

# **MANUAL DE USO DE EM**

## **MICROORGANISMOS BENEFICOS Y EFICACES**

PARA UNA AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE SOSTENIBLE

Dr. Teruo Higa

Profesor de Horticultura De la Universidad del Ryukyus, Okinawa, Japón,

y

Dr. James F. Parr,

Microbiologista de Suelos

Servicio de la Investigación Agropecuaria, Departamento de Agricultura de los EE.UU

Beltsville, Maryland, EE.UU.,

### **PROLOGO**

En 1989, la Academia Nacional de Ciencias y el Centro Nacional de Investigaciones de los E.U.A. publicaron un informe de gran importancia sobre la “Agricultura Alternativa”, a la cual definieron como un sistema de producción de alimentos y fibras en el que se aplican distintas técnicas de manejo e información para reducir costos, mejorar la eficiencia y mantener los niveles de producción aplicando sistemas tales como la rotación de los cultivos, integración adecuada entre el ganado y los productos agrícolas, legumbres fijadoras de nitrógeno, manejo integrado de plagas, reciclado de los desechos del suelo y la granja, y los biofertilizantes. El informe proponía la adopción conjunta de éste tipo de prácticas por parte de los granjeros americanos como la mejor alternativa al uso continuado e intensivo de fertilizantes químicos y pesticidas que usualmente traen aparejados el deterioro de los suelos, el agua y los alimentos.

Nuevamente, en 1993 la Academia Nacional de Ciencias reafirmó estos conceptos cuando el Centro Nacional de Investigaciones emitió un informe sobre los “Pesticidas en la Dieta de los Infantes y Niños” el que en sus conclusiones afirmaba que las

personas de estas edades están expuestas a un considerable riesgo sanitario al consumir alimentos que contienen residuos de pesticidas.

Ambos informes han generado una considerable especulación acerca del futuro de nuestros sistemas de producción Agrícola basados en químicos. Un consenso creciente entre los consumidores, ambientalistas, legisladores y muchos productores, es el de que las prácticas actuales de producción agrícola deberían cambiar considerablemente hasta alcanzar una reducción significativa del uso de pesticidas.

El objetivo fundamental de una agricultura sostenible sería entonces, según el Consejo Nacional de Investigaciones, el de desarrollar sistemas agrícolas que sean productivos, confiables, que conserven la energía, la calidad del medio ambiente, los recursos naturales, y que aseguren la producción de alimentos seguros y de calidad.

Consecuentemente, la cuestión que se están planteando los agricultores americanos es, “Como puedo hacer estos cambios, reducir los químicos, obtener niveles económicos aceptables y promover a su vez un medio ambiente sustentable?”.

Una transición exitosa del sistema agrícola basado en la aplicación de productos químicos al de una agricultura sustentable dependerá de lo que los granjeros puedan hacer para mejorar y mantener la calidad de sus suelos. Es decir que ésta (la calidad del suelo) es la llave para un sistema agrícola sostenible. No sorprende entonces que las prácticas agrícolas propuestas por el Consejo Nacional de Investigaciones sean aquellas que puedan mejorar y mantener la calidad de los suelos. La experiencia ha demostrado que la transición de la agricultura convencional a la natural u orgánica podría tener inicialmente ciertos riesgos como ser cultivos de poco rendimiento y el incremento de pestes. Una vez superado éste período de transición que podría durar algunos años, la mayoría de los agricultores hallarán un nuevo sistema que tenderá a ser estable, productivo, rentable y absolutamente manejable sin el uso de pesticidas.

El Dr. Teruo Higa, Profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, ha conducido desde el comienzo los trabajos sobre el concepto de los Microorganismos Efectivos (EM),y ha desarrollado inoculantes microbianos que han demostrado mejorar la calidad de los suelos, la optimización de los cultivos y cosechas. Sus investigaciones han ganado reconocimiento en el mundo entero. Como agricultor deberá utilizar los medios más efectivos disponibles para pasar exitosamente de un sistema basado en químicos a uno realmente sostenible. Ciertamente esta transición deberá incluir las prácticas anteriormente mencionadas y propuestas por el Consejo

Nacional de Investigaciones. Vemos en la tecnología del EM una valiosa herramienta potencial que puede ayudar al granjero desarrollando sistemas que sean sustentables en los aspectos económico, ambiental y social.

Dr. James F. Parr Servicio de Investigación Agropecuaria Departamento Americano de Agricultura Beltsville, Maryland, EE.UU.,

## **INTRODUCCIÓN**

La singularidad de los microorganismos, su naturaleza a menudo imprevisible, y sus capacidades biosintéticas, los han hecho candidatos potenciales para resolver los problemas particularmente difíciles que se presentan en las ciencias naturales, y en otros campos. Las diversas maneras en las que se han utilizado los microorganismos durante los últimos 50 años en las ciencias médicas, en la salud humana y animal, en la calidad y seguridad de los alimentos, en la ingeniería genética, la protección ambiental, la biotecnología agrícola, y en tratamientos más eficaces de los desechos agrícolas y municipales, proporcionan un registro impresionante de sus logros potenciales. Muchos de éstos adelantos tecnológicos no hubieran sido posibles utilizando los métodos químicos y físicos convencionales. O de haber sido posibles no hubiesen sido práctica o económicamente factibles.

No obstante, mientras se aplicaban las tecnologías microbianas a problemas agrícolas o medioambientales con un éxito considerable en los últimos años, éstas no han sido aceptadas ampliamente por la comunidad científica porque a menudo es difícil reproducir sus efectos benéficos de forma consistente. Los microorganismos solo son eficaces cuando actúan en presencia de las condiciones convenientes y óptimas para metabolizar sus substratos, incluyendo entre éstos el agua disponible, el oxígeno (dependiendo si los microorganismos son aeróbicos o anaeróbicos del tipo facultativos), el PH y la temperatura de su medio ambiente. Entretanto, los variados tipos de culturas microbianas o de inoculantes disponibles hoy en el mercado han aumentado rápidamente debido a estas nuevas tecnologías. Debido a que los microorganismos son útiles para resolver los problemas asociados con el uso de fertilizantes químicos y pesticidas, su aplicación está ampliamente difundida en las granjas naturales y en la agricultura orgánica (Higa, 1991; Parr et al 1994).

La polución medioambiental causada por la excesiva erosión de los suelos y por el transporte asociado de sedimentos, fertilizantes químicos y pesticidas a las aguas, y el tratamiento inadecuado de los desechos de humanos y animales han causado serios problemas sociales y medioambientales en todo el mundo. A menudo los ingenieros han intentado resolver estos problemas utilizando métodos químicos y físicos convencionales. Sin embargo han llegado a la conclusión de que los mismos no pueden resolverse sin utilizar métodos y tecnologías microbianas en coordinación con la producción agrícola (Reganold et al., 1990; Parr and Hornick, 1992a).

Durante años, los microbiólogos de los suelos y los ecólogos microbianos han tendido a diferenciar a los microorganismos que habitan en los suelos como benéficos o dañinos según sus funciones, y según como ellos afectan la calidad de la tierra, el crecimiento, el rinde y la salud de las plantas. Los microorganismos benéficos son aquellos que tiene la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, descomponer los residuos orgánicos, degradar los pesticidas, suprimir las enfermedades de las plantas y los patógenos generados en los suelos, reforzar el ciclo de los nutrientes, y producir compuestos bioactivos como las vitaminas, hormonas y enzimas que estimulan el crecimiento de las plantas.

Los microorganismos dañinos son aquellos que podrían inducir enfermedades en las plantas, estimular el crecimiento de los patógenos en los suelos, inmovilizar nutrientes, y producir sustancias tóxicas y putrescentes que afecten negativamente el crecimiento y la salud de las plantas.

Una clasificación más específica de los microorganismos benéficos ha sido sugerida por Higa (1991;1994;1995), en la que hace referencia a los “Microorganismos Eficientes” o EM. Este informe presenta algunas perspectivas nuevas en el rol y la aplicación de los microorganismos benéficos, entre los cuales incluye el EM, como inoculantes microbianos para cambiar el equilibrio microbiológico de los suelos de manera de mejorar la calidad de los terrenos, la producción de las cosechas, conservar los recursos naturales, y finalmente también crear una agricultura y un ambiente más sustentables.

El informe discute también las estrategias sobre como los microorganismos benéficos, incluido el EM, pueden ser más efectivos después de su inoculación en los suelos.

## **EL CONCEPTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES**

### **Su actividad y su aplicación.**

El concepto de los microorganismos eficientes (EM) fue desarrollado por el profesor Teruo Higa de la Universidad de Ryukyus, en Okinawa. EM se compone de culturas mixtas benéficas y que existen naturalmente en la naturaleza, que pueden aplicarse como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana en plantas y suelos. Las investigaciones realizadas han demostrado que la inoculación con los microorganismos contenidos en el EM al ecosistema constituido por el suelo y las plantas puede mejorar la calidad y la salud de los suelos, y el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos. EM contiene especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias ácido lácticas, levaduras y en menor número bacterias fotosintéticas, actinomicetos y otros tipos de organismos. Todos ellos mutuamente compatibles unos con otros y coexistiendo en una cultura líquida.

EM no es un sustituto de otras prácticas, es, en cambio una dimensión agregada para optimizar nuestras mejores prácticas de manejo de suelos y cultivos, el uso de enmiendas orgánicas, el reciclado de los desechos de los cultivos, y el bio-control de plagas. EM puede aumentar significativamente los efectos benéficos de estas prácticas (Higa Wididana,1991b).

En la discusión que sigue a continuación, usaremos el término “microorganismos benéficos” de una manera general, y para designar un gran grupo de microorganismos muchas veces desconocidos que interactúan favorablemente con suelos y plantas produciendo efectos que a veces son difíciles de predecir. Utilizaremos, también el término “Microorganismos Efectivos” o EM para referirnos a culturas mixtas y conocidas de microorganismos benéficos que vienen siendo utilizados efectivamente como inoculantes microbianos.

## **UTILIZACION DE MICROORGANISMOS BENEFICOS EN LA AGRICULTURA**

### **¿Que constituye un sistema de agricultura ideal?**

El plan conceptual es importante al desarrollar nuevas tecnologías para la utilización de microorganismos benéficos y eficaces para una agricultura sostenible y el medio ambiente.

La base de un plan conceptual es primero definir el modelo o el objetivo, para después desarrollar una estrategia y un método para alcanzar el objetivo. Sin embargo es necesario coordinar cuidadosamente los materiales, el entorno medioambiental y las tecnologías que constituirán el método. Es más, uno deberá adoptar una actitud filosófica para aplicar las tecnologías microbianas al medio ambiente y la producción agrícola.

Existen muchos criterios de lo que debería ser un sistema agrícola ideal. Muchos coinciden en que un sistema ideal debiera producir alimentos sobre una base sustentable a largo plazo. Otros creen que debiera mantener y mejorar la salud humana, y ser económica y espiritualmente beneficiosa tanto para los productores como para los consumidores, preservar activamente el medio ambiente, ser regenerativa, y producir cantidades de alimento suficiente para una población mundial en constante aumento. (Higa, 1991).

### **Utilización eficiente y el reciclado de la Energía**

La producción Agrícola comienza con el proceso de fotosíntesis realizado por las plantas verdes las que requieren energía solar, agua, y dióxido de carbono. Esto se produce mediante la habilidad de las plantas de “fijar” el carbono atmosférico en carbohidratos. La energía obtenida es utilizada por otras bio-síntesis en las plantas, las que incluyen aminoácidos y proteínas. Los materiales utilizados en la producción agrícola son de amplia disponibilidad con un mínimo costo inicial. No obstante cuando analizamos esta actividad desde el aspecto económico, vemos que la fijación del carbono en carbohidratos tiene una eficiencia extremadamente baja debido a bajísimo porcentaje de aprovechamiento de la energía solar por parte de las plantas verdes.

Por todo esto un proceso integral seria necesario para incrementar el nivel de aprovechamiento de energía solar en las plantas, de manera que mayores cantidades de carbono atmosférico pudieran convertirse en un sustrato útil (Higa y Wididana, 1991a).

Aunque el promedio de utilización de la energía solar por parte de las plantas ha sido estimado teóricamente entre el 10 y el 20%, el rango actual de aprovechamiento es menor al 1%. Aún en las plantas C4, como la caña de azúcar cuya eficiencia fotosintética es muy alta, raramente excede el 6 o 7% durante el período de máximo crecimiento. El porcentaje normal es menor al 3% aún en cultivos de óptimo crecimiento.

Recientes estudios han demostrado que la eficiencia fotosintética de los cloroplastos en las plantas no puede ser aumentada mucho más; esto significa que su producción de biomasa ha alcanzado sus niveles máximos. Así, la mejor oportunidad para incrementar la producción de biomasa sería de alguna manera utilizar la luz visible, que los cloroplastos no utilizan, y la radiación infrarroja. Juntas, estas dos radiaciones, comprenden el 80% del total de la energía solar. También deberíamos explorar distintas maneras de reciclar la energía orgánica contenida en residuos de plantas y animales a través de la utilización directa de las moléculas orgánicas por parte de las plantas. (Higa y Wididana, 1991a).

Así, es difícil superar los límites existentes en la producción de cultivos, a menos que se incremente la eficacia en la utilización de la energía solar, y se utilice directa o indirectamente la energía contenida en las moléculas orgánicas (aminoácidos, péptidos e hidratos de carbono).

Resolver esto podría ayudar a solucionar los problemas de polución medioambiental y de degradación causados por el mal uso y la aplicación excesiva de fertilizantes químicos y pesticidas en los suelos. Por consiguiente, se necesitan urgentemente nuevas tecnologías que puedan reforzar la viabilidad económica de los sistemas agrícolas, sin la utilización o con un pequeño uso de fertilizantes químicos y pesticidas, y deberá asignársele una prioridad alta a la investigación agrícola, tanto en el presente como en el futuro inmediato. ( Academia Nacional de Ciencias de USA, 1989;1993).

### **Preservación del medio Ambiente y de los Recursos Naturales**

La erosión excesiva en las capas superiores de los suelos utilizados para la agricultura causada por el cultivo intensivo y la rotación de las cosechas, ha causado la degradación de grandes extensiones de terreno, y ha contribuido a la contaminación de las aguas. Los residuos orgánicos provenientes de la actividad animal, los procesos agrícolas y marinos, así como los desechos domiciliarios se han transformado en las

mayores fuentes de polución medioambiental en los países desarrollados y en los países en vías de desarrollo. Además la producción de metano proveniente de materia en descomposición y de los rumiantes, y el dióxido de carbono generado al quemar combustibles fósiles, la deforestación y la descomposición de materia orgánica se han asociado al calentamiento global como gases productores del “efecto invernadero”. (Parr y Hornick, 1992b).

Los sistemas basados en químicos, convencionales en la producción agrícola, han creado muchas fuentes de contaminación que, directa o indirectamente, pueden contribuir a la degradación del ambiente y la destrucción de la base de nuestros recursos naturales. Esta situación cambiaría significativamente si éstos contaminantes pudieran utilizarse en la producción agrícola como fuentes de energía.

Por consiguiente, es necesario que las tecnologías agrícolas futuras sean compatibles con el ecosistema global y que presenten soluciones a problemas en áreas diferentes a las de las tecnologías agrícolas convencionales. Un área que parece encerrar la mayor promesa potencial en la producción, rendimiento de cosechas y preservación del medio ambiente es la de la aplicación de microorganismos benéficos y eficientes en los suelos, plantas e inoculantes medioambientales. (Higa;1995).

### **Hacia una Agricultura Sin Químicos y Con Rendimientos Óptimos en Cosechas de Alta Calidad.**

La agricultura, en un sentido amplio, no es una empresa que deja todo en manos de la naturaleza sin intervención. Más bien es una actividad humana en la cual el granjero intenta integrar ciertos factores agro-ecológicos y de producción para obtener óptimos resultados en las cosechas y la producción animal. Así, es razonable asumir que los granjeros debieran estar interesados en conocer las distintas maneras y medios de controlar los microorganismos benéficos como un componente importante del ambiente agrícola. No obstante, esta idea es rechazada a menudo por los naturalistas y defensores de los sistemas de cultivo natural. Ellos argumentan que los microorganismos benéficos aumentarán naturalmente en el medio al agregar enmiendas orgánicas que contengan carbono, energía y fuentes de nutrientes. Esto, podría de hecho ser verdad, en los casos de emprendimientos agrícolas de pequeña escala, donde suele haber abundancia de materiales orgánicos para reciclar.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, los microorganismos en los suelos (sean éstos benéficos o dañinos), se han controlado correctamente cuando la siembra y

la cosecha se efectúan en la secuencia adecuada (rotación de cosechas) y sin aplicar pesticidas.

Esto explicaría por que los científicos han estado tanto tiempo interesados en la utilización de microorganismos benéficos como inoculantes para suelos y plantas con el objeto de alcanzar el equilibrio microbiológico de manera que este a su vez refuerce la calidad de los suelos y el rendimiento y la calidad de los cultivos (Higa and Wididana, 1991b; Higa, 1994:1995).

La mayoría de la gente está de acuerdo con que una de las reglas básicas de la agricultura es asegurar que los distintos cultivos crezcan de acuerdo a sus requerimientos climáticos y ecológicos. Sin embargo, en muchos casos la economía agrícola se basa en fuerzas de mercado que exigen un suministro estable de alimentos, y así, se hace necesario utilizar las tierras de labranza a su máximo potencial durante todo el año.

Como se discutirá después, el desarrollo y el rendimiento de las cosechas se relacionan estrechamente con la naturaleza de la microflora en los suelos, sobre todo con aquellos situados en las proximidades de las raíces (rizosfera). Así será difícil superar las limitaciones de las tecnologías agrícolas convencionales sin controlar los microorganismos en los suelos. Este principio particular se refuerza porque la evolución de la mayoría de las formas de vida en la tierra y su entorno son sostenidos por los microorganismos. La mayoría de las actividades biológicas están influenciadas por estas unidades invisibles, minúsculas unidades de vida. Por consiguiente, para aumentar la producción de alimentos significativamente, es esencial desarrollar cultivos con capacidades genéticas mejoradas (mayor porcentaje de crecimiento, mas resistencia a enfermedades, y mejor rendimiento nutricional) y con un nivel más alto de competitividad medioambiental, particularmente bajo condiciones de estrés (es decir, escasas lluvias, altas temperaturas, deficiencia de nutrientes y crecimiento agresivo de malezas)

Para reforzar el concepto de controlar y utilizar los microorganismos benéficos en la producción y protección de las cosechas, uno debe integrar armónicamente los componentes esenciales que hacen al crecimiento de las plantas entre los cuales debemos incluir la luz (en intensidad, fotoperiodicidad y calidad), además del anhídrido carbónico, el riego, los nutrientes (orgánicos e inorgánicos), el tipo de suelo y la microflora contenida en él. Debido a estas relaciones vitales mutuas, es posible prever

una nueva tecnología y un sistema energéticamente más eficiente de producción biológica.

La baja producción agrícola se relaciona más estrechamente a una pobre tasa de conversión de la energía, la que a su vez es influenciada por factores fisiológicos en las plantas, el ambiente, y otros factores biológicos, incluidos en éstos los microorganismos, que habitan en los suelos. Los suelos y la microflora en el área de las raíces (rizosfera) pueden acelerar el crecimiento de las plantas y reforzar su resistencia a las enfermedades e insectos dañinos a través de la producción de sustancias bioactivas. Estos microorganismos mantienen el ambiente de crecimiento de las plantas y pueden también tener efectos secundarios en la calidad de los cultivos. Una amplia gama de resultados será posible dependiendo de su predominio y actividades.

## **CONTROLANDO LA MICROFLORA EN LOS SUELOS**

### **Principios de los Ecosistemas Naturales y la aplicación de microorganismos benéficos y efectivos**

El mal uso, y el uso excesivo de fertilizantes químicos y pesticidas, han afectado a menudo adversamente el medio ambiente y han creado problemas con la calidad y la seguridad de los alimentos y la salud de personas y animales. Ha habido un interés creciente por consiguiente, en los cultivos naturales y en la agricultura orgánica por parte de consumidores y activistas ecológicos como las posibles alternativas a la agricultura convencional basada en el uso de productos químicos.

