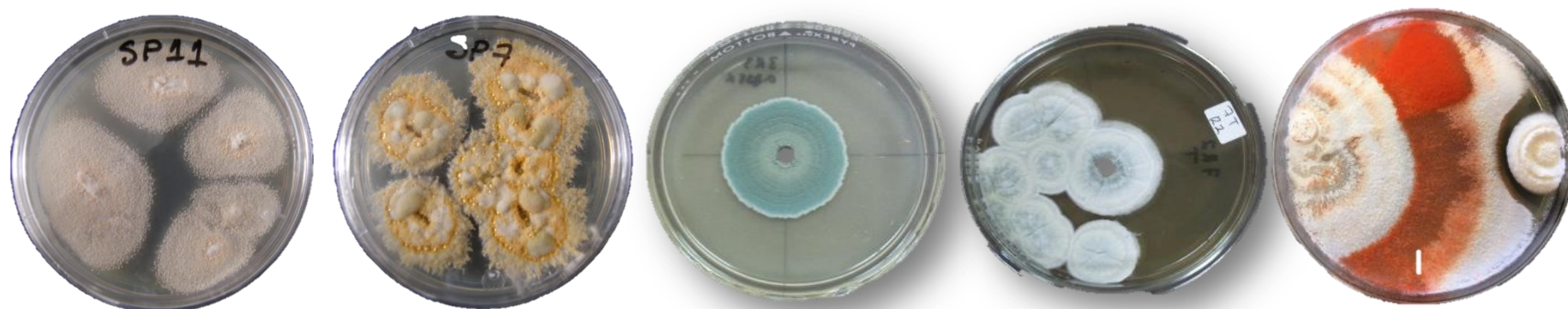


Micromicetos de Suelo y su Habilidad para Incrementar la Resistencia Vegetal Contra Estrés Abiótico: Sequía y Calor

Dr. Wilberth Chan Cupul

Laboratorio de Control Biológico y Micología Aplicada
F.C.B.A. U. de C.



Efectos del cambio climático en la agricultura

La agricultura es uno de los sectores más sensibles al cambio climático.



El cambio climático amenaza la seguridad alimentaria

- Tiene el potencial de socavar los avances en la reducción de la pobreza y el desarrollo sostenible.
- Afectará en gran medida la salud y la productividad de los cultivos, el ganado, los peces y los bosques y los medios de vida rurales dependientes.
- Aumentará el hambre y la desnutrición, en particular en el sur África y el sur de Asia.
- De 5 a 170 millones de personas adicionales en riesgo de hambre para 2080, según las proyecciones (climas y socioeconómicas).

¡Afectará las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria!

Disponibilidad: Pérdida en la producción de alimentos.
Retroalimentación ambiental indirecta.

Acceso: Daños a la infraestructura, pérdidas de activos.
Pérdida de ingresos y oportunidades de empleo.

Estabilidad: Aumento de los riesgos de subsistencia, presión sobre los precios de los alimentos.
Mayor dependencia de las importaciones de alimentos y de la ayuda alimentaria.

Utilización: Riesgos a la salud humana y nutrición

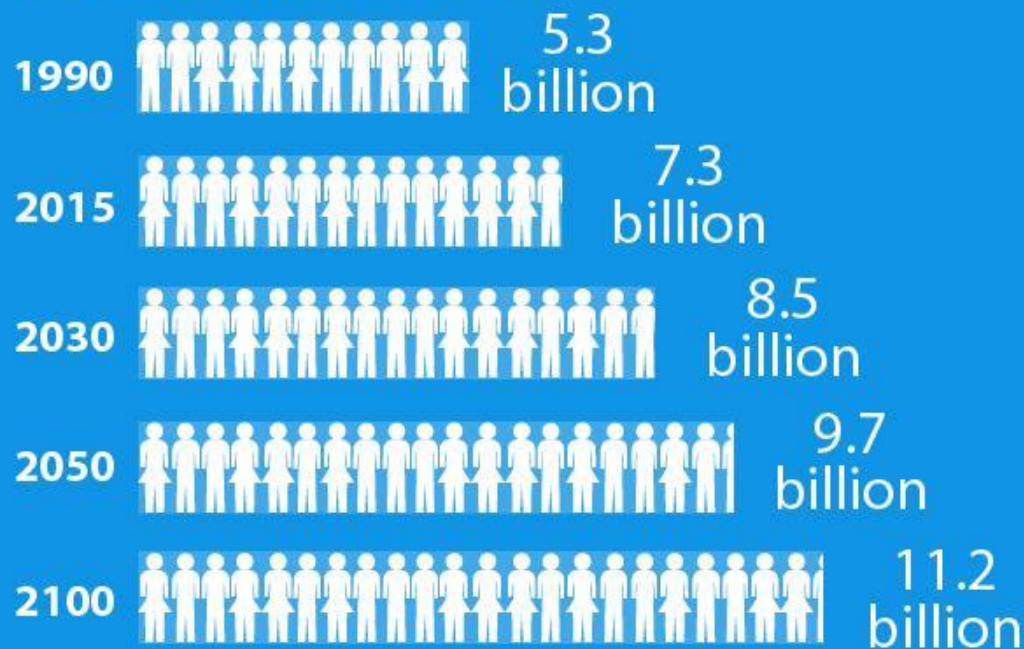
Retos actuales del cambio climático en la agricultura

