

IICA
PM-A1/SC-
98-05

4



DRC/IICA ACT-CR 02/98

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA
AGRICULTURA**

**AGENCIA DE COOPERACION TECNICA EN COSTA RICA
AGENCIA DE COOPERACION TECNICA EN MEXICO**

**Centro de bioconpostaje
para aprovechar
adecuadamente los residuos
sólidos orgánicos**

Armando López Rubio

San José, Costa Rica y México, DF.
Febrero, 1998

¿ Que es la ACT-CR del IICA ?

La Agencia de Cooperación Técnica del IICA en Costa Rica (ACT-CR), inicia su trabajo en 1973, dando apoyo directo al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), al Instituto de Desarrollo Agrario (IDA), al Consejo Nacional de Producción (CNP) y a otras instituciones nacionales ligadas al sector agroproductivo.

La cooperación se concentró en apoyar la definición, implementación y ajuste de políticas sectoriales: transferencia tecnológica agropecuaria, mejoramiento y distribución de semillas; investigación; ejecución de proyectos de desarrollo rural con pequeños agricultores y soporte en seminarios reuniones, cursos de capacitación e intercambio de experiencias con otros países.

Su labor en la actualidad continúa siendo brindar cooperación a organizaciones e instituciones públicas y privadas que orientan su trabajo al sector agropecuario ampliado. Se estudian nuevos proyectos de acuerdo con los cambios que demanda el sistema agroproductivo costarricense y la dinámica mundial, basándose en el principio de que "se debe pensar globalmente y actuar en lo local".

Visión : Ser una Agencia de Cooperación Técnica, con presencia en todo el país satisfaciendo con alta calidad y oportunidad las necesidades de nuestros clientes, haciendo un uso eficiente de los recursos.

Misión : Brindar cooperación técnica y administrativa a nuestros clientes, en forma oportuna y eficiente.

La ACT-CR como Grupo de Trabajo : La Agencia cuenta con un grupo profesional y técnico dedicado a atender las acciones de cooperación que atiende; así como un importante grupo de apoyo encargado de las finanzas y del soporte administrativo.

DRC/IICA ACT-CR 02/98

**AGENCIA DE COOPERACION TECNICA EN COSTA RICA
AGENCIA DE COOPERACION TECNICA EN MEXICO
INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA
AGRICULTURA**



**Centro de biocompostage para
aprovechar adecuadamente
los residuos sólidos orgánicos**

Armando López Rubio

**San José, Costa Rica y México, DF, () () ()
Febrero, 1998**

IICA
PM-A1/SC-98-05

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)
Agencia de Cooperación Técnica en Costa Rica. Marzo, 1998

Derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del IICA.

Las ideas y planteamientos contenidos en los artículos firmados, o en los institucionales con específica mención de autores en la Presentación, son propios de ellos y no representan necesariamente criterio del IICA o la Institución coparticipante.

La Agencia de Cooperación Técnica del IICA en Costa Rica es responsable por la revisión estilística, levantado de texto, montaje y reproducción de esta publicación.

BV-13924

López Rubio, Armando.

Centro de biocompostage para aprovechar adecuadamente los residuos sólidos orgánicos./ Armando López Rubio. – San José, C. R. : IICA. Agencia de Cooperación Técnica en Costa Rica : IICA, Agencia de Cooperación Técnica en México, 1998.

66 p. ; 23 cm.- (Serie Publicaciones Misceláneas / IICA, ISSN 0534-5391 ; no. A1/SC-98-05)

1. Residuos de cosechas. 2. Aprovechamiento de desechos.
3. Compost. 4. Abonos orgánicos. I. IICA. II. Título.
III. Serie.

AGRI
F04

DEWEY
631.87

SERIE PUBLICACIONES MISCELANEAS

ISSN 0534-5391

A1/SC-98-04

00000844

Marzo, 1998

San José, Costa Rica y México, D.F.

CONTENIDO

	Página
Del autor	i
Presentación	ii
Agradecimientos	iv
I Parte: Presentación de un Sistema Biotecnológico	3
Oferta biotecnológica	3
Descripción del producto y sus usos	3
Ventaja competitiva de la tecnología	4
Experiencias en Costa Rica	5
El Sistema biotecnológico	8
Perspectivas del Sistema	13
II Parte: Diagnóstico Agroambiental Preliminar en México.	15
Residuos Orgánicos Sólidos	17
Producción agroindustrial y generación de residuos	19
Una necesidad sentida por los campesinos	25
Las Posibilidades de aprovechamiento	27
Uso del biocompost y mejoramiento agrícola	32
Programa sobre Restitución Orgánica	33
Justificación del programa propuesto	35
Estrategia organizacional	39
III Parte: El Proyecto Propuesto: <i>Tlazolcali</i>	43
Introducción	45
El Marco Conceptual del Proyecto	47
Aspectos competitivos	54
Resultados esperados	56
Justificación	57
Referencias Bibliográficas.	61
Referencias Documentales	65

Del autor

Armando López Rubio, es Ingeniero Agrónomo especialista en industrias agrícolas, tecnología de alimentos y biocompostage. Es mexicano, nacido en el Estado de Hidalgo (1940), egresado de la Escuela Nacional de Agricultura, hoy Universidad Autónoma de Chapingo, Especialista en Industrias Agrícolas, habiendo realizado otros estudios de postgrado en Oregon State University en Ciencia y Tecnología de Alimentos. En Brasil participó del VII Curso Interamericano sobre Formulación y Evaluación de Proyectos en la Universidade Federal do Ceará.

Fue docente en centros de educación superior en Chapingo, el IPN y otros centros mexicanos, en el área de tecnología de alimentos y en proyectos agroindustriales. Ha desarrollado asesoría y consultoría en elaboración y evaluación de proyectos agroindustriales, para empresas del sector privado y público, entre las que se citan FONAFE, CONAFRUT y Cía. ICATEC (Grupo ICA). Ha participado en consultorías para el BID, el IICA y la OEA, en la rama de alimentos y proyectos en varios países americanos de entidades como SOLIDARIOS y PRONASE. Fue Director de Tecnología del Sistema Alimentario Mexicano (SAM), representante regional en Xalapa, Veracruz, coordinador de Proyectos de Desarrollo, jefe del proyecto Laboratorio de Investigación y Desarrollo Regional (LIDER) y director del Programa de Ecodesarrollo en el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB).

A partir de 1986 se radica en Costa Rica y desarrolla trabajos de asesoría para el BANCOOP, R.L. y posteriormente, en forma privada, adapta un sistema industrial para la obtención de biocompost de alta calidad, a partir de residuos orgánicos agroindustriales, municipales y de otras fuentes.

PRESENTACION

Desde los albores de la agricultura, el hombre ha tenido cuidado de proteger el suelo para tener el sustento asegurado para sus descendientes. Durante muchos años, la cantidad de tierra utilizada para la producción de alimentos fue muy pequeña por cuanto las poblaciones fueron reducidas, pero a partir de la revolución industrial y con los nuevos métodos de protección de la salud, las vacunas, la curación de enfermedades, etc., la población fue creciendo rápidamente y por lo tanto, sus necesidades de alimentación también se vieron incrementadas. La demanda de alimentos fue rápidamente suplida debido a la especialización y al incremento de las tierras cultivadas, poniendo poca o ninguna atención a que el uso de la tierra era limitado. En algún momento se pensó que con altas tecnologías se podría proveer cualquier cantidad de alimentos, lo cual puede ser cierto, pero la cantidad de plagas y enfermedades que atacan al monocultivo fue tal, que estimuló el espectacular desarrollo de la química agrícola para proteger esos cultivos. Al mismo tiempo para mantener un rendimiento alto, hubo que aplicar cantidades altas de fertilizantes químicos al suelo.

La expansión de la agricultura hizo que, al mismo tiempo, la cantidad de desperdicios que se obtuvo de las cosechas no pudiera ser tratada adecuadamente, puesto que en algunos cultivos había que procesarlos fuera de los campos de la cosecha. Por lo tanto, los residuos estaban concentrados en los alrededores de las fábricas o en los lugares donde se hace el procesamiento primario o secundario.

