	150	61	97,00
590	590.png	4	Rábano	verde	3	5	78	161	63	100,67
591	591.png	4	Rábano	verde	4	1	77	97	65	79,67
592	592.png	4	Rábano	verde	4	2	79	112	67	86,00

593	593.png	4	Rábano	verde	4	3	70	129	53	84,00
594	594.png	4	Rábano	verde	4	4	73	118	77	89,33
595	595.png	4	Rábano	verde	4	5	78	136	72	95,33
596	596.png	4	Rábano	verde	5	1	70	160	59	96,33
597	597.png	4	Rábano	verde	5	2	64	131	54	83,00
598	598.png	4	Rábano	verde	5	3	77	171	58	102,00
599	599.png	4	Rábano	verde	5	4	62	153	40	85,00
600	600.png	4	Rábano	verde	5	5	69	145	62	92,00
601	601.png	5	Brócoli	rojo	1	1	54	93	73	73,33
602	602.png	5	Brócoli	rojo	1	2	47	79	65	63,67
603	603.png	5	Brócoli	rojo	1	3	51	103	54	69,33
604	604.png	5	Brócoli	rojo	1	4	59	140	59	86,00
605	605.png	5	Brócoli	rojo	1	5	59	144	79	94,00
606	606.png	5	Brócoli	rojo	2	1	64	116	69	83,00
607	607.png	5	Brócoli	rojo	2	2	53	81	49	61,00
608	608.png	5	Brócoli	rojo	2	3	49	49	49	49,00
609	609.png	5	Brócoli	rojo	2	4	52	81	51	61,33
610	610.png	5	Brócoli	rojo	2	5	57	124	50	77,00
611	611.png	5	Brócoli	rojo	3	1	60	69	52	60,33
612	612.png	5	Brócoli	rojo	3	2	63	70	56	63,00
613	613.png	5	Brócoli	rojo	3	3	73	70	55	66,00
614	614.png	5	Brócoli	rojo	3	4	78	116	59	84,33
615	615.png	5	Brócoli	rojo	3	5	64	130	54	82,67
616	616.png	5	Brócoli	rojo	4	1	81	97	77	85,00
617	617.png	5	Brócoli	rojo	4	2	74	102	63	79,67
618	618.png	5	Brócoli	rojo	4	3	75	72	63	70,00
619	619.png	5	Brócoli	rojo	4	4	72	126	88	95,33
620	620.png	5	Brócoli	rojo	4	5	81	116	78	91,67
621	621.png	5	Brócoli	rojo	5	1	63	92	63	72,67
622	622.png	5	Brócoli	rojo	5	2	62	100	71	77,67
623	623.png	5	Brócoli	rojo	5	3	60	56	60	58,67
624	624.png	5	Brócoli	rojo	5	4	65	100	62	75,67
625	625.png	5	Brócoli	rojo	5	5	64	93	76	77,67
626	626.png	5	col	rojo	1	1	60	161	75	98,67
627	627.png	5	col	rojo	1	2	64	175	77	105,33
628	628.png	5	col	rojo	1	3	70	172	79	107,00
629	629.png	5	col	rojo	1	4	57	202	102	120,33
630	630.png	5	col	rojo	1	5	62	188	84	111,33
631	631.png	5	col	rojo	2	1	62	157	73	97,33
632	632.png	5	col	rojo	2	2	72	139	66	92,33
633	633.png	5	col	rojo	2	3	71	125	70	88,67
634	634.png	5	col	rojo	2	4	79	132	68	93,00
635	635.png	5	col	rojo	2	5	67	95	78	80,00
636	636.png	5	col	rojo	3	1	67	176	64	102,33
637	637.png	5	col	rojo	3	2	74	192	92	119,33
638	638.png	5	col	rojo	3	3	65	197	82	114,67

639	639.png	5	col	rojo	3	4	81	169	75	108,33
640	640.png	5	col	rojo	3	5	61	191	77	109,67
641	641.png	5	col	rojo	4	1	67	209	87	121,00
642	642.png	5	col	rojo	4	2	68	165	65	99,33
643	643.png	5	col	rojo	4	3	79	148	77	101,33
644	644.png	5	col	rojo	4	4	62	161	69	97,33
645	645.png	5	col	rojo	4	5	59	136	61	85,33
646	646.png	5	col	rojo	5	1	68	101	74	81,00
647	647.png	5	col	rojo	5	2	61	143	58	87,33
648	648.png	5	col	rojo	5	3	48	135	85	89,33
649	649.png	5	col	rojo	5	4	61	144	78	94,33
650	650.png	5	col	rojo	5	5	67	87	75	76,33
651	651.png	5	Rábano	rojo	1	1	62	66	54	60,67
652	652.png	5	Rábano	rojo	1	2	62	50	51	54,33
653	653.png	5	Rábano	rojo	1	3	71	72	49	64,00
654	654.png	5	Rábano	rojo	1	4	77	76	64	72,33
655	655.png	5	Rábano	rojo	1	5	70	69	56	65,00
656	656.png	5	Rábano	rojo	2	1	68	149	64	93,67
657	657.png	5	Rábano	rojo	2	2	65	148	63	92,00
658	658.png	5	Rábano	rojo	2	3	44	132	54	76,67
659	659.png	5	Rábano	rojo	2	4	85	175	82	114,00
660	660.png	5	Rábano	rojo	2	5	76	143	54	91,00
661	661.png	5	Rábano	rojo	3	1	58	41	44	47,67
662	662.png	5	Rábano	rojo	3	2	62	86	53	67,00
663	663.png	5	Rábano	rojo	3	3	66	134	35	78,33
664	664.png	5	Rábano	rojo	3	4	64	122	48	78,00
665	665.png	5	Rábano	rojo	3	5	47	121	48	72,00
666	666.png	5	Rábano	rojo	4	1	65	76	71	70,67
667	667.png	5	Rábano	rojo	4	2	58	107	82	82,33
668	668.png	5	Rábano	rojo	4	3	54	50	42	48,67
669	669.png	5	Rábano	rojo	4	4	63	120	66	83,00
670	670.png	5	Rábano	rojo	4	5	73	129	50	84,00
671	671.png	5	Rábano	rojo	5	1	74	165	74	104,33
672	672.png	5	Rábano	rojo	5	2	65	177	64	102,00
673	673.png	5	Rábano	rojo	5	3	89	166	51	102,00
674	674.png	5	Rábano	verde	5	4	70	123	54	82,33
675	675.png	5	Rábano	verde	5	5	56	134	52	80,67
676	676.png	5	Brócoli	verde	1	1	80	148	62	96,67
677	677.png	5	Brócoli	verde	1	2	55	152	58	88,33
678	678.png	5	Brócoli	verde	1	3	69	129	46	81,33
679	679.png	5	Brócoli	verde	1	4	62	130	52	81,33
680	680.png	5	Brócoli	verde	1	5	67	117	50	78,00
681	681.png	5	Brócoli	verde	2	1	64	58	54	58,67
682	682.png	5	Brócoli	verde	2	2	66	77	53	65,33
683	683.png	5	Brócoli	verde	2	3	62	73	67	67,33
684	684.png	5	Brócoli	verde	2	4	68	84	68	73,33

685	685.png	5	Brócoli	verde	2	5	73	87	56	72,00
686	686.png	5	Brócoli	verde	3	1	70	79	61	70,00
687	687.png	5	Brócoli	verde	3	2	67	83	85	78,33
688	688.png	5	Brócoli	verde	3	3	74	72	68	71,33
689	689.png	5	Brócoli	verde	3	4	72	64	69	68,33
690	690.png	5	Brócoli	verde	3	5	68	105	54	75,67
691	691.png	5	Brócoli	verde	4	1	70	126	49	81,67
692	692.png	5	Brócoli	verde	4	2	80	155	64	99,67
693	693.png	5	Brócoli	verde	4	3	73	127	62	87,33
694	694.png	5	Brócoli	verde	4	4	55	138	46	79,67
695	695.png	5	Brócoli	verde	4	5	70	136	38	81,33
696	696.png	5	Brócoli	verde	5	1	72	117	57	82,00
697	697.png	5	Brócoli	verde	5	2	66	73	55	64,67
698	698.png	5	Brócoli	verde	5	3	68	65	60	64,33
699	699.png	5	Brócoli	verde	5	4	73	95	54	74,00
700	700.png	5	Brócoli	verde	5	5	79	148	59	95,33
701	701.png	5	col	verde	1	1	78	182	66	108,67
702	702.png	5	col	verde	1	2	73	128	49	83,33
703	703.png	5	col	verde	1	3	60	158	59	92,33
704	704.png	5	col	verde	1	4	72	170	69	103,67
705	705.png	5	col	verde	1	5	68	147	56	90,33
706	706.png	5	col	verde	2	1	77	152	66	98,33
707	707.png	5	col	verde	2	2	74	146	76	98,67
708	708.png	5	col	verde	2	3	61	178	86	108,33
709	709.png	5	col	verde	2	4	48	177	70	98,33
710	710.png	5	col	verde	2	5	62	96	50	69,33
711	711.png	5	col	verde	3	1	49	147	52	82,67
712	712.png	5	col	verde	3	2	55	113	41	69,67
713	713.png	5	col	verde	3	3	45	125	58	76,00
714	714.png	5	col	verde	3	4	65	125	58	82,67
715	715.png	5	col	verde	3	5	80	153	62	98,33
716	716.png	5	col	verde	4	1	67	115	45	75,67
717	717.png	5	col	verde	4	2	65	128	41	78,00
718	718.png	5	col	verde	4	3	53	134	43	76,67
719	719.png	5	col	verde	4	4	66	101	50	72,33
720	720.png	5	col	verde	4	5	78	88	52	72,67
721	721.png	5	col	verde	5	1	57	152	61	90,00
722	722.png	5	col	verde	5	2	74	136	65	91,67
723	723.png	5	col	verde	5	3	56	197	74	109,00
724	724.png	5	col	verde	5	4	63	191	61	105,00
725	725.png	5	col	verde	5	5	40	214	90	114,67
726	726.png	5	Rábano	verde	1	1	67	164	56	95,67
727	727.png	5	Rábano	verde	1	2	66	132	35	77,67
728	728.png	5	Rábano	verde	1	3	62	155	52	89,67
729	729.png	5	Rábano	verde	1	4	60	131	35	75,33
730	730.png	5	Rábano	verde	1	5	72	166	67	101,67

731	731.png	5	Rábano	verde	2	1	65	147	95	102,33
732	732.png	5	Rábano	verde	2	2	76	115	69	86,67
733	733.png	5	Rábano	verde	2	3	81	118	78	92,33
734	734.png	5	Rábano	verde	2	4	73	134	68	91,67
735	735.png	5	Rábano	verde	2	5	68	106	69	81,00
736	736.png	5	Rábano	verde	3	1	66	69	57	64,00
737	737.png	5	Rábano	verde	3	2	78	114	70	87,33
738	738.png	5	Rábano	verde	3	3	66	85	58	69,67
739	739.png	5	Rábano	verde	3	4	65	124	42	77,00
740	740.png	5	Rábano	verde	3	5	84	135	56	91,67
741	741.png	5	Rábano	verde	4	1	59	79	60	66,00
742	742.png	5	Rábano	verde	4	2	81	66	93	80,00
743	743.png	5	Rábano	verde	4	3	71	67	73	70,33
744	744.png	5	Rábano	verde	4	4	77	141	61	93,00
745	745.png	5	Rábano	verde	4	5	76	133	48	85,67
746	746.png	5	Rábano	verde	5	1	79	104	73	85,33
747	747.png	5	Rábano	verde	5	2	66	102	61	76,33
748	748.png	5	Rábano	verde	5	3	66	152	50	89,33
749	749.png	5	Rábano	verde	5	4	62	156	64	94,00
750	750.png	5	Rábano	verde	5	5	54	197	106	119,00

Anexo 3. Tabla de datos de las medidas de longitud de las larvas de cuarto estadio de la quinta generación.

Nombre imagen	Generación	Alimento	Color padre	Rep. Caja	TAMAÑO
1	1	Brócoli	rojo	1	9
2	1	Brócoli	rojo	1	7,8
3	1	Brócoli	rojo	1	7,56
4	1	Brócoli	rojo	1	8,01
5	1	Brócoli	rojo	1	8,3
6	1	Brócoli	rojo	2	9,65
7	1	Brócoli	rojo	2	7,79
8	1	Brócoli	rojo	2	8,54
9	1	Brócoli	rojo	2	10,03
10	1	Brócoli	rojo	2	7,85
11	1	Brócoli	rojo	3	8,63
12	1	Brócoli	rojo	3	8,9
13	1	Brócoli	rojo	3	8,06
14	1	Brócoli	rojo	3	7,93
15	1	Brócoli	rojo	3	7,66
16	1	Brócoli	rojo	4	7,98
17	1	Brócoli	rojo	4	9,72
18	1	Brócoli	rojo	4	10,11
19	1	Brócoli	rojo	4	10,4
20	1	Brócoli	rojo	4	7,65
21	1	Brócoli	rojo	5	11,62
22	1	Brócoli	rojo	5	6,97
23	1	Brócoli	rojo	5	7,33
24	1	Brócoli	rojo	5	7,7
25	1	Brócoli	rojo	5	6,8
26	1	col	rojo	1	8,06
27	1	col	rojo	1	7,61
28	1	col	rojo	1	6,91
29	1	col	rojo	1	8,09
30	1	col	rojo	1	7,69
31	1	col	rojo	2	6,88
32	1	col	rojo	2	6,91
33	1	col	rojo	2	7,43
34	1	col	rojo	2	7,94
35	1	col	rojo	2	6,87
36	1	col	rojo	3	8,07
37	1	col	rojo	3	8,65
38	1	col	rojo	3	9,08

39	1	col	rojo	3	7,61
40	1	col	rojo	3	6,39
41	1	col	rojo	4	6,78
42	1	col	rojo	4	7,09
43	1	col	rojo	4	8,96
44	1	col	rojo	4	9,73
45	1	col	rojo	4	8,9
46	1	col	rojo	5	7,9
47	1	col	rojo	5	6,95
48	1	col	rojo	5	9,89
49	1	col	rojo	5	7,13
50	1	col	rojo	5	7,93
51	1	Rábano	rojo	1	6,98
52	1	Rábano	rojo	1	6,76
53	1	Rábano	rojo	1	8,32
54	1	Rábano	rojo	1	7,18
55	1	Rábano	rojo	1	9,13
56	1	Rábano	rojo	2	8,83
57	1	Rábano	rojo	2	7,19
58	1	Rábano	rojo	2	6,78
59	1	Rábano	rojo	2	8,03
60	1	Rábano	rojo	2	7,8
61	1	Rábano	rojo	3	8,09
62	1	Rábano	rojo	3	6,87
63	1	Rábano	rojo	3	6,61
64	1	Rábano	rojo	3	9,57
65	1	Rábano	rojo	3	8,08
66	1	Rábano	rojo	4	7,01
67	1	Rábano	rojo	4	8,63
68	1	Rábano	rojo	4	6,63
69	1	Rábano	rojo	4	8,98
70	1	Rábano	rojo	4	11,01
71	1	Rábano	rojo	5	10,62
72	1	Rábano	rojo	5	9,7
73	1	Rábano	rojo	5	6,87
74	1	Rábano	verde	5	9,34
75	1	Rábano	verde	5	8,23
76	1	Brócoli	verde	1	8,83
77	1	Brócoli	verde	1	7,93
78	1	Brócoli	verde	1	9,8
79	1	Brócoli	verde	1	6,83
80	1	Brócoli	verde	1	7,74
81	1	Brócoli	verde	2	9,74
82	1	Brócoli	verde	2	7,86
83	1	Brócoli	verde	2	6,99
84	1	Brócoli	verde	2	9,85

