

ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada interna	
Hoja de firmas	1
Declaración de propiedad	2
Agradecimientos	3
Dedicatoria	6
Índice de contenido	7
Índice de cuadros y figuras	11

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	18
1.1 INTRODUCCIÓN	18
1.2 RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL	20
1.2.1. Género <i>Bacillus</i>	20
1.2.2. <i>Bacillus</i> spp. en la promoción de fotosíntesis	21
1.2.3 RSI por <i>Bacillus</i> spp. en plantas contra enfermedades	21
1.3 CULTIVO DE CHILE HABANERO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	22
1.3.1 Enfermedades virales en chile habanero	22
1.3.1.1 Familia <i>Geminiviridae</i>	23
1.3.1.2 Género <i>Begomovirus</i>	24
1.3.1.3 Fotosíntesis en plantas infectadas con begomovirus	25
1.3.1.4 Virus del mosaico dorado del chile (PepGMV)	26
1.3.1.5 Interacción planta-PepGMV	27
1.4 HIPÓTESIS	28
1.5 OBJETIVOS	29
1.5.1 Objetivo general	29
1.5.2 Objetivos específicos	29
1.6 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	30
1.7 LITERATURA CITADA	31

CAPÍTULO 2. RESISTENCIA SISTÉMICA INDUCIDA HACIA VIRUS FITOPATÓGENOS MEDIADA POR LA INOCULACIÓN CON LA

RIZOBACTERIA <i>Bacillus</i> spp.	42
2.2 INTRODUCCIÓN	43
2.3 PARTE ESPECIAL	45
2.3.1 Estrategias de protección antiviral en plantas	45
2.3.2 ¿Cómo funciona la RSI durante la defensa de las plantas?	46
2.3.2.1 Vías de señalización y genes involucrados en la RSI	47
2.3.2.2 Vía de señalización mediada por el Ácido Salicílico	48
2.3.2.3 Vía de señalización del Etileno	48
2.3.2.4 Vía de señalización del Ácido Jasmónico	49
2.3.2.5 Interacción entre las vías de señalización de AJ/ET y AS	50
2.3.3 Características de <i>Bacillus</i> spp.	51
2.3.3.1 Inducción de RSI por <i>Bacillus</i> spp.	52
2.3.3.2 Mecanismos de inducción de RSI por <i>Bacillus</i> spp. contra virus fitopatógenos	54
2.4 CONCLUSIONES	57
2.5 REFERENCIAS	58

CAPÍTULO 3. *Bacillus* spp. INOCULATION IMPROVES PHOTOSYSTEM II EFFICIENCY AND ENHANCES PHOTOSYNTHESIS IN PEPPER PLANTS

3.1 ABSTRACT	66
3.2 INTRODUCTION	67
3.3 MATERIALS AND METHODS	70
3.3.1 <i>Bacillus</i> spp. strains and plant material	70
3.3.2 Chlorophyll fluorescence and gas exchange analyses	71
3.3.3 Experimental design	72
3.4 RESULTS	72
3.4.1 Growth parameters	72
3.4.2 Chlorophyll fluorescence parameters	73
3.4.3 Gas exchange analyses	74
3.5 DISCUSSION	75
3.6 CONCLUSION	81
3.7 REFERENCES	81

CAPÍTULO 4. HEALTHY PHOTOSYNTETIC MECHANISM IS A PROOF OF ISR ELICITED BY *Bacillus* spp. IN *Capsicum chinense* Jacq. PLANTS INFECTED

WITH PepGMV	89
4.1 ABSTRACT	89
4.2 INTRODUCTION.....	90
4.3 MATERIALS AND METHODS	92
4.3.1 Plant material and growth conditions	92
4.3.2 <i>Bacillus</i> spp. strains and inoculation.....	93
4.3.3 Biolistic infection.....	93
4.3.4 Virus detection	94
4.3.5 Symptoms severity	94
4.3.6 Chlorophyll fluorescence and gas exchange analysis	94
4.3.7 Agronomic parameters.....	95
4.3.7 Experimental design.....	95
4.4 RESULTS.....	95
4.4.1 Infectivity, viral detection and symptoms severity	95
4.4.2 Physiological responses	98
4.4.3 Yield of plants in <i>Bacillus</i> spp.- <i>C. chinense</i> Jacq.-PepGMV in greenhouse.....	102
4.5 DISCUSSION	103
4.5.1 ISR in <i>C. chinense</i> Jacq. with <i>Bacillus</i> spp and PepGMV in growth chamber	103
4.5.2 ISR in the interaction <i>Bacillus</i> spp- <i>C. chinense</i> Jacq.-PepGMV in greenhouse	105
4.5.3 Plant physiology during the ISR of <i>C. chinense</i> Jacq. inoculated with <i>Bacillus</i> spp and infected with PepGMV, in greenhouse	107
4.6 LITERATURE CITED	110