Los sistemas agrícolas que respetan los principios de ecosistemas naturales, están recibiendo mucha atención tanto los países desarrollados y como en los en vías de desarrollo. Se han publicado recientemente, varios libros e informes que tratan los diversos aspectos de sistemas de cultivos naturales. Los Nuevos conceptos como la agricultura alternativa, la agricultura sustentable, calidad de la tierra, el control integrado de plagas, el manejo integrado de nutrientes e incluso los microorganismos benéficos están siendo explorados por el Instituto de la Investigación Agropecuaria (Academia Nacional de Ciencias, 1989,; El Reganold et al., 1990; El Parr et al., 1992). Aunque estos conceptos y sus metodologías asociadas sostienen una promesa considerable, ellos también tienen sus limitaciones. Por ejemplo, la limitación principal

usando inoculantes microbianos es el problema de la reproducibilidad y falta de resultados consistentes.

Desgraciadamente ciertas culturas microbianas han sido promocionadas por sus proveedores como eficaces para controlar una gama amplia de enfermedades inducidas por los suelos, cuando de hecho ellos sólo eran eficaces en el tratamiento de patógenos específicos bajo condiciones muy particulares. Algunos proveedores han sugerido que su inoculante microbiano particular es semejante a un pesticida, que suprimiría en los suelos la población general microbiana mientras aumenta a su vez la población de un microorganismo beneficioso específico. No obstante, la mayoría de los logros anunciados para éstos inoculantes de una cultura única se exageran en gran medida y no han demostrado ser eficaces bajo las condiciones del campo. Uno podría especular que si se usaran todas las culturas microbianas e inoculantes que están disponibles en los productos comercializados, algún grado de éxito podría lograrse debido al aumento en la diversidad microbiana del suelo y a la estabilidad asociada con las culturas mixtas. Mientras éste, claro, es un ejemplo hipotético, es un hecho que hay una probabilidad mayor de controlar la microflora del suelo introduciendo culturas mixtas, compatibles en lugar de las culturas puras solas (Higa, 1991).

Aun así, el uso de culturas mixtas en este acercamiento se ha criticado porque es difícil de demostrar qué microorganismo concluyentemente que es responsable para los efectos observados, cómo los microorganismos introducidos actúan recíprocamente con las especies nativas, y cómo estas nuevas asociaciones afectan el ambiente suelo/planta. Así, el uso de culturas mixtas de microorganismos beneficiosos como el inoculantes en los suelos para reforzar el crecimiento, salud, rendimiento, y calidad de cosechas no ha ganado la aceptación extendida por el establecimiento de la investigación agropecuaria porque la prueba científica conclusiva está a menudo carente.

El uso de culturas mixtas de microorganismos beneficiosos como el inoculantes en los suelos está basado en los principios de los ecosistemas naturales que se sostienen por sus elementos constitutivos; es decir, por la calidad y cantidad de sus habitantes y parámetros ecológicos específicos, esto sería, a mayor diversidad y número de habitantes, más alto el nivel de su interacción y más estable es el ecosistema. El acercamiento de la cultura mixta simplemente es un esfuerzo para aplicar estos principios a los sistemas naturales como las tierras agrícolas, y para cambiar el equilibrio microbiológico en favor del aumento del crecimiento, producción y protección de las plantas (Higa, 1991,; 1994;Parr al del et., 1994).

Es importante reconocer que los suelos pueden variar tremendamente dependiendo de sus tipos y números de microorganismos. Éstos pueden ser benéficos ó dañinos para las plantas y a menudo el predominio de cualquiera de los dos depende de las prácticas aplicadas. También debe ponerse énfasis a que las tierras más fecundas y productivas tienen un volumen alto de materia orgánica y, generalmente tienen, grandes poblaciones de microorganismos muy diversos (es decir, especies y diversidad genética). Cosas así ensucia también tendrá normalmente una proporción ancha de beneficioso a los microorganismos dañinos (Higa y Wididana, 1991b).

### **Controlando la Microflora en los Suelos para obtener una óptima producción y protección de las cosechas**

La idea de controlar y manipular la microflora en los suelos a través del uso de inoculantes, enmiendas orgánicas y prácticas culturales para crear un ambiente microbiológico en los suelos, que sea más favorable para la producción y la protección de cosechas óptimas, no es nuevo. Durante casi un siglo, los microbiólogos han sabido que las basuras orgánicas y residuos, incluso los estiércoles de animales, los residuos de las cosechas, los desperdicios de vegetales verdes, las basuras municipales (sean éstas crudas y o en forma de compost), contienen a menudo sus propias poblaciones nativas de microorganismos con amplias capacidades fisiológicas .

También se sabe que cuando se aplican tales basuras orgánicas y residuos a las tierras, muchos de los microorganismos introducidos pueden funcionar como agentes de biocontrol controlando o suprimiendo los patógenos de las plantas originados en los suelos a través de sus actividades competitivas y antagonicas. Mientras ésta ha sido la base teórica para controlar el microflora de los sembradíos, en la práctica real los resultados han sido imprevisibles e incoherentes, y el papel de microorganismos específicos no ha estado bien definido.

A lo largo de muchos años los microbiólogos han intentado cultivar los microorganismos benéficos para su uso como inoculantes en los suelos, y como medio para superar los efectos dañinos de organismos de tipo patogénico, incluso las bacterias, hongos y nemátodos. Tales esfuerzos normalmente han involucrado aplicaciones individuales de culturas puras de microorganismos que han sido principalmente infructuosos por varias razones. Primero, es necesario comprender completamente el crecimiento individual y las características de supervivencia de cada microorganismo benéfico particular, incluyendo sus requisitos nutritivos y medioambientales. Segundo,

debemos entender sus relaciones ecológicas e interacciones con otros microorganismos, incluyendo también su habilidad de coexistir en culturas mixtas después de su aplicación a los suelos (Higa, 1991,; 1994).

Hay otros problemas que han sido los mayores obstáculos a la hora de controlar la microflora en las tierras agrícolas. Por encima de todo es el gran número de tipos de microorganismos que están presentes en cualquier momento, su amplia gama de capacidades fisiológicas, y las dramáticas fluctuaciones en sus poblaciones que pueden resultar de las prácticas culturales y de manejo aplicadas a un sistema de cultivo particular. La diversidad del total de la microflora en los suelos depende de la naturaleza del ambiente de la tierra y de factores que afectan el crecimiento y actividad de cada organismo individual, incluidos entre estos la temperatura, la luz, la aireación, los nutrientes, la materia orgánica, el PH y el agua. Mientras hay muchos microorganismos que responden positivamente a estos factores, o una combinación de ellos, hay muchos otros que no. Los microbiólogos han estudiado relativamente algunos de los microorganismos que existen en mayoría de las tierras de cultivo, principalmente para aprender a cultivarlos; es decir, que es muy poco lo que sabemos sobre su crecimiento, y sobre sus requisitos nutritivos y ecológicos.

La "diversidad" y los factores de "población" asociados con la microflora de los suelos han descorazonado a los científicos de seguir investigando como desarrollar estrategias para controlarlos. Muchos creen que, incluso cuando los microorganismos benéficos son cultivados e inoculados en los suelos, su número es relativamente pequeño comparado con el de los habitantes nativos ya existentes, y probablemente fracasarían rápidamente ante la microflora ya establecida. Por consiguiente, muchos defenderían que aun cuando la aplicación de microorganismos beneficiosos tuviera éxito bajo condiciones limitadas (por ejemplo, en el laboratorio) sería casi imposible de lograr el mismo éxito bajo las condiciones de campo reales. Tal pensamiento todavía existe hoy, y sirve como un constreñimiento del principio al concepto de controlar la microflora del suelo (Higa, 1994).

Es notable que la mayoría de los microorganismos hallados en cualquier medio particular no sean dañinos a las plantas, por sobre unos pocos que podrían ser patógenos, o patógenos potenciales. Los microorganismos dañinos se transformarán en dominantes si se dan condiciones que favorezcan su crecimiento, actividad y reproducción. En estas condiciones, los patógenos generados por los suelos (por ejemplo, los hongos patógenos) pueden aumentar sus poblaciones rápidamente con

efectos devastadores para las cosechas. Si estas condiciones cambian, la población de patógenos declina rápidamente hasta llegar a su estado original. Sistemas de cultivo convencionales que tienden a sembrar consecutivamente el mismo tipo de plantas (es decir, monocultivo) hacen necesario el uso intensivo de fertilizantes químicos y pesticidas. Esto, a su vez, generalmente incrementa la probabilidad que microorganismos patógenos peligrosos, productores de enfermedades, se transformen en dominantes en las tierras agrícolas (Higa, 1991,; 1994; Parr y Hornick, 1994).

Los métodos de cultivo convencionales basados en la utilización de productos químicos no son diferentes a una terapia aplicada en función de los síntomas. Ejemplo de esto es la aplicación de fertilizantes cuando las cosechas muestran síntomas de deficiencia de nutrientes, y la aplicación de pesticidas cuando las cosechas son atacadas por insectos y enfermedades. Esforzándose para controlar la microflora en los suelos algunos científicos sostienen que la introducción de microorganismos benéficos debe seguir un acercamiento sintomático. Sin embargo, nosotros no estamos de acuerdo. Las condiciones reales del suelo en cualquiera de las situaciones mencionadas anteriormente podrían ser muy desfavorables al crecimiento y establecimiento de microorganismos benéficos cultivados en laboratorio. Facilitar su establecimiento, puede exigir del agricultor ciertos cambios culturales y de manejo para inducir condiciones que: (a) permitan el crecimiento y supervivencia de los microorganismos inoculados y (b) supriman el crecimiento y actividad de los microorganismos patógenos nativos del terreno. (Higa, 1994,; El Parr et al., 1994).

A continuación presentamos un ejemplo de la importancia del control de la microflora en los suelos y de como ciertas prácticas culturales y de management pueden ayudar a ese control. Los cultivos de verduras son a menudo seleccionados en su habilidad de crecer y producir por encima de una amplia gama de temperaturas. En épocas de clima fresco, o en condiciones templadas hay generalmente pocas pestes y problemas de enfermedades. No obstante, cuando comienzan a haber temperaturas más elevadas, hay un aumento concomitante, en la incidencia de enfermedades e insectos que hacen difícil obtener rendimientos aceptables sin aplicar pesticidas. Con la llegada de temperaturas más altas el total de la población microbiana del suelo aumenta, como lo hacen también ciertos patógenos de las plantas como el *Fusarium*, que es uno de los principales hongos patógenos que habitan el suelo. La incidencia y la actividad destructiva de este patógeno puede ser minimizada en gran medida adoptando los métodos del cultivo reducidos y aplicando técnicas para mantener frescos los suelos

durante la época cálida. Otra opción sería inocular la tierra con microorganismos beneficiosos, antagonistas, productores de antibióticos como los actinomicetos y ciertos hongos (Higa y Wididana, 1991a,; 1991b).

**Aplicación de microorganismos benéficos y efectivos:** Una nueva dimensión para una agricultura y un medio ambiente sostenible.

Muchos microbiólogos creen que el número total de microorganismos del suelo puede aumentarse aplicando en éstas enmiendas orgánicas. Esto es generalmente verdad porque la mayoría de los microorganismos de la tierra son heterotróficos, es decir, requieren moléculas orgánicas complejas de carbono y nitrógeno para su metabolismo y biosíntesis. Si la incorporación regular de basuras orgánicas y residuos aumentara grandemente el número de microorganismos benéficos a los suelos en un período corto de tiempo es cuestionable. Sin embargo, sabemos que fuertes aplicaciones de materiales orgánicos, como algas marinas, harina de pescado, y caparazón del cangrejo triturado, no sólo las ayudan para equilibrar los micronutrientes satisfecho de una tierra pero también los aumentan la población de actinomicetos, productores de antibióticos beneficiosos. Esto cambia la tierra a una condición enfermedad-supresor dentro de un período relativamente corto.

La probabilidad que un microorganismo beneficioso particular se transforme en predominante, incluso con cultivos orgánicos o naturaleza los métodos de cultivo, dependerá del ecosistema y las condiciones medioambientales. Puede tomar varios cientos de años para las varias especies de plantas más altas y más bajo actuar recíprocamente y desarrollar en un ecosistema definible y estable. Aun cuando la población de un microorganismo específico se aumenta a través de cultural y la dirección práctica, si será beneficioso a las plantas es otra pregunta. Así, la probabilidad de un microorganismo beneficioso, planta-asociado que se pone predominante bajo los sistemas de cultivo conservación-basados es casi imposible predecir. Es más, es muy improbablemente que la población de microorganismos anaerobio útiles que normalmente comprenden sólo una parte pequeña del microflora de la tierra significativamente incluso aumentaría bajo las condiciones del cultivo naturales.

Esta información da énfasis a la necesidad de desarrollar los métodos por aislar y seleccionar los microorganismos diferentes para sus efectos beneficiosos en las tierras y plantas entonces. La última meta es seleccionar microorganismos que son fisiológicamente y ecológicamente entre sí compatibles y eso puede introducirse como

las culturas mixtas en tierra dónde sus efectos beneficiosos pueden comprenderse (Higa, 1991.; 1994; 1995).

## UTILIZACION DE MICROORGANISMOS EN LA AGRICULTURA

La producción agrícola comienza con el proceso de fotosíntesis por parte de las plantas verdes, las que requieren energía solar, agua y dióxido de carbono. Estos son elementos de libre disponibilidad. De ésta manera podríamos decir que “la agricultura es la producción de algo a cambio de nada”.

Aunque esto suene bien, cuando la analizamos como actividad económica, llegamos a la conclusión que la agricultura actual tiene una muy baja eficiencia. Esto surge de la bajísima eficiencia de la utilización de la energía solar por parte de las plantas.

El rango máximo de aprovechamiento de la energía solar en las plantas ha sido calculado entre el 10 y el 20%. Pero en la actualidad y en general suele ser menos del 1%. Algunos vegetales con alta tasa de conversión fotosintética como la caña de azúcar, raramente exceden el 6 o el 7% durante su período de máximo crecimiento, y en promedio para cultivos de óptima calidad es menos del 3%.

Estudios realizados han demostrado que la eficiencia en la fotosíntesis de los cloroplastos no podría aumentarse de manera considerable. Esto significa que la capacidad de producción de biomasa ha alcanzado su máximo. Así la mejor manera de incrementar la producción de biomasa es mediante la utilización de la luz visible, la cual no puede ser aprovechada por los cloroplastos y la radiación infrarroja. Estos dos (visible e infrarroja) componen el 80% del total del espectro de la energía solar.

Deberíamos también explorar distintas maneras de reciclar la energía orgánica contenida en los residuos de las plantas y animales a través de la utilización directa de las moléculas orgánicas por parte de las plantas.

En presencia de materia orgánica, la bacteria fotosintética y las algas pueden utilizar longitudes de onda en el rango que va de los 700 a los 1.200 nm (nanómetros). Estas longitudes de onda no son utilizadas por las plantas verdes. Los microorganismos fermentativos pueden descomponer también materia orgánica liberando compuestos complejos como ser aminoácidos para ser usados por las plantas. Esto incrementa la eficiencia de la materia orgánica en la producción de cultivos. Así el factor clave para incrementar el rendimiento de los cultivos es la disponibilidad de materia orgánica que se ha desarrollado por la utilización de la energía solar y la presencia de microbios eficientes para descomponer estos materiales. Todo ello incrementa la eficiencia de la utilización de la energía solar.

## **Microorganismo efectivos (EM)**

Los microorganismos efectivos o EM son una cultura mixta de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas y productoras de ácido láctico, levaduras, actinomycetes y hongos fermentadores) que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, lo que a su vez aumenta el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos.

El concepto de la inoculación de suelos y plantas con microorganismos benéficos para crear un ambiente microbiano más favorable para el crecimiento de las plantas ha sido motivo de discusión durante décadas por parte de los científicos dedicados a la agricultura. Aunque la tecnología que soporta el concepto de los microorganismos efectivos y sus aplicaciones prácticas fueron desarrolladas por el profesor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, con sede en Okinawa, Japón.

El profesor Higa ha dedicado gran parte de su carrera científica a seleccionar y aislar diferentes tipos de microorganismos con capacidad de desarrollar efectos beneficiosos en suelos y plantas, lo que le permitió hallar diversos microorganismos que pueden coexistir en culturas mixtas y que son fisiológicamente compatibles unos con otros. Cuando estas culturas son introducidas en el medio ambiente, sus efectos benéficos individuales se ven aumentados significativamente de una manera sinérgica.

El EM no contiene ningún microorganismo modificado genéticamente.

EM se compone de culturas mixtas de distintas especies de microorganismos que pueden hallarse en la naturaleza a lo largo de todo el mundo.

## **Efectos del EM**

Los siguientes son algunos de los efectos benéficos de la aplicación del EM

- a) Promueve la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas.
- b) Mejora física, química y biológicamente el ambiente de los suelos, y suprime los patógenos y plagas que promueven enfermedades.
- c) Aumenta la capacidad fotosintética de los cultivos.
- d) Asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas.
- e) Incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante.

Como consecuencia de estos efectos beneficiosos del EM, se incrementa el rendimiento y la calidad de los cultivos

EM no es un pesticida, y aunque no está compuesto por químicos puede ser utilizado como tal, preparándolo como EM5.

El EM es un inoculante microbiano que funciona como un controlador biológico para la supresión y/o el control de plagas a través de la introducción de microorganismos benéficos al medio ambiente de las plantas. Así, plagas y patógenos se suprimen o controlan mediante procesos naturales debido al incremento de las actividades de competitividad y antagonismo de los microorganismos contenidos en los inoculantes EM

### **Principales Microorganismos del EM y su efecto**

#### **1.- Bacteria Fotosintética (bacteria Fototrófica)**

Las bacterias fotosintéticas son microorganismos autosuficientes e independientes. Ellas sintetizan las sustancias útiles producidas por la secreción de las raíces, materia orgánica y/o gases perjudiciales (como el sulfuro de hidrógeno) utilizando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias benéficas están compuestas por aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, todas las cuales ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas.

Estos metabolitos son absorbidos directamente por las plantas actuando también como sustratos para el desarrollo de las bacterias. Al crecer las bacterias fotosintéticas en los suelos aumentan la cantidad de otros microorganismos eficaces.

Veamos un ejemplo:

Los sustratos secretados por las bacterias fotosintéticas aumentan la disponibilidad de aminoácidos o componentes nitrogenados. Es así que la cantidad de la VA (vesicular/arbuscular) mycorrhiza se incrementa por la disponibilidad de compuestos nitrogenados (aminoácidos) en los sustratos secretados por la actividad de la bacteria fotosintética. A su vez la VA mycorrhiza incrementa la solubilidad de los fosfatos en los suelos suministrando fósforo a las plantas. También la VA mycorrhiza puede coexistir con el Azotobacter como bacteria fijadora de nitrógeno, aumentando así la capacidad de fijación del nitrógeno en las legumbres.

## **2.-Bacterias Acido Lácticas (Lactic Acid Bacteria)**

Las bacterias ácido lácticas producen ácidos a partir de azúcares y otros carbohidratos provenientes de las bacterias fotosintéticas y las levaduras. Esta es la razón por la que ciertas comidas o bebidas, tales como el yoghurt o los pickles se fabrican utilizando éstas bacterias lácticas desde hace un largo tiempo. El ácido láctico es un potente esterilizador. Como tal, combate los microorganismos perjudiciales y acelera la descomposición de las materias orgánicas. Por otra parte las bacterias ácido lácticas facilitan la fermentación de materiales tales como la celulosa y los tronco evitando así causar perjuicios similares a los que se originan cuando estos materiales entran en descomposición.