85	1	Brócoli	verde	2	6,83
86	1	Brócoli	verde	3	11,12
87	1	Brócoli	verde	3	10,14
88	1	Brócoli	verde	3	8,14
89	1	Brócoli	verde	3	7,15
90	1	Brócoli	verde	3	9,51
91	1	Brócoli	verde	4	11,04
92	1	Brócoli	verde	4	10,11
93	1	Brócoli	verde	4	9,8
94	1	Brócoli	verde	4	10,38
95	1	Brócoli	verde	4	7,92
96	1	Brócoli	verde	5	6,13
97	1	Brócoli	verde	5	9,31
98	1	Brócoli	verde	5	8,16
99	1	Brócoli	verde	5	7,38
100	1	Brócoli	verde	5	7,15
101	1	col	verde	1	9,01
102	1	col	verde	1	7,19
103	1	col	verde	1	6,83
104	1	col	verde	1	9,91
105	1	col	verde	1	9,74
106	1	col	verde	2	7,63
107	1	col	verde	2	6,39
108	1	col	verde	2	7,16
109	1	col	verde	2	8,19
110	1	col	verde	2	11
111	1	col	verde	3	7,83
112	1	col	verde	3	7,12
113	1	col	verde	3	6,99
114	1	col	verde	3	8,52
115	1	col	verde	3	9,73
116	1	col	verde	4	8,48
117	1	col	verde	4	7,51
118	1	col	verde	4	6,82
119	1	col	verde	4	7,12
120	1	col	verde	4	9,72
121	1	col	verde	5	10,07
122	1	col	verde	5	9,72
123	1	col	verde	5	8,96
124	1	col	verde	5	7,91
125	1	col	verde	5	6,98
126	1	Rábano	verde	1	7,54
127	1	Rábano	verde	1	6,9
128	1	Rábano	verde	1	8,1
129	1	Rábano	verde	1	8,71
130	1	Rábano	verde	1	6,99

131	1	Rábano	verde	2	9,78
132	1	Rábano	verde	2	10
133	1	Rábano	verde	2	8,49
134	1	Rábano	verde	2	6,39
135	1	Rábano	verde	2	9,31
136	1	Rábano	verde	3	8,42
137	1	Rábano	verde	3	7,3
138	1	Rábano	verde	3	7,82
139	1	Rábano	verde	3	8,63
140	1	Rábano	verde	3	9,15
141	1	Rábano	verde	4	7,29
142	1	Rábano	verde	4	7,16
143	1	Rábano	verde	4	8,3
144	1	Rábano	verde	4	8,73
145	1	Rábano	verde	4	8,32
146	1	Rábano	verde	5	6,82
147	1	Rábano	verde	5	9,71
148	1	Rábano	verde	5	9,7
149	1	Rábano	verde	5	9,39
150	1	Rábano	verde	5	7,54
151	2	Brócoli	rojo	1	8,64
152	2	Brócoli	rojo	1	9,53
153	2	Brócoli	rojo	1	9,28
154	2	Brócoli	rojo	1	8,27
155	2	Brócoli	rojo	1	8,3
156	2	Brócoli	rojo	2	7,52
157	2	Brócoli	rojo	2	8,29
158	2	Brócoli	rojo	2	8,93
159	2	Brócoli	rojo	2	9,19
160	2	Brócoli	rojo	2	9,3
161	2	Brócoli	rojo	3	7,29
162	2	Brócoli	rojo	3	5,99
163	2	Brócoli	rojo	3	8,72
164	2	Brócoli	rojo	3	8,3
165	2	Brócoli	rojo	3	7,52
166	2	Brócoli	rojo	4	7,3
167	2	Brócoli	rojo	4	7,34
168	2	Brócoli	rojo	4	9,02
169	2	Brócoli	rojo	4	8,83
170	2	Brócoli	rojo	4	8,1
171	2	Brócoli	rojo	5	9,09
172	2	Brócoli	rojo	5	10,01
173	2	Brócoli	rojo	5	8,1
174	2	Brócoli	rojo	5	8,38
175	2	Brócoli	rojo	5	7,83
176	2	col	rojo	1	9

177	2	col	rojo	1	9,32
178	2	col	rojo	1	6,83
179	2	col	rojo	1	6,62
180	2	col	rojo	1	7,92
181	2	col	rojo	2	8,51
182	2	col	rojo	2	9,73
183	2	col	rojo	2	9,89
184	2	col	rojo	2	11
185	2	col	rojo	2	11,72
186	2	col	rojo	3	12
187	2	col	rojo	3	11,86
188	2	col	rojo	3	11,82
189	2	col	rojo	3	10,8
190	2	col	rojo	3	9,89
191	2	col	rojo	4	9,73
192	2	col	rojo	4	8,76
193	2	col	rojo	4	6,9
194	2	col	rojo	4	7,93
195	2	col	rojo	4	9,73
196	2	col	rojo	5	8,8
197	2	col	rojo	5	6,72
198	2	col	rojo	5	8,83
199	2	col	rojo	5	9,63
200	2	col	rojo	5	8,73
201	2	Rábano	rojo	1	6,19
202	2	Rábano	rojo	1	9,17
203	2	Rábano	rojo	1	9,37
204	2	Rábano	rojo	1	9,51
205	2	Rábano	rojo	1	7,71
206	2	Rábano	rojo	2	8,63
207	2	Rábano	rojo	2	10
208	2	Rábano	rojo	2	10
209	2	Rábano	rojo	2	7,73
210	2	Rábano	rojo	2	8,64
211	2	Rábano	rojo	3	9,64
212	2	Rábano	rojo	3	9,62
213	2	Rábano	rojo	3	7,79
214	2	Rábano	rojo	3	6,99
215	2	Rábano	rojo	3	9,73
216	2	Rábano	rojo	4	8,19
217	2	Rábano	rojo	4	8,64
218	2	Rábano	rojo	4	8,19
219	2	Rábano	rojo	4	8,42
220	2	Rábano	rojo	4	9,3
221	2	Rábano	rojo	5	9,38
222	2	Rábano	rojo	5	10,84

223	2	Rábano	rojo	5	9,83
224	2	Rábano	verde	5	10,34
225	2	Rábano	verde	5	11,32
226	2	Brócoli	verde	1	7,93
227	2	Brócoli	verde	1	7,24
228	2	Brócoli	verde	1	8,24
229	2	Brócoli	verde	1	8,93
230	2	Brócoli	verde	1	9,73
231	2	Brócoli	verde	2	10,43
232	2	Brócoli	verde	2	9,34
233	2	Brócoli	verde	2	7,73
234	2	Brócoli	verde	2	8,24
235	2	Brócoli	verde	2	8,42
236	2	Brócoli	verde	3	6,84
237	2	Brócoli	verde	3	9,34
238	2	Brócoli	verde	3	9,24
239	2	Brócoli	verde	3	8,48
240	2	Brócoli	verde	3	7,74
241	2	Brócoli	verde	4	7,83
242	2	Brócoli	verde	4	6,03
243	2	Brócoli	verde	4	9
244	2	Brócoli	verde	4	8,63
245	2	Brócoli	verde	4	9,23
246	2	Brócoli	verde	5	8,73
247	2	Brócoli	verde	5	8,73
248	2	Brócoli	verde	5	8,2
249	2	Brócoli	verde	5	7,3
250	2	Brócoli	verde	5	7,2
251	2	col	verde	1	8,73
252	2	col	verde	1	9,12
253	2	col	verde	1	9,16
254	2	col	verde	1	8,28
255	2	col	verde	1	8,24
256	2	col	verde	2	8,71
257	2	col	verde	2	8,24
258	2	col	verde	2	9,13
259	2	col	verde	2	6,83
260	2	col	verde	2	10,3
261	2	col	verde	3	8,34
262	2	col	verde	3	8,24
263	2	col	verde	3	7,38
264	2	col	verde	3	11
265	2	col	verde	3	11,93
266	2	col	verde	4	9,74
267	2	col	verde	4	8,92
268	2	col	verde	4	8,45

269	2	col	verde	4	9,54
270	2	col	verde	4	9,39
271	2	col	verde	5	10,34
272	2	col	verde	5	7,49
273	2	col	verde	5	8,34
274	2	col	verde	5	8,24
275	2	col	verde	5	10,45
276	2	Rábano	verde	1	8,4
277	2	Rábano	verde	1	10,83
278	2	Rábano	verde	1	11,09
279	2	Rábano	verde	1	9,58
280	2	Rábano	verde	1	9,42
281	2	Rábano	verde	2	6,98
282	2	Rábano	verde	2	9,47
283	2	Rábano	verde	2	8,23
284	2	Rábano	verde	2	10,44
285	2	Rábano	verde	2	8,84
286	2	Rábano	verde	3	9,39
287	2	Rábano	verde	3	9,1
288	2	Rábano	verde	3	8,43
289	2	Rábano	verde	3	9,11
290	2	Rábano	verde	3	10,43
291	2	Rábano	verde	4	7,49
292	2	Rábano	verde	4	7,41
293	2	Rábano	verde	4	8,63
294	2	Rábano	verde	4	7,6
295	2	Rábano	verde	4	8,24
296	2	Rábano	verde	5	9,82
297	2	Rábano	verde	5	7,71
298	2	Rábano	verde	5	9,63
299	2	Rábano	verde	5	7,8
300	2	Rábano	verde	5	11
301	3	Brócoli	rojo	1	9,92
302	3	Brócoli	rojo	1	10,74
303	3	Brócoli	rojo	1	10,28
304	3	Brócoli	rojo	1	11,43
305	3	Brócoli	rojo	1	9,72
306	3	Brócoli	rojo	2	9,51
307	3	Brócoli	rojo	2	10,89
308	3	Brócoli	rojo	2	9,14
309	3	Brócoli	rojo	2	9,59
310	3	Brócoli	rojo	2	9,27
311	3	Brócoli	rojo	3	6,91
312	3	Brócoli	rojo	3	11,32
313	3	Brócoli	rojo	3	8,39
314	3	Brócoli	rojo	3	9,98

315	3	Brócoli	rojo	3	9,99
316	3	Brócoli	rojo	4	9,80
317	3	Brócoli	rojo	4	9,62
318	3	Brócoli	rojo	4	9,21
319	3	Brócoli	rojo	4	9,61
320	3	Brócoli	rojo	4	10,87
321	3	Brócoli	rojo	5	10,92
322	3	Brócoli	rojo	5	10,50
323	3	Brócoli	rojo	5	10,62
324	3	Brócoli	rojo	5	9,86
325	3	Brócoli	rojo	5	9,58
326	3	col	rojo	1	9,43
327	3	col	rojo	1	9,34
328	3	col	rojo	1	9,28
329	3	col	rojo	1	10,96
330	3	col	rojo	1	9,30
331	3	col	rojo	2	10,14
332	3	col	rojo	2	8,49
333	3	col	rojo	2	6,45
334	3	col	rojo	2	7,56
335	3	col	rojo	2	9,41
336	3	col	rojo	3	9,82
337	3	col	rojo	3	9,15
338	3	col	rojo	3	11,56
339	3	col	rojo	3	10,47
340	3	col	rojo	3	9,31
341	3	col	rojo	4	9,12
342	3	col	rojo	4	10,14
343	3	col	rojo	4	8,49
344	3	col	rojo	4	6,45
345	3	col	rojo	4	7,56
346	3	col	rojo	5	8,66
347	3	col	rojo	5	7,83
348	3	col	rojo	5	7,96
349	3	col	rojo	5	8,95
350	3	col	rojo	5	8,19
351	3	Rábano	rojo	1	8,10
352	3	Rábano	rojo	1	8,81
353	3	Rábano	rojo	1	10,47
354	3	Rábano	rojo	1	8,61
355	3	Rábano	rojo	1	10,54
356	3	Rábano	rojo	2	8,46
357	3	Rábano	rojo	2	6,63
358	3	Rábano	rojo	2	10,51
359	3	Rábano	rojo	2	9,75
360	3	Rábano	rojo	2	6,52

361	3	Rábano	rojo	3	9,32
362	3	Rábano	rojo	3	8,32
363	3	Rábano	rojo	3	10,22
364	3	Rábano	rojo	3	9,17
365	3	Rábano	rojo	3	8,72
366	3	Rábano	rojo	4	10,34
367	3	Rábano	rojo	4	10,02
368	3	Rábano	rojo	4	11,15
369	3	Rábano	rojo	4	9,78
370	3	Rábano	rojo	4	8,02
371	3	Rábano	rojo	5	9,76
372	3	Rábano	rojo	5	9,60
373	3	Rábano	rojo	5	10,37
374	3	Rábano	verde	5	10,85
375	3	Rábano	verde	5	10,21
376	3	Brócoli	verde	1	8,68
377	3	Brócoli	verde	1	8,86
378	3	Brócoli	verde	1	10,16
379	3	Brócoli	verde	1	8,14
380	3	Brócoli	verde	1	8,54
381	3	Brócoli	verde	2	8,30
382	3	Brócoli	verde	2	7,97
383	3	Brócoli	verde	2	9,47
384	3	Brócoli	verde	2	9,56
385	3	Brócoli	verde	2	11,16
386	3	Brócoli	verde	3	9,32
387	3	Brócoli	verde	3	8,87
388	3	Brócoli	verde	3	7,80
389	3	Brócoli	verde	3	9,35
390	3	Brócoli	verde	3	9,51
391	3	Brócoli	verde	4	8,46
392	3	Brócoli	verde	4	8,73
393	3	Brócoli	verde	4	9,16
394	3	Brócoli	verde	4	9,30
395	3	Brócoli	verde	4	9,99
396	3	Brócoli	verde	5	9,79
397	3	Brócoli	verde	5	9,01
398	3	Brócoli	verde	5	9,49
399	3	Brócoli	verde	5	11,24
400	3	Brócoli	verde	5	10,20
401	3	col	verde	1	10,14
402	3	col	verde	1	8,61
403	3	col	verde	1	7,41
404	3	col	verde	1	6,15
405	3	col	verde	1	7,68
406	3	col	verde	2	8,26