Proveer alimentos a 9.7 billones de personas para el 2050, al mismo tiempo que se disminuye la superficie cultivada de tierra en el mundo y otros recursos naturales como: biodiversidad, fertilizantes minerales, hidrocarburos etc., es uno desafío mundial.



World Population

Projected world population until 2100



Source: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, *World Population Prospects: The 2015 Revision*
Produced by: United Nations Department of Public Information



¿En quién recae la responsabilidad de mitigar el CC?



Adaptación: Lo localmente responsable a hacer.

Acción que minimiza o previene los impactos negativos del cambio climático.

Mitigación: El responsable global de hacer.

Acción que reduce las emisiones que contribuyen al cambio climático

Agricultura biológica vs cambio climático (CC).

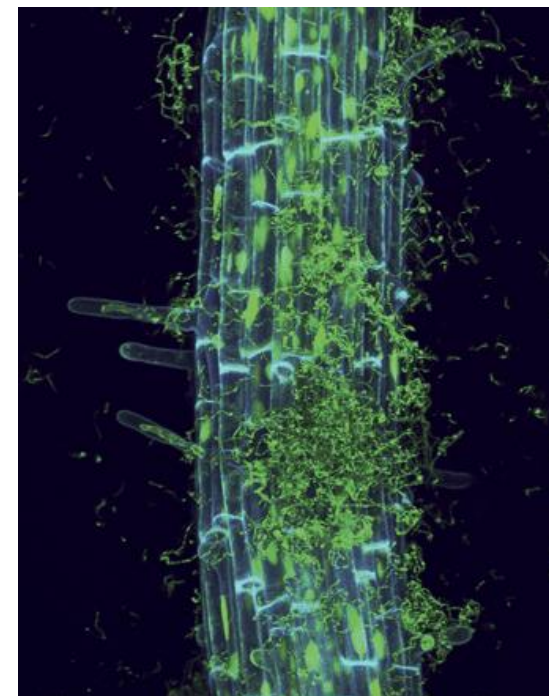
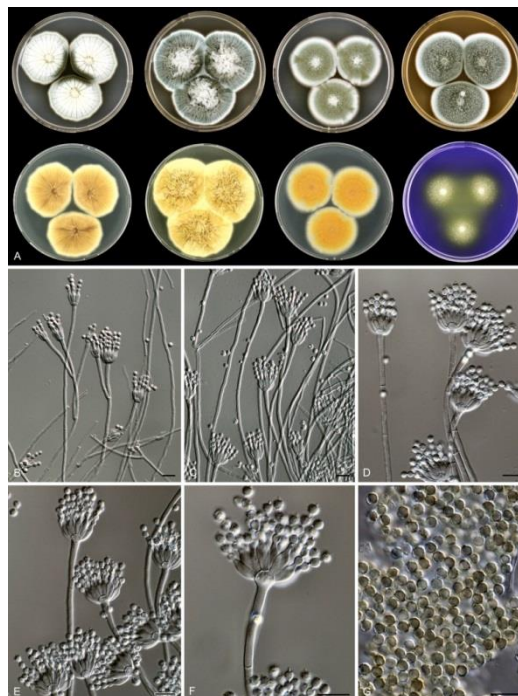
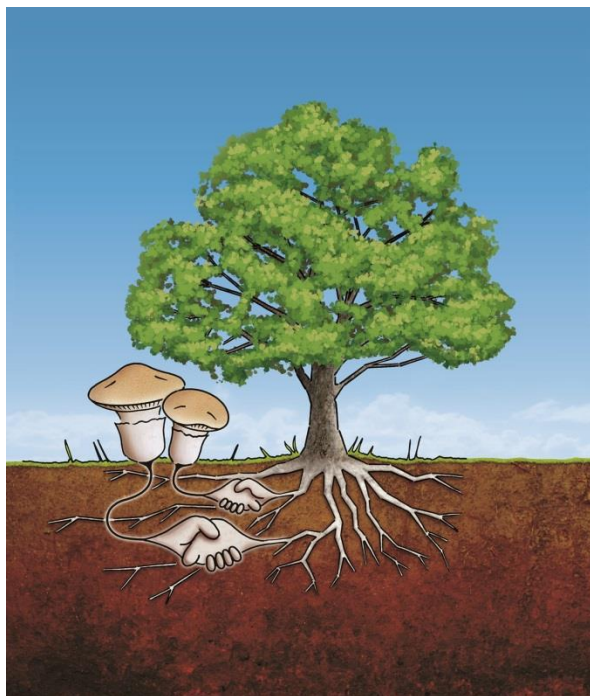
Agricultura orgánica: Es un sistema de producción que mantiene la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa en procesos ecológicos, biodiversidad y ciclos adaptados a las condiciones locales, en lugar del uso de insumos con efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia. para beneficiar el entorno compartido y promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los involucrados.

