EL *TRICHODERMA SPP.*

Y SU APORTE A LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS

Msc. Lic. Rosa Virginia Suárez A.

Lic. Miguel Angel Crespo C.

1.- ANTECEDENTES.-

Bolivia es uno de los ocho países más ricos en Biodiversidad del planeta. Sin embargo, ésta riqueza no ha sido aprovechada para el desarrollo sostenible nacional. Es más, históricamente las políticas públicas sólo se han circunscrito fundamentalmente a la explotación de los recursos naturales no renovables, condenando a nuestro país a ser un productor de materias primas para el mercado mundial. Esta situación se ha reflejado en el poco o ningún apoyo estatal a la investigación científica relacionada con el uso sostenible de los recursos genéticos de alto valor estratégico que existen en Bolivia y que no son aprovechados para el desarrollo nacional.

En la actual coyuntura, el planeta esta viviendo una serie de crisis que son el resultado de modelos de desarrollo que no son sostenibles y que se reflejan en las problemáticas ambientales, alimentarias, energéticas, etc. Paradójicamente, Bolivia por su poco o débil desarrollo industrial, pero con una gran riqueza en biodiversidad, el estado no ha sabido aprovechar de estas crisis que se convierten en oportunidades, para llevar a cabo políticas que deriven en un verdadero desarrollo sostenible en base a los recursos de la biodiversidad.

Uno de los componentes de la biodiversidad, son los microorganismos presente en los suelos, insectos, plantas, etc. Muy poco se ha estudiado acerca de este importante componente de la naturaleza. Sin embargo, en las últimas décadas emprendimientos privados en Bolivia, han iniciado procesos de investigación é innovación tecnológica de microorganismos que tienen un rol importante en la salud, la agricultura, en la alimentación, en la descontaminación de aguas, degradación de residuos tóxicos, etc. En este marco y mediante el uso de microorganismos, se está aportando a la biorremediación de suelos en proceso de desertificación, y/o suelos contaminados por la actividad minera, hidrocarburífera, etc.

En este contexto, PROBIOMA cuya sede se encuentra en el Departamento de Santa Cruz, ha llevado a cabo desde hace 21 años, investigaciones é innovaciones tecnológicas relacionadas al uso de los recursos genéticos, en este caso microorganismos nativos, que puedan contribuir al control biológico de plagas en la agricultura, como una alternativa al uso de agroquímicos.

Este esfuerzo privado ha sido desarrollado en el departamento de Santa Cruz, que concentra el 78% de la biodiversidad del país y que además produce más del 80% de los alimentos que requiere Bolivia.

El control biológico es parte de las leyes de la naturaleza mediante la cual, las especies son reguladas en su crecimiento poblacional por otros enemigos naturales. En este sentido, el proceso de investigaciones, innovaciones y aplicaciones de los controladores biológicos que se han llevado a cabo, no han hecho más que seguir este proceso natural, que no afecta a la biodiversidad ni a la salud humana. Asimismo, el control biológico no genera resistencia de las plagas y tampoco supone una forma de dependencia del productor a esta biotecnología, ya que en la medida en que las condiciones ambientales lo permiten, los microorganismos se establecen y generan la base de un control natural en el futuro.

En este marco, el proceso llevado a cabo ha estado dirigido en primera instancia a identificar microorganismos benéficos y/o que son controladores de determinadas plagas presentes en los cultivos. De esta manera se ha procedido a aislar y multiplicar dichos microorganismos en condiciones de laboratorio y posteriormente reinsertarlas en campo. Es así que se han llevado a cabo pruebas de validación en campo y paralelamente se han llevado a cabo formulaciones específicas que faciliten la aplicación en campo. Asimismo se han desarrollado investigaciones relacionadas a establecer formulaciones que permitan la aplicabilidad de los microorganismos en campo y que al mismo tiempo sean viables económicamente para el productor.

En este proceso, se ha logrado la identificación y posterior desarrollo de un microorganismo, como es el caso del *Trichoderma spp*., cuyo aporte no solo se da en el control biológico de enfermedades, sino en la remediación de suelos. En este sentido, se ha dado un paso muy importante en el reconocimiento del valor que tienen los recursos genéticos de la biodiversidad, como son los microorganismos. Este aspecto demuestra la importancia de los microorganismos en los programas de mejoramiento de suelos y en la biorremediación de los mismos.

El término biorremediación fue acuñado a principios de la década de los 80. Los científicos observaron que era posible aplicar estrategias de remediación que fuesen biológicas y basadas en la capacidad de los microorganismos, de realizar procesos degradativos.

2.- Importancia de los microrganismos en la dinámica formadora y transformadora del suelo

Los microorganismos de suelo, son los componentes más importantes de éste. Constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo de la estructura del suelo.