407	3	col	verde	2	10,01
408	3	col	verde	2	8,33
409	3	col	verde	2	9,03
410	3	col	verde	2	10,04
411	3	col	verde	3	7,42
412	3	col	verde	3	10,96
413	3	col	verde	3	9,15
414	3	col	verde	3	10,61
415	3	col	verde	3	7,82
416	3	col	verde	4	8,19
417	3	col	verde	4	7,10
418	3	col	verde	4	9,31
419	3	col	verde	4	7,44
420	3	col	verde	4	10,02
421	3	col	verde	5	8,41
422	3	col	verde	5	8,77
423	3	col	verde	5	10,10
424	3	col	verde	5	7,92
425	3	col	verde	5	8,19
426	3	Rábano	verde	1	7,27
427	3	Rábano	verde	1	9,60
428	3	Rábano	verde	1	8,51
429	3	Rábano	verde	1	9,72
430	3	Rábano	verde	1	9,10
431	3	Rábano	verde	2	8,82
432	3	Rábano	verde	2	7,77
433	3	Rábano	verde	2	10,14
434	3	Rábano	verde	2	10,91
435	3	Rábano	verde	2	9,51
436	3	Rábano	verde	3	7,80
437	3	Rábano	verde	3	8,53
438	3	Rábano	verde	3	10,64
439	3	Rábano	verde	3	11,78
440	3	Rábano	verde	3	10,42
441	3	Rábano	verde	4	9,21
442	3	Rábano	verde	4	9,37
443	3	Rábano	verde	4	8,38
444	3	Rábano	verde	4	9,96
445	3	Rábano	verde	4	10,29
446	3	Rábano	verde	5	8,28
447	3	Rábano	verde	5	8,40
448	3	Rábano	verde	5	9,28
449	3	Rábano	verde	5	9,41
450	3	Rábano	verde	5	9,34
451	4	Brócoli	rojo	1	9,24
452	4	Brócoli	rojo	1	8,69

453	4	Brócoli	rojo	1	9,87
454	4	Brócoli	rojo	1	10,30
455	4	Brócoli	rojo	1	9,30
456	4	Brócoli	rojo	2	8,36
457	4	Brócoli	rojo	2	7,57
458	4	Brócoli	rojo	2	9,46
459	4	Brócoli	rojo	2	9,59
460	4	Brócoli	rojo	2	7,69
461	4	Brócoli	rojo	3	8,53
462	4	Brócoli	rojo	3	9,06
463	4	Brócoli	rojo	3	9,51
464	4	Brócoli	rojo	3	8,41
465	4	Brócoli	rojo	3	9,44
466	4	Brócoli	rojo	4	10,66
467	4	Brócoli	rojo	4	9,79
468	4	Brócoli	rojo	4	9,53
469	4	Brócoli	rojo	4	10,47
470	4	Brócoli	rojo	4	10,10
471	4	Brócoli	rojo	5	10,15
472	4	Brócoli	rojo	5	10,56
473	4	Brócoli	rojo	5	9,65
474	4	Brócoli	rojo	5	11,28
475	4	Brócoli	rojo	5	8,25
476	4	col	rojo	1	9,42
477	4	col	rojo	1	7,77
478	4	col	rojo	1	9,34
479	4	col	rojo	1	8,99
480	4	col	rojo	1	8,22
481	4	col	rojo	2	11,79
482	4	col	rojo	2	8,30
483	4	col	rojo	2	10,72
484	4	col	rojo	2	9,79
485	4	col	rojo	2	7,00
486	4	col	rojo	3	9,57
487	4	col	rojo	3	8,72
488	4	col	rojo	3	7,58
489	4	col	rojo	3	10,38
490	4	col	rojo	3	9,43
491	4	col	rojo	4	9,74
492	4	col	rojo	4	9,21
493	4	col	rojo	4	9,98
494	4	col	rojo	4	9,63
495	4	col	rojo	4	9,21
496	4	col	rojo	5	10,29
497	4	col	rojo	5	8,56
498	4	col	rojo	5	10,32

499	4	col	rojo	5	9,21
500	4	col	rojo	5	8,94
501	4	Rábano	rojo	1	9,01
502	4	Rábano	rojo	1	11,21
503	4	Rábano	rojo	1	7,84
504	4	Rábano	rojo	1	9,90
505	4	Rábano	rojo	1	9,89
506	4	Rábano	rojo	2	9,97
507	4	Rábano	rojo	2	9,50
508	4	Rábano	rojo	2	9,09
509	4	Rábano	rojo	2	11,30
510	4	Rábano	rojo	2	8,92
511	4	Rábano	rojo	3	8,53
512	4	Rábano	rojo	3	8,21
513	4	Rábano	rojo	3	8,43
514	4	Rábano	rojo	3	8,81
515	4	Rábano	rojo	3	8,37
516	4	Rábano	rojo	4	10,21
517	4	Rábano	rojo	4	8,85
518	4	Rábano	rojo	4	9,03
519	4	Rábano	rojo	4	9,63
520	4	Rábano	rojo	4	8,94
521	4	Rábano	rojo	5	8,39
522	4	Rábano	rojo	5	9,58
523	4	Rábano	rojo	5	11,62
524	4	Rábano	verde	5	10,01
525	4	Rábano	verde	5	7,77
526	4	Brócoli	verde	1	8,76
527	4	Brócoli	verde	1	10,31
528	4	Brócoli	verde	1	10,40
529	4	Brócoli	verde	1	9,31
530	4	Brócoli	verde	1	8,95
531	4	Brócoli	verde	2	8,01
532	4	Brócoli	verde	2	7,99
533	4	Brócoli	verde	2	8,74
534	4	Brócoli	verde	2	7,52
535	4	Brócoli	verde	2	10,00
536	4	Brócoli	verde	3	10,88
537	4	Brócoli	verde	3	11,04
538	4	Brócoli	verde	3	9,23
539	4	Brócoli	verde	3	11,40
540	4	Brócoli	verde	3	11,03
541	4	Brócoli	verde	4	8,17
542	4	Brócoli	verde	4	7,99
543	4	Brócoli	verde	4	9,86
544	4	Brócoli	verde	4	10,06

545	4	Brócoli	verde	4	8,94
546	4	Brócoli	verde	5	8,94
547	4	Brócoli	verde	5	6,98
548	4	Brócoli	verde	5	8,03
549	4	Brócoli	verde	5	8,80
550	4	Brócoli	verde	5	9,37
551	4	col	verde	1	8,67
552	4	col	verde	1	8,70
553	4	col	verde	1	8,67
554	4	col	verde	1	10,39
555	4	col	verde	1	9,06
556	4	col	verde	2	8,88
557	4	col	verde	2	8,01
558	4	col	verde	2	10,56
559	4	col	verde	2	10,52
560	4	col	verde	2	9,09
561	4	col	verde	3	7,15
562	4	col	verde	3	6,60
563	4	col	verde	3	6,28
564	4	col	verde	3	7,82
565	4	col	verde	3	6,31
566	4	col	verde	4	6,80
567	4	col	verde	4	7,02
568	4	col	verde	4	7,56
569	4	col	verde	4	7,21
570	4	col	verde	4	7,06
571	4	col	verde	5	6,07
572	4	col	verde	5	6,52
573	4	col	verde	5	4,80
574	4	col	verde	5	6,06
575	4	col	verde	5	5,45
576	4	Rábano	verde	1	9,58
577	4	Rábano	verde	1	9,65
578	4	Rábano	verde	1	9,38
579	4	Rábano	verde	1	8,62
580	4	Rábano	verde	1	9,00
581	4	Rábano	verde	2	8,63
582	4	Rábano	verde	2	8,59
583	4	Rábano	verde	2	8,39
584	4	Rábano	verde	2	8,70
585	4	Rábano	verde	2	8,89
586	4	Rábano	verde	3	8,68
587	4	Rábano	verde	3	7,48
588	4	Rábano	verde	3	7,99
589	4	Rábano	verde	3	7,84
590	4	Rábano	verde	3	8,22

591	4	Rábano	verde	4	9,51
592	4	Rábano	verde	4	8,15
593	4	Rábano	verde	4	9,67
594	4	Rábano	verde	4	9,47
595	4	Rábano	verde	4	8,38
596	4	Rábano	verde	5	9,18
597	4	Rábano	verde	5	9,59
598	4	Rábano	verde	5	8,67
599	4	Rábano	verde	5	8,42
600	4	Rábano	verde	5	8,84
601	5	Brócoli	rojo	1	10,94
602	5	Brócoli	rojo	1	9,83
603	5	Brócoli	rojo	1	12,82
604	5	Brócoli	rojo	1	13,47
605	5	Brócoli	rojo	1	11,83
606	5	Brócoli	rojo	2	12,27
607	5	Brócoli	rojo	2	12,58
608	5	Brócoli	rojo	2	11,23
609	5	Brócoli	rojo	2	13,03
610	5	Brócoli	rojo	2	14,25
611	5	Brócoli	rojo	3	10,38
612	5	Brócoli	rojo	3	10,83
613	5	Brócoli	rojo	3	11,34
614	5	Brócoli	rojo	3	8,66
615	5	Brócoli	rojo	3	12,33
616	5	Brócoli	rojo	4	13,50
617	5	Brócoli	rojo	4	13,23
618	5	Brócoli	rojo	4	12,17
619	5	Brócoli	rojo	4	13,96
620	5	Brócoli	rojo	4	12,67
621	5	Brócoli	rojo	5	12,51
622	5	Brócoli	rojo	5	10,95
623	5	Brócoli	rojo	5	9,97
624	5	Brócoli	rojo	5	12,48
625	5	Brócoli	rojo	5	11,34
626	5	col	rojo	1	9,14
627	5	col	rojo	1	10,06
628	5	col	rojo	1	8,87
629	5	col	rojo	1	8,52
630	5	col	rojo	1	9,07
631	5	col	rojo	2	11,30
632	5	col	rojo	2	10,83
633	5	col	rojo	2	9,87
634	5	col	rojo	2	10,88
635	5	col	rojo	2	8,38
636	5	col	rojo	3	10,28

637	5	col	rojo	3	10,55
638	5	col	rojo	3	9,30
639	5	col	rojo	3	10,55
640	5	col	rojo	3	9,14
641	5	col	rojo	4	11,18
642	5	col	rojo	4	9,74
643	5	col	rojo	4	9,95
644	5	col	rojo	4	10,42
645	5	col	rojo	4	11,83
646	5	col	rojo	5	13,52
647	5	col	rojo	5	13,14
648	5	col	rojo	5	11,63
649	5	col	rojo	5	13,32
650	5	col	rojo	5	10,92
651	5	Rábano	rojo	1	11,01
652	5	Rábano	rojo	1	9,92
653	5	Rábano	rojo	1	10,47
654	5	Rábano	rojo	1	9,94
655	5	Rábano	rojo	1	10,76
656	5	Rábano	rojo	2	13,04
657	5	Rábano	rojo	2	11,83
658	5	Rábano	rojo	2	10,71
659	5	Rábano	rojo	2	11,18
660	5	Rábano	rojo	2	11,50
661	5	Rábano	rojo	3	11,36
662	5	Rábano	rojo	3	13,81
663	5	Rábano	rojo	3	13,33
664	5	Rábano	rojo	3	11,88
665	5	Rábano	rojo	3	12,75
666	5	Rábano	rojo	4	10,01
667	5	Rábano	rojo	4	11,06
668	5	Rábano	rojo	4	8,81
669	5	Rábano	rojo	4	12,28
670	5	Rábano	rojo	4	10,18
671	5	Rábano	rojo	5	10,09
672	5	Rábano	rojo	5	11,08
673	5	Rábano	rojo	5	11,34
674	5	Rábano	verde	5	9,47
675	5	Rábano	verde	5	11,92
676	5	Brócoli	verde	1	11,36
677	5	Brócoli	verde	1	12,25
678	5	Brócoli	verde	1	11,60
679	5	Brócoli	verde	1	12,64
680	5	Brócoli	verde	1	12,01
681	5	Brócoli	verde	2	9,09
682	5	Brócoli	verde	2	10,57

683	5	Brócoli	verde	2	9,47
684	5	Brócoli	verde	2	10,16
685	5	Brócoli	verde	2	10,36
686	5	Brócoli	verde	3	10,62
687	5	Brócoli	verde	3	11,75
688	5	Brócoli	verde	3	9,02
689	5	Brócoli	verde	3	9,54
690	5	Brócoli	verde	3	11,61
691	5	Brócoli	verde	4	11,06
692	5	Brócoli	verde	4	10,72
693	5	Brócoli	verde	4	9,86
694	5	Brócoli	verde	4	11,92
695	5	Brócoli	verde	4	11,70
696	5	Brócoli	verde	5	11,81
697	5	Brócoli	verde	5	11,81
698	5	Brócoli	verde	5	12,34
699	5	Brócoli	verde	5	13,13
700	5	Brócoli	verde	5	12,74
701	5	col	verde	1	11,79
702	5	col	verde	1	12,79
703	5	col	verde	1	11,94
704	5	col	verde	1	9,07
705	5	col	verde	1	11,40
706	5	col	verde	2	9,73
707	5	col	verde	2	9,80
708	5	col	verde	2	10,59
709	5	col	verde	2	12,88
710	5	col	verde	2	11,53
711	5	col	verde	3	10,52
712	5	col	verde	3	10,90
713	5	col	verde	3	11,51
714	5	col	verde	3	10,89
715	5	col	verde	3	10,52
716	5	col	verde	4	11,97
717	5	col	verde	4	11,99
718	5	col	verde	4	12,16
719	5	col	verde	4	9,91
720	5	col	verde	4	10,73
721	5	col	verde	5	11,90
722	5	col	verde	5	11,10
723	5	col	verde	5	11,39
724	5	col	verde	5	10,91
725	5	col	verde	5	10,24
726	5	Rábano	verde	1	11,83
727	5	Rábano	verde	1	12,16
728	5	Rábano	verde	1	11,08

729	5	Rábano	verde	1	12,13
730	5	Rábano	verde	1	10,92
731	5	Rábano	verde	2	9,76
732	5	Rábano	verde	2	10,21
733	5	Rábano	verde	2	8,90
734	5	Rábano	verde	2	11,55
735	5	Rábano	verde	2	9,45
736	5	Rábano	verde	3	9,79
737	5	Rábano	verde	3	8,73
738	5	Rábano	verde	3	10,12
739	5	Rábano	verde	3	11,00
740	5	Rábano	verde	3	10,48
741	5	Rábano	verde	4	9,19
742	5	Rábano	verde	4	10,36
743	5	Rábano	verde	4	9,73
744	5	Rábano	verde	4	11,61
745	5	Rábano	verde	4	11,15
746	5	Rábano	verde	5	9,23
747	5	Rábano	verde	5	10,94
748	5	Rábano	verde	5	12,66
749	5	Rábano	verde	5	10,76
750	5	Rábano	verde	5	10,46

Anexo 4. Tabla de datos del porcentaje de mortalidad de las larvas de cuarto estadio después de 24, 48, 72 horas de la aplicación insecticida