Agricultura biológica: Representa una forma viable de producir alimentos nutritivos de alta calidad sin el uso de grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas convencionales o el uso de modificación genética. Se basa predominantemente en el uso de composta aeróbica e inóculos líquidos asociados, biofertilizantes y otros aditivos orgánicos y buenas técnicas de manejo para el suelo.

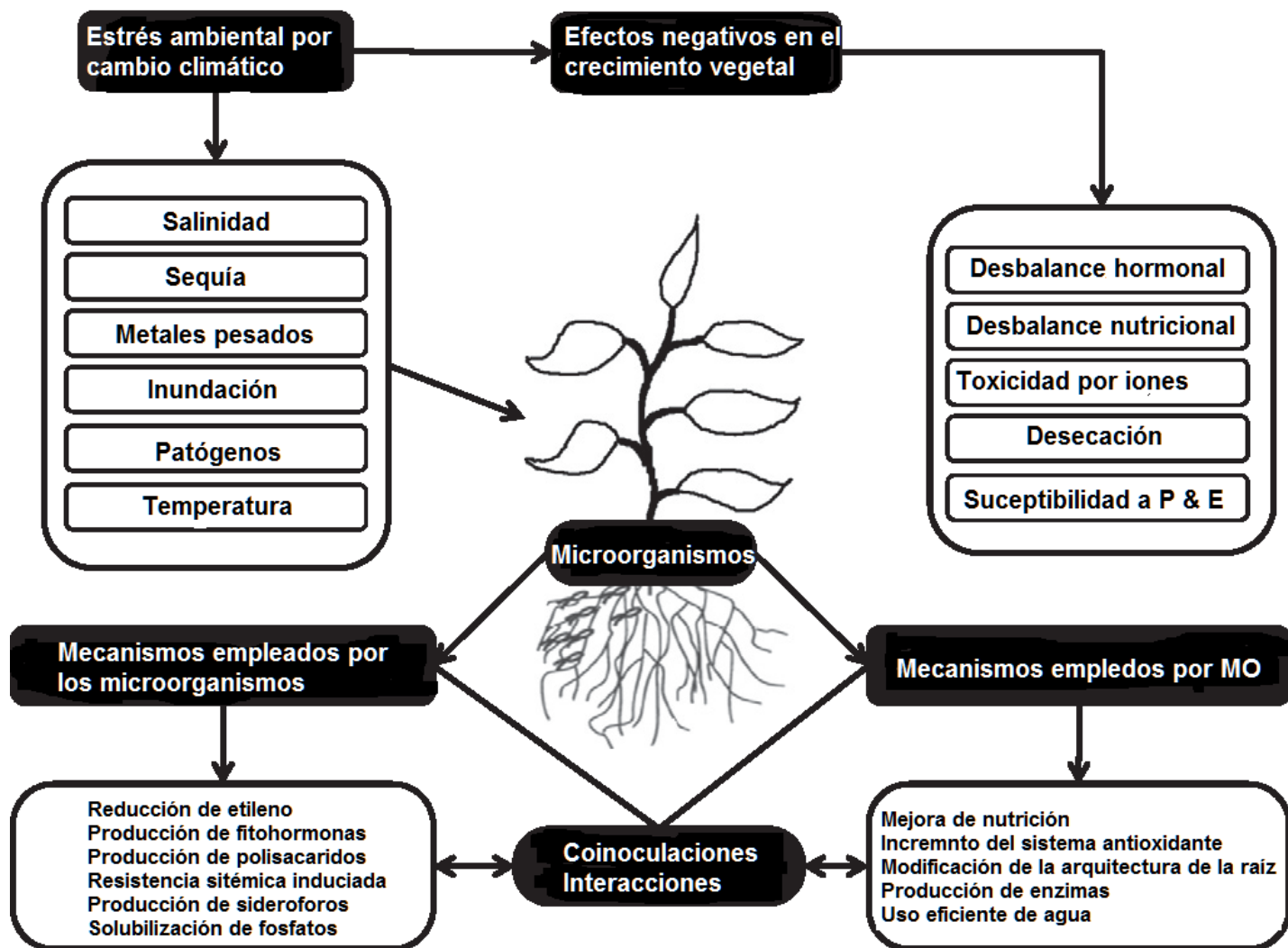
Agrosilvicultura: Es un sistema de manejo y uso de la tierra en el cual los árboles o arbustos se cultivan alrededor o entre cultivos o pastizales. Esta combinación intencional de agricultura y silvicultura tiene beneficios variados, que incluyen una mayor biodiversidad y una reducción de la erosión. Las prácticas agroforestales han tenido éxito en África subsahariana y en el norte de América.