La presente obra trata de recomendar el aprovechamiento en forma racional de todos los residuos de cosechas de tal manera que éstos, en lugar de contaminar suelo, agua y aire, sean reciclados adecuadamente para convertirse en abonos orgánicos de alta calidad. El autor presenta una tecnología que, por procesos biotecnológicos, puede producir un

bioabono de alta calidad. El autor ha trabajado en este método por varios años y la ha desarrollado modificando la tecnología regular, hasta hacerla lo suficientemente buena como para poder tratar casi cualquier materia orgánica, sea de residuos de cosechas o de vivienda urbana.

La presente es una primera publicación sobre el tema. Posteriormente, se propondrá una ampliación del proyecto Tlazolcali, a fin de recoger los problemas y magnitudes de México, incluyendo el análisis económico del mismo.

Dr. Gustavo A. Enríquez
*Representante del IICA en
Costa Rica*

Dr. Juan José Salazar
*Representante del IICA en
México*

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi reconocimiento por el aliento inducido y por su apoyo en la edición de este documento, que reúne mis experiencias técnicas, a los colegas Gustavo A. Enríquez y Horacio H. Stagno.

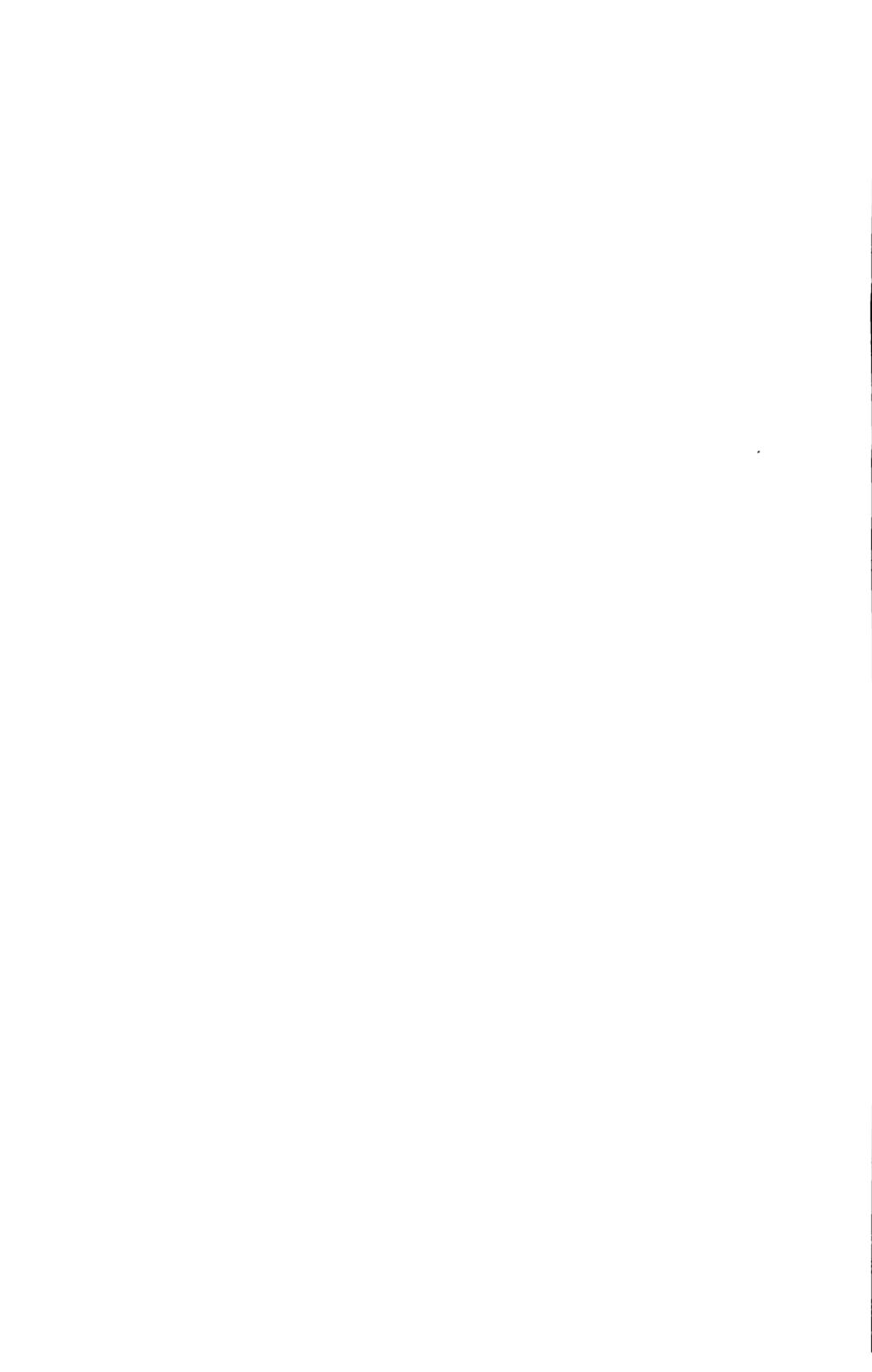
Asimismo, agradezco a la señora Patricia Ross, de la ACT del IICA en Costa Rica, por su trabajo de preparación de la versión definitiva.

El Autor



PARTE I

Presentación de un Sistema Biotecnológico



PARTE I

Presentación de un Sistema Biotecnológico



PARTE I

Presentación de un Sistema Biotecnológico



PARTE I

Presentación de un Sistema Biotecnológico



PARTE I

Presentación de un Sistema Biotecnológico

“No podemos resolver los problemas más preocupantes de hoy, utilizando los mismos niveles y patrones de pensamiento que empleamos cuando creamos los problemas”

Albert Einstein (1879 -1955)

Oferta biotecnológica¹

Nos permitimos poner a consideración una iniciativa de carácter agroambiental, en torno a los alcances de un desarrollo tecnológico en el cual nos hemos ocupado durante los últimos 10 años y que, previo arreglo con las partes interesadas, estamos seguros de que puede ser aprovechado para hacer viable proyectos orientados a la protección ambiental, la conservación de los recursos naturales y la agricultura sostenible.

Como resultado de una serie de trabajos de investigación aplicada, se pone a disposición de los interesados los servicios biotecnológicos para la puesta en marcha de proyectos agroambientales orientados al manejo y aprovechamiento adecuado de residuos y desechos orgánicos sólidos. Entre éstos se mencionan los que generan las actividades agroindustriales, los provenientes de la basura municipal, y otras fuentes menos convencionales como la biomasa del lirio acuático que crece sobre cuerpos de agua (canales, lagos, represas).

Descripción del producto y sus usos

El producto final se denomina biocompost el cual es más que un simple abono orgánico, ya que se trata de un producto de la fermentación aeróbica controlada a partir de una serie de desechos orgánicos sólidos o semisólidos previamente inoculados, con el fin de lograr una rápida transformación de la materia orgánica contenida en tales desechos y de este modo obtener al cabo de 5 a 7 semanas un

¹ En el presente documento se utilizan los signos de puntuación tal como se acostumbra en México : la “,” para separar miles y el “.” para separar decimales.

Centro de biocompostaje para aprovechar residuos sólidos orgánicos

material pre- humificado, rico en microorganismos benéficos del suelo, pero libre de larvas o huevecillos de insectos plaga, lo mismo que de gérmenes patógenos. Este biocompost encuentra una amplia utilización en la agricultura convencional y con mayor razón en la nueva agricultura biorgánica, pudiendo ser aplicado sólo o conjuntamente con los fertilizantes químicos (inorgánicos); aclarando que no es un sustituto del fertilizante inorgánico, pero la adición de este producto biorgánico permite la utilización máxima de aquellos cuya acción refuerza.

Este biocompost debe su excelente calidad a su elevadísima concentración bacteriológica, de cuya interacción con el suelo genera ciertas sustancias bioquímicas, las cuales actúan como factores de crecimiento en las plantas.

En síntesis: se trata de un producto de interés económico, ya que constituye una respuesta inmediata para ayudar a satisfacer una demanda importante relacionada con aspectos tales como: carencia de humus y la vida microbiana en los suelos, los cuales son considerados entre los requisitos indispensables para el mejoramiento de su estructura y fundamento de la fecundidad.