COLOR PADRES	ALIMENTO	REP.	FENOTIPO	UNI. EXP./COLOR	MORTALIDAD (%)		
					24 HORAS	48 HORAS	72 HORAS
ROJOS	COL	R-C-2	ROJO	5	26,57	26,57	26,57
ROJOS	COL	R-C-4	ROJO	5	39,23	39,23	39,23
ROJOS	COL	R-C-5	ROJO	5	0,00	39,23	39,23
ROJOS	COL	R-C-7	ROJO	5	26,57	26,57	26,57
ROJOS	COL	R-C-8	ROJO	5	26,57	26,57	26,57
ROJOS	BRÓCOLI	R-B-1	ROJO	5	39,23	50,77	63,43
ROJOS	BRÓCOLI	R-B-3	ROJO	5	0,00	0,00	0,00
ROJOS	BRÓCOLI	R-B-5	ROJO	5	26,57	39,23	39,23
ROJOS	BRÓCOLI	R-B-6	ROJO	5	26,57	50,77	63,43
ROJOS	BRÓCOLI	R-B-7	ROJO	5	50,77	63,43	63,43
ROJOS	RÁBANO	R-R-1	ROJO	5	63,43	63,43	63,43
ROJOS	RÁBANO	R-R-3	ROJO	5	26,57	39,23	39,23
ROJOS	RÁBANO	R-R-5	ROJO	5	39,23	39,23	39,23
ROJOS	RÁBANO	R-R-7	ROJO	5	0,00	0,00	0,00
ROJOS	RÁBANO	R-R-8	ROJO	5	26,57	26,57	26,57

ROJOS	COL	R-C-2	VERDE	5	0,00	0,00	0,00
ROJOS	COL	R-C-4	VERDE	5	0,00	0,00	0,00
ROJOS	COL	R-C-5	VERDE	5	0,00	0,00	0,00
ROJOS	COL	R-C-7	VERDE	5	0,00	0,00	0,00
ROJOS	COL	R-C-8	VERDE	5	63,43	63,43	63,43
ROJOS	BRÓCOLI	R-B-1	VERDE	5	0,00	26,57	26,57
ROJOS	BRÓCOLI	R-B-3	VERDE	5	26,57	26,57	26,57
ROJOS	BRÓCOLI	R-B-5	VERDE	5	50,77	50,77	50,77
ROJOS	BRÓCOLI	R-B-6	VERDE	5	0,00	0,00	0,00
ROJOS	BRÓCOLI	R-B-7	VERDE	5	0,00	39,23	39,23
ROJOS	RÁBANO	R-R-1	VERDE	5	0,00	0,00	0,00
ROJOS	RÁBANO	R-R-3	VERDE	5	0,00	26,57	26,57
ROJOS	RÁBANO	R-R-5	VERDE	5	26,57	39,23	39,23
ROJOS	RÁBANO	R-R-7	VERDE	5	0,00	0,00	0,00
ROJOS	RÁBANO	R-R-8	VERDE	5	50,77	50,77	50,77
VERDES	COL	V-C-3	ROJO	5	63,43	63,43	63,43
VERDES	COL	V-C-5	ROJO	5	63,43	63,43	63,43
VERDES	COL	V-C-6	ROJO	5	39,23	50,77	50,77
VERDES	COL	V-C-7	ROJO	5	39,23	39,23	39,23
VERDES	COL	V-C-8	ROJO	5	39,23	50,77	50,77
VERDES	BRÓCOLI	V-B-1	ROJO	5	39,23	39,23	39,23
VERDES	BRÓCOLI	V-B-2	ROJO	5	26,57	39,23	39,23
VERDES	BRÓCOLI	V-B-3	ROJO	5	0,00	0,00	0,00
VERDES	BRÓCOLI	V-B-5	ROJO	5	63,43	63,43	63,43
VERDES	BRÓCOLI	V-B-7	ROJO	5	50,77	50,77	50,77
VERDES	RÁBANO	V-R-4	ROJO	5	39,23	50,77	50,77
VERDES	RÁBANO	V-R-6	ROJO	5	63,43	63,43	63,43
VERDES	RÁBANO	V-R-7	ROJO	5	26,57	26,57	50,77
VERDES	RÁBANO	V-R-8	ROJO	5	26,57	26,57	26,57
VERDES	RÁBANO	V-R-2	ROJO	5	39,23	39,23	39,23
VERDES	COL	V-C-3	VERDE	5	0,00	0,00	0,00
VERDES	COL	V-C-5	VERDE	5	39,23	50,77	50,77
VERDES	COL	V-C-6	VERDE	5	26,57	39,23	39,23
VERDES	COL	V-C-7	VERDE	5	26,57	39,23	39,23
VERDES	COL	V-C-8	VERDE	5	0,00	50,77	63,43
VERDES	BRÓCOLI	V-B-1	VERDE	5	39,23	39,23	39,23
VERDES	BRÓCOLI	V-B-2	VERDE	5	26,57	39,23	39,23
VERDES	BRÓCOLI	V-B-3	VERDE	5	0,00	39,23	39,23
VERDES	BRÓCOLI	V-B-5	VERDE	5	39,23	39,23	39,23
VERDES	BRÓCOLI	V-B-7	VERDE	5	26,57	26,57	26,57
VERDES	RÁBANO	V-R-4	VERDE	5	26,57	50,77	50,77
VERDES	RÁBANO	V-R-6	VERDE	5	0,00	0,00	0,00
VERDES	RÁBANO	V-R-7	VERDE	5	26,57	39,23	39,23
VERDES	RÁBANO	V-R-8	VERDE	5	0,00	26,57	26,57
VERDES	RÁBANO	V-R-2	VERDE	5	0,00	39,23	39,23

Anexo 5. Protocolo de producción, y manejo de alimento.

El siguiente protocolo se presenta en dos partes, la parte 1 contiene el proceso de producción del alimento utilizado en la investigación, la parte 2 contiene el manejo del alimento para con *P. xylostella*.

a) Producción de plantas de brócoli, col, rábano.

- Lavar con detergente, desinfectar con solución de cloro al 2% y dejar secar la bandeja de siembra.
- En el semillero preparar turba Berger BM2 humedeciéndole con agua hasta que el sustrato adopte capacidad de campo (aplica para brócoli y col blanca).
- Colocar la turba en 25 espacios de la bandeja de siembra hasta el ras y que quede ligeramente compactada, el proceso se realizara 2 veces una para col blanca y otra para brócoli (aplica para brócoli y col blanca).
- Hacer un agujero en cada espacio de las bandejas que contenga turba procurando que éste sea tres veces más grande que la semilla de brócoli y col blanca respectivamente.
- Colocar una semilla de brócoli variedad AVENGER y col blanca variedad ALBA en cada agujero.
- Tapar la semilla con turba húmeda.
- Revisar la edad y tamaño de plántulas de las bandejas, para el trasplante en macetas de producción.
- El trasplante se efectúa cuando las plántulas tengan 25 días de edad.
- Preparar 30 macetas (15 para col blanca y 15 para brócoli), preparar sustrato con tierra agrícola y abono orgánico (humus) a una relación de 3:1, llenar las $\frac{3}{4}$ partes del contenido total de la maceta, trasplantar 2 plántulas en cada maceta (30 de col blanca y 30 de brócoli).
- Tapar las macetas con la malla anti insectos (malla de tela de crinolina y banda elástica en la base para garantizar hermeticidad).
- Dar un riego diario 500ml/maceta.
- Para la siembra de rábano (variedad sativus) se realiza una siembra directa en macetas llenas con sustrato preparado de tierra agrícola y abono orgánico (humus) a una relación de 3:1
- Se preparan 10 macetas con el sustrato indicado anteriormente.

- Se colocan ocho semillas en cada maceta tratando de que estas queden cubiertas totalmente.
- Dar un riego diario 500ml/maceta.

Nota: Tomar en cuenta las fechas de siembra de nuevas tandadas para disponer de alimento suficiente durante las 5 generaciones.

b. Manejo del alimento para *P. xylostella* en laboratorio.

- Se recolecta 20 hojas de col y 20 hojas de brócoli (las hojas que se recolectarán serán las hojas comprendidas entre la sexta y la décima) cuando estas tengan 30 días de edad después del trasplante, en el caso del rábano se recolectan la totalidad de las hojas de 8 plantas cuando estas tengan 30 días de edad como mínimo.
- Las hojas recolectadas son lavadas y secadas.
- La distribución del material recolectado es el siguiente: 16 hojas se destinaran para alimentar las larvas de *P.xylostella* criadas en laboratorio y 4 se destinaran para preparar los discos de ovoposición(aplica para col y brócoli), en el caso del rábano se destinan 2 hojas para cada cámara de adultos (equivalente al disco de ovoposición), y el restante se destina como alimento de las larvas en las cámaras de engorde (repetición), alrededor de 4 hojas por cada cámara.
- Los discos de ovoposición se preparan recortando las hojas en círculos que midan alrededor 40 cm² (aplica para col y brócoli), en el caso del rábano dos hojas enteras representan un disco de los dos anteriores alimentos.
- Se depositan 2 hojas enteras en cada bandeja de engorde (repetición), (aplica para col y brócoli), en el caso del rábano se depositan entre 3-6 hojas en cada cámara de engorde.

Nota: El punto 1.2 del protocolo se ejecuta diariamente

Los discos de ovoposición se depositaron por tres días desde el segundo día que las cámaras de cría contengan adultos, (las cámaras de cría se inician con una pareja de pupas cada una).

Anexo 6. Protocolo implantación del ensayo en laboratorio.

Preparar los materiales necesarios: funda para desechos, pincel, pinza entomológica, masking, marcadores, papel toalla de limpieza, Revisar que las cajas estén bien selladas para evitar escape de adultos.

a) Cámaras de sexacion y empupe

- 1) Las cámaras de sexacion y empupe nos sirven para recolectar, sexar, transportar y depositar las pupas en el interior de las cámaras de cría.
- 2) El proceso de identificación de sexo (sexacion) se realiza obedeciendo el protocolo de sexacion.
- 3) Se preparan 48 cajas petri de 6cm de diámetro y 1cm de alto
- 4) Se limpian con la ayuda de una servilleta humedecida de alcohol
- 5) En cada una de las cajas petri se depositan las pupas que se extraen de las cámaras de cría (paso 16 del punto 2.2).

b) Cámaras de engorde y cría.

- 1) Se prepararon 48 cámaras de engorde y 48 cámaras de cría.
- 2) Las cámaras de cría y engorde se etiquetan y se ubican en una estantería.
- 3) Las cámaras de engorde constan de una caja plástica transparente de 25cm de largo 12cm de ancho y 6 cm de alto, y una tapa modificada para que haya oxígeno, las cámaras de cría constan de un bote plástico transparente cuyas dimensiones de base son 12cmx12cm y 25 cm de altura, 2 de las 4 paredes están modificadas de tal modo que se puedan depositar y extraer los discos de ovoposición y flujo de oxígeno en el interior, y una tapa modificada para depositar algodón empapado con agua miel (alimento de adultos) .
- 4) Se desinfectan con alcohol.
- 5) En el interior de cada cámara de cría se deposita una caja petri que contiene una pareja de pupas previamente seleccionadas.
- 6) Se prepara una solución de agua y miel con una concentración del 10%
- 7) Se preparan torundas de algodón una por cada cámara de cría.
- 8) Se empapa la torunda con la solución de agua y miel.
- 9) Se deposita la torunda empapada en el compartimento preparado en la tapa de cada una de las cámaras de cría. (este proceso de alimentación se cancela cuando termine la recolección de huevos).

10) Los discos de ovoposición se colocan desde el tercer día después que todas las cámaras de cría contengan adultos.

11) Los discos de ovoposición se depositan y se retiran durante tres días consecutivos en el periodo indicado en el paso 9.

12) Cada una de las cámaras tienen que etiquetarse con la siguiente información:

FC: fecha que se colocan los discos en las cámaras de cría.

FS: fecha en la que se extraen los discos de las camas de cría y se depositan en las camas de engorde.

G: generación



IDENTIFICACIÓN EN TÉRMINOS GENERALES

EJEMPLO DE IDENTIFICACIÓN

13) Los discos ovopositados que se extraen de las cámaras de cría se depositan en el interior de las cámaras de engorde, (poner un papel toalla en la base de la cámara de engorde para aislar del contacto directo del material de la cámara con los insectos).

14) Después que hayan transcurrido los tres días de recolección de huevos se procede a alimentar las larvas.

15) El alimento respectivo (hojas de col, brócoli, rábano) se coloca sobre el papel toalla para que tenga contacto directo con los insectos.

16) La alimentación debe realizarse diariamente hasta cuando las larvas presenten cuarto estadio, (si la cámara tiene pupas: con la ayuda de una pinza coger delicadamente desde la crisálida y trasladar la pupa hacia la caja Petri preparada en el paso 5 del punto 2.1 .

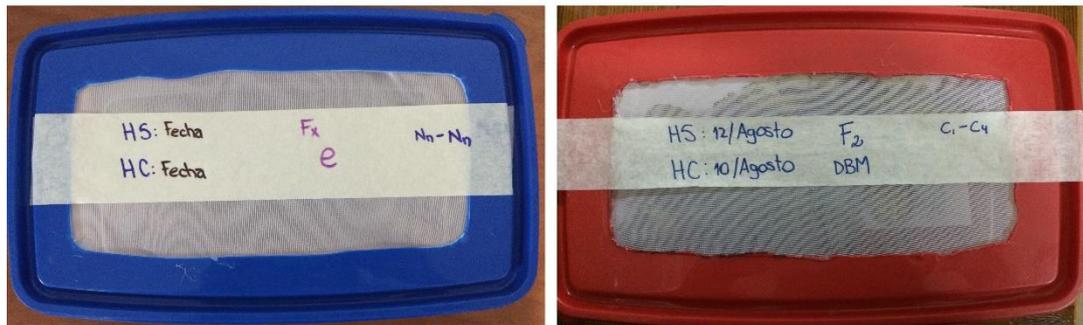
17) En el caso de los tratamientos que se alimentaran con col y brócoli se depositara 2 hojas en cada cámara de engorde diariamente, en el caso del tratamiento alimentado con rábano se colara con 3 a 6 hojas.

18) Cada una de las cámaras tienen que etiquetarse con la siguiente información:

HC: fecha que se colocan los discos en las cámaras de cría.

HS: fecha en la que se extraen los discos de las camas de cría y se depositan en las camas de engorde.

F: generación



IDENTIFICACIÓN EN TÉRMINOS GENERALES

EJEMPLO DE IDENTIFICACIÓN

19) El orden de atención será el siguiente: sacar en orden una a una las bandejas de engorde de la estantería comenzando con el tratamiento de brócoli, seguido del tratamiento col blanca y finalizando con rábano, revisando tanto la tapa como la bandeja.

20) Revisar que las cajas estén bien selladas para evitar escape de adultos.

21) Mantener limpias (limpiar con una servilleta humedecida de alcohol) las cámaras de cría y sobre todo las de engorde para mantener la población sana.

22) Registro de temperatura y cuaderno de laboratorio

- En el cuaderno de laboratorio se registrara cada actividad que se realice diariamente, hora de entrada y salida, y cualquier observación.
- Para el registro de temperatura y humedad relativa se instalaron datalogers uno para que registre los datos del laboratorio y otros tres en el interior de cámaras de engorde de cada tratamiento, la programación del registro se aplicó para que hayan registros cada 30 min.