Agricultura biológica: Uso de microorganismos para aliviar estrés.

Los microorganismos del suelo son un componente importante del ciclo de nutrientes biogeoquímicos y los flujos globales de CO_2 , CH_4 y N. Se estima que los suelos globales contienen el doble de carbono que la atmósfera, lo que los convierte en uno de los mayores sumideros de CO_2 atmosférico y carbono orgánico.



¿Cómo ayudan los microorganismos a las plantas?



¿Cómo los micromicetos ayudan a las plantas?

Solubilización de fosfatos inorgánicos

Los micromicetos solubilizan **fosfatos inorgánicos** en presencia de estrés por iones (metales pesados).

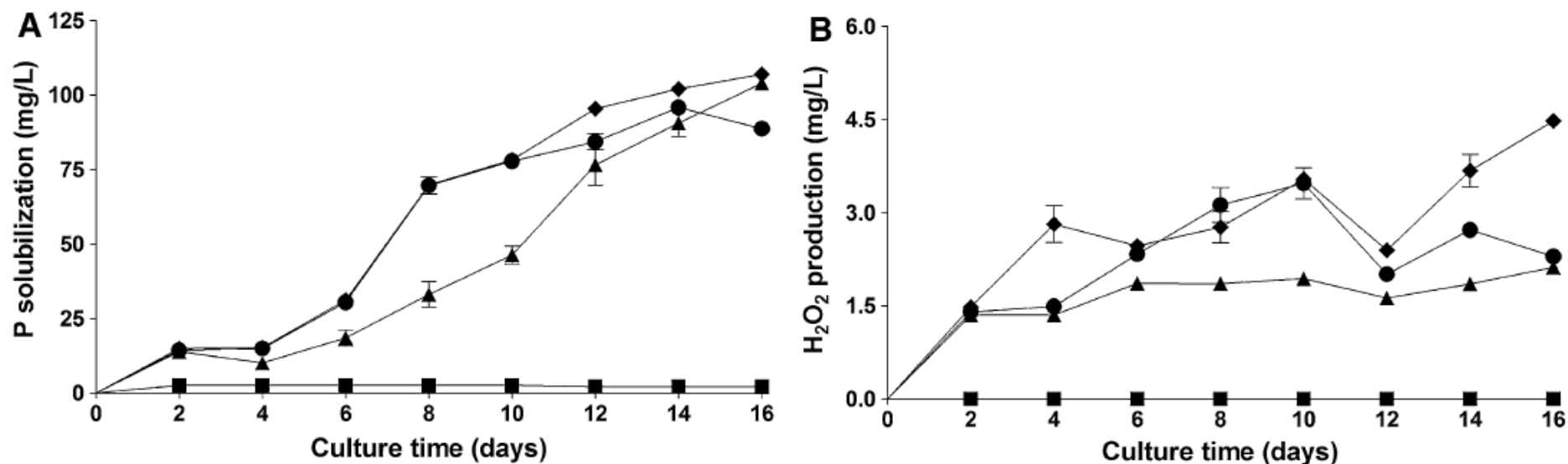
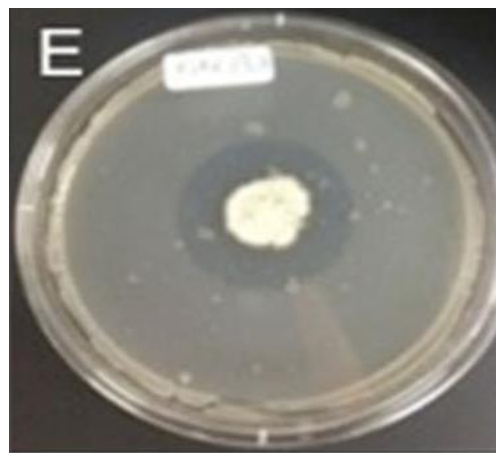
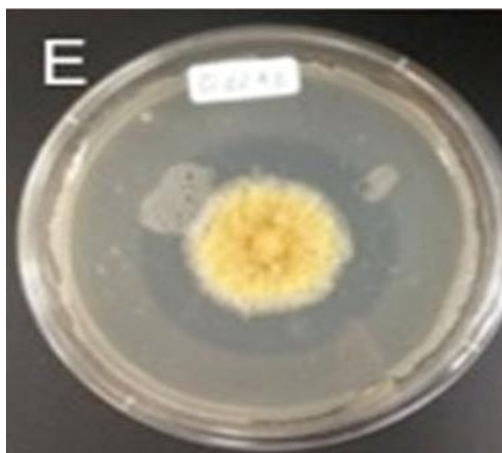