Ventaja competitiva de la tecnología

Sin desconocer que existen en el mercado internacional varias tecnologías similares, lo cierto es que, al menos en Costa Rica, donde el autor reside temporalmente desde 1986, ninguna de ellas ha tenido éxito [14]. Esto puede deberse a varios factores; uno de ellos tiene que ver con su lugar de origen. En efecto, la mayoría de estas tecnologías han sido desarrolladas en otras latitudes muy distintas a las condiciones ambientales que privan en el clima tropical. Esto demuestra lo equivocado y hasta riesgoso que resulta el puro y simple "trasplante" a los trópicos de técnicas, por la mera razón de que han demostrado su eficacia en las zonas frías o templadas.

Por otro lado, parece ser que también existen importantes diferencias de criterio en cuanto al enfoque principal. Así, mientras que la mayoría de estas tecnologías importadas se orientan a tratar los

desechos en tanto agentes causales de la contaminación, la tecnología adaptada por el suscrito se enfoca de manera muy distinta, a saber: más que ver a los desechos como tales, se les debe considerar como una valiosa fuente de materias primas orgánicas, y, como tales, deben ser adecuadamente aprovechadas.

Lo arriba expuesto, se apoya en la idea de que al descubrir la manera adecuada para transformar los desechos y hacerlos utilizables, es, no solamente una forma acertada de resolver un problema específico de contaminación ambiental, sino una de las alternativas más sensatas que puede contribuir real y eficazmente a mejorar la calidad del medio biofísico y favorecer, concomitantemente, la producción futura de alimentos. Bajo esta perspectiva, se infiere lógicamente que el problema ambiental se resuelve por "añadidura."

Experiencias en Costa Rica

El desarrollo adaptativo de un sistema sobre biodegradación controlada como el que aquí nos ocupa, implica el tener que cumplir con una serie de requisitos de carácter sanitario - ambiental, en virtud de que estamos manejando desechos orgánicos de naturaleza putrescible y, por tanto, con potencial riesgo para la salud humana. Consecuentemente, el Ministerio de Salud Pública se ocupó desde el inicio de tales investigaciones dando el adecuado seguimiento, mediante inspecciones "in situ", toma de muestras, análisis de laboratorio, etc, así como su correspondiente evaluación.

Centro de biocompostage para aprovechar residuos sólidos orgánicos

Cuadro 1: Proyectos de investigación y desarrollo realizados por López Rubio en Costa Rica sobre manejo y de residuos sólidos orgánicos, de 1987 a 1996.

Año	Empresa	Clase de Residuo	Lugar
1987	Cooperativa Agrícola Industrial Aragón R.L.	Broza y cascarrilla de café.	Turmalba, Cartago
1987	Consejo Nacional de Producción (C.N.P.)	Olote, tamo y maizuelo del maíz.	Guacimo, Limón.
1987	Hacienda Juan Viñas, S.A.	Pulpa y cascarrilla del café, bagazo, cachaza y cenizas de la caña de azúcar.	Juan Viñas, Cartago.
1991	Standard Fruit Co.	Pinzote y banano verde.	Turrúcares, Alajuela.
1991	Productos Gerber	Residuos de frutas.	Turrúcares, Alajuela.
1991	Hortifruiti, S.A.	Residuos de frutas y hortalizas.	Turrúcares, Alajuela.
1991	Finca El Paraíso	Zacase "King".	Turrúcares, Alajuela.
1993	Centro de Diversificación Agrícola.	Corteza y asillas de madera.	Juan Viñas, Cartago.
1993	Graja Ricura, S.A.	Gallinaza.	Juan Viñas, Cartago.
1993	Instituto Costarricense de Electricidad (I.C.E.)	Lirio acuático	Juan Viñas, Cartago.
1993	Ingenio Taboga, S.A.	Bagazo, cacahaza de la caña de azúcar.	Cañas, Guanacaste.
1993	Municipalidad de Jiménez	Desechos orgánicos municipales.	Juan Viñas, Cartago.
1991-1996	Hacienda Juan Viñas, S.A.	Pulpa y cascarrilla del café, bagazo, cachaza y cenizas de la caña de azúcar.	Juan Viñas, Cartago.

Proyectos piloto demostrativos

Desde 1987 hasta 1993, el autor realizó una serie de proyectos piloto, previo convenio con las empresas agroindustriales y entidades públicas involucradas, con el fin de demostrar la viabilidad técnica, ecológica y económica de biotransformar sus residuos provenientes de sus propias actividades (Cuadro 1). Y no fue sino hasta pasados 7 años de trabajo ininterrumpido que el citado ministerio otorgó finalmente la autorización para poder promover y explotar comercialmente la biotecnología así adaptada [Ref. 4]. Al respecto, vale la pena mencionar que estos trabajos despertaron mucho interés entre los diversos medios de comunicación colectiva, habiéndose publicado alrededor de 30 artículos periodísticos.

Proyecto agroambiental a escala industrial

Era también muy necesario demostrar que la biotecnología podía trabajar a escala industrial, manteniendo las condiciones logradas a nivel piloto. Para esto, se obtuvo la correspondiente ayuda financiera de parte del CONICIT de Costa Rica, en beneficio directo de una corporación agroindustrial privada. El proyecto contemplaba no sólo evaluar los aspectos técnicos, económicos y ambientales involucrados en el procesamiento de los residuos generados por el beneficiado del café y aquellos provenientes de la industrialización de la caña de azúcar, sino que se incorporaban otros análisis que no habían sido considerados en los proyectos pilotos: evaluar mediante los correspondientes ensayos de campo, el efecto del biocompost así obtenido, aplicado a cultivos agrícolas tanto los que operaba dicha corporación (café, caña de azúcar y macadamia), así como otros que se consideraran convenientes. Esta investigación se concibió como un proyecto de investigación aplicada y dio comienzo en septiembre de 1991, con una duración inicial de 3 años, pero hubo de extenderse hasta un total de 5 años; habiéndose concluido exitosamente en agosto de 1996 [29], según evaluación final hecha por el propio CONICIT [Ref. 7].

Durante este tiempo, se manejaron prácticamente todos los residuos generados por ambas Agroindustrias, alcanzándose una cantidad anual que oscilaba entre 10,000 y 12,000 toneladas métricas equivalente a 35 - 40 t/d. Es decir, en este quinquenio logramos

transformar entre 50,000 y 60,000 t de residuos en bio-compost de alta calidad sanitario-agronómica, la cual presenta una serie de características que se describen en Cuadros 2 y 3.

El Sistema Biotecnológico

Lo esencial del sistema

El sistema de biocompostage, tal como lo ha logrado adaptar el autor, echa mano de un inóculo biológico, que constituye básicamente el quid del asunto, el cual se caracteriza por poseer una elevada carga microbiana que supera los 400 billones por gramo y con la gran ventaja de estar adaptado al clima tropical. El propósito específico de este bioinóculo es el de actuar como un catalizador eficaz para inducir y acelerar el proceso fermentativo que es eminentemente aeróbico, y que tiene lugar en la masa orgánica previamente inoculada que se pretende biotransformar.

Por otro lado, el indispensable control de calidad se lleva a cabo mediante observación directa de las pilas, trabajo que está a cargo de personal experimentado; asimismo, se registran temperaturas en forma ordenada y sistemática, para estudiar la evolución del proceso fermentativo y en su caso, tomar las medidas de control necesarias que indiquen por ejemplo, la necesidad de remover el material o no.

Cuadro 2. Características del biocompost obtenido mediante el sistema de biodegradación controlada adaptado por A. López Rubio en Costa Rica [31].

- Es un material estabilizado biológicamente, ya que no desprende malos olores ni genera elevación de su temperatura cuando se le humedece.
- Contiene una proporción significativamente alta de materia orgánica prehumificada.
- Contiene apreciables cantidades de microelementos, aunque muy bajas en elementos mayores (N, P,K).
- Posee un pH ligeramente inferior a 7.0 así como una estructura porosa, de color café oscuro y un tamaño uniforme de sus agregados.
- No contiene larvas ni huevecillos de insectos plaga (*Phyllophaga sp.*) y (*Stomoxys calcitrans*) pero sí puede contener lombrices de tierra. (*Lumbricus terrestris*)
- Se encuentra libre de gérmenes patógenos tanto para el hombre, tales como: (*Salmonella sp.*, *Staphylococcus sp*) y otros.
- Posee una elevada carga microbiana (bacterias, levaduras, hongos, algas), benéficos al suelo.
- Esta libre de materiales extraños: vidrio, plásticos, metales, etc.
- No contiene materiales radioactivos ni semillas viables de malas hierbas.
- No contiene tierra, ya que el proceso utilizado no hace uso de ésta.
- No contiene residuos de plaguicidas, aún cuando se usen residuos convencionales.
- No contiene elementos pesados, o bien éstos están presentes en niveles que no sobrepasan los límites fijados por los organismos especializados.
- El contenido de humedad y el hecho de ser un material granulado y pulverulento, facilita su aplicación en el campo, ya sea a mano o con la ayuda de equipos apropiados.