Consideraciones:

Para realizar el estudio se nos entregó una muestra de cría de alrededor de 500 larvas de *P. xylostella* BBC ambatense en la décima generación en cautiverio de laboratorio, se reprodujo la población entregada hasta uniformizar y separar las líneas de color en verdes y rojas, este proceso tomo 4 generaciones es decir hasta la generación 14 el análisis de la investigación tubo inicio en la generación 15 y concluyo en la generación 19.

De las 48 cámaras de cría creadas, 24 contendrán padres rojos y 24 padres verdes. (Las parejas padres se colocaron cuando estos adoptaron en estado de pupa.)

De las 48 cámaras de engorde creadas una por cada cámara de cría, 24 contienen padres rojos y 24 padres verdes, 8 se alimentarán con brócoli, 8 se alimentarán con col blanca, y 8 se alimentarán con rábano (tratamientos) tanto de los padres verdes como de los rojos.

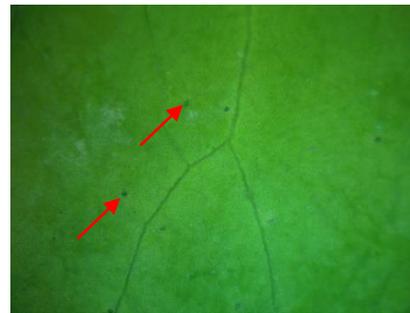
Anexo 7. Protocolo de procesamiento del color de imágenes

Plutella xylostella experimenta por 4 estados durante su ciclo vital (huevo, larva, pupa, adulto o imago.).

El estado larval el cual es de nuestro interés particular se lo puede dividir en 4 instares (eclosión o larva invisible al ojo humano “se encuentra entre las 2 epidermis de la hoja en la cual se alimenta, mina”, segundo instar larval “sale a la superficie de la hoja y se puede identificar el daño característico de la plaga”, tercer instar larval “en este punto se puede identificar la diferencia de sexo en el sexto segmento abdominal, cuarto instar larval “momento en el cual se realiza la selección de larvas para proceder a fotografiar”.)



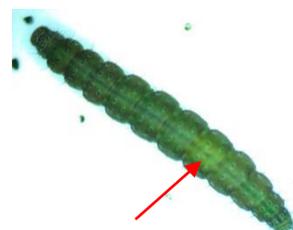
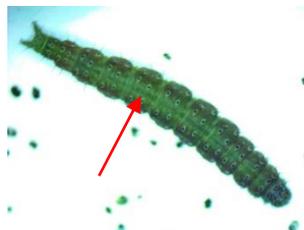
HUEVO

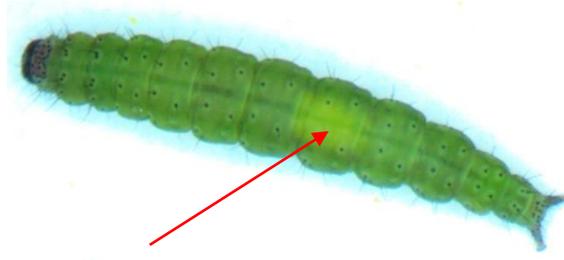


INSTAR I



INSTAR 2





INSTAR 3



INSTAR 4

Nota: luego del cuarto instar larval se presenta una transición donde la larva comienza a tejer una malla para iniciar a empupar, este estado transitorio hay que evitar al momento de fotografiar, para realizar nuestro análisis explicado más adelante.



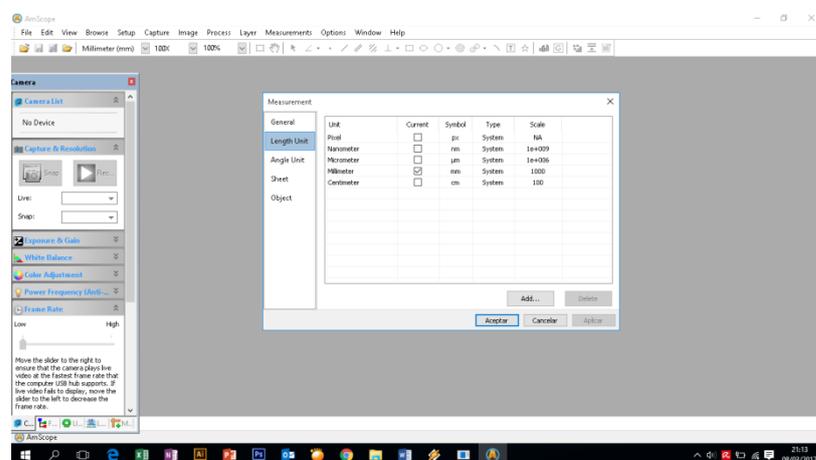
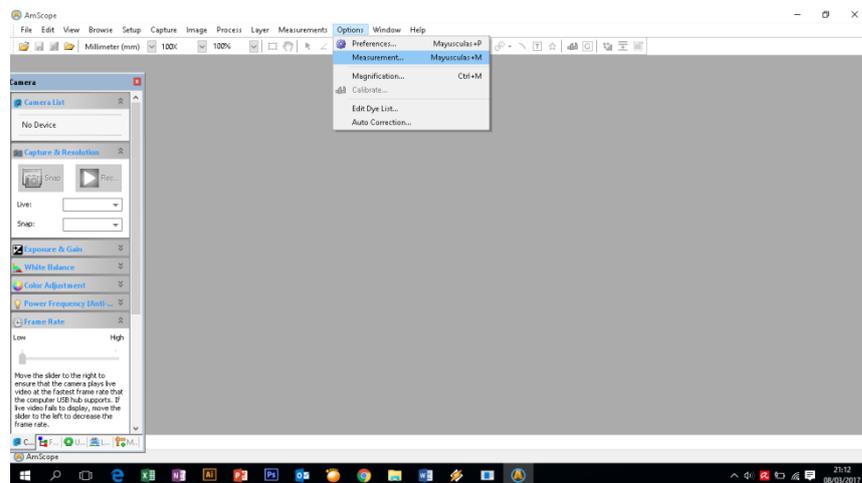
a. Manejo del equipo de fotografía, (microscopio estereoscopio)

1. Instalación del software

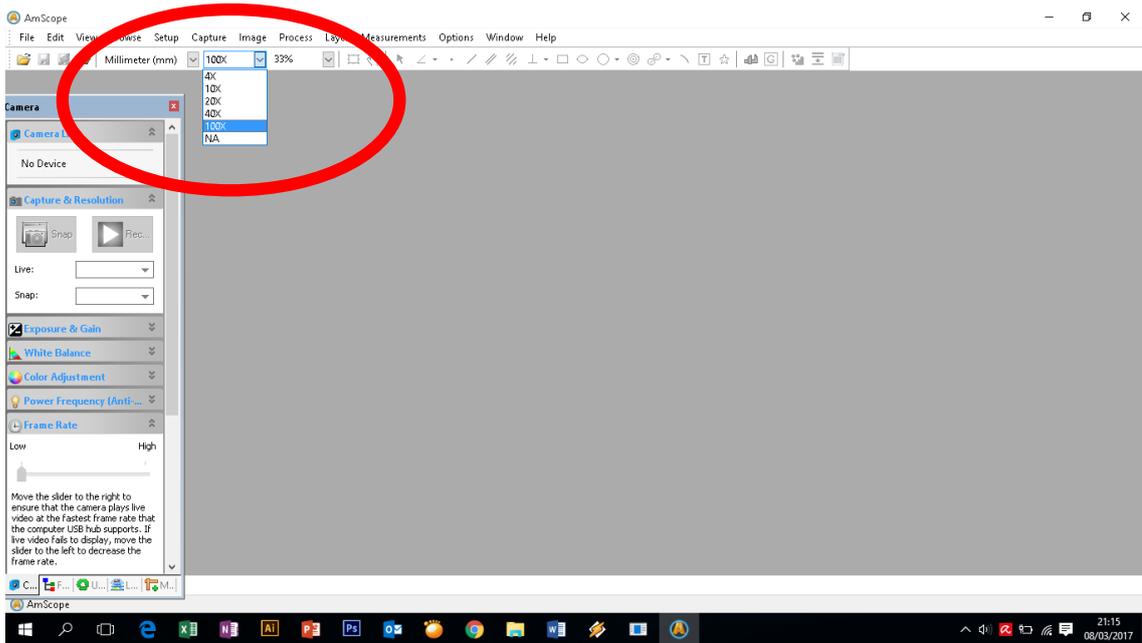
2. Calibración de las herramientas que se utilizaran en el software (unidades de medida, intensidad de luz, zoom, snap, etc).

2.1) Unidades de medida

- Se procede a imprimir una escala en la unidad deseada (mm), en tamaño real.
- Se ubica la escala impresa bajo el lente del estereoscopio y se fija
- Se fotografía
- Se selecciona el comando línea del menú del controlador del estereoscopio anteriormente instalado.
- Se traza una línea perpendicular a la escala capturada por el lente y se ajusta la unidad y tamaño con el que se trabajara. (en el manual del equipo estereoscopio nos indica paso a paso la calibración)
- Calibración en el software (consultar manual del equipo)



Nota: Cada vez que se realice este proceso obedece únicamente al zoom seleccionado, antes de fotografiar la escala definida para su posterior calibración.



Nota: se recomienda revisar que las unidades deseadas y calibradas con anterioridad sean visualizadas en la barra de control del software.

2.2 Intensidad de luz

- El equipo cuenta con una perilla analógica para controlar la intensidad de luz.



- Se procede a medir el ángulo de giro de la perilla que en nuestro caso fue 220°
- Luego de realizar varias fotografías de prueba se concluyó que la intensidad que mejor se proyectan las imágenes en el monitor es cuando la pestaña de la perilla de control apunta a los 20° grados de giro.

Nota: solicitamos a la empresa que nos vendió el equipo nos facilitara con información sobre características específicas de la lámpara del equipo como la sensibilidad, desgaste y vida útil.

2.3 Zoom.

- La selección del zoom en el equipo puede ser entre una escala que va de 0 - 3,5. El valor que se elija debe ser tomado en cuenta al momento de realizar la medición de la

longitud de las larvas para ver si es necesario ajustar o no al tamaño real. (cambio de zoom tornillo macrométrico del equipo, el tornillo micrométrico ajusta la calidad de las capturas)

2.4 Snap

- El botón snap se pulsa una vez por cada fotografía, y botón video si se deseara.

3. Selección de larvas.

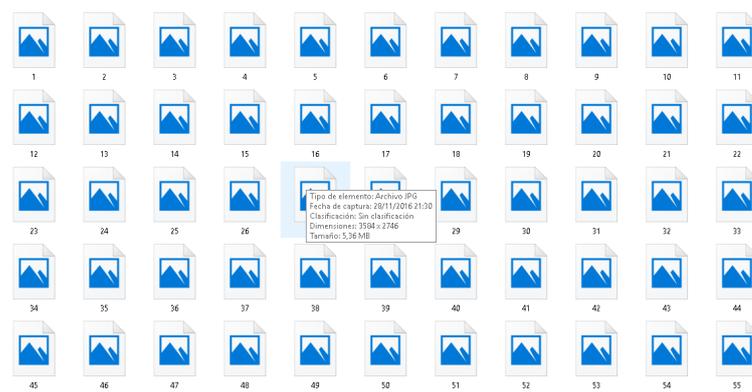
- Se lleva un registro del desarrollo larval.
- Las larvas seleccionadas son aquellas larvas que han alcanzado el cuarto instar larval (larva madura).
- Se eligen 5 larvas que presenten mayor vigor para ser fotografiadas.

4. Fotografía.

- Se fotografian una por una las larvas seleccionadas.



- Las fotografías se etiquetan con nombres que van desde el 1 hasta el 750 y se almacenan en una carpeta(1.jpg.....750.jpg).



5. Recorte

1) Identificación del segmento de interés.

- Segmento de interés (fig.1)



Fig 1. Segmento 6

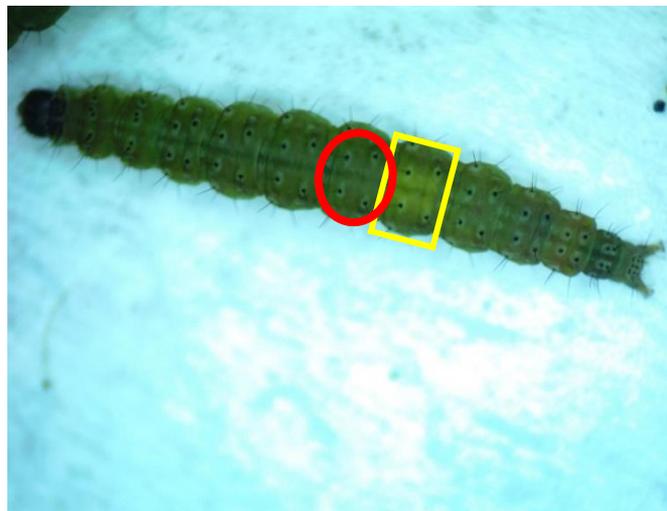


Fig 2. Segmento 6 y 7

2) ¿Por qué se selecciona ese segmento?

- Debido a que las larvas se mueven al momento de manipularlos principalmente los machos se identificó que los los segmentos intermedios sufren un cambio posicional mínimo cuando se produce el movimiento, solo existe un cambio de orientación horizontal - vertical, (mejor y constante exposición a la luz de la lámpara y lente de la cámara).
- El segmento 6 es el segmento que se ubica delante del segmento que determina el sexo en el estado larval (fig.2), el cual presenta una coloración diferente a los demás

segmentos en el caso de los machos, las hembras no presentan esa diferenciación, por ende, no sería prudente elegir el séptimo.

- El segmento 6 es uno entre los segmentos más grandes de la larva.
- El segmento seis presenta más uniformidad de color conjuntamente con los segmentos 5 y 4.
- El segmento seis es uno de los segmentos que primero llaman la atención del visualizador debido a que en esa posición se concentra el fenómeno del polimorfismo de coloración cuando se habla del sexo (macho).

