

Rodríguez, Alda 1995. *Bases para la Implementación de Sistemas Ecológicos de Producción*. Cáritas Uruguay. Soriano 1461- Montevideo, Uruguay. ISBN 9974-623-01-4

United States Department of Agriculture. Northeast Low-input Sustainable Agriculture Apple Production Project and Cornell University, Rodale Research Center, Rutgers University, University of Massachusetts and University of Vermont. *Management Guide for Low-Input Sustainable Apple Production*.

## Capítulo 5.7

### Bases conceptuales para el Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades



# Control biológico de enfermedades de plantas

Ing. Agr. Pedro Mondino

## SÍNTESIS DE TEMAS

- Plantas y microorganismos.
- Microorganismos benéficos antagonizan a los patógenos de plantas.
- Control biológico.
- Uso de sustancias naturales para el Control Biológico.

## 5-7.1 Plantas y microorganismos

En la naturaleza las plantas viven en permanente interacción con poblaciones de microorganismos. Estos microorganismos (m.o.) (hongos filamentosos, levaduras y bacterias) viven en la cercanía de las plantas y en contacto con ellas, sobre la superficie de las hojas, flores y frutos (microflora filosférica), alrededor de las raíces (microflora rizosférica), sobre las semillas (microflora espermodéfica) o incluso en el interior de la planta (microorganismos endófitos).

A pesar de que las condiciones ambientales que se dan sobre las plantas no parecen *a priori* favorables para el desarrollo de m.o. (se producen grandes oscilaciones de temperatura, vientos, exposición a la luz ultravioleta disponible de agua limitada e intermitente), su presencia es una constante sobre la superficie vegetal. Esto se explica porque el origen y desarrollo evolutivo de las plantas superiores ha ocurrido en un medio ambiente que estuvo siempre colonizado por m.o., de donde ha resultado una coevolución de un amplio rango de asociaciones planta-microorganismo.

Los nutrientes para el crecimiento de los m.o. sobre las superficies vegetales, son generados de manera habitual dentro de la planta y en forma de exudados difunden o son excretados a la superficie. Estos exudados contienen una gran variedad de materiales orgánicos que incluyen azúcares simples, aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas y hormonas de crecimiento de la planta, que pueden ser empleados más o menos eficientemente como sustratos por los distintos microorganismos.

Las poblaciones de m.o. interactúan entre sí y con la planta. Estas interacciones pueden ser beneficiosas para la planta, neutras o perjudiciales. Como es sabido, los patógenos interactúan negativamente con la planta produciendo enfermedad. Por el contrario, otros microorganismos interactúan en forma positiva. Algunos ejemplos

**Algunos ejemplos de acciones benéficas para la planta son: la solubilización de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal y la inducción de resistencia frente a fitopatógenos.**

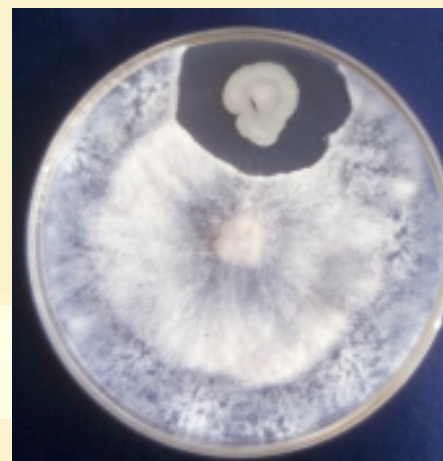
de acciones benéficas para la planta son: la solubilización de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal y la inducción de resistencia frente a fitopatógenos. Indirectamente las plantas también se ven favorecidas cuando estos microorganismos antagonizan a los patógenos de plantas.

## 5-7.2 Microorganismos benéficos antagonizan a los patógenos de plantas

El número de microorganismos en estas comunidades microbianas es inmenso. En la rizosfera de un árbol de roble se calcula que existen 45 mil billones de m.o.