Estos microorganismos pueden ser: bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios. Un suelo fértil es aquel que contiene una reserva adecuada de elementos nutritivos disponibles para la planta, o en su defecto, una población microbiana que libere nutrientes poniéndolos a disposición de la planta, permitiendo, de este modo, un buen desarrollo vegetal.

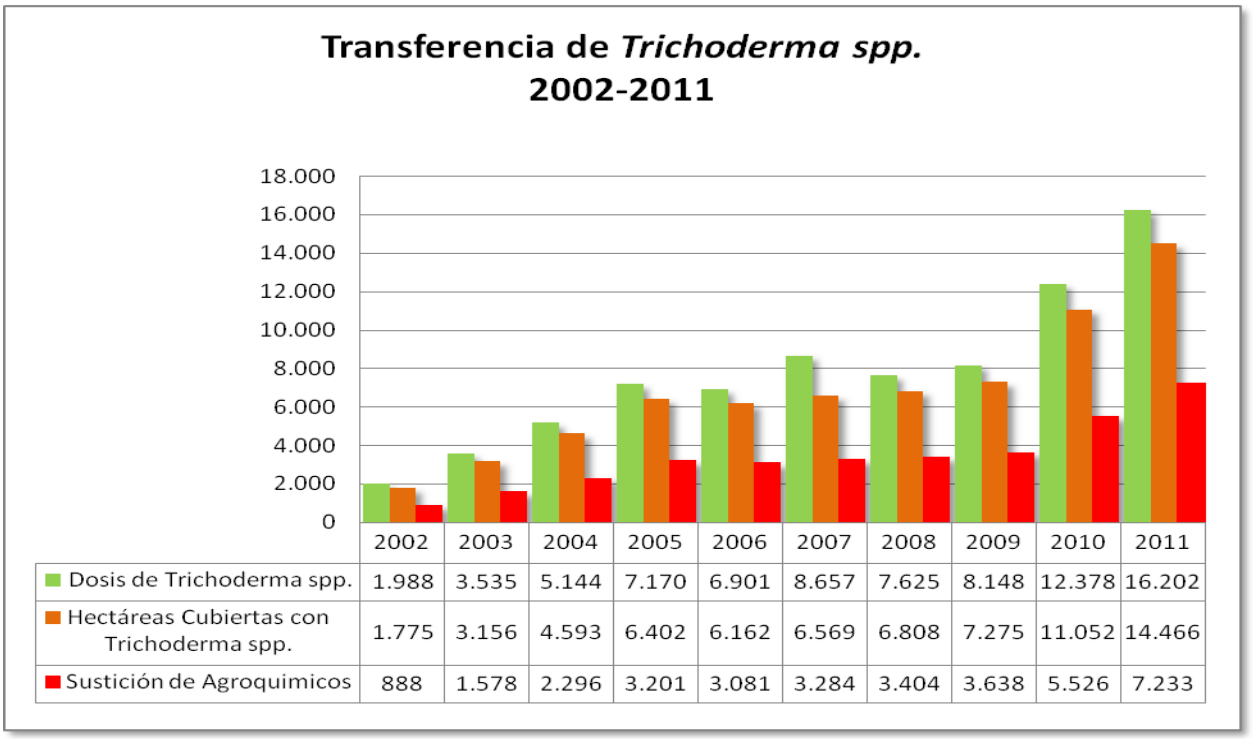
3.- Descripción del *Trichoderma spp.*

Según CoiNBiol 2002, el *Trichoderma spp*, es un hongo nativo del suelo integrado por individuos nativos cosmopolitas comúnmente aislados y observados en diferentes latitudes, que crece y se

desarrolla sobre sustrato orgánico en descomposición y que presenta propiedades antagónicas sobre varios hongos fitopatógenos.

Dentro de los programas de biorremediación de suelos, se ha estudiado el hongo micoparasítico del género *Trichoderma spp*., el cual puede aportar degradando organoclorados, clorofenoles y otros insecticidas, además de facilitar el mejoramiento de las características químicas y de estructura del suelo, a través de la mineralización de la materia orgánica, la misma que facilita elementos esenciales para el desarrollo de la planta, disponibles para su absorción inmediata. Este proceso, por ser gradual y responder a una interacción de potenciales de concentración entre el vegetal y el suelo, tiene una enorme ventaja sobre la aplicación de fertilizantes químicos, pues estos ponen nutrientes a disposición de la planta, de una sola vez, provocando en algunas ocasiones una interacción negativa entre elementos (los excesivos pueden bloquear la absorción de los deficitarios o viceversa), además que estas fracciones excesivas o aún no absorbidas, quedan expuestas a procesos físicos como lixiviación, volatilización o fijación, lo que en otros términos significa quedar inaccesibles para la planta.