6. Software utilizado en el recorte

- Se utiliza el programa Photoshop CS6 (area de trabajo con las siguientes características)

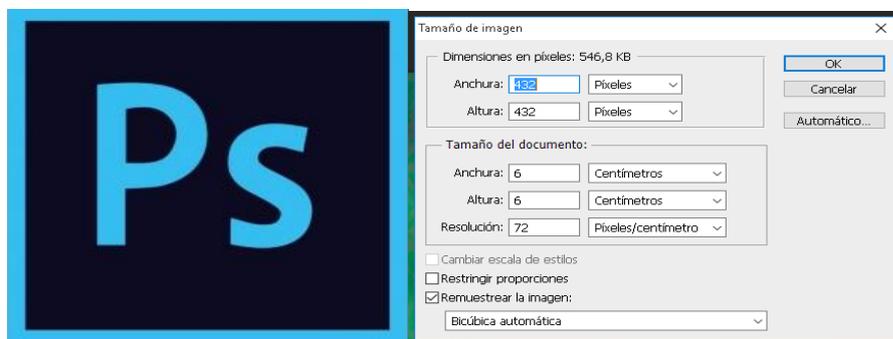


Fig 3. Preparación del área de trabajo

De este modo logramos que los recortes tengan las mismas características de tamaño y posición, generándose una imagen recortada de 432x432 pixeles y una posición paralela al eje de las X (fig 4)

7. Ejecución del recorte

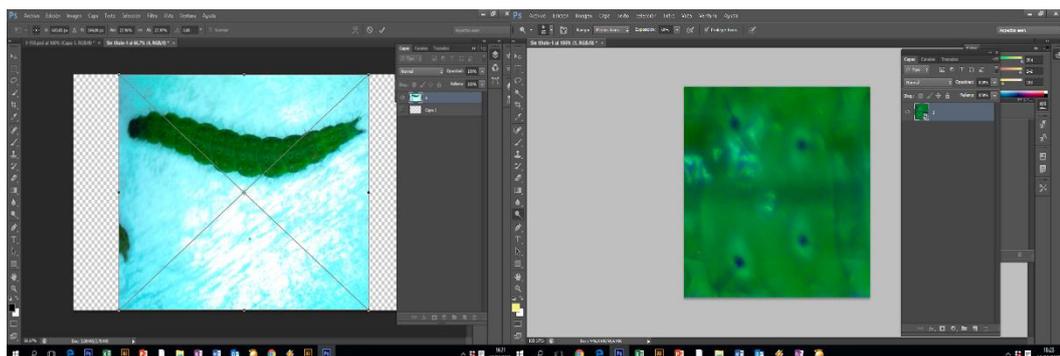


Fig 4. Ajuste de la imagen original al área de trabajo

Se procede a colocar una por una las imágenes seleccionadas y se las recorta ajustando el segmento de interés (6) al área de trabajo. Obteniendo el resultado a continuación (fig 5).

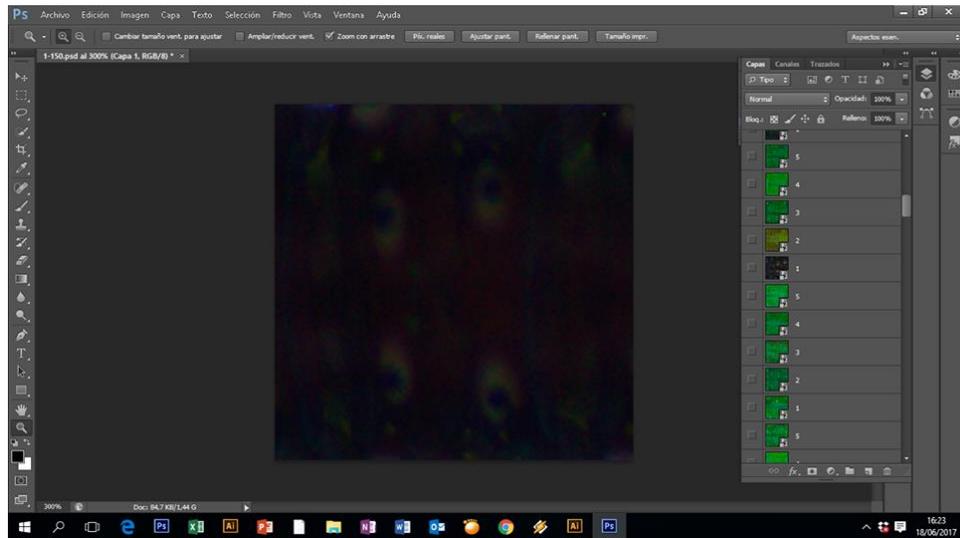
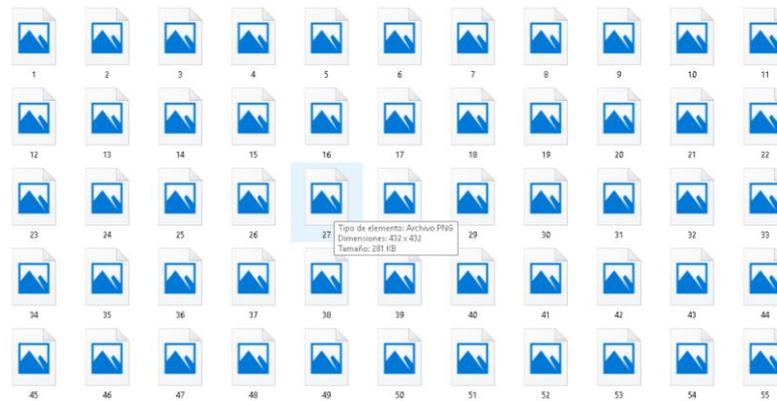
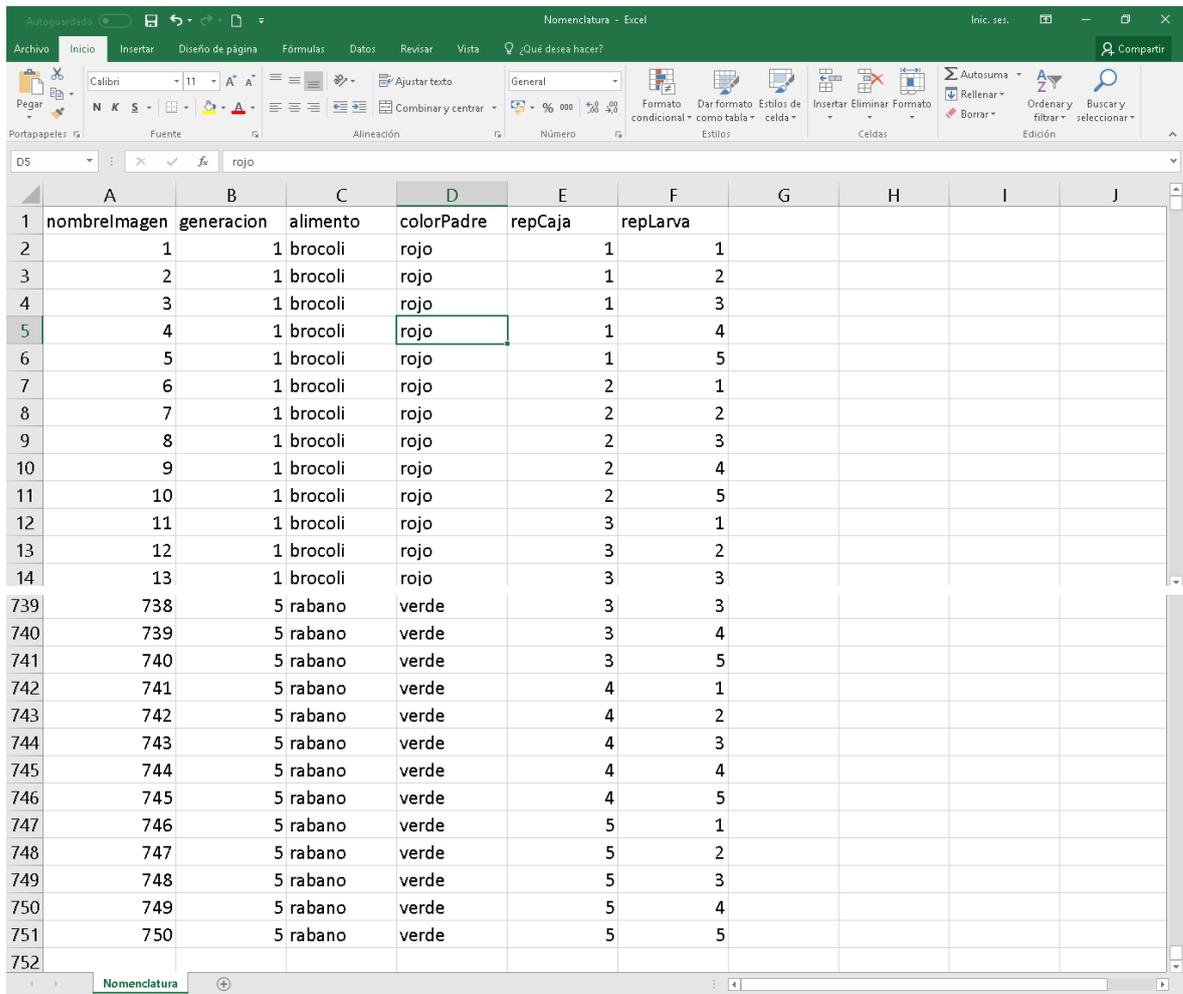


Fig 5. Recortes realizados por capas.

Las fotografías se etiquetan con nombres que van desde el 1 hasta el 750 y se almacenan en una carpeta (1.png.....750.png).



Se crea un archivo .csv (Nomenclatura) que contiene la nomenclatura del ensayo, el archivo debe guardarse dentro de la misma carpeta en donde se guardaron las imágenes.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	nombreimagen	generacion	alimento	colorPadre	repCaja	repLarva				
2		1	1 brocoli	rojo	1	1				
3		2	1 brocoli	rojo	1	2				
4		3	1 brocoli	rojo	1	3				
5		4	1 brocoli	rojo	1	4				
6		5	1 brocoli	rojo	1	5				
7		6	1 brocoli	rojo	2	1				
8		7	1 brocoli	rojo	2	2				
9		8	1 brocoli	rojo	2	3				
10		9	1 brocoli	rojo	2	4				
11		10	1 brocoli	rojo	2	5				
12		11	1 brocoli	rojo	3	1				
13		12	1 brocoli	rojo	3	2				
14		13	1 brocoli	rojo	3	3				
739	738	5	rabano	verde	3	3				
740	739	5	rabano	verde	3	4				
741	740	5	rabano	verde	3	5				
742	741	5	rabano	verde	4	1				
743	742	5	rabano	verde	4	2				
744	743	5	rabano	verde	4	3				
745	744	5	rabano	verde	4	4				
746	745	5	rabano	verde	4	5				
747	746	5	rabano	verde	5	1				
748	747	5	rabano	verde	5	2				
749	748	5	rabano	verde	5	3				
750	749	5	rabano	verde	5	4				
751	750	5	rabano	verde	5	5				
752										

8. Extracción de la intensidad de las imágenes

- Para realizar la extracción de la intensidad del color de cada imagen se utilizó el software “R” x64 3.3.3, en el cual desarrollamos un programa que nos permita cumplir este objetivo (script 1).

```
pkgCheck <- function(x){ # check for a package, install and load
```

```
  if (!require(x,character.only = TRUE)){
    install.packages(x,dependencies=TRUE)
    if(!require(x,character.only = TRUE)) {
      stop()
    }
  }
}
```

```

pkgCheck("raster") # Geographic Data Analysis and Modeling
pkgCheck("sp") # Classes and Methods for Spatial Data
pkgCheck("maptools") # Tools for Reading and Handling Spatial Objects
pkgCheck("rgdal") # Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library
pkgCheck("tiff") # Read and write TIFF images
pkgCheck("SDMTools") # Raster conversion functions for adehabitat, raster and sp packages

## Este script debe estar guardado dentro de la misma carpeta en donde se guardaron los
recortes “.png” de las imágenes, y el archivo “.csv” Nomenclatura##.

archivosPNG <- list.files(pattern = "png") # recuperar lista de archivos png (todos en la misma
carpeta)

print(archivosPNG) ## nos da la lista de los archivos PNG, sino hay que especificar la carpeta
de trabajo con setwd(). Ver ?setwd para mayor informacion

nomenclatura <- read.table("Nomenclatura.csv", header = TRUE, sep = ";", dec = ",")### lee la
nomenclatura###

nomenclatura$nombreImagen <- paste0(nomenclatura$nombreImagen, ".png") ## corrige el
nombre de archivo que debe tener ".png"###

## La información que queremos extraer es la siguiente####

nombreImagen <- vector()
generacion <- vector()
alimento <- vector()
colorPadre <- vector()
repCaja <- vector()
repLarva <- vector()
Rmean <- vector()
Rmed <- vector()
Gmean <- vector()
Gmed <- vector()
Bmean <- vector()
Bmed <- vector()

## aplicar a las 750 imagenes: puede tardar unos minutos segun su computadora...
for(i in archivosPNG){
imLarva_R <- raster(i, band = 3) # leer el archivo como raster imLarva_G <- raster(i, band = 2)

```

```

imLarva_B <- raster(i, band = 1)
imLarva_R <- asc.from.raster(imLarva_R) # transformar en asc
imLarva_G <- asc.from.raster(imLarva_G)
imLarva_B <- asc.from.raster(imLarva_B)
imLarva_R_mean <- mean(imLarva_R) # mide la intensidad media
imLarva_R_medi <- median(imLarva_R) # mide la intensidad mediana
imLarva_G_mean <- mean(imLarva_G)
imLarva_G_medi <- median(imLarva_G)
imLarva_B_mean <- mean(imLarva_B)
imLarva_B_medi <- median(imLarva_B)
nombreImagen <- c(nombreImagen, i)
generacion <- c(generacion, nomenclatura$generacion[nomenclatura$nombreImagen == i])
alimento <-c(alimento,as.character(nomenclatura$alimento[nomenclatura$nombreImagen == i]))
colorPadre<c(colorPadre,as.character(nomenclatura$colorPadre[nomenclatura$nombreImagen == i]))
repCaja <- c(repCaja, nomenclatura$repCaja[nomenclatura$nombreImagen == i])
repLarva <- c(repLarva, nomenclatura$repLarva[nomenclatura$nombreImagen == i])
Rmean <- c(Rmean, imLarva_R_mean)
Rmed <- c(Rmed, imLarva_R_medi)
Gmean <- c(Gmean, imLarva_G_mean)
Gmed <- c(Gmed, imLarva_G_medi)
Bmean <- c(Bmean, imLarva_B_mean)
Bmed <- c(Bmed, imLarva_B_medi)
}
dfLarva <- data.frame(
  nombreImagen,
  generacion = factor(generacion),
  alimento = factor(alimento),
  colorPadre = factor(colorPadre),
  repCaja = factor(repCaja),
  repLarva = factor(repLarva),
  Rmean, Rmed, Gmean, Gmed, Bmean, Bmed,
  stringsAsFactors = FALSE)

```

```
str(dfLarva)
write.csv(dfLarva, file="dfLarva.csv")

dfLarva <- read.csv("dfLarva.csv")

## guardar la tabla final en formato RData para luego hacer análisis###
save(dfLarva, file = "dfLarva.RData")
```

Luego que se ha creado este código el mismo nos genera la siguiente información:

- Divide a la imagen en tres bandas red, green, blue(formato RGB)
- Extrae la intensidad de cada pixel de cada una de las imágenes por banda.
- Genera un archivo Excel en el cual agrupa en forma de matriz (vector continuo), toda la información extraída (186624 datos por cada banda, 559872 datos por cada imagen, 419904000 datos durante toda la investigación).
- El documento generado se guarda y el mismo se podrá manipular de tal manera que podamos efectuar las pruebas estadísticas correspondientes.