Solamente un escaso número de ellos es potencialmente patógeno de plantas. En la naturaleza existe una interacción continua entre los potenciales patógenos y sus antagonistas de forma tal que estos últimos contribuyen a que no haya enfermedad en la mayoría de los casos; es decir, existe un Control Biológico (CB) que funciona naturalmente (Vero y Mondino 2002). De este modo los organismos patógenos de las plantas (bacterias y hongos fitopatógenos) están en competencia sobre las superficies vegetales con otros microorganismos saprofitas. Esta competencia implica complejas interacciones. Diversos microorganismos saprofitas tienen la capacidad de producir sustancias antibióticas que afectan a los patógenos. Existen varios ejemplos de antagonistas cuyo mecanismo de acción comprobado es la producción de antibióticos. El más conocido sin duda ha sido la producción de penicilina por *Penicillium notatum* descubierta en 1929. Otro ejemplo es el de *Trichoderma* sp., un reconocido hongo antagonista del que se conocen más de 33 especies presentes en los más diversos hábitat. *Trichoderma*, actúa mediante diferentes mecanismos antagonizando a patógenos de plantas (Monte, 2001) entre los que se encuentra la antibiosis. Se ha comprobado que este hongo produce varias sustancias antibióticas entre las que se encuentran la harzianopiridona que ha demostrado ser efectiva en inhibir el crecimiento de numerosos hongos fitopatógenos, entre ellos, *Venturia inaequalis* (hongo causante de la sarna del manzano). (Soares de Melo, 1991, Perzet et al 1999).

La antibiosis es uno de los mecanismos más estudiados en los agentes de CB y numerosas evidencias indican que los



**Foto 5-7.1:** La antibiosis es fácilmente detectada "in vitro". *Bacillus subtilis*, una bacteria antagonista produce un halo de inhibición a su alrededor impidiendo el crecimiento de la colonia de *Botrytis squamosa*.

metabolitos antifúngicos juegan un papel importante afectando la sobrevivencia en el suelo de hongos patógenos de plantas (Soares de Melo, 1991). La facilidad de detectar a la antibiosis "in vitro" ha hecho que éste sea el mecanismo de acción más reportado aunque existen dificultades para determinar cual es su rol en condiciones de campo. (foto 5-7.1). Algunos investigadores cuestionan la utilidad de la antibiosis como mecanismo de acción a la hora de seleccionar antagonistas de plantas debido a que las poblaciones de patógenos pueden generar resistencia a los antibióticos y además estos pueden tener efectos negativos sobre la salud humana. (Mondino y Vero 1999). La generación de resistencia frente a los antagonistas ha sido demostrada para *Agrobacterium tumefaciens* (bacteria causante de la agalla de corona de las plantas) resistentes al Agrosin 84, un antibiótico producido por una cepa de *Agrobacterium radiobacter* (bacteria biocontroladora de la

**La antibiosis es uno de los mecanismos más estudiados en los agentes de CB y numerosas evidencias indican que los metabolitos antifúngicos juegan un papel importante afectando la sobrevivencia en el suelo de hongos patógenos de plantas (Soares de Melo, 1991).**

anterior) (Campbell 1989). También se ha asimilado a la antibiosis, como mecanismo de control biológico, con el uso de plaguicidas. Sin embargo, otros investigadores opinan que no se puede comparar la liberación de una sustancia a escala microbiana con el uso masivo de plaguicidas (Vero y Mondino 2002).

La producción de enzimas capaces de degradar la pared celular de otros hongos es otro mecanismo de antagonizar a los patógenos de plantas. Por ejemplo, diversas especies de *Trichoderma* producen una serie de enzimas extracelulares que degradan o digieren la pared de hongos patógenos como *Botrytis cinerea*. (Monte, 2001; Soares de Melo, 1991). Bacterias y Actinomycetes aislados de la rizosfera de lechuga produjeron quitinasas y glucanasas capaces de degradar las paredes del hongo *Sclerotinia minor* agente causal del tumbado de la lechuga (Tarabily et al 2000).

