

ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR

# MANEJO SOSTENIBLE DEL CULTIVO DE ARROZ EN AMBIENTES CON PRESENCIA DE ENTORCHAMIENTO

Lenin Paz Carrasco  
Luis Peñaherrera - Colina  
Manuel Carrillo Zenteno  
Alexandra Cuaycal Bastidas

**Boletín Divulgativo No. 447**

## MANEJO SOSTENIBLE DEL CULTIVO DE ARROZ EN AMBIENTE CON PRESENCIA DE ENTORCHAMIENTO

Lenin Paz Carrasco<sup>y</sup>, Luis Peñaherrera-Colina<sup>y</sup>, Manuel Carrillo Zenteno<sup>y</sup>,  
y Alexandra Cuaycal Bastidas<sup>z</sup>.

Departamento de Protección Vegetal, Laboratorio de Fitopatología, Estación  
Experimental Litoral Sur, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias  
(INIAP), Km 26 vía Durán Tambo, Yaguachi, Guayas, Ecuador

Palabras clave: RSNV, *Polymyxa*, hongos, bacterias, herbicidas, nutrición  
mineral

Boletín Divulgativo No. 447

### Cita de la publicación:

Paz, L; Peñaherrera-Colina, L; Carrillo, M; Cuaycal, A. 2020. Manejo sostenible  
del cultivo de arroz en ambientes con presencia de entorchamiento. Yaguachi,  
EC, Estación Experimental Litoral Sur. 10 p. (Boletín Divulgativo No. 447).

### Créditos de las figuras:

Paz, L. 2021. Figuras: Portada sin logotipos e identidad gráfica institucional sólo  
aquellas figuras relacionadas con la investigación / Planta de arroz con síntomas  
de deformación por infección con el RSNV / Pelos radiculares de arroz, donde se  
aprecia la presencia de los cistosoros en el interior de la célula / Aislados de  
hongos del suelo que presentaron capacidad de degradar quitina / Evaluación *in  
vitro* de los efectos de herbicidas sobre el desarrollo de hongos del suelo /  
Evaluación *in vitro* de los efectos de herbicidas sobre el desarrollo de bacterias  
del suelo. [Figura].

1ra edición: 2021  
Imprenta: Servigrab  
Tiraje: 1000

<sup>y</sup> Investigadores del proyecto SENESCYT-INÉDITA PIC-18-INE-INIAP-001.

<sup>z</sup> Laboró como consultora del proyecto en mención de marzo hasta junio de 2019.

## PRÓLOGO

Los virus necesitan de un hospedero genéticamente compatible para causar una infección con la participación activa de un mecanismo de transmisión para el caso de la enfermedad del entorchamiento del arroz, es de índole biológico.

El virus una vez en el interior de la célula vegetal llega a ejecutar procesos moleculares que le permitirán a éste parásito obligado, formar o ensamblar más partículas virales infecciosas.

El presente boletín divulgativo tiene como objetivo informar como un inadecuado manejo de la nutrición en el cultivo de arroz, desequilibrio en el balance de los organismos del suelo y, un control químico de malezas sin procedimientos técnicos recomendados, pueden propiciar un ambiente favorable para que se agrave más el daño causado por el entorchamiento del arroz.

La salud del suelo y la calidad de la misma, inciden en la forma en que los organismos benéficos presentes en el microbioma del suelo, puedan actuar como agentes de control biológico hacia el vector responsable de la transmisión del virus.

**Los autores**

## AGRADECIMIENTO

Los autores de este documento dejan constancia de agradecimiento a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) que a través del Programa Nacional de Financiamiento para Investigación INÉDITA fue posible su impresión por medio del proyecto de investigación PIC-18-INE-INIAP-001.

A Jeanneth Muñoz y Alexandra Reyes del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) por el apoyo administrativo dado al proyecto de investigación mencionado.

Al personal de la Unidad de Contabilidad de la Estación Experimental Litoral Sur del INIAP por coparticipar en el segmento financiero del proyecto.

Al personal de apoyo del Laboratorio de Fitopatología, Sra. Mónica Puga y Sr. Edison Escobar por el acompañamiento en las actividades investigativas del proyecto.

Al Q.F. Rafael Pèrez Zambrano por la preparación de la quitina utilizada en los ensayos experimentales.

A los profesionales en investigación científica de la Estación Experimental Litoral Sur del INIAP, Ing. Carol Moncada e Ing. Daniel Navia y, al personal técnico de la Dirección de Gestión del Conocimiento Científico del INIAP por las críticas y sugerencias realizadas a éste documento divulgativo.