Figura. Solubilización de P (a) y producción de H₂O₂ (b) por *Aspergillus japonicus* (triángulo), *Penicillium italicum* (diamante), *Penicillium dipodomyicola* (círculo) y control (cuadrado) en medio de cultivo Pikovskaya modificado.

¿Cómo los micromicetos ayudan a las plantas?

Solubilización de fosfatos inorgánicos en condiciones de estrés

<i>Penicillium italicum</i>					<i>Aspergillus japonicus</i>			
Cd (mM)	TCD Colonia	TCD Halo	% Inh TCD	% Inh Halo	TCD Colonia	TCD Halo	% Inh TCD	% Inh Halo
Control	0.55 a	0.68 b	-----	-----	0.72 b	1.21 a	----	-----
0.078	0.50 ab	0.78 a	8.95 c	0	0.86 a	1.10 ab	0	9.0 c
0.155	0.45 b	0.73 ab	18.9 c	0	0.77 ab	0.98 b	0	19.1 c
0.31	0.33 c	0.50 c	39.8 b	26.3 b	0.51 c	0.67 c	29.68 b	44.7 b
0.62	0.17 d	0.40 d	68.1 a	40.5 a	0.08 d	0.09 d	88.53 a	92.4 a



¿Cómo los micromicetos ayudan a las plantas?

Solubilización de fosfatos inorgánico por micromicetos nativos de rizosfera de *C. papaya*

Aislamientos	P-Soluble (mg/L) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$			P-Soluble (mg/L) FePO_4		
	2 d	4 d	6 d	2 d	4 d	6 d
Control	0.0 d	0.0 d	0.0 d	0	0	0
<i>Penicillium</i> SP1	0.0 d	78.9±3.3 b	108.5±8.1 a	-	-	27.0± 2.9 b
<i>Beauveria</i> SP9	25.8±0.5 c	67.9±2.4 c	66.2±5.1 c	-	-	-
<i>Penicillium</i> SP11	15.5±0.3 d	81.3±4.0 b	89.3±6.7 b	-	-	-
<i>Penicillium</i> SP16	90.4±4.3 a	96.6±0.9 a	106.5±5.4 ab	-	-	39.6±5.4 a
<i>Penicillium</i> SP18	63.4±6.5 b	73.9±1.2 bc	62.2±3.3 c	-	-	18.1±1.1 c