Esto con el doble propósito de: a) asegurar la destrucción de los gérmenes patógenos, así como larvas o huevecillos de insectos plaga y, b) fomentar la formación del humus, ya que el proceso en última

instancia, se orienta a propiciar la humificación de la materia orgánica contenida en los residuos.

El bioinóculo se utiliza además, con el fin de propiciar el desarrollo y multiplicación de una elevada carga microbiológica benéfica al suelo, con lo cual mejora sustancialmente la calidad final del bio-abono. Consecuentemente, el proceso biotecnológico logra, merced al uso del biocatalizador y al control de las temperaturas, una eficaz biodegradación de residuos de plaguicidas, ya que los desechos que se trabajan provienen de productos agrícolas cultivados mediante el sistema de producción agrícola convencional.

Finalmente, se toman muestras para su correspondiente análisis de laboratorio para efectuar las determinaciones físico-químicas, parasitológicas y microbiológicas necesarias, con miras a evaluar los niveles de calidad óptima que se esperan del producto final.

Dependiendo del uso final del bio-compost o bio-abono, así como de las condiciones ambientales y de la infraestructura disponible en el lugar, es factible obtener un bio-abono en un término de 5 a 7 semanas. En el caso especial de la región de Guanacaste (zona norte de Costa Rica), que posee un clima cálido y seco y una estación muy ventosa en la época de zafra, hemos logrado obtener el dicho bio-abono en tan sólo 4 semanas.

Centro de biocompostage para aprovechar residuos sólidos orgánicos

Cuadro 3: Resultados de análisis químico efectuados a muestras de biocompost preparado*.

Análisis	Unidad	Materia Prima Orgánica Básica Utilizada					Lirio	Doméstico
		Broza	Cachaza	Gallinaza	Lirio	Doméstico		
PH		6.6	5.43	8.97	7.49	7.3		7.3
Sales solubles	%	n.e	3.8	4.5	0.60	1.11		1.11
Materia orgánica	%	30.0	68.6	n.e	34.7	29.8		29.8
Cenizas	%	n.e	31.4	n.e	65.3	n.e		n.e
Nitrógeno	%	0.18	2.32	2.00	0.86	1.53		1.53
Fósforo	ppm	735	3,980	10,700	144	1,200		1,200
Potasio	ppm	6 meq*	4,800	16,700	2,250	4,100		4,100
Calcio	ppm	32 meq*	9,300	4,290	3,750	4,500		4,500
Magnesio	ppm	9 meq*	1,400	2,310	785	1,400		1,400
Boro	ppm	n.e	56	10	3	5		5
Zinc	ppm	1	25	22	9	35		35
Hierro	ppm	92	108	43	34	7		7
Manganeso	ppm	57	85	10	48	18		18
Aluminio	ppm	0.1 meq*	9	13	11	24		24
Cobre	ppm	7	7	3	2	0.6		0.6

* miliequivalentes

Materia Prima	Fuente Principal
Cachaza	Ingenio azucarero
Gallinaza	Planta avícola
Lirio acústico	Presa hidroeléctrica
Desechos domésticos	Basura municipal
Broza del café	Beneficio de café

por A Lopez Rubio en Costa Rica (10)

Evaluaciones agronómicas del biocompost

La serie de trabajos desarrollados ininterrumpidamente a lo largo de este tiempo, fueron más allá de la simple tarea de adaptar el sistema a una escala mayor, ya que, mediante acuerdos con otros organismos de investigación y desarrollo fue posible realizar (y a la fecha aún continúan algunos trabajos) una serie de pruebas de campo y en varios de ellos han permitido determinar efectos importantes debidos a la aplicación del biocompost en varios cultivos, incluyendo trabajos en viveros forestales realizados por el INISEFOR [Ref. 12].

Apoyo del IICA

Si bien el concepto de biocompostage es relativamente fácil, no lo es por lo que hace a su implementación. Porque si así lo fuere, cualquiera lo haría y obviamente no se tendrían los problemas ambientales que actualmente observamos a lo largo y ancho de los países mesoamericanos donde el autor ha podido constatarlo personalmente.

Al respecto, es importante señalar que el IICA , a nivel de su Sede Central, así como de su Representación en Costa Rica, ha mostrado un verdadero interés en promover la aplicación de este sistema y en este sentido, ha propiciado la participación del suscrito en varios eventos tales como una exposición internacional de biotecnologías agrícolas [Ref.2]: así como en la realización conjunta de dos ponencias: [31] y [27], en las cuales se han sugerido algunas estrategias organizacionales mediante las cuales se pueden poner en marcha programas agroambientales, similares a la que aquí se trata de exponer².

² Asimismo, siempre con la valiosa colaboración del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), mediante la Agencia de Cooperación Técnica, elaboré un Folleto [30] titulado : "El Mejoramiento de la Agricultura mediante la Biodegradación Controlada de los Residuos Agroindustriales" (en Prensa), y cuya Presentación y Prólogo estuvieron a cargo, respectivamente, del Dr. Gustavo A. Enriquez, Representante del IICA y del Dr. Constantino Tapias, Representante de la FAO , en Costa Rica. En el desarrollo del presente trabajo, estaré tomando alguna información de este folleto.

Perspectivas del sistema

El propósito general

Seguramente no escapará a aquellas personas familiarizadas con la problemática ecológica, social y económica de México, el hecho que una biotecnología probada, aprobada y madura como la presente, podrá encontrar buena acogida en el ámbito nacional, ya que puede muy bien constituirse en una valiosa herramienta tecnológica para ser utilizada en el esfuerzo común orientado a la protección del ambiente y la conservación de los recursos naturales; requisitos previos indispensables para asegurar la sostenibilidad en la producción de alimentos tanto para las presentes como para las futuras generaciones de mexicanos.

Los alcances del sistema y del producto

La aplicación de este sistema de biodegradación controlada, desde el punto de vista de las fuentes, esto es, de los desechos propiamente dichos, se encuentra en las siguientes:

- a residuos agroindustriales, sean éstos de origen agrícola, pecuario o forestal ;
- b desechos municipales, entendiéndose como la fracción orgánica contenida en éstos y
- c la biomasa (follaje y porción radical) de plantas acuáticas (lirio acuático), que se desarrolla sobre los cuerpos de agua en distintas partes de la República Mexicana [Ref.1]

Por lo que hace a las aplicaciones del producto (biocompost), también ofrece una amplia gama de posibilidades, tales como : horticultura, floricultura, viveros forestales, etc, y en la ejecución de prácticas agronómicas sobre restitución o enmendamiento orgánico de los suelos, especialmente aquellos que se encuentran en proceso de degradación.

Los retos presentes y futuros

Al igual que otros estudiosos en la materia, el autor considera que uno de los grandes retos de nuestra sociedad actual tiene que ver con la protección ambiental, su conservación y su manejo tanto ambiental como de recursos naturales, cuyo deterioro, debido al incesante crecimiento de la población, trae consigo incesantes demandas de alimentos y, por ende, un aumento de la contaminación ambiental, la cual está causando efectos negativos en los complejos ecosistemas

Por su parte, los productores agrícolas mexicanos también se enfrentan con nuevos retos importantes, en vista de que a 2 años plazo, la población total mexicana rondará unos 95 millones de personas, es decir, 14 millones más de las que había en 1990 y para finales del año 2010 serán 121 millones de bocas que habrá que alimentar, según proyecciones propias [32]

Consecuentemente, los esfuerzos técnicos y de servicios institucionales que tendrá que desplegar el sector agropecuario mexicano en su conjunto, será de un 20 % y de un 50 % para los años 2000 y 2010, respectivamente, con respecto a los esfuerzos realizados en 1990.