CAPÍTULO 5. DEFENSE-RELATED GENE EXPRESSION IN THE INDUCED SYSTEMIC RESISTANCE IN *Bacillus* spp - *Capsicum chinense* Jacq. - PepGMV

INTERACTION	118
5.1 ABSTRACT	118
5.2 INTRODUCTION.....	119
5.3 MATERIALS AND METHODS	121
5.3.1 Plant material and growth conditions	121
5.3.2 <i>Bacillus</i> spp. strains and inoculation.....	122

5.3.3 Biolistic infection.....	122
5.3.4 PepGMV accumulation.....	122
5.3.5 Relative expression of <i>NPR1</i> , <i>PR10</i> and <i>COII</i> by real-time PCR.....	123
5.3.6 <i>Bacillus</i> spp.- <i>Capsicum chinense</i> Jacq.-PepGMV interaction in greenhouse	124
5.3.7 Statistic analysis.....	124
5.4 RESULTS.....	124
5.4.1 Severity of plants during <i>Bacillus</i> spp.- <i>C. chinense</i> Jacq.-PepGMV interaction	124
5.4.2 Induced Systemic Resistance by <i>Bacillus</i> spp. in <i>C. chinense</i> Jacq. against PepGMV.....	125
5.4.3 Accumulation of PepGMV in <i>C. chinense</i> Jacq.	128
5.4.4 Transcripts in <i>C. chinense</i> Jacq. with <i>Bacillus</i> during the ISR to PepGMV	128
5.4.5 ISR in greenhouse experiments	132
5.5 DISCUSSION	134
5.6 CONCLUSSIONS.....	142
5.7 LITERATURE CITED	142

CONCLUSIONES GENERALES	151
-------------------------------------	------------

RESUMEN

El virus mosaico dorado de chile (PepGMV) ocasiona pérdidas hasta del 95 % en *Capsicum chinense*. *Bacillus* spp. induce la resistencia sistémica (RSI) contra enfermedades virales. En este estudio se analizó la expresión de genes de defensa y los mecanismos fisiológicos en la RSI de la interacción *Bacillus* spp.- *Capsicum chinense* - PepGMV. Durante experimentos de curso temporal, las plantas obtenidas de semillas inoculadas con cepas de *Bacillus* e infectadas con PepGMV fueron evaluadas mediante la cuantificación de la expresión de *NPR1*, *COII* y *PR10*, el título viral y parámetros fisiológicos. Plantas (H-241) inoculadas con *B. subtilis* K47, y plantas (H-224) inoculadas con *B. subtilis* K47, *Bacillus* spp. M9, y *B. cereus* K46, redujeron la severidad del PepGMV. El rendimiento fotoquímico cuántico máximo del fotosistema II (F_v/F_m) fue más alto ($P \leq 0.05$) en plantas con M9, K46 y K47 en 7.85, 7.09, y 7.77 %, respectivamente, comparadas con plantas con PepGMV. La actividad potencial del PSII (F_v/F_0) fue similar a F_v/F_m . La tasa de asimilación de CO_2 fue mayor en plantas con K47, K46 y M9, en 22.10, 26.31 y 18.42% respectivamente, comparado con plantas con PepGMV. En plantas con *B. cereus* K46 incrementaron los transcritos de *NPR1* 5.6 veces más que en plantas con PepGMV sin bacteria. En plantas con *B. subtilis* K47, hubo un incremento de *PR10* y *COII*, 202 y 16 veces más que las plantas con virus y sin *Bacillus*. A partir del 7 ddi con PepGMV existe una disminución del título viral en las plantas con *Bacillus* spp. cepas M9, K46 y K47, y en contraste en plantas sin *Bacillus* el título viral aumenta gradualmente. *Bacillus* promueve la RSI a través de la inducción de los mecanismos de defensa relacionados con la vía del ácido salicílico, del ácido jasmónico y del incremento de la eficiencia fotosintética. Estos mecanismos podrían inducir la disminución de la replicación viral, lo cual sugiere que *Bacillus* spp. están involucrados en la reducción de los síntomas en las plantas infectadas con PepGMV.