## ANTECEDENTES

La enfermedad conocida como entorchamiento del arroz es causada por el *Rice stripe necrosis virus* (RSNV) transmitido por *Polymyxa graminis*; fue reportada por primera vez, en el continente africano en 1977 en Costa de Marfil, Liberia, Nigeria y Sierra Leona; en este último país, fue corroborada su presencia en el 2020; después, ha sido relatada en Colombia-1991, Brasil-2001, Ecuador-2003, Argentina-2008, Benin-2012, Burkina Faso-2013 y Mali-2016.

La movilidad de semilla de arroz, suelo y maquinaria agrícola de zonas contaminadas con *P. graminis* infectivos (que llevan al RSNV), son motivos de importancia epidemiológica porque son un medio de diseminación hacia otros ambientes de suelos arroceros exentos de la enfermedad del entorchamiento.

La planta de arroz infectada por el RSNV, expresa un síntoma externo de deformación; en casos severos, puede haber muerte de la planta de arroz (Figura 1).



Figura 1. Planta de arroz con síntomas de deformación por infección con el RSNV.

En relación al vector, *P. graminis*, un plasmodiόforo que adquiere al RSNV de una planta de arroz infectada, llegando a mantener toda su generaci3n biol3gica activamente infecciosa; es decir, tiene una capacidad de transmitir al RSNV por un tiempo indeterminado. *P. graminis* en su ciclo de vida desarrolla una estructura de resistencia llamada cistosoro cuyo parasitismo, llega a ser observable por simple microscopía 3ptica de luz aplicada en las c3lulas de los pelos radiculares como se demuestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Pelos radiculares de arroz donde se aprecia a los cistosoros en el interior de la c3lula.

El cistosoro que proviene de un *P. graminis* infeccioso, con su germinaci3n da origen a una zoospora biflagelada que contendr3 en su interior al RSNV y, por su movilidad, llegar3 a enquistarse en los pelos radiculares para iniciar la infecci3n y la continuidad de su ciclo de vida con producci3n de nuevos cistosoros y zoosporas biflageladas infecciosas.

El cistosoro permanecer3 viable en el suelo, a3n si este, no llegara a parasitar un hospedero, constituyendo de esta forma una fuente de in3culo de dispersi3n cuando se trasladan maquinarias agr3colas y aperos de labranza; principalmente, si no han sido adecuada y oportunamente desinfectados.

Además, las semillas o granos de arroz contaminados en su cáscara con partículas de suelo que llevan cistosoros infectivos, son vías, para contaminar nuevas localidades arroceras libres de la enfermedad.

En Ecuador, desde que se determinó la presencia del entorchamiento conllevó a realizar investigaciones para controlar al vector por procedimientos físicos y químicos sin que se hayan obtenido efectos positivos sobre *P. graminis*.

El material genético de arroz hasta ahora evaluado en la Estación Experimental Litoral Sur continúa expresando sensibilidad a la enfermedad.

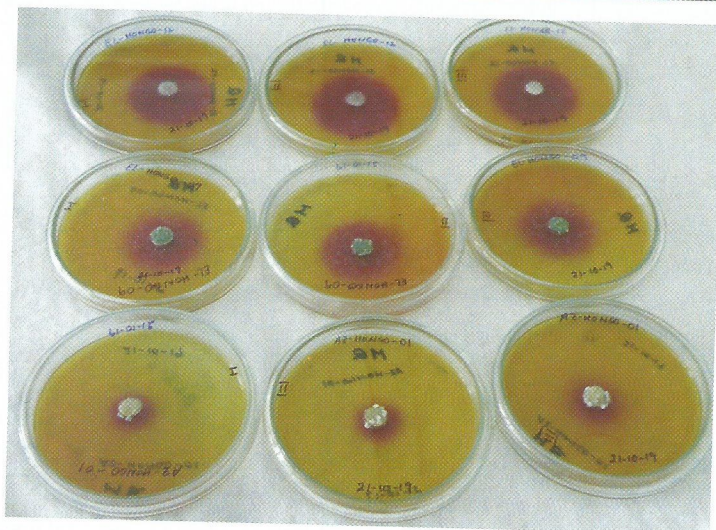
Debido a la importancia social y económica de ésta enfermedad que compromete la seguridad alimentaria en Ecuador, se desarrolló un proyecto de investigación a través del Programa Nacional de Financiamiento para Investigación – INÉDITA de la SENESCYT y con apoyo del PNUD.