La bacteria ácido láctica tiene la habilidad de suprimir la propagación del *fusarium* (microorganismo patógeno que produce problemas de enfermedades en los cultivos). Generalmente el incremento en las poblaciones de *fusarium* debilita las plantas. A su vez esta condición de debilidad produce el incremento en las poblaciones de nematodos. La presencia de éstos nematodos, a medida que las bacterias ácido lácticas actúan suprimiendo los *fusarium*, disminuye progresivamente hasta desaparecer

## **3.-Levaduras**

Las levaduras sintetizan y utilizan las sustancias antimicrobianas que intervienen en el crecimiento de las plantas, a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas, así como las de la materia orgánica y de las raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, tales como hormonas y enzimas producidas por las levaduras incrementan la actividad celular y el número de raíces. Sus secreciones son substratos útiles para ciertos microorganismos efectivos, tales como las bacterias ácido lácticas y los Actinomicetes.

## **4.-Actinomicetes**

La estructura de los Actinomicetes, intermedia entre la de las bacterias y hongos, produce sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas y por la materia orgánica. Esas sustancias antimicrobianas suprimen hongos dañinos y bacterias patógenas.

Los Actinomicetes pueden coexistir con la bacteria fotosintética. Así, ambas especies mejoran la calidad de los suelos a través del incremento de la actividad microbiana.

## **5.- Hongos de Fermentación**

Los hongos de fermentación como el *Aspergillus* y el *Penicilina* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteres y sustancias antimicrobianas.

Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos.

Cada una de las especies contenidas en el EM ( Bacterias Fotosintéticas, Acido Lácticas, Levaduras, Actinomycetes y hongos de Fermentación) tiene su propia e importante función. Sin embargo podríamos decir que la bacteria fotosintética es el soporte de la tecnología EM, pues soportan las actividades de los otros microorganismos. Por otro lado utilizan para sí mismas varias sustancias producidas por otros microorganismos.

Cuando los EM se desarrollan como una comunidad dentro del suelo, también ocurre lo mismo con los microorganismos nativos de esos suelos. Por tal razón la microflora se enriquece y el ecosistema microbiano comienza a equilibrarse mientras disminuye el porcentaje de patógenos. Así las enfermedades producidas por los suelos se suprimen mediante el proceso conocido como “competencia exclusiva”. Las raíces de las plantas producen también sustancias útiles como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas. Los microorganismos eficientes utilizan este substrato para desarrollarse. Durante este proceso ellos segregan también sustancias y proveen aminoácidos, ácidos nucleicos, y una gran cantidad de vitaminas y hormonas a las plantas. Por esta razón en estos suelos los microorganismos eficientes y otras bacterias benéficas coexisten a nivel de la Rizosfera (área de las raíces) en un estado de simbiosis con las plantas.

## **Aplicaciones del EM**

Básicamente el EM puede ser aplicado de cuatro maneras distintas a saber:

- \* Como solución diluida de EM

- \* Como EM Bokashi
- \* Como EM5
- \* Como EM Extracto Fermentado de Plantas (EFP)

### **EM Solucion diluida.**

Puede aplicarse de las siguientes maneras:

- a) Mediante riego en los suelos (sistemas de irrigación, rociado, aspersión, etc.)
- b) Mediante Spray en las plantas (Spray foliar)

### **EM Bokashi.**

Bokashi es el término japonés utilizado para definir la “materia orgánica fermentada”. Se produce fermentando materiales orgánicos (sémola de arroz, Harina de pescado, Salvado de Trigo, etc.) con EM. El Bokashi se presenta normalmente en forma de polvo o gránulos, y ha sido utilizado tradicionalmente por los agricultores japoneses como un refuerzo para los suelos con el fin de incrementar la diversidad microbiana de los mismos y suministrar nutrientes a los cultivos.

Tradicionalmente el Bokashi se ha realizado fermentando materiales orgánicos como ser el Salvado de Arroz provenientes de bosques o montañas que contenía variados tipos de microorganismos, pero en la actualidad se utiliza en su reemplazo el EM.

### **EM5**

Esta es una mezcla de EM1, melaza, vinagre, aguardiente y agua que se fermenta en un contenedor sellado durante más de 30 días hasta que ya no emita más gas de fermentación (CO<sub>2</sub>). También se pueden añadir hierbas con propiedades naturales como ajo, pimienta roja, etc., durante el proceso de fermentación. El EM-5 puede ser aplicado a todo tipo de plantas como preventivo de plagas destructoras de insectos, además de fortalecer el sistema inmune natural contra las enfermedades.

### **EM extracto fermentado de plantas (EM–EFP)**

El EM EFP es una mezcla de plantas frescas fermentadas con Melaza y con EM.

Su efecto principal es el de suministrar nutrientes a los cultivos, además de suprimir patógenos y alejar a los insectos.

### **Preparación y uso del EM en sus distintas formas.**

#### **Solución de EM**

El EM original es un líquido de color marrón amarillento con un agradable olor agrídulce.

Su PH (potencial Hidrogeno) debe ser siempre MENOR a 3.5. Si presenta mal olor, o su PH fuera superior a 4.0 significa que se ha deteriorado y en dicho caso NO debe utilizarse.

#### **Uso de la solución de EM**

El EM original contiene todos los microorganismos en estado latente. Es por ello que deberá ser activado agregándole “comida” y “bebida”. Esto se efectúa adicionándole Agua y Melaza.

Preparación de EMA (EM Activado) al 0,1% o 1:1,000 para ser aplicado en cultivos:

1 Litro de Agua ( 1.000 cc)

1 cm<sup>3</sup> de EM

1 cm<sup>3</sup> de Melaza o 1 gramo de algún tipo de azúcar.

Esta solución se deja reposar por un lapso de entre 2 a 24 horas y luego puede aplicarse en plantas, suelos o materia orgánica.

#### **Bokashi.**

El Bokashi es equivalente al Compost, pero es preparado mediante la fermentación de materia orgánica con EM.

Puede utilizarse a partir de los 3 a 14 días de tratamiento (fermentación). El Bokashi puede ser utilizado en cultivos aún cuando la materia orgánica no se haya descompuesto como en el Compost.

Al aplicar Bokashi al suelo, la materia orgánica puede servir de alimento para la reproducción de los microorganismos, así como para suministrar nutrientes a los cultivos.

## **Bokashi aeróbico y anaeróbico.**

El Bokashi se clasifica en Aeróbico y en Anaeróbico según como se lo manufacture. Las ventajas y desventajas de uno y otro tipo son:

### **Tipo Aeróbico**

-Ventajas:

Puede producirse a gran escala. El período de fermentación es más corto que el de tipo anaeróbico

-Inconvenientes:

Se pierde mucha de la energía almacenada en la materia orgánica si la temperatura no se controla durante el proceso.

### **Tipo Anaeróbico**

-Ventajas:

Mantiene la energía nutricional de la materia orgánica. Esta condición es similar al ensilaje.

-Inconvenientes:

El mal manejo causa su deterioro

En el Japón se utiliza principalmente el Anaeróbico, pero en otros países como Tailandia se utiliza principalmente el Aeróbico.

## **Materiales para confeccionar el Bokashi.**

El EM puede utilizar cualquier tipo de materia orgánica. Por ejemplo cualquiera de estos materiales podría utilizarse para preparar EM Bokashi: Salvado de arroz, Salvado de Trigo, salvado de Maíz, harina de maíz, arroz partido, desechos de arroz, malezas desmenuzadas, fibra de coco, residuos de cultivos, harina de hueso, harina de pesado, basura domiciliaria, desechos de animales, aserrín, etc. De todas maneras el salvado de arroz se recomienda como un ingrediente importante a la hora de preparar bokashi, por contener excelentes nutrientes para los microorganismos.

Es también recomendable combinar materia orgánica que posea altos y bajos niveles de carbono y nitrógeno. Generalmente se aconseja el uso de por lo menos tres tipos de materias orgánicas distintas para garantizar la diversidad microbiana.

Agregar madera, carbón de cáscara de arroz, zeolita, pasto o aserrín es recomendable, dado que éstos materiales mejoran las condiciones físicas de los suelos y su capacidad de retener nutrientes. Además actúan como punto de concentración (harbouring) para los microorganismos eficientes.

### **Preparación de Bokashi con EM.**

Hay varios tipos de Bokashi, dependiendo del tipo de materia orgánica utilizada. Un Bokashi típico sería como sigue:

Materiales:

<b>Japón</b>		<b>Thailandia</b>
Salvado de Arroz	100 Lts	Salvado de Arroz
Desechos de Cereal	25 Lts	Bagazo de Arroz
Harina de Pescado	25 Lts	Estiércol de Pollo
EM	150 cm <sup>3</sup>	EM
Melaza (a)	150 cm <sup>3</sup>	Melaza
Agua (b)	15 Lts	Agua

### **Notas:**

(a) Si no puede obtener melaza, cualquier tipo de azúcar puede ser utilizado. Otros materiales que podrían utilizarse son el Jugo de la caña de azúcar, Jugos de frutas, o el agua de desecho de la industria azucarera.

(b) La cantidad de líquido a agregar dependerá del tipo de materiales utilizados. Lo ideal es agregar el volumen de líquido necesario para humedecer el material, sin que éste llegue a drenar líquido.

## **Preparación:**

### **Tipo Anaeróbico:**

- 1.- Mezcle bien primero todos los elementos sólidos.
- 2.- Disuelva la melaza en agua (1:100). Utilice preferentemente agua caliente para facilitar la mezcla.
- 3.- Agregue EM a la solución diluida del agua y la melaza.
- 4.- Agregar la mezcla anterior a la materia orgánica, mezclando bien. Realizar el agregado del líquido gradualmente, revolviendo bien verificando la humedad de la mezcla. No deberá haber drenaje de líquido. El contenido de líquido de la mezcla debe ser del orden del 30 al 40%.

La humedad puede verificarse tomando un puñado del material y apretándolo con la mano. Al abrir la mano éste debe quedar formando un solo puñado, el cual debe deshacerse presionándolo un poco con el dedo índice.

- 5.- Coloque la mezcla en una bolsa que no permita el movimiento de aire (puede ser de papel o polietileno). Coloque ésta a su vez dentro de otra bolsa de polietileno negro. Cierre la bolsa exterior fuertemente para impedir la entrada de aire y mantener así la condición anaeróbica. Almacene la bolsa en un lugar oscuro.
- 6.- El período que deberá transcurrir **para que se produzca la fermentación** será:

En zonas de clima templado:

En verano, más de 3 o 4 días

En invierno, más de 7 u 8 días

En invierno coloque los recipientes en un lugar cálido **para acelerar la fermentación**.

En zonas de clima cálido:

Más de 3 o 4 días.

El Bokashi estará listo cuando presente un olor fermentado dulzón. Si produce un olor rancio y a podrido, se debe a que el procedimiento ha fallado, y deberá reciclarse haciendo Bokashi Aeróbico utilizando EM como inoculante.

- 7.- El Bokashi Anaeróbico deberá utilizarse preferentemente una vez terminada su preparación. Si pretende almacenarlo, espárzalo sobre un piso de concreto, séquelo lo mejor posible, y luego colóquelo en bolsas plásticas. Asegúrese siempre de prevenir, una vez almacenado, el ataque de roedores y pestes.

### **Tipo Aeróbico:**

Los procedimientos (Paso 1 al Paso 4) son los mismos que para el Bokashi Anaeróbico

- 5.- Coloque la mezcla sobre un piso firme (preferentemente de cemento), y tápela con una bolsa de arpillera, una cortina de paja o algún elemento similar. Evite la exposición del material a la lluvia.
- 6.- Bajo la condición Aeróbica, el Bokashi producido con EM fermenta rápidamente. Así, la temperatura se incrementa en cuestión de horas, y el Bokashi necesitara atención constante y permanente. En condiciones ideales, la temperatura deberá ser mantenida entre los 35 y 45 °C. Por eso, es necesario verificarla regularmente utilizando un termómetro común. Si la temperatura alcanzara los 50° C, mezcle bien la pila de Bokashi con el propósito de airearla. Si aún así no lograra bajar la temperatura, intente hacer la pila más pequeña para reducir el peso y el aislamiento térmica del material.
- 7.- El período que deberá transcurrir **para que se produzca la fermentación** será:

En zonas de clima templado:

En verano, más de 3 o 4 días

En invierno, más de 7 u 8 días

En zonas de clima cálido:

Más de 3 o 4 días.

El Bokashi Aeróbico estará listo para ser utilizado cuando presente un olor dulzón fermentado, y puedan observarse formaciones de moho de color blanco. Si presentara un olor rancio o agrio y a materia descompuesta, el mismo se habrá malogrado y podremos agregarlo a los otros materiales cuando preparemos nuevamente Bokashi Aeróbico.

- 8.- Preferentemente, deberemos utilizar el Bokashi Aeróbico una vez preparado. Si se requiriera almacenarlo, deberá esparcirse sobre una superficie de cemento y dejarlo secar bien a la sombra, para luego guardarlo en bolsas plásticas.

La eficacia del Bokashi Aeróbico preparado a una temperatura superior a los 50°C es un 50% menor que la del preparado dentro del rango de temperaturas indicadas anteriormente. Esto se debe a la pérdida de energía en forma de calor a altas temperaturas, y a la producción de ácido butírico y otras sustancias putrefactivas. Por eso debe prestarse mucha atención al control de la temperatura durante el proceso. Si no pudiera dedicarle atención de tiempo completo a la fabricación del Bokashi deberá optarse por el método Anaeróbico en lugar del Aeróbico.

Recomendamos practicar varias veces la preparación del Bokashi. La clave para una buena preparación es aprender a controlar la humedad y la temperatura a través de la práctica.

#### **Utilización del EM Bokashi:**

En general, aplique Bokashi de EM en un promedio de 200 gramos por metro cuadrado de superficie de suelo cuando existe suficiente materia orgánica o cuando se ha aplicado como Compost.

Cuando la fertilidad del suelo es pobre o éste tiene poca materia orgánica puede aplicarse EM Bokashi en mayores cantidades **hasta un máximo de 1 Kilogramo** por metro cuadrado (1Kg/m<sup>2</sup>).

#### **Caldo de Bokashi**

Se coloca EM Bokashi dentro de una bolsita, la que deberá tener orificios pequeños (también puede utilizarse una media).

Se deja en remojo en agua (aproximadamente el 10% del volumen total de agua) durante un lapso de 8 a 12 horas.

Después de éste período, se retira la bolsita de EM Bokashi, se agrega el agua restante y el EM5 al “Caldo de Bokashi” concentrado. Por ejemplo poner a remojar 5 Kilos de EM Bokashi en 50 litros de agua de 8 a 12 horas. Después de éste período agregar 450 litros de agua más un litro de EM5.

El “Caldo de Bokashi” deberá ser utilizado dentro de las 24 horas como máximo. No es posible su conservación.

Este caldo de Bokashi es mucho más eficaz y rápido que el EM Bokashi y los residuos deberán aprovecharse en la huerta.

## **MANUAL DE PRODUCCION PORCINA CON MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM).**

Uso de los Microorganismos Eficientes (EM) como Probiótico y para el tratamiento de desechos con el objeto de mejorar la producción, controlar olores y procesar los residuos.

Para ser competitivo en los mercados actuales, el productor porcino moderno debe innovar constantemente y buscar nuevas herramientas y técnicas de producción. Nuestra empresa, EM Technologies Inc está introduciendo activamente el uso de los Microorganismos Eficientes (EM) como inoculante microbiano en granjas de los EUA y en sitios de producción de ganado. La tecnología EM fue originalmente desarrollada en Okinawa, Japón en el año 1980 por el Doctor Teruo Higa, y desde entonces está siendo utilizada en más de 80 países diferentes. La utilización de los Microorganismos Eficientes (EM) encierra grandes posibilidades para los productores de cerdos y ganado vacuno. Es sumamente económica, fácil de aplicar, y produce maravillosos resultados en el control de olores, como probiótico y en las áreas de manejo de desechos, sanitación y producción de abonos orgánicos a partir de desechos animales.

El inoculante microbiano EM es producido como un concentrado líquido. Existen varias formas de EM para diferentes aplicaciones. Para el uso en producción animal, incluida la porcina, se utilizan normalmente el EM Probiótico, y el EM para tratamiento de desechos. Para aquellos productores de ganado que cultivan toda o al menos una parte del alimento de sus animales están disponibles el Kyusei EM y el EM5.

Este manual introduce los Microorganismos Eficientes (EM) como una herramienta útil para ayudar a mantener la competitividad en el cambiante mundo de la producción porcina. Se dan, además, detalles de la correcta utilización del EM Probiótico y del EM para tratamiento de desechos. También se informa sobre los beneficios de adaptar el sistema de la tecnología EM al manejo de porcinos.

### **Generalidades del uso de EM en la Producción Porcina**

Existen generalmente cinco formas en las que puede utilizarse el EM en aplicaciones con porcinos:

- 1) Como aditivo probiótico agregado al agua que beben los animales.
- 2) Como aditivo incorporado al agua utilizada para la limpieza de las instalaciones.

- 3) Como probiótico incorporado al alimento.
- 4) Como tratamiento agregado al manejo de los desechos.
- 5) Como tratamiento para la producción de abono orgánico de alta calidad a partir de las deposiciones de los animales.

Se ha comprobado que los mejores resultados se obtienen cuando se aplican los cinco métodos de manera integral. De todas maneras se obtienen resultados positivos aún aplicando EM en una sola forma.

Usualmente el operador decide en primera instancia utilizar el EM para el control de los olores producidos por las deposiciones, y luego va agregando los otros métodos gradualmente al sistema de producción.

### **Beneficios en el Control de Olores**

Uno de los grandes beneficios de incorporar EM en cualquier operación relacionada con Porcinos es la notable disminución de malos olores. Su uso en el tratamiento de residuos produce maravillosos resultados, reduciendo drásticamente los gases emitidos productores de malos olores. Utilizando EM en dos o más fases de la producción incrementa la efectividad del control de olores. La utilización en las cinco fases ha demostrado producir los mejores resultados para mantener los malos olores bajo control.

### **Utilización de EM Probiótico en Porcinos**

El EM probiótico utilizado en la alimentación y en el suministro de agua de los animales ayuda a balancear la microflora en el tracto digestivo del animal. Los microorganismos benéficos contenidos en el EM incrementan la capacidad de utilización de los nutrientes, disminuyen el olor de las deposiciones, y mejoran la salud de los cerdos reduciendo el estrés producido por la exposición a gases tóxicos.

### **EM Probiótico en el agua de bebida**

La manera más sencilla de comenzar a utilizar la tecnología EM en la producción porcina es a través de la utilización de EM Probiótico como aditivo al agua que beben los animales. Cuando se utilizan reservorios o tanques para almacenamiento de agua, el EM Probiótico puede incorporarse a los mismos calculando el volumen a añadir, y agregándolo en la proporción correcta.

Los Sistemas de inyección automáticos también pueden utilizarse para agregar EM Probiótico al sistema de suministro de agua, permitiendo estos realizar la mezcla en un punto conveniente para el operador como ser antes de la entrada de la línea de agua a las instalaciones. Parte o todo el sistema de agua puede tratarse de acuerdo a la conveniencia del operador.

El agua de bebida tratada con EM ayuda a balancear la microflora en el tracto digestivo del animal. Los olores decrecen, la tasa de conversión de alimento se incrementa, y la salud general del animal mejora. Debido a que toma algún tiempo para que la población microbiana intestinal cambie, no deben esperarse resultados instantáneos. Debera esperarse un mínimo de uno o dos meses aplicando el producto de acuerdo a las instrucciones para comenzar a obtener los resultados producidos por este tipo de aplicación. La paciencia es importante pues el EM es un material vivo, y debe dársele el tiempo para que actúe en el tracto digestivo del animal.