La competencia por nutrientes, factores de crecimiento o espacio, es otro de los mecanismos mediante los cuales los agentes de control biológico controlan a los patógenos. Es probable que este sea el mecanismo más común mediante el cual los agentes de control biológico antagonizan a los patógenos. Una mayor velocidad de crecimiento, o una mayor eficiencia en el uso de un determinado recurso por parte del antagonista, hace que el mismo no pueda ser utilizado o no quede disponible para el patógeno. Para que exista la competencia el recurso debe ser escaso en el medio. Ha sido demostrado que *Pseudomonas* fluorescentes producen sustancias de alta afinidad por el hierro (sideróforos). Estas bacterias son capaces de secuestrar el escaso hierro disponible en la solución de suelo impidiendo que este sea utilizado por los patógenos (Bagnasco, 1998). Pero no solamente en el suelo puede ocurrir competencia por hierro, *Rhodotorula glutinis* (una levadura antagonista) compete produciendo sideróforos en la herida de manzanas cosechadas evitando la podredumbre azul ocasionada por *Penicillium expansum* (Calvente et al 1999). La competencia por nutrientes es un mecanismo común de antagonismo. Levaduras antagonistas de hongos causantes de podredumbres de poscosecha compiten por Nitrógeno en las heridas del fruto (Vero et al 2002).

Los antagonistas pueden actuar directamente sobre los patógenos de plantas. Numerosos hongos filamentosos y levaduras utilizan a los patógenos como alimento. Los

**La competencia por nutrientes es un mecanismo común de antagonismo. Levaduras antagonistas de hongos causantes de podredumbres de poscosecha compiten por Nitrógeno en las heridas del fruto (Vero et al 2002).**

ejemplos más conocidos de hongos hiperparásitos son *Trichoderma* y *Gliocladium* (Mondino y Vero 1999).

Los m.o. pueden evitar el desarrollo de enfermedades de plantas actuando indirectamente al inducir la resistencia de la planta. Se entiende por resistencia inducida al aumento de las respuestas de defensa de las plantas provocada por un estímulo externo. Se ha demostrado que diferentes m.o. actúan estimulando estas defensas, por ejemplo, existen rizobacterias capaces de inducir resistencia en las hojas de pepinos

**Los m.o. pueden evitar el desarrollo de enfermedades de plantas actuando indirectamente al inducir la resistencia de la planta.**

a la antracnosis ocasionada por el hongo *Colletotrichum orbiculare* (Jeun et al 2003).

### 5-7.3 Control biológico

Manejando la microflora existente en contacto con las plantas es posible controlar a los patógenos de plantas. Es posible sacar ventaja de las interacciones benéficas para la planta favoreciendo su crecimiento y resistencia a patógenos. También es posible utilizar las interacciones antagónicas de forma de eliminar a los patógenos o impedir que estos puedan atacar a la planta y desarrollar la enfermedad. A esto se le ha denominado **Control biológico**. Existen varias definiciones de CB en la literatura. Una de las más utilizadas ha sido la de Baker y Cook que definen al CB

**Manejando la microflora existente en contacto con las plantas es posible controlar a los patógenos de plantas.**

como la «Reducción de la densidad de inóculo o de las actividades productoras de enfermedad de un patógeno o parásito, en su estado activo o durmiente, mediante uno o a más organismos, lograda de manera natural o través de la manipulación del ambiente, del hospedador o del antagonista o por la introducción masiva de uno o más antagonistas» (Baker y Cook, 1974).



**Foto 5-7.2:** Producción de inóculo de *Gliocladium roseum* en frascos utilizando afrechillo de trigo estéril como sustrato. Se intenta producir inóculo utilizando un sustrato de bajo costo y que pueda ser fácilmente utilizado por el productor.

En general cuando hablamos de CB hacemos referencia a la utilización de microorganismos beneficiosos para reducir los efectos indeseables de los patógenos de plantas. Estos microorganismos beneficiosos existen naturalmente y pueden ser seleccionados y replicados en concentraciones mayores y en momentos oportunos para que ejerzan su acción antagónica. También pueden ser potenciadas las poblaciones naturales de microorganismos benéficos mediante un apropiado manejo de los cultivos. Por ejemplo: mediante la incorporación de compost a los suelos estamos incrementando la biodiversidad microbiana y de ese modo dificultando el desarrollo de los patógenos.