Es urgente y necesario pues, tomar algunas medidas para que, tanto a nivel nacional como estatal, y, finalmente a nivel de las diferentes comunidades, se pueda disponer de medios importantes para garantizar la seguridad alimentaria, factor de paz; y que no consista como nos dice el Papa Juan Pablo II- en crear importantes reservas alimentarias, sino, sobretudo, en dar a cada persona y a cada familia la posibilidad de disponer de alimentos suficientes en cualquier momento[10].

PARTE II

Diagnóstico Agroambiental Preliminar en México

*"Agua Clara, Claro Cielo,
Buena Tierra, Gente Buena"*
(Lema del Estado de Aguascalientes)

Residuos Orgánicos Sólidos

Introducción

Merced a una serie de circunstancias concomitantes, la producción primaria agrícola, pecuaria y forestal, junto con la industrialización de sus productos, trae consigo la generación de ingentes cantidades de subproductos, residuos y desechos orgánicos que, al no ser adecuadamente manejados ni tratados, se convierten en una amenaza sanitario - ambiental, la cual se traduce en un deterioro de la calidad del aire, del agua y del suelo y cuyos efectos negativos los padecemos todos, todos los días.

Al parecer, no existen estadísticas confiables acerca de la clase y cantidad de residuos por tipo de agroindustria a nivel estatal, que se generan en el país. Asimismo, se carece de datos precisos acerca del destino final de tales residuos y desechos³. Sin embargo, con base en datos suministrados por la FAO [37] y algunos parámetros obtenidos durante nuestras investigaciones aquí, hemos logrado efectuar algunos cálculos someros que darán idea acerca de la situación que priva en este campo de la generación de los residuos en México, como veremos más adelante.

Producción agrícola y manejo postcosecha

En primer lugar, el autor realizó un estudio acerca de la producción postcosecha con base en los datos de SAGAR - FAO de 1995 [37]. Aspectos tales como estimación de pérdidas postcosecha y las implicaciones que esto tiene con respecto al impacto ambiental, valor

³ Para los presentes fines, designaremos residuos, a todas aquellas partes de frutas o de hortalizas y en general, de vegetales, que no son aprovechadas y dejaremos el término desecho, para designar toda clase de deyección animal.

nutritivo, valor económico y repercusiones sociales, fueron motivo de análisis [32]. El análisis efectuado a la producción agrícola correspondiente al año de 1995, resumido en el Cuadro 4, arroja entre otros, los siguientes resultados: considerando que solamente se perdiera un 5 % (en peso) de la producción postcosecha, ésta equivaldría a 1.87 millones t las cuales representarían un valor económico de \$2,156 millones de pesos mexicanos. Obviamente, este cálculo es sumamente conservador, ya que según fuentes tales como el FIRA [34], señalan niveles de pérdidas postcosecha, que ascendería a 4 ó 5 veces el presente cálculo.

Continuando con nuestro ejemplo, el valor total nutritivo en términos de contenido calórico y proteico presente en la fracción comestible de la cantidad de frutas, verduras, cereales, tubérculos, legumbres, raíces y oleaginosas, cuya pérdida total hemos globalizado y estimado en 1.87 Mill t, podría ser suficiente para poder alimentar a una población adulta equivalente a 4 millones de personas durante un año completo [32].

El resultado relacionado con la generación de los residuos, es el siguiente: la cantidad total de residuos que generaría la producción postcosecha, en el caso de que se aprovechara el 100 % de la misma, rondaría los 4.4 millones t, y si además agregamos la fracción de pérdida postcosecha, el gran total ascendería a unos 6 millones t.

Desde el punto de vista de manejo y aprovechamiento de estas masas orgánicas, la cuestión no es nada fácil. En primer lugar, se requiere tener información actualizada acerca de la estructura del sistema de comercialización de productos agropecuarios, ya que según FIRA [34], a finales de 1980, se estimaba que aproximadamente un 20 % del total de la producción obtenida, se canalizaba hacia los procesadores. De mantenerse esta misma proporción, se tendría que los procesadores de frutas y hortalizas, con base en la producción de 1995, estarían generando alrededor de un millón t de residuos orgánicos. Esto significa que aproximadamente unas 3.4 Mill t de residuos se generan en los lugares del destino final de estas frutas y hortalizas, que son los hogares. Y, por tanto, ingresarán con el resto de la basura doméstica, lo cual ya es otro problema mayor, que escapa al presente análisis.

Finalmente, nos queda lo que llamamos pérdida postcosecha, la cual, como hemos dicho, ronda aproximadamente 1.87 Mill t consistente

Centro de biocompostage para aprovechar residuos sólidos orgánicos

en frutas, verduras, cereales, etc, y que en forma entera, se pierden en los diferentes canales de la comercialización.

Lamentablemente, debido a la alta dispersión de estos residuos, no es posible procurar su adecuado manejo ni su aprovechamiento[32].

Producción agroindustrial y generación de residuos

Cultivos agro industriales principales

En esta parte nos hemos concentrado (particularmente con fines meramente ilustrativos), únicamente a analizar tres agroindustrias mexicanas que inciden fuertemente en el contexto económico y social del país y nos referimos concretamente a las siguientes: los cultivos de la caña de azúcar, del maíz y del café, así como su correspondiente procesamiento.

Como es lógico suponer, el proceso de transformación industrial aplicado a cada uno de los productos de las respectivas cosechas, rinde, además del producto económico principal, una serie de residuos cuyo porcentaje depende de varios factores . Por tanto, cada producto agrícola susceptible de industrializarse, posee su propio perfil de rendimientos, según el proceso aplicado. Con esto se comprenderá que la tarea de realizar estudios de diagnóstico para estimar las pérdidas postcosecha, así como los rendimientos industriales y la generación de residuos, es sencillamente ardua.

Estimación de los residuos generados

Con objeto de tener una idea lo más aproximada posible acerca de la cantidad de residuos sólidos que genera el procesado de cada una de las agroindustrias arriba citadas, se presenta en el Cuadro 5 los resultados correspondientes al ciclo productivo de 1995.

Del Cuadro 5 concluimos que la extracción y purificación del azúcar, el desgrane y secado del maíz, y el beneficiado del café, generan en su conjunto una cantidad de residuos orgánicos equivalente a unas 18.5 millones t anuales. Cómo se manejan y se disponen estos residuos, "ya es harina de otro costal".

Cuadro 4: México: Resumen de la producción agrícola y pérdidas postcosecha 1995.

Categoría	Producción Agrícola		Pérdidas postcosecha y valor nutritivo			
	(Miles t)	(Mill. Pesos)	(Miles t)	(Mill. Pesos)	(Mill. Kcal)	(Protein a t)
Frutas	8,877	8,730	598	592	146	3,147
Legumbres	1,455	3,297	49	111	163	9,448
Cereales	22,224	23,892	889	955	3,125	75,278
Raíces y tubérculos	1,301	2,285	102	181	64	1,342
Verduras y hortalizas	3,088	3,915	226	280	25	1,308
Oleaginosas	137	895	4	27	17	600
TOTAL	37,082	43,014	1,868	2,156	3,540	91,123

Fuente: López Rubio [32]

Cuadro 5: Estimado de residuos generados en el procesamiento de la caña de azúcar, maíz y café en México durante 1995.

CULTIVO Y RESIDUOS	SUPERFICIE CULTIVADA ha (000)	PRODUCCION TOTAL t (000)	RESIDUOS PARCIALES t (000)	RESIDUOS TOTALES t (000)
Caña de azúcar	558	41,140		13,988
Bagazo			12,342	
Cachaza			1,646	
Maíz en grano	7,500	16,187		3,970
Olote			3,555	
Tusa			415	
Café verde	772	408		517
Pulpa			453	
Cascarilla			64	
Total	8,830		18,475	18,475

Fuente: López Rubio, A. con base en SAGAR - FAO(32)

De acuerdo con declaraciones de funcionarios de la entonces SARH, se estimaba en 1992 que alrededor de un 80 % del territorio nacional presentaba diversos tipos de erosión, y que por lo menos unos 500 millones de toneladas de suelo se perdían anualmente [17].