Anexo 8. Protocolo de procesamiento del tamaño de imágenes

P. xylostella experimenta por 4 estados durante su ciclo vital (huevo, larva, pupa, adulto o imago.).

El estado larval el cual es de nuestro interés particular se lo puede dividir en 4 instares (eclosión o larva invisible al ojo humano “se encuentra entre las 2 epidermis de la hoja en la cual se alimenta, mina”, segundo instar larval “sale a la superficie de la hoja y se puede identificar el daño característico de la plaga”, tercer instar larval “en este punto se puede identificar la diferencia de sexo en el sexto segmento abdominal, cuarto instar larval “momento en el cual se realiza la selección de larvas para proceder a fotografiar”.)



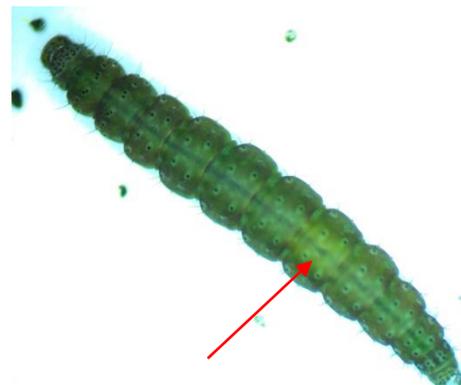
HUEVO

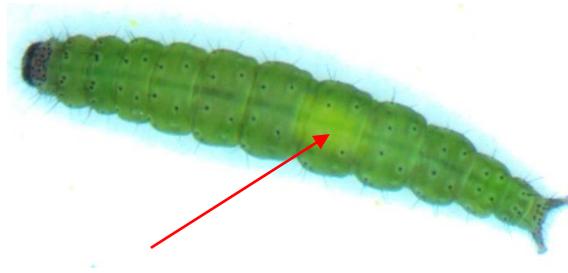


INSTAR 1



INSTAR 2





INSTAR 3



INSTAR 4

Nota: luego del cuarto instar larval se presenta una transición donde la larva comienza a tejer una malla para iniciar a empupar, este estado transitorio hay que evitar al momento de fotografiar, para realizar nuestro análisis explicado más adelante.



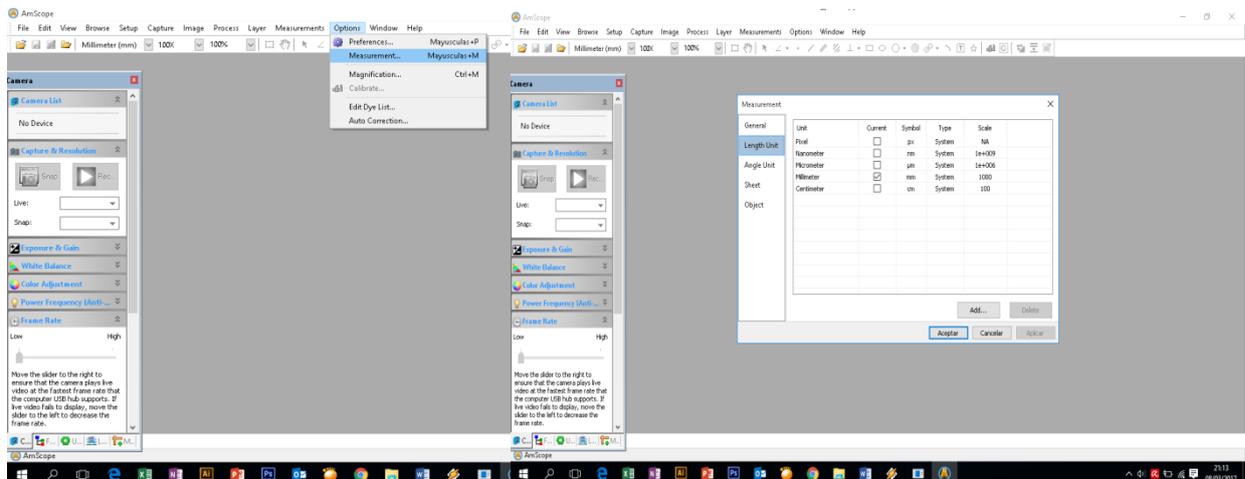
b. Manejo del equipo de fotografía, (microscopio estereoscopio)

1. Instalación del software

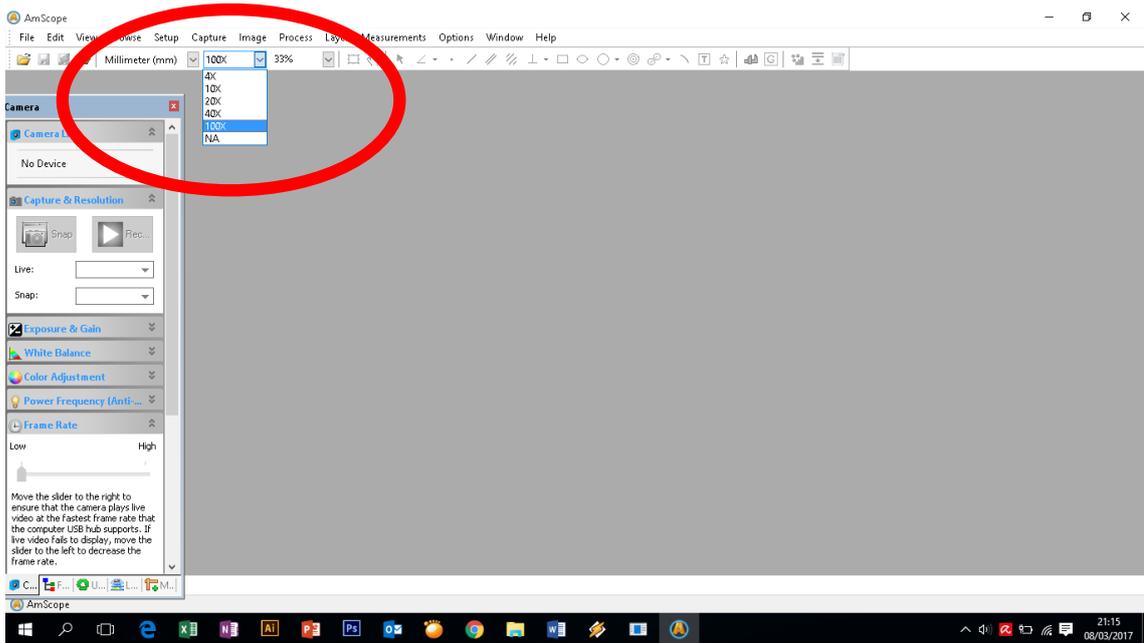
2. Calibración de las herramientas que se utilizarán en el software (unidades de medida, intensidad de luz, zoom, snap, etc).

2.1) Unidades de medida

- Se procede a imprimir una escala en la unidad deseada (mm), en tamaño real.
- Se ubica la escala impresa bajo el lente del estereoscopio y se fija
- Se fotografía
- Se selecciona el comando línea del menú del controlador del estereoscopio anteriormente instalado.
- Se traza una línea perpendicular a la escala capturada por el lente y se ajusta la unidad y tamaño con el que se trabajara. (en el manual del equipo estereoscopio nos indica paso a paso la calibración)
- Calibración en el software (consultar manual del equipo)



Nota: Cada vez que se realice este proceso obedece únicamente al zoom seleccionado, antes de fotografiar la escala definida para su posterior calibración.



Nota: se recomienda revisar que las unidades deseadas y calibradas con anterioridad sean visualizadas en la barra de control del software.

2.2) Intensidad de luz

- El equipo cuenta con una perilla analógica para controlar la intensidad de luz.



- Se procede a medir el ángulo de giro de la perilla que en nuestro caso fue 220°
- Luego de realizar varias fotografías de prueba se concluyó que la intensidad que mejor se proyectan las imágenes en el monitor es cuando la pestaña de la perilla de control apunta a los 20° grados de giro.

Nota: solicitamos a la empresa que nos vendió el equipo nos facilitara con información sobre características específicas de la lámpara del equipo como la sensibilidad, desgaste y vida útil.

2.3) Zoom.

- La selección del zoom en el equipo puede ser entre una escala que va de 0 - 3,5. El valor que se elija debe ser tomado en cuenta al momento de realizar la medición de la

longitud de las larvas para ver si es necesario ajustar o no al tamaño real. (cambio de zoom tornillo macrométrico del equipo, el tornillo micrométrico ajusta la calidad de las capturas)

2.4) Snap

- El botón snap se pulsa una vez por cada fotografía, y botón video si se deseease.

3. Selección de larvas.

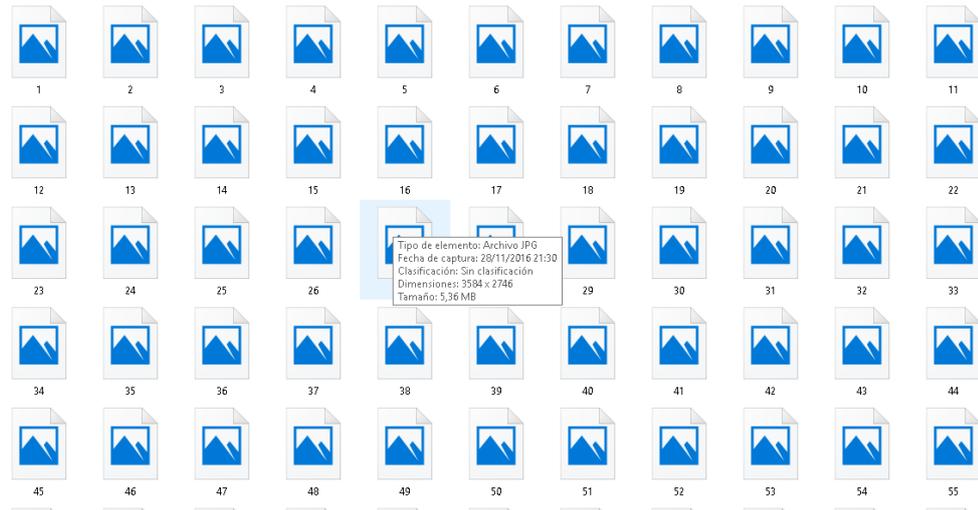
- Se lleva un registro del desarrollo larval.
- Las larvas seleccionadas son aquellas larvas que han alcanzado el cuarto instar larval (larva madura).
- Se eligen 5 lavas que presenten mayor vigor para ser fotografiadas.

4. Fotografía.

- Se fotografían una por una las larvas seleccionadas.



- Las fotografías se etiquetan con nombres que van desde el 1 hasta el 750 y se almacenan en una carpeta(1.jpg.....750.jpg).



4.1) Medición de la longitud de las larvas

- Las imágenes capturadas son medidas por el software del estereoscopio.



- Los datos de las medidas son copiados y ordenado debidamente, en una hoja Excel para poder realizar las pruebas estadísticas.

Nota: tomar en cuenta el zoon que se trabaja desde la calibración del equipo para ajustar las medidas a los valores reales.

Anexo 9. Protocolo de resistencia insecticida.

La aplicación insecticida se realizó con individuos de la quinta generación.

a) Selección de las larvas

- Se tomaron 10 ejemplares del cuarto instar larval de cada cámara de engorde (repetición) 5 ejemplares con características de color verdes y 5 ejemplares con características de color rojos.
- Se agruparon de a 5 por separado los de características verdes de los rojos en cajas petri de 6cm de diámetro por 1,5cm de altura.
- Se coloca en la base de cada caja petri que contienen las larvas (5 larvas por cada caja) un disco de papel filtro para evitar el contacto directo del insecto con el material de la caja petri.

b) Ejecución de la aplicación

- Se prepara la disolución de la molécula insecticida (clorpirifos) a 2.5cc/litro.
- Se instala un pedestal metálico que sostiene un aerógrafo conectado a un compresor eléctrico (40 psi de presión), el cual funcionará como dispensador del insecticida.
- La altura a la que se fija es a 40cm del piso (altura desde el piso hasta la boquilla del aerógrafo).
- Se fija el punto en el piso donde se colocarán las cajas petri que contienen las larvas para aplicar el insecticida.
- Se colocan una a una las cajas petri en el punto fijado.
- Se activa el botón de fuga del aerógrafo durante 5 segundos por cada aplicación (por cada caja petri).
- Con la ayuda de un pincel se cambian de cajas a las larvas aplicadas el insecticida a cajas petri limpias que contiene en la base un disco con alimento del que corresponda.

c) Recolección de datos

- Se registra el número de individuos muertos a las 24, 48, 72 horas después de la aplicación.
- Los datos obtenidos fueron almacenados en una base de datos debida mente ordenados de acuerdo a: tipo de alimentación, color de los padres, fenotipo.

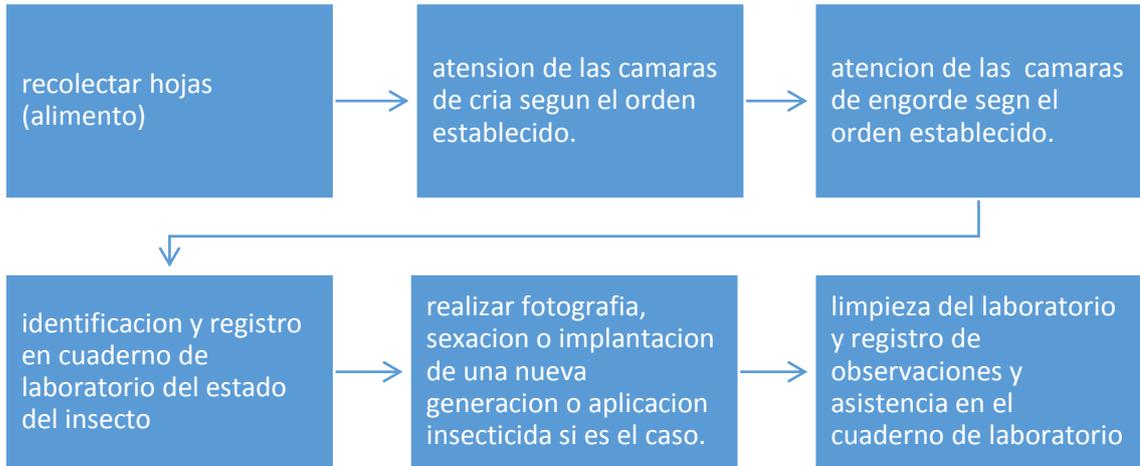
datos mortalidad porcentaje (transformacion de bliz) - Excel