El hongo *Trichoderma spp*., es un biorregulador y antagonista natural de los fitopatógenos; *Rizhoctonia solani, Fusarium oxisporum, Fusarium roseum, Botrytis sirenea, Esclerotium rolfsii, Esclerotinia spp, Phithium spp, Alternaria spp, Armillaria mellea, Roselinia spp*, entre otras especies. Es así que PROBIOMA hace 20 años, está desarrollando y transfiriendo dicho biorregulador para el control de estas enfermedades en semilla y de suelo llegando a cubrir más de 68.000 hectáreas en Bolivia .



	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Dosis de Trichoderma spp.	1.988	3.535	5.144	7.170	6.901	8.657	7.625	8.148	12.378	16.202
Hectáreas Cubiertas con Trichoderma spp.	1.775	3.156	4.593	6.402	6.162	6.569	6.808	7.275	11.052	14.466
Sustición de Agroquimicos	888	1.578	2.296	3.201	3.081	3.284	3.404	3.638	5.526	7.233

El efecto bioestimulante de este hongo, es reconocido por la capacidad que tiene para aumentar el índice de crecimiento vegetal y de fortalecer el desarrollo de la planta, habiéndose comprobado la capacidad que tiene de aportar en el desarrollo de raíces más robustas y profundas. En el caso del microorganismo aislado, multiplicado y reinsertado nuevamente en la naturaleza, ha demostrado su efectividad sustituyendo gradual y progresivamente el uso de fungicidas destinados a la protección de semillas y al transplante.

De de los organismos utilizados en biorremediación se ha estudiado el género Trichoderma spp, el cual puede degradar organoclorados, clorofenoles, y otros insecticidas como DDT, endosulfán, pentacloronitrobenceno, aldrin y dieldrin, herbicidas como tribluralin y glifosato (Esposito y DaSilva, 1998). Este hongo posee enzimas tales como celulasas, hemicelulasas y xynalasas que ayudan a la degradación inicial del material vegetal y por último enzimas de mayor especialización que contribuyen a la simplificación de moléculas complejas como son las biopesticidas (Kaytama y Marsumara, 1993).

Lo anterior nos demostró la importancia de validar estas y otras potencialidades del Trichoderma spp, en ambientes en los cuales los riesgos de degradación de suelos son evidentes, con la finalidad de consolidar una propuesta técnica viable para la biorremediación de suelos en proceso de desertificación.

4.- La ejecución de la propuesta.-

La biorremediación de suelos es una alternativa efectiva, financieramente conveniente en comparación con otras tecnologías de restauración, aspecto que PROBIOMA ha podido constatar en la actividad de transferencia llevada a cabo durante más de 20 años. En este sentido, dicho microorganismo está aportando con una alternativa destinada a ayudar a combatir la degradación de los suelos. Por esta razón, frente a la inminente posibilidad de agotamiento del recurso suelo, en muchas regiones del país, se hace necesario tomar alternativas de producción sustentables, que reconcilien al hombre con la naturaleza y que no representen solo una solución inmediata, sino que permita el desarrollo auto sostenido dentro de un sistema de producción que aproveche el uso de microorganismos presentes en la naturaleza.

En la actualidad, la mayoría de los países del mundo, están sufriendo fuertes procesos de desertificación y Bolivia tiene un agudo proceso de desertificación que está siendo causado por modelos de desarrollo basados en la revolución verde que implica un alto uso de agroquímicos, las políticas extractivistas reflejadas en la actividad minera, la actividad hidrocarburífera, los

agronegocios y agrocombustibles, que están acelerando el proceso de desertificación que afecta al 40% del territorio nacional.

Asimismo, la falta de políticas referidas a un manejo y recuperación de suelos en zonas con bajos niveles de precipitación, también está afectando a la sostenibilidad de los ecosistemas y por lo tanto

en mayores migraciones que son consecuencias de los bajos rendimientos de los cultivos, que se agudizan cada vez más en diferentes regiones del país.

En el marco del Programa de Biorremediación de suelos que está encarando PROBIOMA y que está relacionado con el fortalecimiento de la agricultura responsable y ecológica, se ha iniciado una articulación con otras regiones del país, tanto en el altiplano, chaco y llanos, principalmente en las zonas de producción de quinua, hortalizas y zonas de producción de soya, cuyos suelos se encuentran en situación de degradación acelerada.

En este sentido, el programa tuvo como objetivos

- Evaluar el potencial del *Trichoderma spp* para contrarrestar los procesos de desertificación, de suelos, en las zonas de producción de quinua y soya fundamentalmente, abarcando 60.000 hectáreas.

- Evaluar la persistencia y/o adaptación de *Trichoderma spp*. en los suelos degradados

- Difundir el valor estratégico de *Trichoderma spp* en biorremediación de suelos y su beneficio socio – ambiental, para las regiones en proceso de desertificación de Bolivia.