El Vocal Ejecutivo del INIFAP precisó, por su parte, que estos problemas de erosión son provocados tanto por la intensidad de las lluvias, como por las acciones de deforestación, el monocultivo del maíz y frijol y la propia topografía de los terrenos de cultivo, los cuales llegan a presentar pendientes de hasta 35 % en el 75 % de la superficie [17]. Tal pérdida, a juicio del autor, estaría representando la pérdida de una capa de suelo de 15 cm de espesor (con un peso promedio estimado de 2,270 t/ ha) y en un área equivalente a 220,264 ha/ año.

Por su parte, el I.N.E.(21), señala en relación a este tema, lo siguiente: 166.4 millones ha están siendo erosionadas (85 % del territorio nacional) la pérdida anual es de casi 460 millones t de suelo. Si tomamos este último valor y lo dividimos por nuestro parámetro arriba indicado, nos resultaría una pérdida anual de 202,643 ha, que para los efectos que nos ocupa, no hace una diferencia realmente significativa con respecto a la cifra calculada según la información de la SARH[17]

Se podría generalizar diciendo que la pérdida del suelo en México oscila entre 460 millones y 500 millones t anuales, representando entre 200,000 y 220,000 ha.

Para tener una idea acerca de la magnitud de esta pérdida de suelo, podríamos especular un poco pensando en que si se fuera posible retornarla a su lugar de origen, se requeriría una flotilla de 57,000 vehículos automotores con capacidad de 8 t de carga efectiva por cada unidad, trabajando 3 turnos diarios, incluyendo sábados, domingos y días festivos durante 365 días. Se requerirían 171,000 operadores para estos vehículos, sin tomar en cuenta ayudantes. Estas cifras no consideran los tiempos de carga, acarreo y descarga del material, cuyo respectivo análisis elevaría aún más la demanda tanto de vehículos como de personal.

Según el Informe del I.N.E.[21], los diez Estados más afectadas por el efecto de erosión de los suelos serían: Oaxaca, Tamaulipas, Yucatán, Veracruz, Chiapas, Nuevo León, Edo. de México, Coahuila, San Luis Potosí y Michoacán.

Reflexiones para antes del día D

El objetivo final de las políticas de conservación de los recursos naturales, debería ser el de imponer un orden tal en el medio biofísico para que éste contribuyera a la salud física y mental del hombre, así como al florecimiento de su civilización. Es evidente que, como lo afirma Caldwell [4], "una política basada en la ecología debe ser concomitante con el desarrollo social efectivo".

Según el historiador inglés Arnold Jose Toynbee (1889-1975) el factor determinante de la caída de las civilizaciones radica en la pérdida del dominio que el hombre tiene sobre el medio natural: Mesopotamia, dice, es un ejemplo bien concreto de ello[30]

Por otra parte, en México se cuenta también con ejemplos más próximos en el tiempo y en el espacio, veamos algunos de ellos:

El conocido Valle del Mezquital en el Edo. de Hidalgo, definitivamente exhibe en nuestros días, un marcado contraste con la situación de sus suelos fértiles que tenía antes del siglo XVI. Baste señalar por ejemplo, que el nombre de Actopan, es una voz Azteca que significa: "sobre tierra fértil" [9].

De acuerdo con el Jesuita e historiador veracruzano D. Francisco Javier Clavijero (1731-1787) en su magnífica obra [6], nos dice que la "abundancia del maíz" dio precisamente el nombre a "Tlaxcallan", la actual ciudad capital del Edo. de Tlaxcala. Es muy significativo el hecho de que el INIFAP (ex-INIA) [] informara en 1981 de que entre los factores relevantes que limitan precisamente el cultivo del maíz en el Estado de Tlaxcala, se encuentran en su pobre fertilidad y la erosión de su suelo.

Los llamados Llanos en el Edo. de Durango, con sus casi 250,000 ha de tierras de temporal, representan cerca de la mitad del total

que se siembra en este Estado; se dice que en el pasado, la región no era tan pobre como lo es ahora, y que en ese entonces, las cosechas eran abundantes y consistentes, como ahora, en la producción de maíz y frijol, y que era tanta, que servía para alimentar no sólo a la gente de Durango, sino que se llevaba a Torreón y a Zacatecas, según nos refiere Castaños [5].

El Distrito de Temporal No.1 (Xalapa), en el Edo. de Veracruz se extiende sobre una superficie de aproximadamente 420,000 ha ubicada en la región centro-occidental de esta entidad [8]. Se caracteriza por tener una topografía accidentada y con suelos fácilmente erosionables. Por esta razón, la mayor parte de su superficie está clasificada agrológicamente como tierras no aptas para la agricultura. No obstante lo anterior, 159,000 ha (38 %) son dedicadas a las actividades agrícolas y frutícolas y 131,000 ha (31 %) corresponden a zonas de pastizales dedicados a la ganadería [8].

Suelos como los del Valle de Perote, por ejemplo, que al igual que la mayor parte de los suelos de este distrito tampoco son recomendables para la agricultura, a menos que se establezcan adecuadas prácticas para su conservación, los agricultores persisten en realizar determinados cultivos que han demostrado ciclo tras ciclo, su ineficiencia, reflejada ésta en los bajos rendimientos unitarios, así como en una significativa merma de la calidad del producto cosechado, con la consecuente falta de recuperación de los créditos agrícolas de avío otorgados. por la banca oficial. Esto el autor lo pudo constatar personalmente, ya que durante el período 1980-1982, fungió como Representante de la Gerencia de Proyectos de Temporal de la C.P.D. ante este distrito.

En el Distrito de Temporal de Tehuacán, en el Edo. de Puebla, se estima que un 27.5 % de sus 600,000 ha corresponde a suelos pobres y altamente erosionados [7]. No es extraño este elevado deterioro del suelo si tomamos en cuenta que, de acuerdo con los trabajos de excavación realizados por el arqueólogo Richard MacNeish [24], fue durante el llamado Período Coxcatlán (4900 y 3500 años a. de C.) que en este Valle de Tehuacán se introdujo el maíz como planta cultivada en la dieta del indio americano.

Centro de biocompostage para aprovechar residuos sólidos orgánicos

Por su parte, el Ing. Agr. Marte R. Gómez (ex-director de Chapingo, ex-ministro de Agricultura y de Hacienda, entre otros cargos), nos dice [16] que el maíz fue siempre- junto con el frijol, el chile y la calabaza - la base de nuestra alimentación nacional, con base en los descubrimientos de mazorcas encontradas en cualquiera de las cavernas calcáreas que abundan en la región de Tehuacán, Puebla y cuyos análisis acusaron una antigüedad de alrededor de 5000 años a. de C. Y, por cuanto hace al frijol, las mismas exploraciones han permitido precisar que se cultivaba ya 3000 años antes de nuestra era.

Por tales razones se considera a este Valle como uno de los primeros centros del descubrimiento de la agricultura en el Nuevo Mundo [24]. No obstante, de no ejecutarse programas eficaces e inmediatos orientados a la recuperación y conservación de los suelos, no es aventurado predecir que este histórico valle, así como las otras zonas agrícolas arriba descritas, junto con varias más (según el INEGI, son 10 las entidades que están siendo más afectadas por el efecto de erosión edáfica, las cuales se mencionan párrafos arriba) que presentan similares condiciones en el deterioro de sus recursos edáficos, se convertirán más pronto que tarde, sólo en reliquias de nuestro pasado agrícola.

Y, de no revertirse dicha pauta de deterioro en esta fase crucial de erosión que es parte de un lento pero continuo proceso que llamaríamos entropía edáfica (concepto que más adelante se toca), lo que sigue es la fase de desertificación (como la que se observa en los páramos desérticos norteños), la cual es, ni más ni menos, que la muerte misma del sistema suelo; todo lo cual constituye una muestra palpable de nuestra incapacidad de dominio sobre este importantísimo y vital recurso natural. Porque- como dice Dubos - los grandes descubrimientos del siglo pasado nos han enseñado que la energía básica del universo puede por igual mantener o destruir la vida y que los sistemas y equilibrios que la acrecientan son más frágiles y preciosos que lo que podemos imaginar [30]. Finalmente, como sentencia Word, a ningún gobierno le serviría de mucho decir que los responsables son los demás [30].