### **Aplicación en Tanques**

Mezcle EM Probiótico en el agua con una proporción de 1 Parte de EM Probiótico en 2000 a 5000 partes de agua (1:2000 a 1:5000) dentro del tanque de bebida de los animales. Al comienzo haga beber a los cerdos la solución diluida de EM una vez por semana. Cuando comiencen a verse los resultados hágalos beber la solución una vez cada 2 o 4 semanas.

Agregue 50 Galones (1:2000) a 20 Gal.(1:5000) EM en un tanque de 10.000 Gal.

Agregue 0.5 Galón (1:2000) a 0.2 Gal(1:5000) EM en un tanque de 1.000 Galón.

**Nota:** Si agrega solución diluida de Melaza en la misma proporción que la del EM Probiótico, obtendrá mejores efectos. Deberá utilizar esta mezcla de EM/Melaza y agua en un período máximo de tres días.

EM disuelve cualquier depósito dentro de las tuberías de agua, lo cual podría obstruir las mismas. Recomendamos realizar una limpieza antes de dosificar con EM probiótico.

## Aplicación con Inyectores

Si no se posee un tanque de almacenamiento para el agua de beber, deberá instalarse un inyector que posibilite el ingreso del EM al sistema de provisión de agua. Deberá utilizarse la misma proporción que para un tanque es decir que deberá regularse el inyector para realizar la mezcla en una proporción de 1:2000 (uno en dos mil) o de 1:5000 (uno en cinco mil). Si el inyector no permitiera hacer esta dilución, puede pre-diluirse el EM probiótico en agua, de manera que la dilución final salga del inyector en la proporción adecuada.

Para un inyector con una dilución predeterminada en un factor 1: 400 y un tanque con una capacidad de 200 litros, la cantidad de EM probiótico necesaria será:

%EM	F.C.	Total Mezcla	EM Probiótico
1:2000	400	200 Litros	40 Litros (0,0005)
1:5000	400	200 Litros	16 Litros (0,0002)

**Nota:** En los inyectores, la inversa del factor de dilución se denomina “Factor de Concentración” o F.C. y representa la cantidad de material que puede ser concentrado en la mezcla de acuerdo al factor de dilución.

Utilice un tanque para almacenar el concentrado necesario para el uso de un día. Si agrega Melaza, algún electrolito u otro elemento, tenga la precaución de incorporar el EM como último elemento del concentrado.

La siguiente tabla puede usarse como una guía útil para aplicaciones de EM Probiótico utilizando inyectores

Dilución EM	F.C.	Total Mezcla	Total EM Probiótico
1:2000	25:1	200 Litros	2.5 Litros
1:5000	25:1	200 Litros	1 Litro
1:2000	100:1	200 Litros	10 Litros
1:5000	100:1	200 Litros	4 Litros
1:2000	400:1	200 Litros	45 Litros
1:5000	400:1	200 Litros	20 Litros
1:2000	1000:1	200 Litros	100 Litros

1:5000      1000:1      200 Litros      45 Litros

Atención: En la medida de lo posible no introduzca cloro, antisépticos, antibióticos y cualquier otra sustancia que pudiera interferir con el EM Probiótico. Si utiliza agua de pozo o que provenga de algun reservorio, considere tratar dicha agua con EM a los fines de reducir la formación de algas y la interferencia de otros microorganismos, especialmente patógenos.

Otra alternativa consiste en la aireación del reservorio para mantener un elevado nivel de oxígeno disuelto.

#### EM Probiótico en la Alimentación

La actividad de los microorganismos benéficos en los porcinos se incrementa mediante el uso de EM Probiótico en la alimentación, y los malos olores producidos por las deposiciones se reducen desde su origen. Consecuentemente, disminuye el olor de todo el sistema. Asimismo se incrementa la salud y el apetito de los animales.

#### **Alimento fermentado con EM Probiótico**

##### Ingredientes:

Todas o algunas de las raciones pueden ser fermentadas anaeróbicamente, y con esto alimentar a los animales. Con EM Probiótico pueden prepararse distintos tipos de alimentos. Asimismo puede utilizarse para producir la fermentación del alimento que se utiliza regularmente. Use siempre ingredientes frescos, fáciles de obtener y de preparación sencilla.

##### Ejemplo utilizando Maíz y Salvado de trigo (Afrechillo)

Material	Cantidad
Maíz	100 Kilogramos
Salvado de trigo	100 Kilogramos
EM Probiótico	200 Mililitros
Melaza	200 Mililitros
Agua	20 a 30 Litros

**Nota:** La cantidad de agua depende de la humedad de la mezcla.

## Preparación:

- (1) Mezcle bien el afrechillo de trigo con los desechos del maíz.
- (2) Disuelva la Melaza en un volumen pequeño de agua tibia y luego agregue agua fría para preparar la solución diluida (1:100). El agua tibia se utiliza inicialmente, dado que es difícil diluir la melaza en agua. El volumen de agua tibia deberá contarse como parte del volumen total de agua.
- (3) Agregue el EM Probiótico a la solución anterior para preparar la solución EM/Melaza.
- (4) Coloque la solución en el alimento y luego mezcle bien. Deberá agregarse líquido hasta que la mezcla tenga la humedad suficiente como para que al apretar un puñado quede compacta, pero al tocarla se desmenuce rápidamente. Si la mezcla tuviera demasiada humedad podría producirse una fermentación ácida, que conduciría a la formación de ácido acético con el consecuente olor desagradable.
- (5) Para pequeñas cantidades: Coloque la mezcla en una bolsa de plástico gruesa. Trate de retirar todo el aire para crear las condiciones necesarias para la fermentación anaeróbica y luego cierre fuertemente. Cerciórese de haya ingreso de aire (oxígeno) dentro de la bolsa.  
Para grandes cantidades: Coloque la mezcla en un envase plástico tipo tambor. Aplane bien la superficie y coloque material plástico sobre ella. Sobre este coloque algún material rígido que impida el ingreso de aire a la mezcla y luego coloque algún objeto pesado para ejercer presión. A continuación coloque la tapa del recipiente. La fermentación en este tipo de recipiente deberá realizarse a temperatura ambiente y en un lugar cerrado, no expuesto directamente a la luz solar.
- (6) El período de fermentación es de entre 3 y 4 días en verano, y de entre 6 y 7 días en invierno y se produce normalmente a temperatura ambiente en condiciones anaeróbicas (en ausencia de oxígeno).

**Importante:** La temperatura de la mezcla durante el período de fermentación no deberá superar los 45 Grados centígrados.

Si ingresa aire dentro del recipiente durante el período de fermentación, las condiciones de la misma se transforman en aeróbicas, produciendo un aumento de la temperatura que llevaría a que se arruinara el proceso. Por eso recomendamos que hasta que esté familiarizado con el procedimiento, utilice un termómetro para controlar la temperatura.

Si observa que la temperatura supera los 45 Grados revuelva bien el producto para que se enfríe, trate de drenar el exceso de líquido que hubiera, coloque nuevamente en el recipiente manteniendo lo mejor posible las condiciones anaeróbicas. Estos problemas se evitan generalmente impidiendo totalmente el ingreso de aire a la preparación.

En períodos de tiempo frío, el proceso de fermentación puede llevar un poco más de tiempo. Para disminuir el tiempo del proceso puede dejarse elevar la temperatura en un principio a los fines de ayudar a la fermentación realizando el siguiente procedimiento.

Primero genere condiciones aeróbicas dejando el recipiente donde colocó la preparación abierto para permitir el ingreso de aire. La temperatura se incrementará rápidamente y comenzará la fermentación. Cuando ésta alcance los 45 Grados Centígrados ate la bolsa o cierre el recipiente con el objeto de crear condiciones anaeróbicas para terminar la fermentación. Sea cuidadoso pues la temperatura podría alcanzar los 55 Grados en el transcurso de 2 o 3 días dependiendo de la temperatura ambiente y de la humedad de la mezcla, lo que llevaría a que se deteriorara la calidad del alimento a producir. Por ello recomendamos monitorear con un termómetro y cerrar el recipiente o bolsa al llegar a los 45 Grados C.

\* Cuidado: Utilice un termómetro para asegurarse que las condiciones aeróbicas se mantienen solamente hasta alcanzar los 45 Grados Centígrados.

\* Al finalizar el proceso un olor a fermentación dulce indicara el éxito de la preparación. Por el contrario un olor ácido nos indicara que la preparación no ha sido la correcta. Normalmente debiéramos tener un PH de alrededor de 5.0 si el proceso ha sido el correcto

## **Almacenamiento**

Una vez que la fermentación ha concluido, el alimento preparado con EM Probiótico deberá utilizarse lo antes posible. Si deseara almacenarlo por un período corto, deberá mantener las condiciones anaeróbicas manteniendo el recipiente cerrado. El producto puede utilizarse a lo largo de una semana durante el verano y un mes durante el invierno.

En caso de necesitar un almacenamiento por un período más largo siga el siguiente procedimiento: Espárzalo sobre un piso de cemento, drénelo hasta llegar a una humedad del 15% y colóquelo en una bolsa nueva. Cerciórese que el producto esté lo suficientemente seco, pues de no ser así continuará la fermentación y se observará la aparición de un moho verdoso. Si apareciera un moho de color gris o negro, retírelo y trate que no se mezcle con el resto del producto. El alimento fermentado, una vez secado podrá utilizarse por aproximadamente tres mese

## **Aplicación**

- (1) Mezcle el alimento fermentado con EM con el alimento regular de los cerdos en una proporción de entre el 1 al 5% del total.
- (2) Al comenzar el suministro la proporción de alimento fermentado con EM en relación al total deberá ser alta ( del 3 al 5% del total). Una vez neutralizados los malos olores deberá reducirse la cantidad ( del 1 al 2%).

## **Otros métodos de aplicación de EM Probiótico al alimento.**

\* La alternativa más simple para producir alimento fermentado es la de rociar la superficie del alimento con una solución de EM Probiótico y Melaza en agua a una dilución 1:100 al momento de alimentar a los animales

\* Otra opción posible es la de utilizar ingredientes absorbentes e impregnarlos con la solución diluida EM Probiótico y Melaza en agua en relación 1:100. Luego mezcle estos elementos absorbentes ya impregnados con el resto del alimento. Trate en lo posible de no agregar demasiada solución al alimento de manera que la humedad final total no supere el 10% .Esto es cuando (una vez terminado) lo aprieta con la mano el producto no debe drenar líquido.

\* De todas maneras la experiencia ha demostrado que el alimento fermentado con EM Probiótico a la usanza original es más efectivo que estos dos métodos.

### **Limpieza con el EM para tratamiento de residuos.**

El uso del EM Waste Treatment como spray aplicado al lavado de instalaciones reduce los olores y ayuda a obtener residuos de excelente calidad para ser utilizados como fertilizantes. Los microorganismos contenidos en el EM utilizan los desechos de los animales como alimento, y al consumirlos mediante la fermentación controlan los olores.

Para utilizarlo como spray en las instalaciones debe mezclarse una parte de EM Waste Treatment con una parte de Melaza, y diluirlo en 250 partes de agua. Este spray deberá utilizarse a razón de uno o dos cuartos (1.136 Litros) por yarda cuadrada de superficie cada tres días hasta que los olores sean controlados. También podría utilizarse una solución “extendida” o diluida. Una vez controlados los olores deberá aplicarse cada siete o diez días.

#### Aplicando EM mediante spray en las instalaciones

##### Ingredientes

Materiales	Cantidad
Agua	1000 Litros
Melaza	4 Litros
EM	4 Litros

##### Notas:

El agua de pozo es mejor que el agua corriente que contiene cloro.

Tenga cuidado de no mezclar con agua caliente.

Disolver en agua tibia facilita la dilución.

En caso de no preparar la cantidad aquí propuesta el porcentaje de EM, Melaza y agua debe mantenerse en 1:250

### **Preparación**

Primero disuelva un galón de Melaza (4.6 Litros) en algo de agua tibia y mezcle bien. Ahora agregue un galón (4.6 Litros) de EM a la mezcla anterior revolviendo bien.

Tenga cuidado de que el líquido en el cual va a diluir el EM no sobrepase los 35 Grados. Finalmente mezcle todo esto en 1000 Litros de agua (incluida la utilizada para hacer la dilución).

### **Almacenamiento**

Si mantiene la solución “activada” o diluida de EM-Melaza en un recipiente y en condiciones Anaeróbicas (sin contacto alguno con el aire) durante uno o dos días antes de utilizarla obtendrá mejores resultados. No obstante esta solución deberá utilizarse dentro de los tres días ya que se deteriorará en el lapso de una semana.

### **Aplicación**

- (1) Donde aplicar: Distribuya la solución diluida del EM en todo el recinto del establecimiento (pisos, paredes, techos, drenajes, etc.). No hay inconvenientes en mojar con ella a los animales.
- (2) Cantidad a aplicar: rociar aproximadamente 1.5 litros de esta solución (diluida a 1:250) por yarda cuadrada.
- (3) Frecuencia de aplicación: En los primero dos meses aplique una vez cada una o dos semanas. Cuando el olor comienza a desaparecer, utilice una solución con la cantidad de EM-Melaza reducida a la mitad (es decir 1:500) o sea una parte de EM, una de Melaza y 500 partes de agua.

### **Utilización de los rociadores de las instalaciones**

- \* Podrían utilizarse rociadores si estos ya estuvieran instalados en los galpones. Si los mismos han sido utilizados con medicamentos o desinfectantes, deberán ser limpiados antes de realizar la aplicación. Si el sistema no es limpiado correctamente los residuos depositados dentro de las tuberías podrían ser disueltos por la acción del EM pudiendo estos tapar los rociadores.
- \* Nunca aplique EM conjuntamente con antibióticos o desinfectantes.

### **El Método “Tramplng”**

- \* Si el proceso con los cerdos se realizare a cielo abierto, o estuviera ubicado en un lugar con ventilación pobre o con altos niveles de humedad, recomendamos utilizar el sistema “Tramplng” para producir excelente un abono orgánico:

- (1) Mezcle viruta de madera o aserrín con los excrementos de los animales.
- (2) Agregue sobre la superficie del mismo alimento fermentado con EM.
- (3) Rocíe con solución diluida de EM-Melaza.
- (4) El nitrógeno de la orina producida por los animales, y la acumulación de material orgánico se irán mezclando con el transcurso del tiempo transformándose en un excelente abono orgánico.

### **Manejo de Desechos con EM**

Uno de los métodos más efectivos para controlar los olores generados durante el proceso de producción porcina es a través de la aplicación de EM en el manejo de los desechos. Su correcta aplicación resultará en la reducción del DBO (demanda biológica de oxígeno) y en una drástica disminución de los niveles de amoníaco y otros gases tóxicos, resultado que es mensurable a partir del descenso de las PPM (partes por millón) de los mismos.

El EM puede ser utilizado en cualquier tipo de sistema de tratamiento de desechos de los comúnmente usados en operaciones con porcinos. Esto incluye el tratamiento de tanques, lagunas de oxidación y áreas de confinamiento. EM reducirá la contaminación de tierra y agua, mientras logra disminuir los olores. Es sabido que cuando se utilizan áreas de confinamiento se generan intensos olores que producen una disminución en la salud y en la performance de los animales. EM reducirá la concentración de gases tóxicos, reduciendo el estrés tanto en los porcinos como en los trabajadores.

### **El EM Probiótico contribuye en la eliminación de olores.**

Cuando se utiliza el EM Probiótico como explicamos anteriormente, el mismo termina en los desechos porque trabaja sobre ellos desde antes de que sean excretados. De ésta manera los excrementos de los animales tienden a fermentar en lugar de descomponerse, su cantidad disminuye, el olor se reduce, y el desecho final es más limpio.

### **Inoculación de Tanques de almacenamiento de desechos**

Con el objeto de neutralizar olores y mejorar la purificación, una solución de EM-Melaza extendida preparada con una parte de EM, una parte de Melaza y 100 partes de agua debería aplicarse regularmente.

## Ingredientes

La fórmula básica es:   01 parte de EM  
                                  01 parte de Melaza  
                                  100 partes de agua

## Preparación

- \* Para estas proporciones de solución extendida de EM, primero disuelva un galón de Melaza en 5 galones de agua tibia, y luego agregue esto en 95 galones de agua. Después añada un galón de EM y mezcle intensamente.
- \* En la medida de lo posible, deposite la solución resultante durante uno o dos días en un recipiente hermético, impidiendo la entrada de aire. Esto potenciará la actividad de los microorganismos contenidos en el EM. La solución deberá utilizarse como máximo a los tres días. Al dejarla más tiempo podría deteriorarse y perder efectividad.

## Aplicación

- \* Aplique esta solución al agua del tanque de desechos en una proporción de 1 parte de solución “extendida” de EM cada 100 partes de agua (1:100). Por ejemplo si la capacidad del tanque de almacenamiento fuera de 40.000 litros debiese inocularse con 400 litros de solución extendida.
- Al iniciar el tratamiento aplique una vez cada una o dos semanas. Controle los cambios en el tanque. Al empezar a obtener resultados la cantidad de solución extendida a aplicar debería disminuir o reducir la frecuencia de la aplicación.

## NOTAS:

Existen diferentes tipos de tanques de tratamiento de desechos y varias maneras de procesar los excrementos, como ser la de separar sólidos de líquidos. Es por ello que el uso correcto del EM deberá ser cuidadosamente ajustado a las condiciones del proceso.

Otro punto importante a tener en cuenta es que el uso de desinfectantes disminuye drásticamente la acción del EM. Si se están utilizando desinfectantes en el proceso de

producción, mezcle EM con agua limpia y viértalo dentro de los tanques de almacenamiento de desechos. Dada la reducción de olores y la mejora en las condiciones sanitarias de los animales producida por la acción del EM debiera evitarse en lo posible el uso de desinfectantes. De suma importancia será entonces observar las condiciones del proceso de producción y el estado general de los animales antes de decidir si debieran o no utilizarse productos químicos en la desinfección.

### **Inoculación Directa en Tanques de Almacenamiento de Desechos**

Como alternativa a la utilización de la “solución extendida” de EM- Melaza, las deposiciones pueden ser tratadas con una dosificación de EM Waste Treatment al 1:10.000 en relación al volumen del tanque o laguna de oxidación. Deberá agregarse, además una cantidad igual de melaza. Primero mezcle la melaza con una cantidad igual de agua tibia, hasta lograr una dilución fluida. Luego agregue a esta el EM Waste Treatment. Posteriormente aplique la solución resultante rociándola sobre la superficie del tanque o laguna.

### **Producción de Fertilizante a partir de las deposiciones de los cerdos**

Las deposiciones tratadas con EM no generan olores nocivos durante o después de su preparación o curado. Su aplicación ha demostrado tener efectos positivos en los cultivos y en el rendimiento de las cosechas, comparado con cultivos obtenidos mediante métodos convencionales.

### **Deposiciones tratadas con EM versus deposiciones sin tratar**

La diferencia fundamental entre las heces tratadas con EM y las ordinarias (es decir sin tratar) es que a partir del tratamiento con los Microorganismos Efectivos se produce un proceso fermentativo, y en el otro caso se da un proceso de putrefacción. La calidad del fertilizante obtenido es afectada positiva o negativamente en función del proceso utilizado.

El abono ordinario es preparado aeróbicamente mezclando repetidas veces con el objeto de ventilarlo y exponerlo a la acción del aire (oxígeno). Las sustancias orgánicas se oxidan y son descompuestas por los microbios aeróbicos. El producto final es el residuo que queda luego de una gran pérdida de energía transmitida al aire por la

emisión de calor y el gas producido por las sustancias orgánicas. Este proceso demora mucho tiempo, y pierde una gran cantidad de nutrientes.

En contraste, el abono producido mediante la aplicación de EM se produce por la fermentación de las sustancias orgánicas principalmente producida por microorganismos aeróbicos a bajas temperaturas. Al no haber emisión de gases ni de energía en forma de calor, se retienen efectivamente los nutrientes y la energía. En el proceso no es necesario voltear la mezcla para hacer que esta se airee. Aunque a veces podría ser necesario voltear la pila para agregar aserrín o viruta de manera, al efecto de mantener el balance de carbono y nitrógeno.