## OBJETIVOS

Los objetivos fueron (1) determinar en el microbioma del suelo, donde se presenta el entorchamiento, la presencia de organismos antagonistas con capacidad de controlar a *P. graminis* y que tenga una especificidad de degradar la quitina de su pared celular. Además, (2) conocer el impacto de los herbicidas de uso regular en el cultivo de arroz sobre hongos y bacterias recuperadas del microbioma del suelo.

## RESULTADOS

De una serie de pruebas, se determinó que tres aislados de hongos de suelo infestado con *P. graminis* mostraron capacidad de degradar la quitina en un medio diferencial enriquecido con aquel polisacárido (Figura 3).



**Figura 3. Aislados de hongos del suelo que presentaron capacidad de degradar quitina.**

Los herbicidas pueden favorecer o inhibir el desarrollo biológico de determinados hongos y bacterias con la posibilidad de que nuevos arreglos en la estructura poblacional de estos organismos lleguen a formarse en el microbioma del suelo. Esta situación puede llegar a favorecer o no en el crecimiento tanto de *P. graminis* y de sus posibles antagonistas naturales así como, de otros organismos patogénicos.

Para comprobar esto, se aislaron hongos en condiciones *in vitro* procedentes del microbioma del suelo infestado con *P. graminis* y, en forma aleatoria, se seleccionaron especies de hongos que se sometieron a medios de cultivo que contenían individualmente dosis comerciales de los herbicidas preemergentes: bentiocarbe, butaclor, oxadiazón, oxifluorfen y pendimetalín. De entre ellos, pendimetalín, bentiocarbe y butaclor afectaron el desarrollo del micelio y en otros casos, con manifestación de un crecimiento atípico de esta estructura del hongo (Figura 4). Esto permite adelantar que el crecimiento de cierto grupo de organismos se ve favorecido por el uso de determinado grupo de herbicidas.



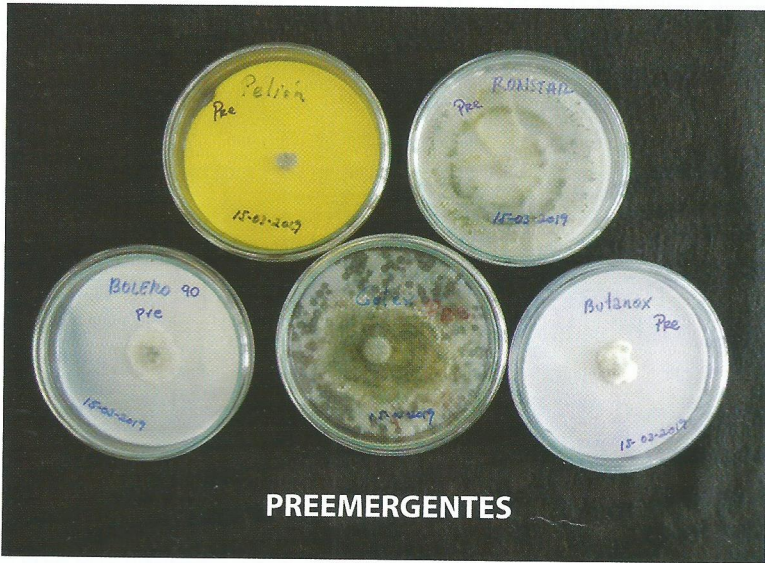


Figura 4. Evaluación *in vitro* de los efectos de herbicidas sobre el desarrollo de hongos del suelo.

En bacterias, por citar casos, una Gram (+) y otra Gram (-) formaron una matriz alrededor del disco impregnado con bentiocarbo, butaclor, oxyfluorfen, oxadiazón, pendimetalín, cyhalofop butil, 2,4-D amina, fenoxaprop-P-etil, profoxydim (Figura 5).

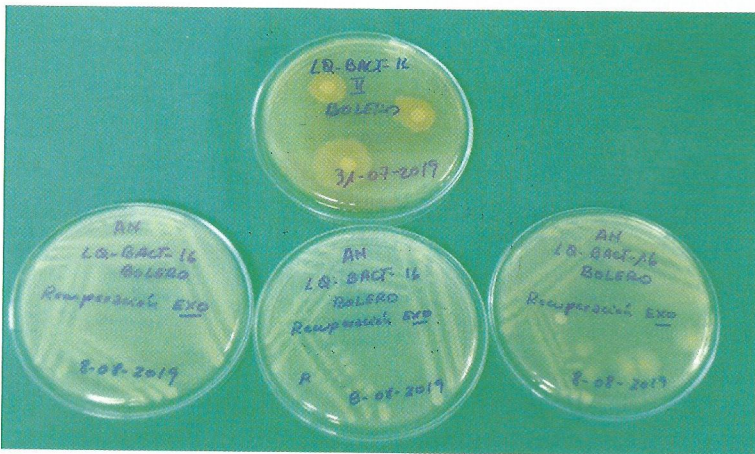


Figura 5. Evaluación *in vitro* de los efectos de herbicidas sobre el desarrollo de bacterias del suelo.