Una necesidad sentida por los campesinos

Como sabemos, la mayor parte de las áreas agrícolas temporaleras de México, se encuentran en manos de pequeños agricultores organizados bajo el régimen de tenencia ejidal y son también

las áreas que enfrentan los mayores factores limitantes de orden ecológico, económico, técnico y social.

Y que los mismos campesinos tienen conciencia de su problemática, lo demuestra la segunda de sus resoluciones tomadas en la mesa redonda sobre "Conservación de los Recursos Naturales" en 1959 [1], y que textualmente dice lo siguiente: "Que la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, se responsabilice con mayor entusiasmo para preservar nuestras tierras agrícolas de la erosión, prefiriendo a las tierras de temporal que constituyen la fuente principal de abastecimiento de los productos básicos de nuestra alimentación popular".

Posteriormente, en 1984, dentro de la serie de conclusiones adoptadas por los participantes de la Mesa sobre Desarrollo Rural Integral [15] se dice textualmente: " En el conjunto de la actividad productiva del campo se requiere de una vigorosa política de investigación y asistencia técnica que sustituya los paquetes de modernización que se han venido impulsando a partir de las condiciones de la agricultura comercial del norte, por nuevos modelos apegados a las condiciones del temporal y a la orientación campesina. La asistencia técnica que de la economía requiere el sector social debe dar prioridad a la utilización de semillas criollas, de abonos orgánicos y a otros conocimientos que además de ser más racionales ecológicamente hablando, permitirán dar permanencia a los niveles de productividad y modernización que se alcancen." .

Frenos institucionales del desarrollo

Por otra parte, de acuerdo con el Ing. Agr. Carlos Manuel Castaños, [5] ex-Secretario Técnico de Chapingo, nos dice que: "...los problemas del campo mexicano, no son técnicos, existen las soluciones agronómicas. Los problemas son sociales, debidos a la idiosincrasia de la gente; al medio en que viven; a las fuerzas del poder político y económico existentes en el campo; al desconocimiento de estas realidades; a la falta de programas que se ajusten a estas condiciones y al característico sistema de trabajo de las dependencias federales y estatales que entre muchas otras cosas propician la falta de continuidad de esfuerzos y de coordinación entre los organismos que intervenimos en la solución de los problemas".

Las Posibilidades de Aprovechamiento

Fabricación de biocompost: la mejor opción

La crisis energética es causa eficiente de que determinadas clases de residuos se destinen como fuente de combustible para la cogeneración de energía eléctrica, así como para el suministro de calor, etc, que demandan las mismas agroindustrias y que generan tales residuos. De este modo, los ingenios azucareros utilizan el bagazo de la caña de azúcar, en tanto que el olote es aprovechado por algunas plantas procesadoras de maíz para el secado del grano y en los beneficios, es común utilizar la cascarilla (pergamino) para secar el grano del café.

A este respecto, es importante señalar que un estudio promovido por el Instituto Nacional de Ecología (I.N.E.) y llevado a cabo por El Colegio de Jalisco [22], uno de ellos se refiere precisamente al de la industria azucarera y entre sus hallazgos nos dice que los principales energéticos que utilizó esta rama fueron el bagazo de la caña de azúcar y el combustóleo (en 1986 este consumo equivalió a 13.3 % del total del sector industrial) y que la electricidad empleada por este sector fue autogenerada en sus plantas mediante el uso de tales combustibles⁴.

Por otra parte, señala también que la utilización del bagazo de caña para la obtención de fibras, conduce a la eliminación de la parte no fibrosa de la caña (médula), ya sea quemándola (con la consecuente emisión de humos y partículas de la ceniza), o bien empleándola como complemento en alimentos para ganado o en última instancia, vertiéndola simplemente sobre los cuerpos de agua o desagües. Una de las ventajas- según el citado estudio - de los desechos del sector azucarero es su naturaleza orgánica, y por tanto, su biodegradabilidad y

⁴ Del citado estudio del I.N.E. sólo se obtuvo la parte referente a la industria azucarera, el cual fue suministrado por la Oficina del IICA en México (29 de agosto de 1997).

Centro de biocompostage para aprovechar residuos sólidos orgánicos

su potencialidad de reutilización, todo lo cual plantea- dice- la necesidad de estudios técnicos que proporcionen elementos de factibilidad para hacer rentable su aprovechamiento generalizado por el sector en general y los ingenios en particular.

La alternativa de usar tales residuos orgánicos como fuente de combustible, si bien parece ser práctica, porque conlleva una forma implícita de deshacerse de los residuos, no es, en nuestro tiempo, una alternativa amigable, por lo siguiente: en primer lugar, se trata de resolver un problema energético pero provocando al mismo tiempo dos problemas ambientales adicionales: el de los humos y el de las cenizas; y, en segundo lugar, resulta ser que precisamente esta clase de residuos se caracterizan por poseer elevados porcentajes de celulosa y hemicelulosa, razón por la cual los convierte en valiosas materias primas ya no para combustible, sino para la fabricación de biocompost, el cual a su vez resulta de la más alta calidad agronómica y, en consecuencia, de mayor eficiencia que otros abonos hechos con residuos o desechos pero pobres en lignina.

Por lo tanto, lo sensato, lo recomendable, es el de disponer de tales residuos única y exclusivamente para fabricar biocompost de alta calidad y desde luego, buscar otras alternativas de fuentes energéticas, inclusive con mayor poder calorífico, tal como se puede encontrar en la madera de ciertas especies forestales, cuyas plantaciones deberían fomentarse en cantidades suficientes para dotar de leña tanto a los ingenios azucareros, como a los beneficios de café y liberar de esta manera las fuentes orgánicas [30].

Por razones similares y por otras de índole agronómica, deberían erradicarse ciertas prácticas nocivas que atentan tanto al ambiente como a la propia economía: nos referimos a la práctica de las "quemadas" de los "tlazoles" o rastrojos que quedan en los campos después de la cosecha. Particularmente esto es muy común en los cañaverales: primero para efectuar la zafra, a fin de desembarazarse de la ardua tarea de cortar la caña cuando se realiza manualmente y después, para deshacerse del "tlazol" propiamente dicho. Por fortuna, es casi una práctica generalizada que en el caso de los campos de maíz, el tlazol no

Centro de biocompostaje para aprovechar residuos sólidos orgánicos

se quema, sino que este esquileo más bien se aprovecha como forraje para la alimentación del ganado.

Biocompost producido a partir de los residuos orgánicos

Con base en el cálculo efectuado en el Cuadro 5, y con fines meramente ilustrativos, supongamos que se disponga utilizar toda la masa residual generada para la obtención de biocompost de alta calidad. De acuerdo con experiencias del autor en el manejo de esta clase de residuos, ha sido relativamente fácil estimar los rendimientos industriales y en el Cuadro 6, se muestran los resultados correspondientes .

En resumen: la generación de residuos orgánicos sólidos provenientes de la actividad agroindustrial de la caña de azúcar, maíz y café, habría alcanzado en 1995 unas 18.5 millones t anuales; las cuales, una vez biotransformadas, podrían rendir unas 12,124,000 t de biocompost de alta calidad.

El suelo, un recurso vital para el país

Una partícula de tierra es una comunidad invisible de criaturas infinitamente pequeñas: bacterias, hongos, algas, protozoarios, gusanillos, ácaros y otros organismos microscópicos, de cuyo equilibrio y salud depende el hombre, en buena parte, para cultivar con éxito sus cosechas [13].

La importancia de este recurso natural es tan grande, que no ha sido mera casualidad que Chapingo creara un Departamento de Suelos para formar ingenieros agrónomos en esta especialidad [38] hace ya más de 40 años.

Sabemos que el suelo desde el punto de vista agrícola es la capa superficial de la tierra o lo que se llama capa arable, y se puede decir de una manera general, que un suelo se forma por la descomposición de las rocas, debido al intemperismo y al agregado de sustancias orgánicas de diferente índole [36]. Por su parte, Aubert [2], nos dice que desde el punto de vista agronómico, la tierra cultivable es la delgada capa de 20 a 30 cm que trabajan y exploran las raíces (las raíces de ciertas plantas descienden mucho más profundamente, pero la mayor parte de la masa de la "cabellera radical" se encuentra cerca de la superficie".

Cuadro 6: Cálculo estimado de biocompost obtenido a partir de los residuos agroindustriales y área agrícola abonada. México, 1995.