Seleccionando microorganismos por su habilidad para antagonizar o controlar a los patógenos de plantas se ha logrado obtener cepas eficientes con las que se ha logrado desarrollar formulados comerciales. Existen en otros países formulados comerciales cuyo ingrediente activo son hongos, levaduras o bacterias. Estos productos son definidos como biopesticidas o fungicidas biológicos. En nuestro país aun no se han registra-

do productos de este tipo, pero se espera que en poco tiempo dispongamos en el mercado de formulaciones biológicas para el biocontrol de enfermedades de plantas. Varios trabajos de investigación intentan desarrollar formulados a partir de cepas aisladas y seleccionadas a nuestro país. Es de esperar que en pocos años dispongamos de productos biológicos nacionales con mejor



**Foto 5-7.3:** Ensayo de campo evaluando el control de la mancha foliar y punta seca de la cebolla mediante aplicaciones semanales de *Gliocladium roseum*. Centro Regional Sur. Facultad de Agro-

potencial que los importados. Esto es debido a que utilizan cepas aisladas y seleccionadas en nuestras condiciones de producción lo que estaría garantizando una mayor adaptación al hábitat en que deben actuar.

Trabajos realizados por la Unidad de Fitopatología del Departamento de Protección Vegetal intentan desarrollar formulaciones biológicas basándose en el uso de hongos antagonistas de patógenos de plantas (Silvera et al 1998).

Dentro de estos se destacan el uso de *Gliocladium roseum* para el control de *Botrytis squamosa* agente causal de la mancha foliar y punta seca de la cebolla. Cepas nativas de *Gliocladium* encontradas parasitando esclerotos de *Botrytis* fueron seleccionadas

**Seleccionando microorganismos por su habilidad para antagonizar o controlar a los patógenos de plantas se ha logrado obtener cepas eficientes con las que se ha logrado desarrollar formulados comerciales.**

por su capacidad antagónica frente a aislamientos de *Botrytis squamosa* obtenidos de plantas enfermas. Se ajustó la producción masiva del antagonista utilizando sustratos de bajo costo como afrechillo o semillas de trigo (Foto 5-7.2). Se realizaron ensayos de aplicaciones semanales de *Gliocladium* a los almárgos de cebolla para el control de la enfermedad lográndose resultados promisorios. (Foto 5-7.3)

Para el control de *Sclerotinia sclerotiorum*, agente causal de la podredumbre blanda de las hortalizas, se realizó una búsqueda y selección de m.o. antagonistas provenientes de aquellos suelos en los que se realiza el cultivo y la incidencia de la enfermedad es baja. Se busca encontrar microorganismos adaptados a los suelos en donde se realiza el cultivo (Silveira et al 2002, Silveira et al 2001). Finalmente se intenta integrar el control biológico con otras prácticas de manejo como la solarización del suelo (Gepp et al 2001, Gepp et al 2001(a), Gepp et al 1999).

Investigaciones tendientes a desarrollar métodos de C.B. para enfermedades de poscosecha están siendo realizadas por la Cátedra de Microbiología de la Facultad de Química. Entre ellas se destaca el uso de levaduras antagonistas de *Penicillium* en manzanas (Vero et al 2002).

### 5-7.4 Uso de sustancias naturales para el Control Biológico

No solamente los biopesticidas o pesticidas microbianos son considerados herramientas de Control Biológico. También se reconocen como tales a sustancias naturales como los propóleos, extractos de plantas, quitosano, bicarbonato de sodio y vinagres entre otros.

La integración de los agentes de control biológico con algunas de estas sustancias ha permitido potenciar su acción (Karabulut et al 2001, Droby et al 2003).

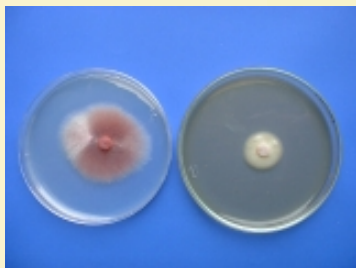
Extractos de *Chelidonium majus* L., una planta medicinal de la familia de las *Papaveraceae*, fueron efectivos en inhibir el crecimiento de diferentes *Fusarium* patógenos de plantas (Matos et al 1999).