A través de un rayado por agotamiento en medio de cultivo agar nutritivo con aquella matriz que se formó, la bacteria llegó a desarrollarse. Esto permite conocer la posible existencia de un mecanismo de reacción que puede estar activándose ante la presencia de los herbicidas. Al igual que lo observado con hongos, también se observa determinada preferencia en el aprovechamiento de algunos herbicidas en este grupo de organismos.

Este comportamiento permite establecer que es posible, en función de las especies de malezas presentes, seleccionar aquellos herbicidas que mejor se ajusten a las necesidades de control y que menor efecto nocivo ejerzan sobre los potenciales enemigos naturales de *P. graminis*, de tal forma que, se promueva su desarrollo y crecimiento y, en consecuencia, incrementar las posibilidades de un biocontrol.

Una forma de prevenir la afectación de enfermedades al cultivo de arroz es tener plantas vigorosas y esto se consigue con un adecuado programa de nutrición vegetal; para aquello, se deberá considerar los requerimientos del cultivo de arroz y, la disponibilidad de nutrientes existentes en el suelo de acuerdo al ecosistema agrícola donde se desarrolla esta gramínea.

La disponibilidad y la reserva de elementos nutricionales y un microbioma bioactivo y sostenible tienen su importancia en la calidad y en la salud del suelo. De acuerdo con Janvier et al. (2007), la calidad de un suelo está relacionada a la función que llega a cumplir ella y la salud del suelo, a una fuente de vida que es finita y dinámica.

Considerando dos ambientes de siembra de arroz de la vía Vines-Mocache donde se presenta el entorchamiento, en el Cuadro 1 se detallan los resultados de las características físicas y químicas de estos dos suelos contaminados con *P. graminis* infectivos que llevan al RSNV.

**Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo de dos ambientes de siembra de arroz donde se presenta la enfermedad del entorchamiento.**

Parámetros	Ambiente 1	Ambiente 2
Nitrógeno (mg/kg)	3 (B)	21 (M)
Fósforo (mg/kg)	15 (M)	27 (A)
Potasio (meq/100ml)	0,47 (A)	0,37 (M)
Azufre (mg/kg)	4 (B)	16 (M)
Calcio (meq/100ml)	2,5 (B)	3,4 (B)
Magnesio (meq/100ml)	2,2 (A)	3,6 (A)
Hierro (mg/kg)	429 (A)	358 (A)
Manganeso (mg/kg)	53 (A)	128,0 (A)
Boro (mg/kg)	0,4 (B)	0,200 (B)
Cobre (mg/kg)	12,0 (A)	9,7 (A)
Zinc (mg/kg)	5,5 (M)	8,5 (A)
M.O. (%)	4,6	3,7
Textura	Franco	Franco
pH	6,8	5,9
C.E. (dS/m)	0,42	0,46
C.I.C. (meq/100ml)	10	24

**M.O.** = Materia orgánica; **pH** = Potencial de hidrógeno; **C. E.** = Conductividad eléctrica; **C.I.C.** = Capacidad de intercambio catiónico; **A** = Alto; **B** = Bajo; **M** = Medio

Según la textura de estos dos suelos, no presentan elevada proporción de arcilla, contrario al limo y arena que predominan; por lo tanto, este suelo será permeable y suelto y, para cultivo de arroz de inundación, puede tener inconveniente para mantener la lámina de agua.

El pH del suelo oscila entre 5,9 y 6,8 que es ideal para la mayoría de los cultivos, donde no se espera retención o secuestro de nutrientes; por el contrario, la mayoría de elementos esenciales estarán libres y disponibles, salvo déficit natural del suelo que debe ser complementado con la fertilización.

Los valores de la Conductividad Eléctrica (C.E.) menores a 0,5 dS/m, Materia Orgánica (M.O.) (3,7 y 4,6) son muy buenos en estos suelos, variando en la Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) donde el suelo del ambiente 1, sería calificado por sus posibles reservas de nutrientes como poco fértil (10 meq/100ml) y el suelo del ambiente 2 como medianamente fértil (24 meq/100ml). Los déficits preocupantes en estos suelos son (i) el azufre (S), éste elemento químico interviene en la producción de la molécula de la clorofila y, en la síntesis de varios cofactores enzimáticos como la biotina, tiamina, glutatión y de la coenzima A; y, (ii) el boro (B), un elemento químico que permite asegurar la producción al intervenir este en la formación del tubo polínico y en los granos de arroz; y además, de llegar a darle la estabilidad y la rigidez a la pared celular.