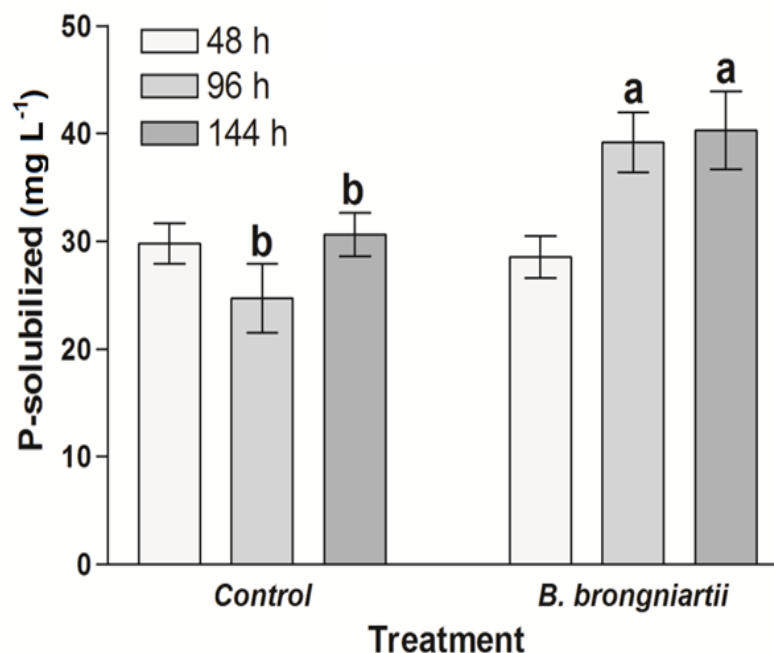
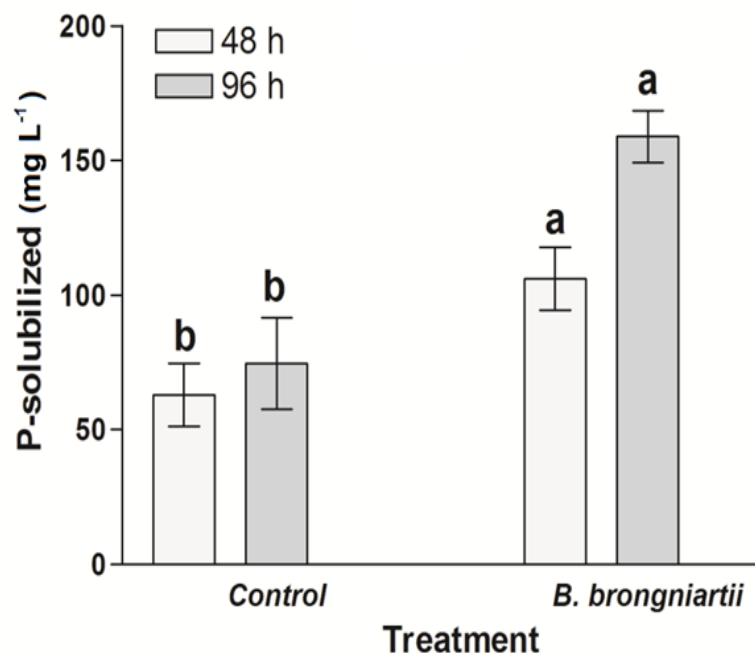
¿Cómo los micromicetos ayudan a las plantas?