Por otra parte es conocida la actividad antimicrobiana de los extractos de propóleos por la que son utilizados en medicina humana (Kartal et al 2003). Los

Los propóleos son sustancias resinosas colectadas por las abejas de diferentes plantas. Su uso en el control de enfermedades de plantas ha sido poco investigado. Recientemente se ha demostrado su efectividad inhibiendo el desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides* (Sosa López et al 2000).

propóleos son sustancias resinosas colectadas por las abejas de diferentes plantas. Su uso en el control de enfermedades de

(*Bacharia* sp.) inhibieron "in vitro" el crecimiento de *Botrytis squamosa* y *Fusarium* sp.. (Foto 5-7.4)



**Foto 5-7.4:** Inhibición del crecimiento de la colonia de *Fusarium* sp. aislada de zapallos enfermos, por incorporación al medio de extracto acuoso de chirca.

plantas ha sido poco investigado. Recientemente se ha demostrado su efectividad inhibiendo el desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides* (Sosa López et al 2000).

En la Unidad de Fitopatología se han iniciado trabajos en la evaluación de diferentes extractos de plantas para el control de enfermedades foliares y de poscosecha de hortalizas. Extractos acuosos de chirca



**Foto 5-7.5:** Inhibición de la colonia de *Fusarium* sp. por diferentes concentraciones de propóleos.

Al mismo tiempo, se está ensayando el uso de extractos alcohólicos de propóleos para el control de podredumbres de poscosecha de zapallos. Se ha logrado inhibir "in vitro" el crecimiento de *Fusarium* sp aislados de zapallos enfermos (Foto 5-7.5).

El objetivo de estos trabajos es encontrar alternativas de bajo costo para el productor que puedan ser utilizadas en el manejo integrado de las enfermedades de plantas.

## BIBLIOGRAFIA

- Baker, K.F. y Cook, R.J. 1974. Biological Control of Plant Pathogens. Freeman. San Francisco, USA.
- Bagnasco, P., De La Fuente, L., Gualtieri, G., Noya, F. and Arias, A. (1998). Fluorescent *Pseudomonas* spp. as biocontrol agents against forage legume root pathogenic fungi. *Soil Biology and Biochemistry* 30, 1317-1322.
- Campbell, R. 1989. Biological control of microbial plant pathogens. Cambridge University Press. Cambridge 218p.
- Calvente, V.; Benuzzi, D.; y M.I.S. de Tosetti (1999) Antagonistic action of siderophores from *Rhodotorula glutinis* upon the postharvest pathogen *Penicillium expansum*. *International Biodeterioration & Biodegradation* 43, 167-172
- Diaz, M.V. (2001). Control de enfermedades en postcosecha de frutos. Alternativas al uso de plaguicidas. Trabajo especial I para la Licenciatura en bioquímica. Universidad de la República.
- Droby, S., Wisniewski, M., El Ghaouth, A. and Wilson, C. (2003). Influence of food additives on the control of postharvest rots of apple and peach and efficacy of the yeast-based biocontrol product Aspire. *Postharvest Biology and Technology* 27:127-135.
- El-Tarabily, K.A., Soliman, M.H., Nassar, A.H., Al-Hassani, H.A., Sivasithamparam, K., Mc Kenna F., and Hardy G. E. St. J. (2000)
- Biological control of *Sclerotinia minor* using a chitinolytic bacterium and actinomycetes. *Plant Pathology* 49, 573-583
- Gepp, V.; Silvera, E.; Casanova, S. & Tricot, D. 2001. Control del "tumbado" de la lechuga mediante solarización del suelo. In Resúmenes del VIII Congreso Nacional de Horticultura. SUH. Salto. Uruguay. 07 - 10/11/01. p.55.
- Gepp, V., Silvera, E., Casanova, S. & Tricot, D. 2001a. Solarization in the management of lettuce drop (*Sclerotinia* spp.) . In: Young CS, Hughes KJD, eds. Proceedings of Sclerotinia 2001 – The XI International Sclerotinia Workshop, York 8<sup>th</sup>-12<sup>th</sup> July 2001, York, England: Central Science Laboratory, York, England. 135-136.
- Gepp, V., Silvera, E., Rodríguez, J. Y Gómez, A. 1999. La solarización para el control de *Sclerotinia*. III Congreso de Agricultura Orgánica del Uruguay y II Encuentro de Producción Orgánica del Mercosur. Montevideo, 2-4 de diciembre.
- Janisiewicz, W.J. y Bors, B. 1995. Development of a microbial community of bacterial and yeast antagonist to control woun-invading postharvest pathogens of fruits. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 3261-3267.
- Jeun, Y.C., Park, K.S., Kim, C.H., Fowler, W.D., and Kloepper, J.W. (2003) Cytological observations of cucumber plants during induced resistance elicited by rhizobacteria. *Biological Control* (in press).
- Karabulut, O. A., Lurie, S. and Droby, S. (2001) Evaluation of the use of sodium bicarbonate, potassium sorbate and yeast antagonists for decreasing postharvest decay of sweet cherries. *Postharvest Biology and Technology* 23: 233-236.
- Kartal, M., Yýldýz, S., Kaya, S., Kurucu, S., and Topçu G. (2003). Antimicrobial activity of propolis samples from two different regions of Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology* 86:69-73
- Matos, O.C, Baeta, J., Silva, M. J., y Pinto Ricardo, C.P.(1999) Sensitivity of *Fusarium* strains to *Chelidonium majus* L. extracts. *Journal of Ethnopharmacology* 66:151-158
- Mondino, P. & Vero, S. 1999 Control Biológico Postcosecha. Medidas para conservar fruta y hortalizas. *Horticultura Internacional*, Año 7, N° 26 noviembre de 1999, p 29 - 36.
- Silveira, A.C.; Gepp, V.; & Perez, E. 2002. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* in Uruguayan