De los elementos que pudieran estar determinando el mayor o menor daño por el entorchamiento del arroz, es el calcio (Ca), que en los dos suelos se encuentra en valores bajos. El Ca interviene en el reforzamiento de la estructura de la pared celular, dando mayor resistencia o dureza; con estos valores bajos podría favorecer el parasitismo de *P. graminis*. Por esto, será indispensable mejorar la nutrición del cultivo de arroz con aplicaciones de fertilizantes que lleven este elemento hasta completar su necesidad y reducir el impacto del parasitismo de este vector del suelo.

Importante dejar nuevamente claro, que *P. graminis* como organismo no es un patógeno; su importancia radica cuando este, se convierte en vector del RSNV tomando de ésta forma relevancia en la epidemiología de la enfermedad del entorchamiento.

*Polymyxa graminis* parasita distintas especies de poaceas que se desarrollan con el cultivo de arroz; motivo por el cual, al conocer de ellas su bioecología, morfología, fisiología y los elementos minerales asimilados del suelo propenden a establecer acertadas alternativas, especialmente en la elección de aquellos herbicidas

que no ejerzan un impacto negativo sobre el microbioma del suelo para el manejo integrado de malezas dando así, la respectiva sostenibilidad del cultivo de arroz al no provocar el desequilibrio del microbioma y, en consecuencia, también la supresión de aquellos organismos como potenciales antagonistas.

Así mismo, cuando se proceda a la siembra de semilla de arroz impregnada (bioformulada) con una bacteria u hongo antagonista para el control biológico de *P. graminis* se necesitará que aquel suelo no manifieste alteración biológica desfavorable por una aplicación no deseable de un ingrediente activo de herbicida.

De manera general, se debe considerar que las alternativas de control de malezas a ser aplicadas sean amigables con la salud del suelo.

Finalmente, el manejo de la enfermedad del entorchamiento del arroz, direccionado a controlar a *P. graminis* con estrategias biológicas deberán enfocarse en no afectar la constitución natural del microbioma del suelo por aspersiones de herbicidas u otro tipo de agroquímicos que incidan negativamente sobre los hongos y las bacterias que en ella existen y que puedan estar actuando en la degradación molecular de la quitina, que el cistosoro lo tiene como un constituyente de su pared celular.

## REFERENCIAS

Dordas, C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28(1):33-46.

Huber, DM. 1990. Fertilizers and soil-borne diseases. *Soil Use and Management* 6(4):168-173.

Janvier, C; Villeneuve, F; Alabouvette, C; Edel-Hermann, V; Maitelle, T; Steinberg, C. 2007. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators? *Soil Biology & Biochemistry* 39(1):1-23.

Johnsen, K; Jacobsen, CS; Torsvik, V. 2001. Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils – a review. *Biology and Fertility of Soils* 33(6):443-453.

Kalia, A; Gosal, SK. 2011. Effect of pesticide application on soil microorganisms. *Archives of Agronomy and Soil Science* 57(6):569-596.

Maurino, MF; Giménez, M.d.I.P; Kruger, RD; Cúndom, MA; Gutierrez, SA; Celli, MG. 2018. First report of Rice stripe necrosis virus in Argentina. *Crop Protection* 114:143-147.

Mekwatanakarn, P; Sivasithamparam, K. 1987. Effect of certain herbicides on soil microbial populations and their influence on saprophytic growth in soil and pathogenicity of take-all fungus. *Biology and Fertility of Soils* 5(2):175-180.

Paz, L. 2019. Entorchamiento del Arroz. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador) / SENESCYT (Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, Ecuador) / PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Ecuador). Yaguachi, Guayas, Ecuador. 6 p. (Plegable No. 442).





**Boletín Divulgativo No. 447**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR  
"Dr. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"**

Parroquia Virgen de Fátima, km 26, vía Duran-Tambo

Tel: 2724260 – 2724262

Apartado Postal: 09-01-7069

[litoralsur@iniap.gob.ec](mailto:litoralsur@iniap.gob.ec)

Yaguachi – Guayas – Ecuador

Página Web: [www.iniap.gob.ec](http://www.iniap.gob.ec)

Facebook: [agroinvestigacionecuador](https://www.facebook.com/agroinvestigacionecuador)

Twitter: @INIAP ECUADOR



Juntos  
lo logramos