- Transferencia masiva del microorganismo entre los productores de quinua, papa, soya, maíz, girasol, hortalizas y otros cultivos.

5.- METODOLOGÍA UTILIZADA

5.1. Caracterización de suelos

5.2. Descripción del estado actual de suelos

5.3. Historial de uso de suelos

5.4. Muestreo de suelos

5.5. Análisis físico – químico – Microbiológico de suelos

5.5. Diseño de aplicación de *Trichoderma spp*

5.6. Transferencia masiva del *Trichoderma spp.*

La aplicación de *Trichoderma spp* en los suelos de localidades, se realizó mediante aplicaciones del microorganismo en forma individual, combinada con materia orgánica y un testigo absoluto como comparador. En este caso, parcelas de producción convencional.

Para facilitar las aplicaciones en áreas extensas, se utilizó el biorregulador en formulación líquida y en polvo mojable.

Para facilitar la transferencia, ésta se realizó aprovechando las necesidades de los productores en aplicar el *Trichoderma spp*, como protector de semillas, es decir para eliminar los hongos patógenos existentes en los suelos y que pueden afectar el proceso de germinación de las mismas.

En este sentido, se ha procedido a aplicar dósis de 200gr y 400gr del microorganismo para volúmenes que varían desde los 25 Kgr. a 3.000 Kgr. de semillas de soya, maíz, quinua, sésamo, papa, arroz, chía, girasol, sorgo, trigo, hortalizas y Qauchy. Es decir que se abarcaron superficies extensas de cultivos en zonas de producción intensiva y cuyos suelos están en proceso de desertificación.

5.7. Análisis de suelos luego de las aplicaciones

5.8. Evaluación de campo

- El análisis inicial Físico – químico – microbiológico de suelos, permitió determinar las características físicas, contenido de nutrientes y contenido de sustancias ajenas a la composición del suelo como residuos de agroquímicos, residuos de actividad minera que constituyen contaminantes del suelo, y la población microbiana existente. Estos parámetros fueron útiles para determinar el aporte de la actividad biológica de degradación de *Trichoderma spp*, en comparación de los análisis posteriores a la aplicación de *Trichoderma spp.*

- El análisis final Físico – químico – biológico de suelos, posterior a la aplicación de tratamientos; permitió determinar la capacidad de *Trichoderma spp.* en la recuperación de características físico-químicas, como estructura, contenido de materia orgánica, disponibilidad de nutrientes, etc. Además permitió determinar el efecto de *Trichoderma spp* en las poblaciones microbianas del suelo.

- Persistencia de *Trichoderma spp,* mediante muestreos periódicos que se realizaron a los 30, 90, 180 y 360 días, después de implementado la transferencia, para evaluar la persistencia del microorganismo, expresadas en unidades formadoras de colonia por gramo de suelo.

- Toma de datos climáticos de las diferentes localidades seleccionadas, con el fin de determinar condiciones climáticas optimas o adversas para los procesos de degradación que realizó el *Trichoderma spp* en los diferentes tratamientos.

6.- CONCLUSIONES GENERALES.-

Podemos concluir en base a los resultados obtenidos, que se ha logrado dinamizar la actividad microbiana y de la materia orgánica en los suelos donde se aplicó el *Trichoderma spp.* Asimismo, se ha podido constatar que el microorganismo eleva los niveles de fósforo, potasio, carbono y nitrógeno en los suelos

Como se ha mencionado anteriormente, el *Trichoderma spp*. ayuda en el crecimiento de las raíces a través de las fitohormonas que produce y tiene la capacidad de incrementar la nodulación y facilita la

mineralización de la materia orgánica, estimulando la actividad enzimática en el suelo. Este se refleja en la mejora de la sanidad y el vigor de las plantas.

Los diagnósticos microbiológico, evidencian la permanencia de colonias del *Trichoderma spp.* después de los 360 días de haber aplicado el microorganismo en los suelos

Un aspecto observado, es el efecto bioestimulante del *Trichoderma spp*. en la formación de las raíces, en el cultivo de soya, donde se observó un incremento del 30% del área de enraizamiento.

También se verificó que los procesos de degradación de la materia orgánica, fueron favorecidos por el incremento de la actividad microbiana.

Los diagnósticos microbiológicos, determinaron la disminución de las colonias de los fitopatógenos: *Fusarium spp, Alternaria, Pithium, Botrytis, Sclerotium , Rhyzoctonia, etc.*

Lo anteriormente mencionado nos permite concluir que, la riqueza que existe en la biodiversidad, nos está permitiendo demostrar como ésta puede aportar en la biorremediación de los suelos degradados por el uso intensivo de agroquímicos y de la actividad extractivista de la minería, explotación de hidrocarburos, monocultivos, etc.. y al mismo tiempo contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria del país.