vegetable crops. 8th International Congress of Plant Pathology, Christchurch, Nueva Zelanda, 3–7 de febrero de 2003. p. 33

Silveira, A.C.; Gepp, V.; & Perez, E. 2001. Aislamiento y selección de hongos antagonistas de *Sclerotinia sclerotiorum*. In: Anais da 7ª Reuniao de Controle Biológicos de Fitopatógenos. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho. 26-27 de noviembre de 2001. p.95.

Silvera E., González, P., Mondino, P., Galván, G., y Gepp, V. (1998) Segundo año de evaluación del Control Biológico de la mancha foliar y punta seca de la cebolla (*Allium cepa*) Ocasionada por *Botrytis squamosa* en almacigo. Resumen en Fitopatología Vol 34 (2) p .51-52

Sosa López, A. A. - Cabrera, M.G. - Alvarez, R.E. Ramírez, S.S. y Rolin, H. D. (2000) Propóleos: alternativa en el control biológico de patologías fungosas e las plantas cultivadas. Universidad Nacional Del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.

Pezet, R.; Pont, V. and Tabacchi, R. (1999). Simple Analysis of 6-pentyl—Pyrone, a Major Antifungal Metabolite of *Trichoderma* spp., Useful for Testing the Antagonistic Activity of these Fungi. *Phytochemical Analysis* **10**,285–288.

Vero, S. Mondino, P. Burgueño, J. Soubes M. and Wisniewski. M. (2002) Characterization of Biocontrol Activity of Two Yeast Strains from Uruguay Against Blue Mold of Apple. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 26 (1) pp. 91 – 98.

Vero, S., y Mondino, P., 2002. *Control biológico de enfermedades de plantas*. En Perfil Ambiental del Uruguay 2002, Ana Dominguez y Ruben Prieto (Coordinadores) p.81-92

## Capítulo 5.8

### Bases conceptuales para el Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades



# Control biológico de patógenos en postcosecha de manzanas

**Dra. Silvana Vero<sup>1</sup>,  
Fernanda Garat<sup>2</sup>  
Inés de Aurrecochea<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Docente Cátedra de Microbiología, Facultad de Química (UDELAR)

<sup>2</sup>Docente Cátedra de Microbiología, Facultad de Química (UDELAR)

<sup>3</sup>Departamento de Biometría, Estadística y Computación, Facultad de Agronomía (UDELAR)