### **Preparación y uso de el EM para el tratamiento de deposiciones**

Dado a que el EM está presente en las heces y en la orina de los animales, es posible anular la acción de las bacterias que producen la putrefacción aplicando alguno de los cinco métodos detallados anteriormente.

- (1) Fermentando anaerobicamente los alimentos de los animales con EM Probiótico.
  - (2) Aplicando solución diluida de EM Probiótico en el agua que beben los animales.
  - (3) Rociando las instalaciones con EM Waste Treatment.
  - (4) Diseminando alimento fermentado con EM Probiótico en los pisos de las instalaciones.
  - (5) Inoculando los tanques de depósito de desechos con EM Waste Treatment.
- Siguiendo estos pasos, las deposiciones fermentan y se obtiene como consecuencia abono tratado.

Es importante no permitir que durante la fermentación con EM la pila de desechos no alcance altas temperaturas, dado que el proceso difiere del normalmente utilizado para la fabricación de compost. Cuando la temperatura aumenta demasiado, las bacterias que oxidan y descomponen la materia orgánica tienden a predominar por sobre las contenidas en el EM.

La manera más práctica y sencilla para saber cuando el abono esta preparado para ser utilizado es a partir de su olor. Si el olor ha desaparecido, o huele a fermentado, ya puede ser utilizado. Pero si huele mal (ejemplo: tiene olor a amoníaco), no está aún

listo. Los fertilizantes generalmente tardan algún tiempo para madurar, pero el tratado con EM madura relativamente rápido.

El producto final producido con EM podría requerir el agregado (durante el proceso) de ingredientes secos como el aserrín para facilitar su secado y aplicación.

### **Aplicación**

La cantidad de abono producido con EM a aplicar dependerá del tipo de suelo, y del cultivo a producir. La aplicación típica es de 5 a 10 Toneladas por Acre. Debiera aplicarse inicialmente en la cantidad recomendada para ajustarla después de acuerdo a los rendimientos obtenidos.

### **Notas:**

-Si las deposiciones continúan con olor, esto significa que el EM no ha terminado su trabajo. Incremente la frecuencia de aplicación de EM, o aumente la concentración hasta que desaparezca la emisión de olores.

-No debieran esperarse óptimos resultados si la fermentación se hubiera producido a alta temperatura, o si se hubieran rociado las deposiciones con EM cuando estas ya emitieran olor a amoníaco. La aplicación de EM produce mejores resultados al aplicarla sobre deposiciones u orina frescas.

-Llevará bastante más tiempo obtener buenos resultados a partir de la aplicación del EM, cuando ésta se hiciera sobre orina o deposiciones que ya hubieran comenzado a descomponerse aeróbicamente. Aún así está demostrado que la calidad del fertilizante obtenido mejora mediante su aplicación.

### **Obteniendo mejores resultados**

Debido a que el EM esta compuesto por elementos vivos no puede ser tratado o manejado como los productos químicos. EM necesita algún tiempo para realizar su trabajo, dado que se compone por microorganismos y sus efectos se producen a partir de la actividad metabólica y del incremento gradual de su población en el sistema. Utilice EM hasta obtener los resultados esperados.

## **Almacenamiento**

- 1.- El EM se mantendrá mejor si se lo almacena en un lugar seco donde no haya mucha fluctuación de temperatura.
- 2.- Recomendamos firmemente no almacenar el EM en invernaderos. Si lo almacena allí o bajo condiciones de alta temperatura, su duración será menor a la esperada. Si observa que toma mal olor, no lo utilice.
- 3.- El EM no puede prosperar, y su actividad disminuye por debajo de los 41 Grados Fahrenheit. Si es posible no deje que se congele. No almacene al EM en heladeras por períodos prolongados.
- 4.- La vida útil del EM es de aproximadamente 6 meses. De ser posible no almacene el producto por períodos mayores a los 6 meses a partir de su fecha de envasado. Nota: En algunos casos podría notarse la formación de una sustancia blanca en la superficie. Esto es producido por las levaduras y no afecta la calidad del producto ni causa problemas con su utilización.
- 5.- Una vez abierto, utilice el EM en el lapso mas corto posible. Trate de no abrir más de un recipiente a la vez, y trate de usarlo hasta terminar.

## **Utilización**

1. EM no actuará correctamente si se utiliza conjuntamente con desinfectantes, insecticidas o pesticidas, debido a que estas sustancias eliminarán a los microorganismos eficientes. Si alguna de estas sustancias debiera utilizarse inexorablemente, recomendamos aplicar primero los químicos, y luego dejar pasar algún tiempo antes de aplicar EM. El EM limpiará entonces los residuos químicos. Utilice EM en la mayor cantidad posible antes de aplicar químicos nuevamente, si realmente debiera aplicarlos. Recuerde que dichos productos disminuirán las poblaciones de microorganismos benéficos. Deje de utilizar dichos productos en la medida de lo posible, de manera que el EM pueda realizar mejor su trabajo.
2. Los productos de EM diluido deberán ser almacenados en recipientes que no permitan la entrada de aire y utilizarse dentro de los tres días. Para obtener mejores resultados habitúese a realizar la dilución el día anterior al uso.
3. Dentro de los porcentajes, rangos y diluciones propuestas, comience a aplicar el EM lo mas concentrado posible y con una frecuencia mayor. Esto le dará a los

microorganismos contenidos en el producto una mayor posibilidad de establecerse en el ambiente de aplicación. Lentamente reduzca las cantidades de aplicación y/o concentración una vez que comience a notar la reducción de olores y demás resultados.

4. Al comenzar a aplicar EM comience con pequeñas superficies. Una vez familiarizado con su uso incremente el área de aplicación.
5. Dado que EM tiene vida propia, si lo considera como un trabajador más obtendrá mejores resultados. Tratando al EM como un organismo viviente, tendrá hacia él la actitud correcta, lo que concluirá en la obtención de mejores resultados.

## **Beneficios**

.Como Probiótico en la bebida o en la alimentación

.EM Probiótico ayuda a balancear la microflora en el tracto digestivo de los animales.

.EM Probiótico puede reducir los olores emanados de los desechos, reduciendo así el estrés en los animales (y humanos) producidos por la inhalación de gases tóxicos.

.EM Probiótico aumenta la eficiencia de la conversión del alimento.

.Para la Salud

.EM es de sencilla aplicación mediante el rociado por Spray de las instalaciones.

.EM descompone los desechos animales mientras controla los olores.

.Los microorganismos contenidos en el EM actúan por competencia exclusiva respecto de los patógenos.

.En el manejo de desechos

.EM puede utilizarse en cualquier tipo de sistema de tratamiento de residuos.

.El tratamiento con EM reduce el DBO (demanda biológica de oxígeno), DBQ (demanda química de oxígeno) y las PPM (partes por millón) de gases emitidos, consecuentemente reduciendo los olores desagradables y las condiciones generadoras de estrés.

.El EM reduce el riesgo de contaminación de aguas y suelos.

.En la producción de Abono

.El EM genera un uso productivo de los desechos animales.

.Los desechos tratados con EM no emiten malos olores durante la preparación o el uso.

.El abono tratado con EM puede incrementar la calidad y cantidad de los cultivos.

### **Beneficios Generales**

- \* (1) Funciona efectivamente.
- \* (2) Controla olores.
- \* (3) Es eficiente y de un costo reducido.
- \* (4) Es fácil de aplicar.
- \* (5) Reduce el estrés animal.
- \* (6) Incrementa la productividad.
- \* (7) Incrementa la calidad de la carne producida.
- \* (8) Requiere una muy baja inversión inicial pues funciona con cualquier sistema de producción o de tratamiento de desechos.

## **USO DEL EM EN LA PRODUCCION AVICOLA**

### **El problema de los olores en la producción avícola**

El control de los olores es uno de los mayores problemas con que se enfrenta el productor avícola.(Ritter, 1981).- En dichos establecimientos, algunos de los componentes causante de ellos, tales como el amoníaco, se constituyen en causa de enfermedad para quienes trabajan allí, para los animales y, a menudo en una verdadera molestia para la comunidad (Mote , 1984).-Los altos costos de los materiales y la mano de obra, han obligado a los criadores a utilizar de tres a cuatro veces las camas de los animales.- Como resultado de ésta práctica se produjo un importante aumento de los niveles de gases amoniacaes dentro y fuera de los gallineros (Carlile – 1984).

La formación de gases amoniacaes ha sido atribuida a la descomposición del ácido úrico presente en las excretas (Carlile – 1984). La relación entre la volatilización del amoníaco y la concentración amoniacal resultante depende de factores tales como el contenido de humedad de las camas , su PH, la temperatura ambiente y la velocidad del viento (Moore y otros – 1986).

Las investigaciones realizadas en relación con los efectos de los gases amoniacaes en las aves mostraron que actúan negativamente sobre el crecimiento, la asimilación de los alimentos, la producción de huevos, el aparato respiratorio, aumentando la susceptibilidad a la enfermedad de Newcastle, a la airsacculittis, incrementando los niveles de Mycoplasma gallisepticum y de la Keratoconjunctivitis.- (Moore y otros.- 1996).

Por éstas razones los investigadores recomiendan que los niveles amoniacaes no superen las 25 ppm.- En los hechos, las aves están generalmente expuestas a niveles amoniacaes superiores que van desde las 50 ppm a los 200 ppm.- El hombre puede reconocer niveles de amoniaco a partir de las 50 ppm.- Una exposición a niveles mayores de 100 ppm por un período que supere las 8 horas, deteriora su salud (Carlile – 1984).

Muchos intentos se ha llevado a cabo para reducir los niveles de gases amoniacaes dentro de las instalaciones.- El método más común fue ventilarla.- Este sistema, presenta el problema del frío invernal, que obliga a reducirla para evitar una excesiva pérdida de calor. El efecto de condensación, especialmente durante el invierno, genera humedad en las camas lo que favorece la presencia de residuos amoniacaes.

### **Método convencionales de control de olores**

Ritter (1981) menciona seis categorías de agentes de control de olores en las operaciones con animales, a saber:

- 1.- Enmascaramiento de olores. Consistente en utilizar una mezcla de aceite aromáticos fuertes, para cubrir el mal olor.
- 2.- Contra-actantes: Mezcla de aceites aromáticos para neutralizar los olores de las excretas.
- 3.- Desodorizantes digestivos. Consistente en bacterias o enzimas que eliminan los malos olores por medio de procesos digestivos bioquímicos.
- 4.- Adsorbentes. Productos con una gran superficie que adsorben los olores antes que ellos sean transferidos a la atmósfera.
- 5.- Aditivos alimentarios. Son compuestos que se agregan a los alimentos para mejorar la capacidad del animal para asimilar nutrientes, reduciendo, consecuentemente, la producción de olores.
- 6.- Desodorantes químicos. Se agrupan en dos categorías: Las que inhiben la descomposición microbiana del ácido úrico y las que se combinan con el amoníaco y lo neutralizan.

### **Control de olores con Microorganismos Efectivos (EM)**

Hay cuatro formas diferentes de uso:

- 1.- Como probiótico adicionado al agua de beber de las aves.
- 2.- Como probiótico agregado al alimento de las aves.
- 3.- Como aditivo al spray sanitario al limpiar las instalaciones.
- 4.- Como un tratamiento adicionado al proceso de manejo de las excretas de los animales.

Estos cuatro métodos de aplicación del EM, cubren en su conjunto tres de las categorías descritas por Ritters.

- 1.- Como desodorante digestivo: EM es adicionado al agua de beber en solución 1:1000 a 1:10000.
- 2.- Como aditivo a los alimentos.: Mezclándolo con una parte de los alimentos de las aves, manteniéndolo en condiciones anaeróbicas y haciéndolo fermentar durante un período de 7 a 10 días aproximadamente.

3.- Como desodorizante no-químico: Aplicándolo regularmente como desinfectante en las instalaciones e inoculándolos en las camas (aprox. 1 vez por semana).

El EM así aplicado, ayuda a balancear la microflora dentro del tracto digestivo de las aves incrementando el coeficiente de nitrógeno utilizado. El mayor uso de nitrógeno, disminuye su presencia en las excretas del animal, reduciendo también la del amoníaco en el aire.

Al mismo tiempo, por el EM contenido en sus excretas, éstas fermentarán en lugar de pudrirse al ser evacuadas. Esto representa una gran ventaja, ya que el manejo de las deposiciones se hará con un producto fermentado y no en putrefacción, sin gérmenes patógenos presentes en el tratamiento. La inoculación de EM en el agua de limpieza del establecimiento contribuye a obtener los resultados señalados.

### **Los gases amoniacales.**

Experiencias sobre muestras de 400 a 500 pollos mostraron que el uso de EM en el agua de beber reduce el contenido amoniacal en el criadero en un 42.12% (Yongzhen y Weijiong 1994) También allí fue demostrado que el agregado de EM en el alimento, reduce el contenido de amoníaco en un 54.25%. La combinación de ambas técnicas logra reducir el amoníaco presente en un 70% .

Otra experiencia en Japón fue hecha sobre una muestra de 30.000 pollos adultos y 20.000 jóvenes de las razas Mary y Borisbrown . Allí, los no tratados mostraron una concentración amoniacal en sus heces de 256 ppm, mientras que la concentración en la de los tratados con la moderada aplicación del 1% de suplemento de EM en su alimentación, fue de 36 ppm (Kitazato Environmental Center, 1994).

### **Prevención de enfermedades**

El gran número de aves y el alto grado de confinamiento de las instalaciones hacen que la aparición de cualquier enfermedad signifique una gran mortandad de ejemplares. Esto hace que sea altamente recomendable la aplicación de medidas preventivas.-

Las más importantes de ellas son, a nuestro juicio:

- 1.- Control del medio ambiente: Aireación abundante y adecuados niveles de ventilación, temperatura y humedad.
- 2.- Vacunación: Algunas enfermedades tales como Newcastle pueden ser efectivamente controladas con esta medida.

3.- Desinfección de instalaciones: Disminuirá la presencia de agentes patógenos tales como: Bacterias, hongos, virus y parásitos.

4.- Manejo adecuado de las camas: Evitará que estas sean fuente de inoculación de gérmenes patógenos.

El EM, utilizado como spray para la limpieza de las instalaciones de aves, actúa como un desinfectante orgánico.

En una experiencia llevada a cabo en Aichi, Japón, se comprobó que, un año después de haber comenzado a utilizar EM en el sistema de producción, se hizo innecesario el uso de antibióticos y desinfectantes para las 150.000 ponedoras. Las vacunas que habían sido necesarias antes del comienzo del tratamiento con EM, también disminuyeron su importancia en virtud de la excelente salud que presentaban las aves. Es de destacar que los desinfectantes químicos, tales como los compuestos fenólicos o formaldehído son a menudo prohibidos por los riesgos que representan para la salud humana, lo que obliga al productor a aplicarlo cuando el establecimiento está vacío (Sainsbury 1992). La naturaleza del EM, en cambio, permite su aplicación en cualquier momento que se crea conveniente.

Está comprobado que la incorporación del EM a la limpieza regular de los establecimientos avícolas, aplicándolo en el piso, paredes, techos y camas, disminuye la tasa de mortalidad desde el 6,4% considerada normal dentro del período de crecimiento (46-49 días) llevándola a una tasa menor al 2,9% reduciendo la mortalidad a menos de la mitad. El EM es también utilizado en la preparación y el mantenimiento de las camas de las aves. La reducción de los niveles amoniacales y la inoculación de las camas con microorganismos benéficos (EM) que combatirán a los gérmenes patógenos es el segundo paso para prevenir la aparición de enfermedades.

El tercer paso para mejorar la salud y prevenir las enfermedades es el uso del EM en el agua de beber. El tracto gastrointestinal de las aves suele albergar varias clases de microorganismos patógenos (Larbier y Lecrercq 1994) que la utilización de EM en el agua puede neutralizar, mejorando sensiblemente la salud general por la competencia con la microflora patógena presente en el tracto digestivo.

También se ha comprobado (Anjum y otros) que las aves tratadas con Em poseen mayor peso comparadas con las no tratadas decreciendo en cambio el peso en los menudos, tamaño del hígado, de la molleja, el peso intestinal, la longitud intestinal, tamaño del riñón y del corazón.

### **Control con EM de los gérmenes patógenos.**

Los productos avícolas han sido a menudo culpados de transmitir a los seres humanos enfermedades como la Salmonella spp y otras no menos graves. La Salmonella enteritidis es la que mayor incidencia tiene en la salud humana causando infecciones como consecuencia del consumo de huevos y carne de pollos (Sainsbury,1992). Según Edens y otros (1997) la colonización de bacterias lácticas en el tracto intestinal de los pollos ejerce un efectivo control de la población de microorganismos patógenos como la Salmonella spp, el Enterococci y la E.Coli. La bacteria ácidoláctica produce significativos aumentos de sustancias inhibitorias como el Reuterin que tiene un amplio espectro antimicrobial impidiendo el desarrollo de bacterias, hongos y protozoos.

La efectividad del EM en el control de la bacteria Coli, ha sido comprobada, entre otros por Higa (1995), quien manifiesta que los niveles de dicha bacteria en el agua utilizada en la biblioteca de Gushikawa (Okinawa) fueron indetectables luego del empleo del EM, habiendo caído desde 8500 partes/ml a 0 partes/ml. Allí, el EM fue aplicado en una disolución de 1:1000 (EM : Aguas servidas).

### **Mejoras en el rendimiento de las aves tratadas con EM**

El mayor rendimiento de la cría de aves debido al uso del EM es consecuencia de lograr que aves sanas vivan en un medio ambiente sano.

Según King (1998) y su experiencia en Texas, como consecuencia del tratamiento con EM aplicado en el establecimiento, el peso promedio de toda la bandada se incrementó considerablemente, disminuyendo el número de pollos que no cumplían las especificaciones del mercado. Según King, las condiciones ambientales saludables creadas a partir del empleo de EM en la limpieza del establecimiento y la adecuada dosificación de EM en la alimentación eran la causa de ello. Después de 45 días de tratamiento con EM se obtuvo un peso de pollo vivo de aproximadamente 2004 gramos en los que habían recibido EM en el agua de beber, de aproximadamente 1978 gramos en los que habían sido alimentados con complemento de EM y aproximadamente 2022 gramos en los que habían recibido ambos tratamientos. Los pollos sin tratamiento de EM pesaron, en promedio, 1690 gramos.

Con relación a los huevos y a su calidad, los estudios hechos en Japón en 30.000 pollos adultos y 20.000 jóvenes Mary y Boribrown sobre los que se utilizó EM durante dos años, mostraron que las ponedoras mejoraron los valores en los siguientes rubros:

Peso promedio de los huevos, fortaleza de la cáscara, grosor de la cáscara, altura de la albúmina y color de la yema. Otra experiencia, citada por la China Agricultural University y con la colaboración de la Beijing EM Biological Technology Limited Co., luego de varios años de aplicar la tecnología EM en la alimentación de ponedoras, en su agua de beber y en la limpieza de las instalaciones, obtuvieron huevos con valores de proteína de 13.3 % (EM) contra el 12.6 % (sin EM) (beneficio = + 0.70 %), valores de grasa de 2.9 gr./100 grs (EM) contra 11.0 grs./100 grs. (sin EM) (beneficio = - 8.1grs./100grs) y valores de Colesterol de 120.8 mg/100grs (EM) contra 680.0 mg/100grs (sin EM) (beneficio = - 559.20 mg/100grs).- En conclusión: Las proteínas aumentaron un 7 %, Las grasas disminuyeron un 73.6 % y el colesterol disminuyó un 82.2 %.

Otra ventaja determinada en el tratamiento de las excretas con EM es la obtención de un excelente fertilizante y mejorante de suelos. Ussain, (1994) registró un incremento considerable en el contenido de nitrógeno de éstos residuos orgánicos al ser tratados con EM. Asimismo, se comprobó que el tiempo necesario para obtener el compost se reducía significativamente luego de ser inoculados con EM.