Tolerancia de micromicetos solubilizadores de fósforo a xenobióticos

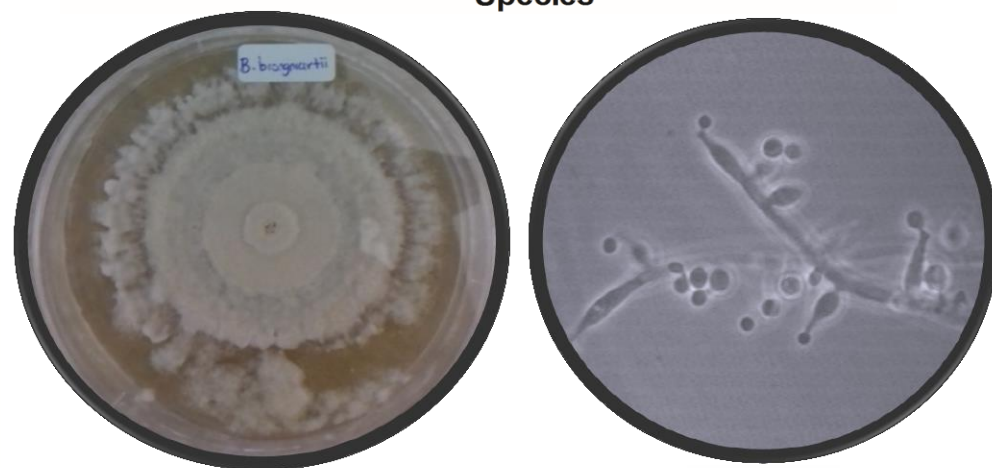
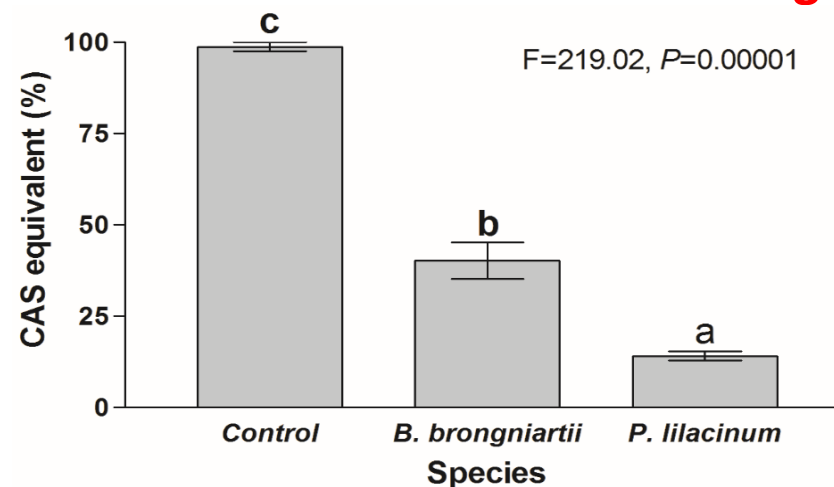
Glifosato					
Aislamiento	CL ₅₀ (mg/mL)	IC (mg/mL)	Modelo Probit	χ^2	P > χ^2
<i>Beauveria</i> SP9	2748.0 a	2215.0-3704.0	Y=-2.4489X+0.7121	69.1	0.0001
<i>Penicillium</i> SP11	7560.0 b	5202.0-13687.0	Y=-2.7658X+0.7131	62.4	0.0001
<i>Penicillium</i> SP16	5376.0 b	4648.0-6450.0	Y=-7.0260X+1.8834	221.6	0.0001
2,4-D					
Aislamiento	CL ₅₀ (mg/mL)	IC (mg/mL)	Modelo Probit	χ^2	P > χ^2
<i>Beauveria</i> SP9	3248.0 a	2716.0-4086.0	Y=-6.0225X+1.7150	193.08	0.0001
<i>Penicillium</i> SP11	4450.0 a	3545.0-6297.0	Y=-9.7345X+2.6682	78.56	0.0001
<i>Penicillium</i> SP16	3256.0 a	2811.0-4017.0	Y=-11.533X+3.2833	101.61	0.0001

Beauveria brongniartii una especie prometedora

Solubilización de fósforo por *Beauveria brongniartii*



Producción de sideróforos y ácido indol-3-acético *Beauveria brongniartii*



B. brongniartii como biofertilizante en chile habanero



B. brongniartii como biofertilizante en chile habanero

Cuadro. Altura de plantas (cm) de chile habanero (*Capsicum chinense*) con dos niveles de fertilización biológica y mineral.

Factor	Días después del trasplante					
Fertilización	15	30	45	60	75	90
100%	20.01	36.09 a	53.53	62.56	65.06	68.65
75%	19.80	32.62 b	48.71	59.56	62.56	66.37
Inoculante						
Con <i>B. brongniartii</i>	20.14	34.12	51.68	61.81	65.00	69.18
Sin <i>B. brongniartii</i>	19.68	34.59	50.55	60.31	62.62	65.84
Significancia						
DMS	0.3305	1.1724	2.4061	3.0924	3.0642	2.9103
Fertilización	0.6530	0.0456	0.1683	0.4984	0.5686	0.5838
Inoculante	0.3310	0.7795	0.7434	0.7342	0.5880	0.4234
Interacción	0.4603	0.0494	0.0500	0.0462	0.0799	0.2048

B. brongniartii como biofertilizante en chile habanero

Cuadro. Diámetro de tallo (mm) de plantas de chile habanero (*Capsicum chinense*) bajo dos niveles de fertilización biológica y mineral.