				MORTALIDAD (%)				
COLOR	ALIMENTO	REPETICION	FENOTIPO	UNI.	24 HORAS	48 HORAS	72 HORAS	HORAS
PADRES			EXP./COLOR					ADULTOS
ROJOS	COL	R-C-2	ROJO	5	26,56505118	26,5650512	26,5650512	39,23152048
ROJOS	COL	R-C-4	ROJO	5	39,23152048	39,2315205	39,2315205	39,23152048
ROJOS	COL	R-C-5	ROJO	5	0	39,2315205	39,2315205	39,23152048
ROJOS	COL	R-C-7	ROJO	5	26,56505118	26,5650512	26,5650512	26,56505118
ROJOS	COL	R-C-8	ROJO	5	26,56505118	26,5650512	26,5650512	39,23152048
ROJOS	BROCOLI	R-B-1	ROJO	5	39,23152048	50,7684795	63,4349488	90
ROJOS	BROCOLI	R-B-3	ROJO	5	0	0	0	0
ROJOS	BROCOLI	R-B-5	ROJO	5	26,56505118	39,2315205	39,2315205	26,56505118
ROJOS	BROCOLI	R-B-6	ROJO	5	26,56505118	50,7684795	63,4349488	63,43494882
ROJOS	BROCOLI	R-B-7	ROJO	5	50,76847952	63,4349488	63,4349488	63,43494882
ROJOS	RABANO	R-R-1	ROJO	5	63,43494882	63,4349488	63,4349488	63,43494882
ROJOS	RABANO	R-R-3	ROJO	5	26,56505118	39,2315205	39,2315205	39,23152048
ROJOS	RABANO	R-R-5	ROJO	5	39,23152048	39,2315205	39,2315205	50,76847952
ROJOS	RABANO	R-R-7	ROJO	5	0	0	0	39,23152048
ROJOS	RABANO	R-R-8	ROJO	5	26,56505118	26,5650512	26,5650512	26,56505118
ROJOS	COL	R-C-2	VERDE	5	0	0	0	0
VERDES	RABANO	V-R-7	ROJO	5	26,56505118	26,5650512	50,7684795	50,76847952
VERDES	RABANO	V-R-8	ROJO	5	26,56505118	26,5650512	26,5650512	39,23152048
VERDES	RABANO	V-R-2	ROJO	5	39,23152048	39,2315205	39,2315205	39,23152048
VERDES	COL	V-C-3	VERDE	5	0	0	0	0
VERDES	COL	V-C-5	VERDE	5	39,23152048	50,7684795	50,7684795	50,76847952
VERDES	COL	V-C-6	VERDE	5	26,56505118	39,2315205	39,2315205	39,23152048
VERDES	COL	V-C-7	VERDE	5	26,56505118	39,2315205	39,2315205	63,43494882
VERDES	COL	V-C-8	VERDE	5	0	50,7684795	63,4349488	63,43494882
VERDES	BROCOLI	V-B-1	VERDE	5	39,23152048	39,2315205	39,2315205	39,23152048
VERDES	BROCOLI	V-B-2	VERDE	5	26,56505118	39,2315205	39,2315205	39,23152048
VERDES	BROCOLI	V-B-3	VERDE	5	0	39,2315205	39,2315205	39,23152048
VERDES	BROCOLI	V-B-5	VERDE	5	39,23152048	39,2315205	39,2315205	39,23152048
VERDES	BROCOLI	V-B-7	VERDE	5	26,56505118	26,5650512	26,5650512	26,56505118
VERDES	RABANO	V-R-4	VERDE	5	26,56505118	50,7684795	50,7684795	50,76847952
VERDES	RABANO	V-R-6	VERDE	5	0	0	0	0
VERDES	RABANO	V-R-7	VERDE	5	26,56505118	39,2315205	39,2315205	39,23152048
VERDES	RABANO	V-R-8	VERDE	5	0	26,5650512	26,5650512	26,56505118
VERDES	RABANO	V-R-2	VERDE	5	0	39,2315205	39,2315205	50,76847952

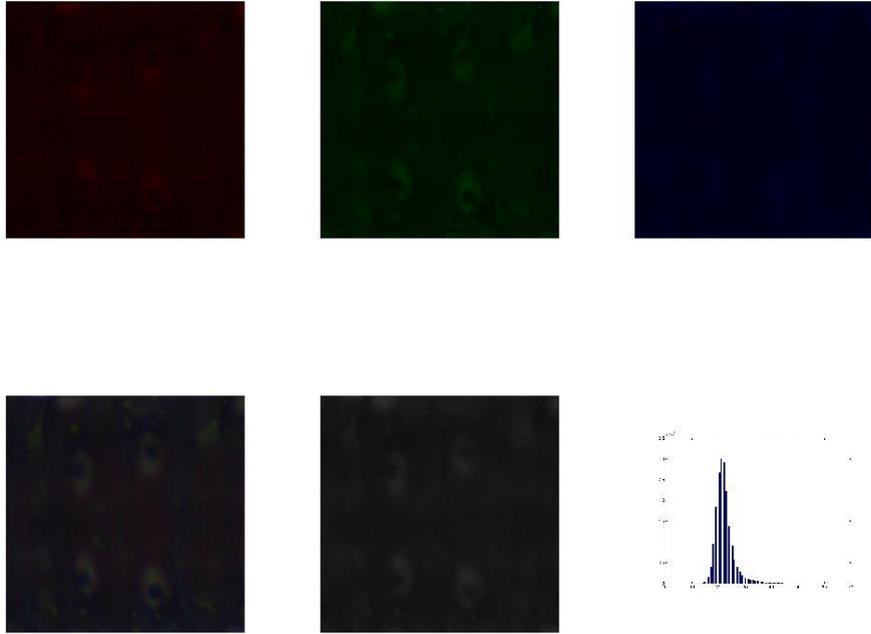
Anexo 10. Calendario de actividades diario

DIAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLE S	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
ACTIVIDADES	Atención de cajas de cría y engorde	Atención de cajas de engorde Revisar limpieza, humedad, u otras novedades de cajas de cría y engorde	Atención de cajas de cría y engorde	Atención de cajas de engorde Revisar limpieza, humedad, u otras novedades de cajas de cría y engorde	Atención de cajas de cría y engorde, realizar	Atención de cajas de engorde Revisar limpieza, humedad, u otras novedades de cajas de cría y engorde realizar siembra del alimento	Atención de cajas de cría y engorde, realizar siembra del alimento

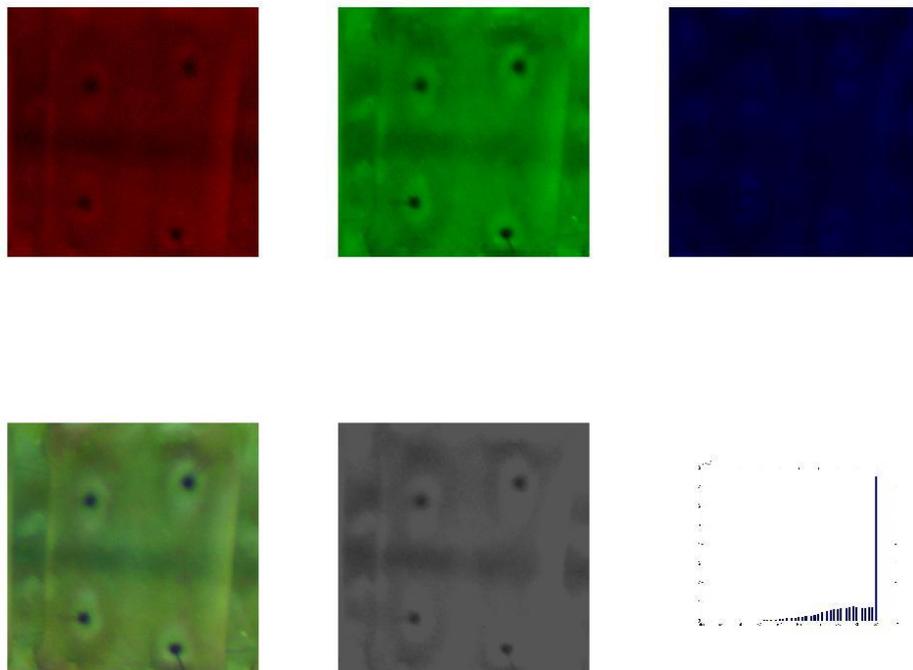
IMPORTANTE: Verificar diariamente la limpieza del laboratorio, así como los materiales faltantes para su adquisición según la planificación de compras.

Anexo 11. Diagrama de pasos a seguir para cumplir las actividades diarias

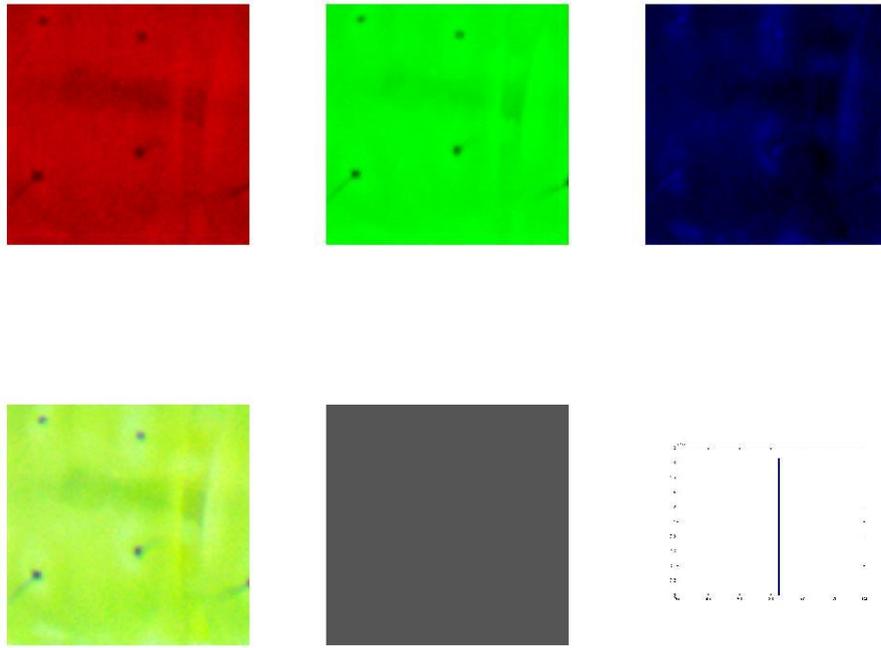
Anexo 12. Procesamiento digital (resultados graficos realizados con Matlab)



Análisis de la imagen Nº 85, imagen con la menor intensidad registrada de toda la investigación, A: banda roja, B: banda verde, C: banda azul, D: imagen original, E: imagen en escala de grises, F: histograma de intensidad



Análisis de la imagen Nº 33, imagen con la intensidad media registrada de toda la investigación, A: banda roja, B: banda verde, C: banda azul, D: imagen original, E: imagen en escala de grises, F: histograma de intensidad



Análisis de la imagen N° 332, imagen con la mayor intensidad registrada de toda la investigación A: banda roja, B: banda verde, C: banda azul, D: imagen original, E: imagen en escala de grises, F: histograma de intensidad

Anexo 13. Registro de actividades desarrolladas en la investigación



Preparación del sustrato para la producción de plantas de brócoli, col y rábano



Llenado de macetas con el sustrato



Trasplante de las macetas en invernadero



Protección de macetas contra ataque de insectos.



Ordenamiento de las macetas en invernadero



Riego de macetas



Identificación de las hojas usadas como alimento



Recolección de alimento



Lavado y prelación de las cámaras de cría y engorde



Posicionamiento de tratamientos e laboratorio



Instalación de dataloggers en el interior de las cámaras (sensores de temperatura y humedad relativa).



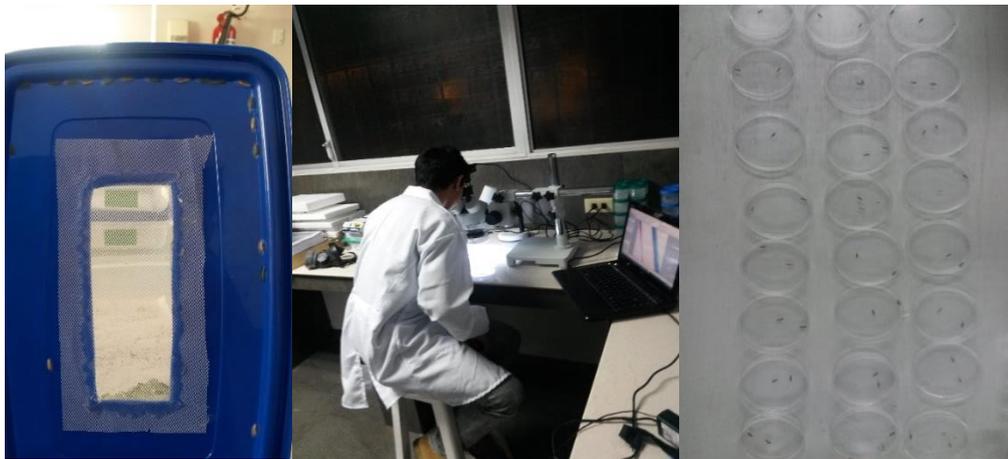
Atención de camas de cría (alimentación de adultos)



Atención de las cámaras de engorde (alimentación y aseo de las larvas)



Daño presente en hojas brócoli, col y rábano



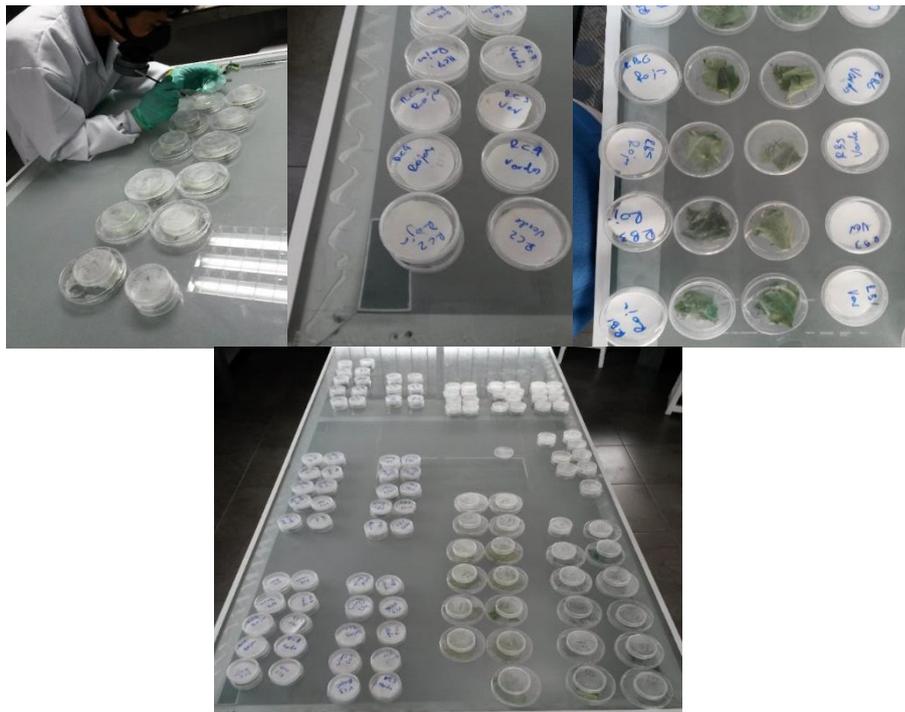
Sexación (identificación de pupas machos, y hembras)



Depósito de pupas en las cámaras de cría (pareja de pupas por cada cámara de cría)



Aplicación insecticida



Registro de mortalidad



Recolección de muestras para realizar análisis de glucosinolatos



Identificación de anomalías morfológicas en adultos