### **Tratamiento recomendado**

Se considera conveniente comenzar el tratamiento con los pollos recién nacidos ya que esto permitirá establecer una población de microorganismos benéficos que nos asegurará tener el control de las especies patógenas desde el comienzo de la vida del animal.

Las tres primeras semanas de vida son la más críticas para el pollo, pues de ellas depende su desarrollo futuro y su rendimiento (Guim, 1998).

La alimentación en este período, deberá dividirse en cuatro fases:

- \* · 1 a 14 días, raciones de inicio.
- \* · 15 a 28 días, raciones de crecimiento.
- \* · 29 a 41 días, raciones de mantenimiento
- \* · 42 a 45 días, raciones de engorde.

Se ha determinado fehacientemente (Guim y otros 1998) que el agregado de EM a la ración de las aves trae un aumento significativo en su rendimiento general. El agregado óptimo de EM es de 4% durante las primeras dos semanas y manteniendo en 2% el EM

durante el resto de su vida. Esto debe complementarse con la limpieza de los locales y camas con EM en dilución de 1:1000, aplicando 1litro por metro cuadrado y con el agregado de EM en el agua de beber, en proporción 1:5000 a 1:10000, al menos una vez por semana.

Para llegar a éste resultado, se tomaron en consideración las siguientes experiencias (Guim y otros 1998):

- \* 1. Grupo de Control 1: 4% del alimento fermentado sin EM y mezclado con el alimento durante toda la vida del animal.-
- \* 2. Grupo de Control 2: Alimentado con raciones comunes sin el agregado de alimento fermentado.-
- \* 3. 4% de alimento fermentado con EM integrando las raciones diarias toda la vida del animal.-
- \* 4. 4% de alimento fermentado con EM durante los primeros 14 días, luego bajar a 2% de EM durante el resto de su vida.-
- \* 5. 2% de alimento fermentado con EM durante toda la vida del animal.-
- \* 6. EM en el agua de beber en dilución 1:5000 (EM : agua).-
- \* 7. EM en el agua de beber en dilución 1:1000 (EM:agua ).-

Se utilizaron 30 aves para cada experiencia y como se señaló, fue elegido el método N° 4 para el alimento y el N° 6 para el agua. El rendimiento sobre las aves se determinó analizando la conversión del alimento, su asimilación y la ganancia en peso. Se comprobó asimismo la reducción de los gases amoniacales, productores de los malos olores en el interior del establecimiento.

### **El amoníaco.**

El amoníaco es un elemento penetrante y siempre presente en la atmósfera de los establecimientos avícolas. El amoníaco se crea por la descomposición del exceso de proteínas y de ácido úrico excretados por los pollos. Bajo condiciones de calor y de elevada humedad, sus niveles en el ambiente pueden llegar hasta las 50.

Elevados niveles de amoníaco pueden ser dañinos, si no fatales, para los pollos. Cualquier efecto adverso en la salud del pollo puede deteriorar su capacidad para alimentarse, reduciendo así la ganancia de peso máxima que debiera esperarse durante el ciclo de crecimiento.

Históricamente, el amoníaco atmosférico en los criaderos de pollos se ha controlado a través del uso de sistemas de ventilación y de cortinas laterales ajustables. Cuando las concentraciones del amoníaco aumentan, se bajan las cortinas y se conectan los sistemas de ventilación para hacer ingresar aire del exterior, forzando al aire cargado de amoníaco a salir. En el invierno, este proceso también expulsa el aire calido del interior con el consecuente costo de volver a tener que calentar todo el ambiente.

La formación de amoníaco a partir de la descomposición de las proteínas y del ácido úrico es un proceso biológico. Los microorganismos en la basura derivan energía y material de la célula de a partir de la ruptura de las de proteínas a sus aminoácidos constitutivos, se pasa el nitrógeno a través de una cadena bioquímica de urea, el amoníaco, el nitrito y finalmente, nitrato. Cuando la mayoría del nitrógeno en los excrementos toma la forma del nitrato, la basura se esencialmente se estabiliza y ya no crea un problema serio de emanaciones de amoníaco.

La proporción que limita parte de esta ecuación está en la conversión de urea y amoníaco a nitrito y nitrato. Cuando los niveles de humedad son altos, y el pH de basura excede 7.2 - 7.4, la urea está hidrolizada en amoníaco en un ritmo más rápido del que el amoníaco puede convertirse en nitritos/nitratos. La consecuencia es un aumento en los niveles de amoníaco atmosférico.

Para controlar la liberación de amoníaco a partir de los residuos de la pollería, el acercamiento lógico es controlar la fuente. Los microorganismos "crean" el amoníaco, y son los microorganismos los que deben controlarse para reducirlo. Esto puede lograrse inoculando los residuos del establecimiento con bacterias específicas y enzimas, con una capacidad conocida de acelerar y estabilizar la proporción de la descomposición de las proteínas.

## **Uso de probióticos en Animales**

En la producción animal se persigue siempre conseguir una buena situación sanitaria y un buen rendimiento en carne para obtener resultados económicos rentables. Se sabe que hay una relación directa entre el funcionamiento del tracto intestinal y la tasa de crecimiento, índice de conversión y diversas enfermedades. Para evitar las enfermedades, se somete a los animales a tratamientos de antibióticos o quimioterapéuticos, capaces de eliminar no solo a los elementos patógenos sino también a la flora bacteriana necesaria para el buen funcionamiento del aparato digestivo.

La solución más adecuada para asegurar el rendimiento de la alimentación, con la consecuente ganancia de peso y aumento de la inmunología natural del animal, es la prevención de las variaciones de la flora, asegurando la presencia de un número suficiente de bacterias beneficiosas capaces de dominar el medio e inhibir el desarrollo de los patógenos.

Una flora bacteriana uniforme y sana en el intestino, garantiza el óptimo aprovechamiento de las mezclas correctamente balanceadas para la alimentación animal. Variaciones en la calidad de la flora intestinal pueden producir variaciones en el índice de conversión de hasta el 10%.

### **¿Como funcionan los probióticos?**

Ingerido por el animal y debido a su alta concentración, los microorganismos contenidos en el probiótico se ocupan de colonizar el intestino creando el ambiente necesario de flora útil y homogénea. Estas bacterias son fundamentalmente productoras de ácido láctico, garantizando en el intestino un pH suficientemente bajo, en el cuál los patógenos (coliformes, salmonellas, estafílos y Gram negativos en general) no tienen capacidad de desarrollar. Por la competencia biológica y por la capacidad de acidificar el medio, las bacterias presentes en el probiótico, primero desalojan y luego impiden una nueva implantación de patógenos. La presencia masiva de cualquiera de estos patógenos tiene como efectos perniciosos los siguientes:

\* Aumentan el pH del intestino y generan el "tránsito acelerado" de los alimentos, con lo cual los mismos son evacuados sin estar totalmente absorbidos sus nutrientes. Así se pierde rendimiento del alimento formulado y además se debilita la capacidad inmunológica del animal carente de nutrientes suficientes. El animal se vuelve susceptible a la aparición de enfermedades pulmonares.

\* El "tránsito acelerado" que en principio es difícil de observar porque solo se manifiesta en un incremento de peso no optimizado, deriva finalmente, cuando los patógenos son masivos en diarreas que deben ser frenadas con el uso de antibióticos. Estos antibióticos que eliminan la flora intestinal, sin discriminar la beneficiosa y necesaria de la patógena, provocan un debilitamiento general del animal por los mismos motivos expuestos y esta caída es difícil de levantar sobre todo si hay otros enfermos próximos que provocan la repetición del ciclo.

### **Ventajas de utilizar los Probióticos**

Por todo lo expuesto, se consiguen entre otros los siguientes beneficios con la administración constante del producto:

- \* 1- Prevención de las diarreas por inhibición de la flora causante.
- \* 2-Disminución de la mortalidad que estas diarreas provocan en animales de corta edad.
- \* 3-Prevención de las enfermedades en general y principalmente pulmonares, anorexias, etc, ligadas al estado sanitario deficiente del animal con tránsito intestinal acelerado o que ha padecido diarreas.
- \* 4-Mejor absorción de los nutrientes de los formulados alimenticios con el consiguiente aumento del índice de conversión y su significado económico en ganancia de peso.
- \* 5-Control higiénico ambiental de las naves de producción. Esto se debe a que al ser las heces provenientes de intestinos no contaminados, se evita el reciclado permanente de bacterias nocivas entre animales. Además, al realizarse correctas fermentaciones intestinales, se logra homogeneizar y mejorar la textura y olor de las heces siendo estas aptas como fertilizantes.
- \* 6-La mejora general en los lotes de animales se observa muy rápidamente, en términos de 3 o 4 días.
- \* 7-Al mejorar la resistencia inmunológica del animal, se disminuye la utilización abusiva de antibióticos, su costo y dificultad de administración.

- \* 8-Particularmente en el tratamiento de aves ponedoras, se evita la transmisión de salmonelosis a través de los huevos.
- \* 9-También en aves ponedoras se verifica rápidamente un engrosamiento en la pared de los huevos contra su espesor habitual, debido al incremento de calcificación del animal mejor nutrido.

Se ha comprobado que el intestino de los animales nacidos de madres tratadas con probióticos están libres de patógenos, lo que optimiza la capacidad de supervivencia en las primeras 72 horas de vida.

### **Uso ocasional**

Además de la ventaja de la aplicación permanente en los lotes de animales, los mismos son también recomendados para ser utilizados en dosis altas durante la primer semana posterior al tratamiento de los animales con antibióticos. Se garantiza de esta manera la recuperación, se evitan los reciclados de bacterias alojadas en los intestinos en el caso de diarreas y se evita el recontagio de enfermedades pulmonares a animales débiles.

### **Efectos adversos provocados por su uso**

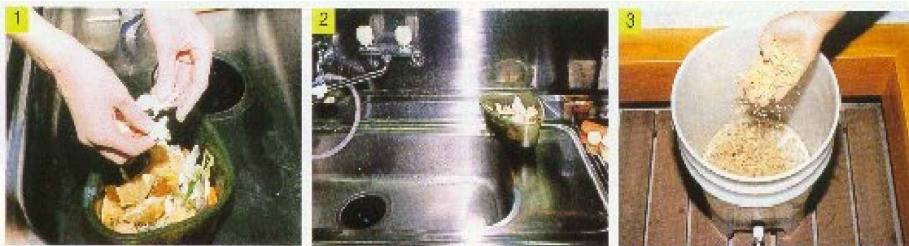
Las pruebas clínicas en humanos, a largo plazo, indican que el consumo de Probióticos en la dieta no produce efectos adversos de ningún tipo. Extensos estudios (histológicos, hematológicos, química sanguínea, peso de órganos y el resto de análisis sanitarios), realizados en modelos animales, usando dosis 10 veces superiores a las recomendadas, demuestran que no hay reacciones adversas.

## ¿Como usar el Bokashi en los residuos orgánicos domésticos?

El método tradicional de Compost a partir de los residuos domésticos utiliza el proceso de descomposición. Este proceso lleva mucho tiempo, genera malos olores y el compost usualmente está infestado de insectos. Además la mayor parte de la energía durante el proceso es liberada al medio ambiente, y el resultado final no es un compost de buena calidad.

Utilizando EM (Microorganismos Efectivos) es posible producir a partir de los desechos diarios un compost de gran calidad. El EM Bokashi, compuesto por materiales orgánicos fermentados, induce la fermentación sin generar olores desagradables, y acelera el proceso de reciclado de los residuos domésticos en un abono de elevada calidad.

### Instrucciones para preparar Compost de residuos con EM:



1. Desmenuza los residuos en pedazos, lo más pequeños posibles para facilitar la acción del EM.
2. Escurrir los productos lo máximo posible.
3. Esparcir EM Bokashi en el fondo del recipiente. Esto tiene por objeto provocar la fermentación.



4. Colocar los residuos orgánicos (bien escurridos) dentro del recipiente.
5. Rociar un puñado de EM Bokashi (20-30g) cada vez que agrega desechos. Agregar un poco mas de cantidad en épocas calientes.
6. Mezclar bien y rociar nuevamente con EM Bokashi.



7. Presionar la mezcla hacia abajo comprimiéndola, dado que el EM trabaja en condiciones anaeróbicas (en ausencia de oxígeno).
8. Cuando no haya grandes cantidades de residuos, poner una bolsa de plástico encima de los residuos para evitar el máximo contacto con el aire.
9. Cerrar la tapa exterior.



10. Periódicamente drenar el líquido acumulado durante el proceso (fertilizante líquido) en la parte inferior del recipiente. Este líquido tiene una alta concentración de **microorganismos** (provenientes del EM) y es un excelente fertilizante. Se puede aplicar a los suelos en una proporción de 1:1,000 o se puede verter directamente en los desagües o fosas sépticas para prevenir la formación de depósitos y evitar los malos olores. Se puede verter directamente en los desagües de los baños y de las cocinas. Este líquido se degrada rápidamente, por lo que debe ser diluido y utilizado en el transcurso uno o dos días como máximo. Al final de ese tiempo pierde sus cualidades bióticas.
11. Cuando el recipiente este lleno en un 80%, vierta el contenido en el depósito grande.
12. Cuando los residuos huelan a salmuera-escabeche estará en condiciones de utilizarse como compost.

### ¿Que materiales pueden utilizarse a la hora de procesar residuos orgánicos?

La cantidad de residuos de comida en la cocina varía día a día, dependiendo de los hábitos culinarios. Utilizar únicamente materiales orgánicos como:

- Vegetales, Frutas...
- Carnes, ya sean cocidas o crudas: Pescados, Cerdo, Carne Vacuna, Pollo, etc.
- Huesos (tratando de desmenuzarlos en pedazos pequeños)

-Residuos de Café (No incluya el papel de filtro)

No incluir plásticos, Papel, Saquitos de Té, Colillas de cigarrillos, latas u objetos de aluminio.

### **Como aplicar el producto obtenido.**

Una vez completada la fermentación, el contenido del recipiente estará listo para ser utilizado. Debido a que el EM Bokashi utiliza un método único de fermentación anaeróbica, para procesar el compost, se podrá observar que los residuos no están completamente degradados, y mantienen algunas de sus propiedades físicas, con una apariencia parecida a la de las salmueras. La desintegración final del producto ocurrirá una vez que éstos sean aplicados a los suelos.

Hay dos maneras de hacer la aplicación el producto obtenido:

a) Directamente en la tierra del Jardín

Enterrar el Abono a una profundidad mínima de 30 centímetros. Al aplicar mezclar con un poco de tierra para completar la fermentación. Asegurarse de tapar bien con tierra para evitar la acción de mascotas y plagas. El Abono obtenido no es tóxico para los animales domésticos. Esperar dos semanas antes de sembrar vegetales, árboles, frutales, etc.

b) En el caso de Macetas.

Llenar 1/3 del volumen de la maceta con tierra. Agregar 1/3 del abono obtenido mezclándolo con la tierra agregada anteriormente. Completar la maceta con tierra hasta el borde y tapar con un plástico oscuro para mantener las condiciones anaeróbicas. Esperar dos semanas antes de plantar o transferir el contenido de la maceta a recipientes o macetas mas pequeñas.

### **Consejos útiles para facilitar el proceso**

- a) Para realizar el procedimiento y hasta tener práctica, siempre es mejor agregar EM Bokashi de más que de menos, para asegurar una fermentación completa
- b) Incorporar únicamente residuos frescos al recipiente. Nunca agregar desperdicios podridos o deteriorados. Desmenuzar siempre **la basura** en pedazos pequeños.
- c) Compactar los residuos presionando bien para eliminar el aire.
- d) Siempre cerrar bien el recipiente y drenar frecuentemente el líquido que se acumula en el fondo.

- e) Cuando se incorporan los residuos fermentados orgánicamente al suelo, mezclarlos con tierra. Esto ayuda mucho a producir un buen abono.
- f) Limpiar bien el recipiente después de usarlo.

## **Preguntas y Respuestas sobre el Reciclado de Basura Orgánica con EM**

### **¿Qué es el Bokashi hecho con EM?**

Son materiales orgánicos que han sido fermentados por el EM. Materiales orgánicos, como residuos de vegetales, salvado de trigo, etc.

### **¿Cualquiera puede fabricar Bokashi de EM?**

Si, siempre que se sigan las instrucciones de su fabricación con cuidado. El éxito del tratamiento de basura con EM dependerá de la calidad del Bokashi de EM.

### **¿Cuánto dura el Bokashi de EM y cómo se conserva?**

Eso dependerá de su calidad, pero es mejor utilizarlo dentro de los 3 a 6 primeros meses. Si se quiere almacenarlo, colocarlo dentro de una bolsa de papel y poner en un lugar fresco. No deben utilizarse bolsas plásticas pues la humedad en el interior deterioraría el Bokashi.

### **¿Porque el Bokashi de EM tiende a endurecerse cuando se utiliza en estado de polvo?. ¿Es correcto utilizar el Bokashi de EM si este está cubierto de un moho blanco?.**

En los períodos de más humedad, el EM Bokashi puede tender a endurecerse, pero esto no es problema. Desmenuzar manualmente antes de utilizarlo. No preocuparse por el moho blanco dado que son colonias de Actinomicetes benéficos.

### **¿Qué es el jugo de los residuos (líquido fermentado con EM)?**

La producción de Compost con EM a partir de Residuos Orgánicos, genera la producción de un líquido. Este líquido es llamado “solución de jugo de residuos” (líquido fermentado con EM) y es de muy buena calidad, ya que posee EM y nutrientes tratados con EM.

### **Como puedo preservar la solución de Jugo de Residuos?**

Se recomienda drenar el jugo del recipiente, y utilizarlo por completo durante ese día. La calidad se deteriorará al exponerlo al aire y a temperatura ambiente.

### **¿Porque desaparece el olor de la basura al tratarla con EM?**

Hay dos tipos de procesos de descomposición: la putrefacción y la fermentación. El olor pútrido proviene de la putrefacción, no de la fermentación. Al tratar basura con EM se produce un proceso de fermentación. Esto sería algo así como la fabricación del vino. Cuando se agregan levaduras a las uvas, estas fermentan, se descomponen y se

transforman en vino. Las levaduras, los lactobacillus y otras bacterias benéficas contenidas en el EM fermentan los residuos, por eso, el Compost que resulta tiene un olor agrio como si fueran escabeches.

### **¿Por qué mi basura huele mal aunque haya sido tratada con EM?**

Esto es porque existen muchas más bacterias putrefactivas en el medio ambiente. Si el recipiente ha quedado abierto, o si la mezcla de residuos tiene mucha humedad, se crearán las condiciones ideales para la proliferación de bacterias putrefactivas en el recipiente, y eso llevará al deterioro de los residuos.

### **Características de que algo ha fallado:**

**Olor:** Un olor rancio o putrefacto fuerte indica una pobre estiércol vegetal.

**Representación visual:** La presencia de hongos negros o azul-verdes indican que el proceso no ha fermentado si no que se ha podrido.

### **¿Por qué puede ir mal el proceso de fermentación?**

No se agrega suficiente Bokashi.

No se cierra bien la tapa.

No se drena el líquido.

Se expuso a la luz a temperaturas extremas

## Composición de los suelos

Jueves 01 de marzo de 2001. Núm. 28

Conocer el suelo, clave para aplicar adecuadamente fertilizante

El suelo no es materia inerte, en él se dan complejas relaciones de partículas, sustancias químicas y cargas eléctricas fundamentales para determinar su grado de fertilidad. Su conocimiento es esencial a fin de aplicar fertilizantes en forma adecuada.

Para poder usar esta opción es necesario que accedas al sistema!Para poder usar esta opción es necesario que accedas al sistema!

El suelo no es materia inerte, en él se dan complejas relaciones de partículas, sustancias químicas y cargas eléctricas fundamentales para determinar su grado de fertilidad. Su conocimiento es esencial a fin de aplicar fertilizantes en forma adecuada.