Factor	Días después del trasplante					
	15	30	45	60	75	90
Fertilización						
100%	3.85	6.89 a	8.95	10.84	11.43	11.87
75%	3.70	6.13 b	8.28	10.46	11.06	11.36
Inoculante						
Con <i>B. brongniartii</i>	3.65 b	6.29	8.39	10.39	11.15	11.64
Sin <i>B. brongniartii</i>	3.90 a	6.73	8.84	10.91	11.34	11.59
Significancia						
DMS	0.0804	0.1595	0.2600	0.2994	0.3034	0.2956
Fertilización	0.1894	0.0023	0.0794	0.3788	0.3935	0.2339
Inoculante	0.0397	0.0651	0.2357	0.2308	0.6561	0.9151
Interacción	0.3449	0.0050	0.0065	0.0054	0.0060	0.0081

***B. brongniartii* como biofertilizante en chile habanero**

Cuadro. Contenido nutrimental del follaje de plantas de chile habanero (*Capsicum chinense*) bajo dos niveles de fertilización biológica y mineral.

Factor	N%	P%	K%
Fertilización			
100%	3.65 a	0.29	1.63
75%	3.20 b	0.27	1.48
Inoculante			
Con <i>B. brongniartii</i>	3.53 a	0.27	1.25 b
Sin <i>B. brongniartii</i>	3.31 b	0.28	1.87 a
Significancia			
DMS	0.0681	0.0078	0.1117
Fertilización	0.0016	0.1358	0.3676
Inoculante	0.0532	0.2504	0.0043
Interacción	0.0776	0.0027	0.6290

***B. brongniartii* como biofertilizante en chile habanero**

Cuadro. Calidad de fruto de plantas de *Capsicum chinense* bajo dos niveles de fertilización biológica y mineral.

Factor	Peso de fruto (g)	Diámetro Longitudinal (mm)	Diámetro Ecuatorial (mm)
Fertilización			
100%	5.635 b	34.81 b	24.13 b
75%	6.764 a	36.99 a	25.57 a
Inoculante			
Con <i>B. brongniartii</i>	6.767 a	37.82 a	25.59 a
Sin <i>B. brongniartii</i>	5.632 b	33.98 b	24.10 b
Significancia			
DMS	0.1777	0.6128	0.2865
Fertilización	0.00001	0.0122	0.0004
Inoculante	0.00001	0.0001	0.0003
Interacción	0.07200	0.4736	0.1185

***B. brongniartii* como biofertilizante en chile habanero**

Cuadro. Rendimiento de plantas de *Capsicum chinense* bajo dos niveles de fertilización biológica y mineral.

Factor	Frutos planta ⁻¹	kg bolsa ⁻¹	t ha ⁻¹
Fertilización			
100%	62	0.7179	19.0687
75%	61	0.8093	22.8487
Inoculante			
Con <i>B. brongniartii</i>	57	0.7928	22.5156
Sin <i>B. brongniartii</i>	65	0.7345	19.4019
Significancia			
DMS	5.4832	0.0662	1.7455
Fertilización	0.8920	0.3513	0.1369
Inoculante	0.3619	0.5504	0.2176
Interacción	0.2219	0.3480	0.8760

Conclusiones

- Los micromicetos por su habilidad bioquímica para producir compuestos de bajo peso molecular: ácidos orgánicos, sideróforos, enzimas y auxinas mejoran el crecimiento (desarrollo), nutrición y calidad de frutos de las plantas.
- *Beauveria brongniartii* es una especie capaz de solubilizar fosfatos inorgánicos, producir sideróforos y ácido indol-3-acético. Estas cualidades del micromiceto contribuyen a desarrollo, nutrición y mejora en la calidad de fruto de *Capsicum chinense*.
- Es necesario continuar la bioprospección en micromicetos nativos de los suelos del estado de Colima con el fin de encontrar cepas y especies como *B. brongniartii* para su uso en la agricultura biológico y con ello contribuir a la mitigación del cambio climático.

Proyectos actuales en concurso

“Development of beneficial microbiome communities to increase the resistance against abiotic stress in *Carica papaya* cultivars and *Capsicum annum* relatives”



Desarrollo de biofertilizantes a través de interacciones entre hongos y bacterias y su análisis funcional de la productividad de *Capsicum chinense* y *Zea mays*, y sus respuestas a diferentes estresores bióticos.



Agradecimientos

- Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, U de C.
- Alumnos: Agronomía, Biología y Posgrado.