La nutrición de cultivos es uno de los factores más importantes para aumentar la productividad y al mismo tiempo mejorar la calidad de las cosechas. Sin embargo, por diversos motivos, en gran parte de las zonas agrícolas del país esta práctica no se realiza de manera apropiada.

Las tierras agrícolas son muy diferentes, varían de región a región, incluso de parcela a parcela. Existen diferencias por clase de tierra, edad de las plantaciones, época del año y sistema de producción, los cuales deben considerarse para mantener una buena nutrición de cultivos.

Todo productor experimentado conoce su terreno y su cultivo, pero es casi imposible que pueda determinar a simple vista la cantidad de nutrientes minerales que demandan las plantas cultivadas. Lo recomendable es que los productores realicen el análisis de suelos y estado nutricional de su área de cultivo por lo menos una vez cada dos años a fin de conocer el grado de fertilidad de su terreno.

Estos análisis deben ser efectuados por un laboratorio especializado y los resultados interpretados por un técnico con conocimientos en nutrición vegetal, para poder elaborar un programa de fertilización (tanto químicos como orgánicos), tomando en cuenta las alteraciones ocasionadas por el uso de fertilizantes químicos y procesos de lixiviación.

El programa deberá ser evaluado todos los años con el propósito de favorecer una nutrición más racional y balanceada que resultará en aumento y estabilidad en la producción y en la calidad de las cosechas.

Para determinar un adecuado plan de manejo de fertilizantes, es importante considerar al suelo que, entre otras funciones, sirve de soporte a las raíces de las plantas y provee a éstas de las sustancias necesarias para su alimentación.

#### Constitución del suelo

El suelo está conformado por partículas minerales de diferente tipo y tamaño; materia orgánica formada por residuos vegetales y animales, más o menos degradados; organismos vivos; aire: la atmósfera del suelo está formada en gran parte por vapor de agua y en menor medida por CO<sub>2</sub> y oxígeno.

Normalmente la mitad del volumen del suelo está ocupado por aire más agua. Esta última ocupa los espacios inmediatos a las partículas sólidas y actúa como disolvente de muchas sustancias y fluido transportador de partículas. En función de su cantidad ocupa poros de mayor o menor tamaño, desplazando al aire.

Las características físicas de un suelo están dadas por su textura y estructura. La primera está determinada por las proporciones de arena, limo y arcilla que posee el suelo, ésta es un factor muy importante en la capacidad de retención del agua y de nutrientes minerales ya que en función del tipo y tamaño de partículas presentes en un suelo, la capacidad de adsorción de moléculas polares e iónicas varía considerablemente.

La forma en que se unen las diversas partículas del suelo recibe el nombre de estructura. Las partículas finas del suelo suelen estar unidas formando agregados o grumos. Los espacios entre estos agregados se llaman poros, por ellos circulan aire y agua. Éstos determinan hasta 50 por ciento del volumen del suelo. Normalmente el aire ocupa la mayor parte de los poros grandes y el agua los pequeños.

A su vez, los agregados se juntan formando grupos mayores. En la mayoría de los casos, gracias a la acción de la materia orgánica la estructura tiene gran importancia sobre las propiedades del suelo. Por ejemplo, un suelo arcilloso, en el que el movimiento del agua es lento y la aireación escasa, puede no presentar estos problemas si existe una buena estructura de acuerdo con el contenido de materia orgánica.

Hacia un buen uso del fertilizante

En ocasiones, el uso continuo y exclusivo de fertilizantes químicos conduce a la casi desaparición de la materia orgánica, hecho que favorece la desestructuración y el apelmazamiento del suelo. En la actualidad, esta situación la padecen con cierta frecuencia los suelos agrícolas y ocurre con mayor presencia en cultivos anuales e intensivos.

En los cultivos, la necesidad de un buen plan de manejo de fertilizantes tiene relación con la salida de cosechas y con frecuencia, de restos vegetales fuera del terreno de cultivo, ya que con ello hay una pérdida de elementos minerales que deben ser repuestos.

La pérdida de fertilidad se debe a la disminución de la eficacia del ciclo de nutrientes debido a la acción de plaguicidas y exceso de fertilizantes sobre los organismos del suelo. Cuando las prácticas de cultivo, entre ellas el abonado, se realizan con respeto a los organismos capaces de degradar y reutilizar la materia orgánica, la salud y fertilidad del suelo se ve beneficiada.

## Carga eléctrica y elementos del suelo

Las actividades químicas en el suelo están determinadas por la capacidad de intercambio catiónico (CIC), en la cual todas las moléculas, en mayor o menor medida tienen minúsculas cargas eléctricas, positivas o negativas. Por ello en el suelo actúan como pequeños imanes, formando entre ellas estructuras. Las estructuras pueden ser muy simples, como la atracción entre una partícula de arcilla cargada negativamente y una partícula de un fertilizante cargada positivamente, o pueden ser muy complejas, como cuando hay la materia orgánica por medio, con infinidad de cargas eléctricas de ambos signos.

La CIC es la capacidad del suelo para retener e intercambiar diferentes elementos minerales. Esta capacidad aumenta notablemente con la presencia de materia orgánica, y podría decirse que es la base de lo que llamamos fertilidad del suelo.

Entre los elementos nutricionales de origen mineral para las plantas se distinguen dos tipos: los macronutrientes y los micronutrientes. Los macronutrientes conocidos son seis: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre; de éstos los tres primeros son considerados como elementos primarios debido a las grandes cantidades que requieren las plantas para cumplir con su ciclo de vida.

El nitrógeno (N) es uno de los elementos más importantes y el que muestra la mayor respuesta en las aplicaciones de fertilizantes ya sea como urea, nitrato o sulfato de amonio. A falta de éste en cantidades suficientes las plantas no pueden aprovechar otros nutrientes adecuadamente, pues forma parte de las proteínas y en especial del pigmento verde de las plantas conocido como clorofila.

Como el nitrógeno es un gas y su desdoblamiento en el suelo es de acuerdo con la temperatura y humedad, es conveniente fraccionar las aplicaciones para liberarlo durante el desarrollo de las plantas. El nitrógeno de nitratos es muy soluble (disposición inmediata), y en forma de amonio es convertido en nitratos en un periodo de tres a cinco semanas por la actividad bacteriana, según la temperatura, la humedad y la materia orgánica del suelo.

Las fórmulas utilizadas son: nitrato de amonio con 33.5 por ciento de N, sulfato de amonio con 20.5 por ciento de N y la urea con 46 por ciento de N. Ya se encuentra en el mercado el amoniaco, fertilizante altamente volátil que se aplica en forma de inyección.

El fósforo (P) es el nutriente que promueve la formación de raíces y semillas y adecuado llenado de granos. La deficiencia de éste provoca plantas con un desarrollo anómalo y con poco grano, la corrección de la insuficiencia de este nutriente se realiza con superfosfato de calcio triple o simple principalmente. Si las reservas de fósforo en el suelo son satisfactorias, una buena manera de mantener estas reservas es surtiendo un compuesto basado en fósforo en forma de bandas con el propósito de reponer la cantidad de fósforo que el cultivo va a extraer en su desarrollo.

El potasio (K) imparte a las plantas gran vigor y resistencia a las enfermedades, coadyuva en la producción de proteínas en las plantas, aumenta el tamaño del grano y semillas y es esencial para la formación y desplazamiento de almidones, azúcares y aceites, además mejora la calidad de los frutos y auxilia en la formación de la antocianina (color rojo de las hojas y del fruto).

Para cubrir los requerimientos de este nutriente, se recomienda la aplicación en bandas a cantidades que están íntimamente relacionadas con la CIC; las fórmulas comúnmente utilizadas son el nitrato de potasio con 44 por ciento de K, el sulfato de potasio con 50 por ciento de K y el cloruro de potasio con 60 por ciento de K; los dos primeros compuestos además son fuentes de otros de los macronutrientes requeridos por las plantas.

Los macronutrientes considerados como secundarios (calcio, magnesio y azufre) se caracterizan por ser de menor importancia en las recomendaciones comerciales de aplicación de fertilizantes al suelo, esto debido a las bajas cantidades exigidas por las plantas para su desarrollo y a que por lo general los suelos agrícolas cuentan con las unidades suficientes para cubrir las necesidades de los cultivos; sin embargo, si existe deficiencia de estos nutrientes en el suelo los cultivos se ven en ocasiones severamente afectados en el buen desarrollo de los cultivos.

El calcio (Ca) estimula la temprana formación y el crecimiento de las raíces absorbentes, mejora el vigor general de la planta, estimula la producción de semilla y grano, y algunos agregados con contenidos de este nutriente rectifican la acidez del suelo.

Entre las fórmulas para cubrir las deficiencias de este nutriente se encuentran el sulfato de calcio con 23 por ciento de Ca, nitrato de calcio con 19 por ciento de Ca y 15 por ciento de N, y para corrección de pH, es utilizado el carbonato de calcio o caliza con 32 por ciento de Ca, cal agrícola o dolomítica, la cal viva y la cal hidratada o calhidra (estas dos últimas no son de uso común) El magnesio (Mg) es un componente esencial de la clorofila, por lo tanto es necesario para la formación de azúcares, ayuda a regular la asimilación de otros nutrimentos, actúa como transportador de fósforo en la planta, promueve la formación de aceites y grasas y en ciertas formas, corrige la acidez del suelo.

Los compuestos químicos utilizados para corregir las deficiencias de este nutriente son el sulfato de magnesio con 11 por ciento de Mg y el óxido de magnesio con 60 por ciento de Mg; para combinar la corrección de deficiencias y pH, es recomendable utilizar la cal dolomítica.

El azufre (S) es un ingrediente esencial de las proteínas, ayuda a mantener el color verde intenso, activa la formación de nódulos en las leguminosas, estimula la producción de semilla, procura el crecimiento más vigoroso de la planta y en ciertas formas, corrige la alcalinidad de los suelos agrícolas.

Los compuestos a base de azufre son utilizados para corregir también otros macronutrientes, por ejemplo, el sulfato de amonio es utilizado comúnmente para incorporar nitrógeno al suelo; este compuesto cuenta con 24 por ciento de S, el superfosfato de calcio triple utilizado para adicionar fósforo al suelo cuenta con 12 por ciento de S, el sulfato de potasio utilizado para corregir requerimientos de potasio cuenta con 18 por ciento de S, entre otros.

Los micronutrientes minerales son requeridos en menores cantidades por las plantas, sin embargo son necesarios para el buen desarrollo de éstas, no todos los enunciados se localizan en la totalidad de las plantas, pero se han encontrado en las estructuras de las partes vivientes de plantas o protoplasma, éstos son: el boro, hierro, manganeso, cobre, zinc, molibdeno, cloro, cobalto, vanadio, sodio y sílice.

Para cubrir las necesidades o requerimientos de estos nutrientes se cuenta en el mercado con compuestos o complejos que satisfacen estos requerimientos y que son aplicados en forma de quelatos, en sólidos solubles y en líquidos foliares a los cultivos.

Otro asunto importante a considerar en el plan de nutrición es el potencial hidrógeno (pH) de los suelos, éste es la medida de acidez o alcalinidad del terreno cultivado, lo cual puede limitar la disponibilidad de algunos nutrientes minerales a pesar de que éstos sean aplicados en el complejo de fertilizantes del plan de manejo.

Esta variable se puede corregir con un manejo adecuado de suelos para contar con un pH adecuado por tipo de cultivo, normalmente todos los cultivos crecen y mantienen índices óptimos de producción en suelos con un pH neutro que oscila entre los valores de 6.0 a 7.5.

Para correcciones de acidez es utilizado el carbonato de calcio, la cal dolomítica, cal viva, cal hidratada o calhidra. Para la corrección de alcalinidad es recomendable la utilización de sulfato de amonio como fuente de nitrógeno, el superfostato de calcio simple como fuente de fósforo.

Para realizar un buen plan de nutrición de las plantaciones, es necesario conocer la cantidad de macro y micronutrientes que tiene el suelo, antes de cada siembra para cultivos anuales o después de cada cosecha para cultivos perennes.

Lo anterior se logra siguiendo las recomendaciones del técnico agrícola para tomar muestras representativas de los diferentes tipos de suelo de la finca o parcela. Estas muestras deberán ser analizadas en un laboratorio especializado y con el apoyo del técnico agrícola se podrá calcular las cantidades que requiere el cultivo de cada uno de

los elementos y de esta manera elaborar una fórmula de nutrición con base en los fertilizantes químicos y abonos orgánicos al alcance del productor.

## Ciclo del Nitrógeno

### El Ciclo del Nitrógeno

De Microbios y de Hombres

por John Arthur Harrison, Ph.D.

### English

El Nitrógeno (N), el ladrillo que construye la vida, es un componente esencial del ADN, del ARN, y de las proteínas. Todos los organismos requieren nitrógeno para vivir y crecer. A pesar que la mayoría del aire que respiramos es N<sub>2</sub>, la mayoría del nitrógeno en la atmósfera no está al alcance para el uso de los organismos. La razón reside en que debido al fuerte enlace triple entre los átomos N en las moléculas de N<sub>2</sub>, el nitrógeno es relativamente inerte. En realidad, para que las plantas y los animales puedan usar nitrógeno, el gas N<sub>2</sub> tiene primero que ser convertido a una forma química disponible como el amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), el nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), o el nitrógeno orgánico (e.g. urea - (NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO). La naturaleza inerte del N<sub>2</sub> significa que el nitrógeno biológico disponible es, a menudo, escaso en los ecosistemas naturales. Esto limita el crecimiento de las plantas y la acumulación de biomasa.

El Nitrógeno es un elemento increíblemente versátil que existe en forma inorgánica y orgánica, a la vez que en muchos y diferentes estados de oxidación. El movimiento del nitrógeno entre la atmósfera, la biosfera y la geoesfera en sus diferentes formas está descrito en el ciclo del nitrógeno (Figura 1). Éste es uno de los ciclos biogeoquímicos más importantes. Al igual que el ciclo carbónico, el ciclo del nitrógeno consiste en varios bancos o bolsas de almacenamiento de nitrógeno y de procesos por los cuales las bolsas intercambian nitrógeno (flechas).

Ciclo N - Figura 1: El Ciclo del nitrógeno. Las flechas amarillas indican las fuentes humanas de nitrógeno para el ambiente. Las flechas rojas indican las transformaciones microbianas del nitrógeno. Las flechas azules indican las fuerzas físicas que actúan sobre el nitrógeno. Y las flechas verdes indican los procesos naturales y no microbianas que afectan la forma y el destino del nitrógeno.

Figura 1: El Ciclo del nitrógeno. Las flechas amarillas indican las fuentes humanas de nitrógeno para el ambiente. Las flechas rojas indican las transformaciones microbianas del nitrógeno. Las flechas azules indican las fuerzas físicas que actúan sobre el nitrógeno. Y las flechas verdes indican los procesos naturales y no microbianos que afectan la forma y el destino del nitrógeno.

Los procesos principales que componen el ciclo del nitrógeno que pasa por la biosfera, la atmósfera y la geosfera son cinco: la fijación del nitrógeno, la toma de nitrógeno (crecimiento de organismos), la mineralización del nitrógeno (desintegración), la nitrificación y la desnitrificación. Los microorganismos, particularmente las bacterias, juegan un importante papel en todas las principales transformaciones del nitrógeno. Como procesos de mediación microbianos, estas transformaciones de nitrógeno ocurren generalmente más rápido que los procesos geológicos, tales como los movimientos de placas que es un proceso puramente físico que hace parte del ciclo carbónico. En el caso de los procesos de mediación microbianos, la velocidad se ve afectada por factores ambientales como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de recursos que influyen la actividad microbiana.

Nódulos de las Raíces - Figura 2: Parte del sistema de raíz en forma de trébol, o triple, tiene lugar gracias a los nódulos de *Rhizobium*, que es la bacteria que fija el nitrógeno atmosférico. Cada nódulo mide aproximadamente 2-3 mm. de largo. La imagen es cortesía de <http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/nitrogen.htm>.

©The Microbial World

Figura 2: Parte del sistema de raíz en forma de trébol, o triple, tiene lugar gracias a los nódulos de *Rhizobium*, que es la bacteria que fija el nitrógeno atmosférico. Cada nódulo mide aproximadamente 2-3 mm. de largo. La imagen es cortesía de <http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/nitrogen.htm>.

La Fijación del Nitrógeno

$N_2$  →  $NH_4^+$

La fijación del nitrógeno es un proceso en el cual el  $N_2$  se convierte en amonio. Éste es esencial porque es la única manera en la que los organismos pueden obtener nitrógeno directamente de la atmósfera. Algunas bacterias, por ejemplo las del género *Rhizobium*, son los únicos organismos que fijan el nitrógeno a través de procesos metabólicos. Esta simbiosis ocurre de manera bien conocida, en la familia de las legumbres (por ejemplo, frijoles, arvejas y tréboles). En esta relación, la bacteria que fija el nitrógeno habita los nódulos de las raíces de las legumbres (Figura 2) y reciben carbohidratos y un ambiente favorable de su planta anfitriona a cambio de parte del nitrógeno que ellas fijan. También hay bacterias que fijan el nitrógeno que existe, sin plantas anfitrionas. Éstas son conocidas como fijadores de nitrógeno libre sin límites. En ambientes acuáticos, las algas azules verdosas (en realidad una bacteria llamada cianobacteria) es una importante fijadora de nitrógeno libre sin límites.

Además del nitrógeno que fija la bacteria, eventos de alta energía natural, tales como los relámpagos, fuegos forestales, y hasta flujos de lava, pueden causar la fijación de pequeñas, pero significativas cantidades de nitrógeno. (Figura 3). La alta energía de estos fenómenos naturales puede romper los enlaces triples de las moléculas de  $N_2$ , haciendo alcanzables átomos individuales de N para la transformación química.

En el curso del último siglo, los humanos se han convertido en fuentes fijas de nitrógeno, tan importantes como todas las fuentes naturales de nitrógeno combinadas: quemando combustible de fósiles, usando fertilizantes nitrogenados sintéticos y cultivando legumbres que fijan nitrógeno. A través de estas actividades, los humanos han duplicado la cantidad de nitrógeno fijada que se dispersa en la biosfera cada año (Figura 3). En seguida se discute las consecuencias de este proceso.

La fijación Global N - Figura 3: El aumento reciente de la fijación antropogénica N en relación a la fijación 'natural'. Modificado de Vitousek, P. M. and P. A. Matson (1993). Agriculture, the global nitrogen cycle, and trace gas flux. *The Biogeochemistry of Global Change: Radiative Trace Gases*. R. S. Oremland. New York, Chapman and Hall: 193-208.

Figura 3: El aumento reciente de la fijación antropogénica N en relación a la fijación 'natural'. Modificado de Vitousek, P. M. and P. A. Matson (1993). Agriculture, the

global nitrogen cycle, and trace gas flux. The Biogeochemistry of Global Change: Radiative Trace Gases. R. S. Oremland. New York, Chapman and Hall: 193-208.

### La toma del Nitrógeno

$\text{NH}_4^+$   $\rightarrow$  N Orgánico

El amonio producido por el nitrógeno que fija la bacteria es usualmente incorporado rápidamente en la proteína y otros compuestos de nitrógeno orgánico, ya sea por la planta anfitriona, por la misma bacteria, o por otro organismo del suelo. Cuando los organismos más cercanos a lo alto de la cadena alimenticia (como nosotros!) comen, usan el nitrógeno que ha sido inicialmente fijado por el nitrógeno que fija la bacteria.

### La Mineralización del Nitrógeno

El N Orgánico  $\rightarrow$   $\text{NH}_4^+$

Después de que el nitrógeno se incorpora en la materia orgánica, frecuentemente se vuelve a convertir en nitrógeno inorgánico a través de un proceso llamado mineralización del nitrógeno, también conocido como desintegración. Cuando los organismos mueren, las materias de descomposición (como la bacteria y los hongos) consumen la materia orgánica y llevan al proceso de descomposición. Durante este proceso, una cantidad significativa del nitrógeno contenido dentro del organismo muerto se convierte en amonio. Una vez que el nitrógeno está en forma de amonio, está también disponible para ser usado por las plantas o para transformaciones posteriores en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) a través del proceso llamado nitrificación.

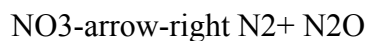
### Nitrificación

$\text{NH}_4^+$   $\rightarrow$   $\text{NO}_3^-$

Parte del amonio producido por la descomposición se convierte en nitrato a través de un proceso llamado nitrificación. Las bacterias que llevan a cabo esta reacción obtienen energía de sí misma. La nitrificación requiere la presencia del oxígeno. Por

consiguiente, la nitrificación puede suceder sólo en ambientes ricos de oxígeno, como las aguas que circulan o que fluyen y las capas de la superficie de los suelos y sedimentos. El proceso de nitrificación tiene algunas importantes consecuencias. Los iones de amonio tienen carga positiva y por consiguiente se pegan a partículas y materias orgánicas del suelo que tienen carga negativa. La carga positiva previene que el nitrógeno de amonio sea barrido (o lixiviado) del suelo por las lluvias. Por otro lado, el ión de nitrato con carga negativa no se mantiene en las partículas del suelo y puede ser barrido del perfil de suelo. Esto lleva a una disminución de la fertilidad del suelo y a un enriquecimiento de nitrato de las aguas corrientes de la superficie y del subsuelo.

### La Denitrificación



A través de la denitrificación, las formas oxidadas de nitrógeno como el nitrato y el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) se convierten en dinitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y, en menor medida, en gas óxido nitroso. La denitrificación es un proceso anaeróbico llevado a cabo por la bacteria que denitrifica, que convierte el nitrato en dinitrógeno en la siguiente secuencia:



El óxido nítrico y el óxido nitroso son gases importantes para el ambiente. El óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) contribuye a formar smog, y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) es un gas de invernadero importante, por lo que contribuye a los cambios globales climatológicos.

Una vez que se convierte en dinitrógeno, el nitrógeno tiene pocas posibilidades de reconvertirse en una forma biológica disponible, ya que es un gas y se pierde rápidamente en la atmósfera. La denitrificación es la única transformación del nitrógeno que remueve el nitrógeno del ecosistema (que es esencialmente irreversible), y aproximadamente balancea la cantidad de nitrógeno fijado por los fijadores de nitrógeno descritos con anterioridad.

La alteración humana del ciclo del N y sus consecuencias ambientales

A principios del siglo 20, un científico alemán llamado Fritz Haber descubrió como acortar el ciclo del nitrógeno fijando químicamente el nitrógeno a altas temperaturas y presiones, creando así fertilizantes que podían ser añadidos directamente al suelo. Esta tecnología se extendió rápidamente durante el último siglo. Junto al advenimiento de nuevas variedades de cultivo, el uso de fertilizantes de nitrógeno sintético ha traído un enorme crecimiento en la productividad agrícola. Esta productividad agrícola nos ha ayudado a alimentar a una población mundial en rápido crecimiento, pero el aumento de la fijación del nitrógeno también ha traído algunas consecuencias negativas. Aunque las consecuencias no sean tan obvias como el aumento de las temperaturas globales o el agujero de la capa de ozono, son muy serias y potencialmente dañinas para los humanos y otros organismos.

No todos los fertilizantes de nitrógeno aplicados a los campos de la agricultura se mantienen para alimentar los cultivos. Algunos son barridos de los campos de agricultura por la lluvia o el agua de irrigación, y son lixiviados en la superficie o en el agua del suelo y pueden acumularse. En el agua del suelo que se usa como fuente de agua potable, el nitrógeno excesivo puede provocar cáncer en los humanos y dificultades respiratorias en los niños. La U.S. Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) ha establecido un standard de nitrógeno para el agua potable que es de 10 mg por litro de nitrato-N. Desafortunadamente, muchos sistemas (particularmente en las áreas de agricultura) ya exceden estos niveles. En comparación, los niveles de nitrato en las aguas que no han sido alteradas por la actividad humana y rara vez son mayores de 1 mg/L. En las aguas de la superficie, el nitrógeno añadido puede provocar un enriquecimiento excesivo de nutrientes, particularmente en las aguas de la costa que reciben afluencia de los ríos polucionados. A este enriquecimiento excesivo de nutrientes, también llamado eutroficación, se lo acusa del aumento de la frecuencia de eventos que matan a los peces de la costa, del aumento de la frecuencia del florecimiento de algas dañinas y de cambios en las especies dentro del ecosistema de la costa.

El nitrógeno reactivo (como el  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$ ) que se encuentra en el agua y suelos de la superficie, también puede ingresar en la atmósfera como el componente del smog óxido nítrico (NO) y el gas de invernadero óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Eventualmente, este nitrógeno atmosférico puede ser soplado en ambientes terrestres que son sensibles al

nitrógeno causando cambios de largo plazo. Por ejemplo, los óxidos de nitrógeno contienen una porción significativa de la acidez en la lluvia ácida que es la causante de la deforestación en partes de Europa y del Noreste de Estados Unidos. El aumento de depósitos de nitrógeno atmosférico también causa los cambios más sutiles en las especies dominantes y funciones del ecosistema en algunos bosques y prados. Por ejemplo, en los suelos serpentina con poco nitrógeno de los prados del Norte de California, los conjuntos de plantas se han limitado históricamente a las especies nativas que pueden sobrevivir sin mucho nitrógeno. En este momento, hay evidencia que los niveles elevados de entrada de N atmosférico proveniente del desarrollo industrial y agrícola, han allanado el camino para una invasión de plantas no nativas. Como se ha señalado con anterioridad, el NO es un factor esencial en la formación del smog, que también causa enfermedades respiratorias como el asma en niños y adultos.

Actualmente, hay muchas investigaciones dedicadas a entender los efectos del enriquecimiento del nitrógeno en el aire, en el agua del subsuelo, y en el agua en la superficie. Los científicos también están explorando prácticas agrícolas alternativas, que sostendrán una alta productividad, a la vez que disminuirán los impactos negativos causados por el uso de fertilizantes. Estos estudios no sólo nos ayudan a cuantificar cómo los humanos hemos alterado el mundo natural, sino también a aumentar nuestro conocimiento sobre los procesos que forman el ciclo del nitrógeno.

Ciclo del Carbono

El Ciclo Carbónico

Siempre de Ida y Vuelta

por John Arthur Harrison, Ph.D.

English

El carbón es el cuarto elemento de mayor abundancia en el universo y es absolutamente esencial a la vida terrestre. En realidad, el carbón constituye la definición propia de vida y su presencia o ausencia ayuda a definir si una molécula es considerada orgánica o inorgánica. Cada organismo sobre la Tierra necesita del carbón ya sea para su estructura, su energía, o en el caso de los humanos, para ambos. Descontando el agua, somos mitad carbón. Además, el carbón se encuentra en formas tan diversas como en el gas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), y en sólidos como la caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), la madera, plástico, diamantes y grafito.

En sus diferentes formas, el movimiento del carbón en la atmósfera, océanos, biosfera, y geoesfera está descrito en el ciclo carbónico (Figura 1). Este ciclo consiste de varios bancos de almacenamiento de carbón (texto negro) y los procesos por los cuales varios de estos bancos o mantos intercambian carbón (las flechas moradas y los números). Si la cantidad de carbón que penetra en un manto es mayor de la que sale, el manto está considerado un pozo neto de carbón. Si la cantidad de carbón que sale de un manto es mayor de la que entra, el manto está considerado una fuente neta de carbón.

El Ciclo Carbónico - Figura 1. Una caricatura del ciclo global carbónico. Los mantos(en negro) son gigatoneladas ( $1\text{Gt} = 1 \times 10^9$  Toneladas) de carbón. Los flujos (en morado) son Gt de carbón por año. La ilustración es cortesía de la Earth Science Enterprise de la Nasa

©NASA

Figura 1. Una caricatura del ciclo global carbónico. Los mantos(en negro) son gigatoneladas ( $1\text{Gt} = 1 \times 10^9$  Toneladas) de carbón. Los flujos (en morado) son Gt de carbón por año. La ilustración es cortesía de la Earth Science Enterprise de la Nasa

El ciclo global carbónico, uno de los ciclos biogeoquímicos más importantes, puede ser dividido en componentes geológicos y biológicos. El ciclo carbónico geológico funciona en una escala temporal de millones de años, mientras que el ciclo carbónico biológico funciona en una escala temporal de días a miles de años.

#### El Ciclo Carbónico Geológico:

Desde la formación de la Tierra, las fuerzas geológicas han actuado paulatinamente sobre el ciclo global carbónico. En períodos de larga duración, el ácido carbónico (un ácido débil formado por reacciones entre el dióxido de carbono atmosférico, CO<sub>2</sub>, y el agua) se combina poco a poco con minerales en la superficie de la Tierra. Estas reacciones forman los carbonatos (carbono que contiene compuestos) a través de un proceso llamado desgaste. Luego, a través de la erosión, los carbonatos desembocan en el océano donde terminan asentándose en el fondo.

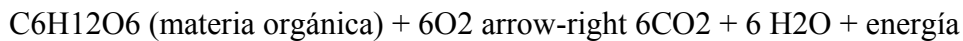
Este ciclo continúa cuando el asentamiento del fondo del mar, empuja el fondo del mar debajo de los márgenes continentales en un proceso de subducción. A medida que el carbono del fondo del mar sigue siendo empujado al fondo del suelo por las fuerzas tectónicas, se calienta, eventualmente se derrite, y puede volver a la superficie donde se transforma en CO<sub>2</sub>. De esta manera retorna a la atmósfera. Este retorno a la atmósfera puede ocurrir violentamente a través de erupciones volcánicas, o de manera más gradual, en filtraciones, respiraderos y CO<sub>2</sub> - ricas vertientes calientes. El levantamiento tectónico también puede exponer caliza enterrada antiguamente. Un ejemplo de esto, ocurre en los Himalayas, donde algunos de los picos más altos del mundo están formados de material que una vez estuvo en el fondo del océano. El desgaste, la subducción y la actividad volcánica controlan las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono a través de períodos de tiempo de cientos de millones de años.

#### El Ciclo Carbónico Biológico:

La biología ocupa un importante papel en el movimiento del carbono entre la tierra, océano y atmósfera a través del proceso de fotosíntesis y respiración. Virtualmente toda la vida multicelular en la Tierra depende de la producción de azúcares de la luz solar y

del dióxido de carbón (fotosíntesis) y del desgaste metabólico (respiración) de esos azúcares para producir la energía necesaria para el movimiento, crecimiento y reproducción. Las plantas toman el dióxido de carbón (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera durante la fotosíntesis y sueltan el CO<sub>2</sub> a la naturaleza durante la respiración a través de las siguientes reacciones químicas:

Respiración:



Fotosíntesis:



A través de la fotosíntesis, las plantas verdes usan la energía solar para convertir el dióxido de carbón atmosférico en carbohidratos (azúcares). Las plantas y los animales usan estos carbohidratos (y otros productos derivados de estos) a través de un proceso llamado respiración, el reverso de la fotosíntesis. La respiración suelta la energía contenida en los azúcares para uso del metabolismo y cambia el "combustible" que es el carbohidrato en dióxido de carbón. Éste, a su vez, retorna a la atmósfera. Cada año, la cantidad de carbón tomada por la fotosíntesis y retornada a la atmósfera por la respiración es aproximadamente 1,000 veces mayor que la cantidad de carbón que se mueve a través del ciclo geológico en un año.

En la superficie de la tierra, el mayor intercambio de carbón con la atmósfera resulta de la fotosíntesis y de la respiración. Durante el día, en la estación de crecimiento, las hojas absorben la luz solar y toman dióxido de carbón de la atmósfera. A su vez, las plantas, los animales y los microbios del suelo consumen el carbón en materia orgánica y retornan el dióxido de carbón a la atmósfera. La fotosíntesis cesa en la noche cuando el sol no puede proveer la energía motriz para la reacción. Sin embargo, la respiración continúa. Este tipo de diferencia entre estos dos procesos está reflejado en los cambios de estación en las concentraciones atmosféricas del CO<sub>2</sub>. Durante el invierno, en el hemisferio norte, la fotosíntesis cesa cuando muchas de las plantas pierden sus hojas, pero la respiración continúa. Esta condición lleva a un aumento en las concentraciones atmosféricas del CO<sub>2</sub> durante el invierno, en el hemisferio norte. Sin embargo, con la llegada de la primavera, la fotosíntesis continúa y las concentraciones atmosféricas del

CO<sub>2</sub> se reducen. Este ciclo está reflejado en los promedios mensuales (la línea azul claro) de las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico mostradas en la Figura 2.

Mauna Loa CO<sub>2</sub> - Figura 2. La \

©NASA

Figura 2. La "Curva Keeling" es un record de largo plazo de la concentración CO<sub>2</sub> atmosférica, medida en el observatorio de Mauna Loa (Keeling et al.). A pesar de que las oscilaciones anuales representan variaciones naturales y de estación, el aumento a largo plazo indica que las concentraciones son mayores de lo que han sido en 400,000 años (ver el texto y la Figura 3). El gráfico es cortesía del Earth Observatory de la Nasa.

En los océanos, los fitoplanctones (plantas marinas microscópicas que forman la base de la cadena alimenticia marina) usan carbono para producir conchas de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>). Estas conchas se asientan en el fondo del océano cuando los fitoplanctones mueren y se entierran en los sedimentos. Cuando se entierran, las conchas de fitoplanctones y otras criaturas pueden comprimirse a medida que pasa el tiempo y eventualmente se pueden transformar en caliza. Además, en ciertas condiciones geológicas, la materia orgánica puede ser enterrada y con el paso del tiempo formar depósitos de carbono que contienen combustible de carbono y petróleo. La materia orgánica que no contiene calcio, es la que se transforma en combustible fósil. Ambas formaciones, de caliza y de combustible fósil, son procesos biológicos controlados y representan hoyos de largo plazo para el CO<sub>2</sub> atmosférico.

### La Alteración Humana del Ciclo Carbónico

Recientemente, los científicos han estudiado medidas de niveles de CO<sub>2</sub> atmosféricos a corto y largo plazo. Charles Keeling, un oceanógrafo del Scripps Institute of Oceanography, es el responsable de crear el record continuo de mayor duración de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, tomadas en el observatorio de Mauna Loa en Hawai. Sus datos (ahora mundialmente conocidos como la "Curva Keeling", en la Figura 2), revelan que las actividades humanas están alterando significativamente el ciclo carbónico natural. Desde el principio de la revolución industrial hace

aproximadamente 150 años, las actividades humanas, como la quema de combustible de fósiles y la deforestación, han acelerado y contribuido a un aumento a largo plazo del CO<sub>2</sub> atmosférico. Quemar aceite y carbón suelta carbón en la atmósfera mucho más rápido de lo que se quita. Esta diferencia causa el aumento de las concentraciones del dióxido de carbón atmosférico. Además, al limpiar los bosques, reducimos la capacidad de la fotosíntesis para eliminar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, lo cual resulta también en un aumento neto. Debido a estas actividades humanas, las concentraciones atmosféricas del dióxido de carbón son actualmente mayores de lo que han sido en el último medio millón de años o más.

Debido a que el CO<sub>2</sub> aumenta la capacidad de la atmósfera para retener calor, ha sido llamado un "gas invernadero". Los científicos creen que el aumento de CO<sub>2</sub> ya está causando importantes cambios climáticos globales. Muchos atribuyen el aumento de 0.6 grados C observado en el promedio de las temperaturas globales durante el último siglo, principalmente al aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico. Sin cambios sustantivos en los modelos de consumo de combustible fósil y de deforestación, las tendencias de calentamiento probablemente continuarán. La mejor estimación científica es que el promedio de la temperatura global aumentará entre 1.4 y 5.8 grados C durante el próximo siglo como resultado de un aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico y otros gases de invernadero. Este tipo de aumento en la temperatura global causaría aumentos significativos en los niveles promedios marítimos (0.09-0.88 metros), los que expondría a cada vez más frecuentes y severas inundaciones a ciudades costeras de bajo nivel o ciudades cerca de la corriente de ríos como Nueva Orleans, Portland, Washington, y Filadelfia. El calentamiento global también puede causar retiros glaciares y cambios en las escalas de las especies. Queda ver si las especies relativamente inmóviles como los árboles, pueden cambiar sus escalas suficientemente rápido para mantener el ritmo del calentamiento.

Sin embargo, aún sin los cambios en el clima, el aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> puede tener un importante impacto en los patrones del desarrollo de las plantas a nivel mundial. Ya que algunas de las especies de plantas responden de manera más favorable que otras a los aumentos de CO<sub>2</sub>, los científicos creen que debido al aumento de concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, veremos cambios pronunciados en algunas especies de plantas, aún sin cambios en la temperatura. Por ejemplo, bajo condiciones

elevadas de CO<sub>2</sub>, se cree que los arbustos responden de manera más favorable que algunas especies de pasto, debido a que tienen un camino de fotosíntesis ligeramente diferente. Debido a esta inequidad competitiva, algunos científicos tienen la hipótesis que los campos de pasto serán invadidos por especies de pasto o de arbustos que responde mejor al CO<sub>2</sub> a medida que el CO<sub>2</sub> aumenta.

Vostok V CO<sub>2</sub> - Figura 3: El CO<sub>2</sub> en los últimos 140,000 años como se ha visto en el centro o núcleo del hielo y en los registros modernos de Mauna Loa. La línea roja representa concentraciones previsibles. La figura es cortesía de [www.uoregon.edu/~dogsci/dorsey/geo103/CO2.Vostok.jpg](http://www.uoregon.edu/~dogsci/dorsey/geo103/CO2.Vostok.jpg)

Figura 3: El CO<sub>2</sub> en los últimos 140,000 años como se ha visto en el centro o núcleo del hielo y en los registros modernos de Mauna Loa. La línea roja representa concentraciones previsibles. La figura es cortesía de [www.uoregon.edu/~dogsci/dorsey/geo103/CO2.Vostok.jpg](http://www.uoregon.edu/~dogsci/dorsey/geo103/CO2.Vostok.jpg)

En un intento para entender si los cambios recientemente observados en el ciclo carbónico global son un fenómeno nuevo, o si han ocurrido a través de la historia geológica, los científicos han hecho esfuerzos considerables para desarrollar métodos con el fin de entender la atmósfera y el clima de la Tierra en el pasado. Estas técnicas para encontrar pistas sobre el clima y la atmósfera del pasado, incluyen el análisis de burbujas de gas atrapadas en hielo, de los anillos de los árboles y de los sedimentos de los océanos y lagos. Juntas, estas técnicas sugieren que en los últimos 20 millones de años, el clima de la Tierra ha oscilado entre condiciones relativamente cálidas y relativamente frías llamadas periodos interglaciares y glaciares. Durante los periodos interglaciares las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> eran relativamente elevadas y durante los periodos glaciares las concentraciones de CO<sub>2</sub> eran relativamente bajas. Actualmente estamos en un periodo interglaciar cálido y las actividades humanas están empujando el aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> más de lo que han sido en cientos de miles de años (Figura 3).

Entender y mitigar los impactos negativos del enriquecimiento atmosférico de CO<sub>2</sub> constituyen dos de los desafíos centrales a los cuales se enfrentan los científicos ambientales y los responsables de crear e implementar las políticas ambientales. Para poder atender esta cuestión, la comunidad científica ha formado el

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Este panel es un consorcio internacional e interdisciplinario que incluye miles de expertos climáticos que colaboran para producir informes consensuados sobre la ciencia del cambio climático. Muchas naciones han aceptado las condiciones especificadas por el Protocolo de Kyoto, un tratado multilateral que tiene la intención de impedir los impactos negativos asociados con los cambios climáticos producidos por los humanos. Los Estados Unidos, que es actualmente la nación responsable de aproximadamente un cuarto de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, hasta ahora ha declinado participar en el Protocolo de Kyoto.