ACTIVIDAD AGROINDUSTRIAL	RESIDUOS DISPONIBLES t (000)	BIOCOMPOST OBTENIDO t (000)	SUPERFICIE ABONADA ha (000)
Caña de azúcar	13,988	9,092	2,273
Maíz	3,970	2,800	700
Café	517	232	46.4
Total	18,475	12,124	3,019.4

Fuente: López Rubio, A. con base en Cuadro 5.

Esta capa, continúa este ingeniero agrónomo francés- es semejante a la capa sobre la que reposa el subsuelo ó "roca madre" y, a la vez, muy diferente de ella. Semejante porque es la "hija" de esta roca madre, de la cual ha nacido. Diferente porque contiene materia orgánica y es sede de una intensa actividad biótica, que no posee el subsuelo. Por tanto, la tierra es más o menos fértil según la naturaleza de la roca madre de la cual proviene, y según la cantidad de humus que contiene.

Por otra parte, de acuerdo con el dasónomo estadounidense Holdridge [20], el suelo representa el fundamento o la base dentro y sobre el cual se han desarrollado todas las comunidades terrestres. El suelo sirve de apoyo y provee del alimento y del espacio vital a las comunidades de las plantas y de los animales; viceversa, el suelo se ha desarrollado parcialmente con la ayuda y tomando elementos de esas comunidades. Al suelo le corresponde sólo una capa muy delgada de la litosfera, y en su formación, es decir, en la desintegración de los estratos superficiales de las rocas, influye no sólo el clima, sino también las interacciones mutuas entre el mismo suelo y los seres vivos. En ciertas áreas desérticas, en donde por los efectos del clima la roca se ha desintegrado en masas grandes o en partículas granulares, la falta de agua ha impedido el crecimiento de organismos y, por lo tanto, el suelo no se ha desarrollado.

En los procesos del desarrollo agrícola, se presentan constantemente desequilibrios en el uso del suelo y así, acciones tales como la tala de árboles, quema de montes, aunadas a una serie de prácticas erróneas como el sobrepastoreo, monocultivo mal manejado y cultivos que exceden la capacidad natural de los suelos, son actividades humanas que inciden en una incorrecta utilización de los recursos y que, de no corregirse a tiempo, provocarán un desequilibrio de carácter irreversible, con la consecuente pérdida de su fertilidad [30].

Los suelos pueden rejuvenecerse y recuperar su fertilidad- nos dice el ya citado Holdridge, quien desde 1949 hasta 1961 formó parte del IICA en Costa Rica- si se le permiten períodos prolongados de barbecho práctica común dentro de la llamada agricultura migratoria. Sin embargo, a medida que la presión de la población se hace más fuerte, se acorta el período de barbecho , y los suelos se tornan menos productivos y menos capaces de rejuvenecerse. Y concluye diciendo

que mientras que la población nativa del Valle de Chimaltenango en Guatemala, ha cultivado maíz sin deterioro de los suelos, por lo menos durante algunos siglos, muchas áreas tropicales colonizadas recientemente, han sido abandonadas después de menos de 20 años de cultivo.

Uso del biocompost y el mejoramiento agrícola

Siempre bajo la idea de ilustrar mejor el ejemplo que nos ocupa, supongamos que se destina todo el biocompost para abonar las tierras de los cultivos.

A fin de facilitar los cálculos, utilizaremos las mismas dosis de aplicación de biocompost que hemos obtenido en nuestras investigaciones aquí en Costa Rica, y sin que esto quiera decir que necesariamente serían las mismas para México, ya que existen muchos factores que hacen que tales parámetros difieran no sólo de un país a otro, sino de una zona agrícola a otra y de un cultivo a otro, lógicamente. Con esta pertinente aclaración, el Cuadro 6 indica la superficie que podría ser abonada orgánicamente en cada uno de los cultivos.

Como puede observarse, con la generación de 18.5 millones t de residuos orgánicos sólidos, es factible producir 12.124 millones t de biocompost de alta calidad con las cuales se podrían abonar alrededor de 3,019,400 ha .

Esto, como puede verse, apenas sería suficiente para cubrir una tercera parte del total del área bajo cultivo (según Cuadro 5). No sólo eso, sino que además, no todos los cultivos son autosuficientes en el sentido de generar la cantidad adecuada de residuos para su propio recirculamiento, según se puede apreciar en este ejemplo. Esta situación no es óbice para ejecutar el programa, ya que hay manera de llevar a cabo un manejo del suelo en forma cíclica, y que en este caso, se abonaría cada 3 años la misma parcela.

Existe, sin embargo, otra posibilidad más interesante que justificaría el porqué de realizar un programa de biocompostaje y tiene que ver fundamentalmente con el grave problema de la erosión de los

suelos, según hemos expuesto someramente párrafos arriba. Enseguida abordaremos un enfoque sobre este tema y cómo se puede contribuir a reducir su negativo efecto, mediante el uso adecuado de biocompost, como un instrumento de ayuda y, en forma complementaria, a otras medidas agronómicas que deben ejecutarse, algunas de las cuales ya han sido mencionadas por el INEGI, en el informe citado [21].

Programa sobre restitución orgánica

La ejecución sistemática de prácticas agronómicas llamadas de enmendamiento o de restitución orgánica, tal como puede ser la aplicación en cantidades suficientes y con frecuentes intervalos de biocompost de alta calidad vendría, sin duda, a coadyuvar en ciertos aspectos muy importantes en los suelos agrícolas, como son, entre otros, los siguientes: mejoramiento de la bioestructura debido a la presencia del humus el cual puede unir firmemente los fragmentos minerales, logrando con ello la estabilidad necesaria.

De acuerdo con Primavesi [30] lo que posee fuerza agregante no es exactamente el humus, sino el producto intermedio de la descomposición bacteriana: los llamados ácidos poliurónicos.

Por otra parte, el hecho de proporcionarle un mayor poder de agregación a las partículas del suelo (cuya estructura - como se sabe - se va destruyendo a medida que se intensifica el uso de fertilizantes químicos inorgánicos), permite, en cierto modo, prevenir contra el efecto de la erosión, tanto la de tipo laminar, como la de tipo cólica.

Muchos agricultores acostumbran enterrar el estiércol fresco al trabajar la tierra con algún equipo . Esto, a nuestro juicio, es un error, porque impide que la descomposición sea correcta y además favorece los ataques de parásitos, tal como es común observar cuando se entierra cuita o gallinaza y que al poco tiempo aparecen las vulgarmente llamadas "gallinas ciegas" (*Phyllophaga* sp)

Aunque la materia orgánica fresca (tal como se encuentra en la paja, estiércol, tlazole, abonos verdes, etc) se descompone rápidamente y con una relación C/N elevada, el humus por su parte, es un producto estable, se descompone lentamente y posee una relación C/N más débil,

cercana a 10. Es decir, existe una tendencia para que la relación C/N se acerque a un valor constante. La razón de esta tendencia, según Chema [30] es la asimilación de N y C por parte de los microorganismos cuyos tejidos guardan una relación media C/N cercana a 10

Así pues, donde quiera que haya una fermentación de la materia orgánica y restitución de materias fermentadas, existe una influencia marcada de aportes del humus sobre la calidad y la rentabilidad de los productos, de suerte que el factor común de todas las restituciones orgánicas eficaces, parece residir en su fermentación sea antes, sea después de la incorporación al suelo; esto lo afirma Aubert [3].

Sabemos por experiencia que la agricultura sedentaria, por oposición a la ambulante, deja el suelo exhausto cuando se descuida su reconstitución o cuando es imposible proceder a ésta, y puede hacerlo árido si no se toman medidas adecuadas y a tiempo, para evitarlo.

Tal como lo indica el I.N.E. [21], la conservación de los suelos depende, en primer término, de que sean utilizados de acuerdo con sus aptitudes naturales y en segundo, de que su manejo sea técnicamente adecuado. De otra forma, prosigue, se corre el riesgo de generar efectos físico-químicos y biológicos que traen como consecuencia la pérdida de la fertilidad del suelo, esto es, la pérdida de su humus, y de las sustancias que lo hacen productivo.

Continuando con nuestro ejemplo ilustrativo comenzado en los párrafos precedentes y con la ayuda de los Cuadros 5 y 6, podemos afirmar que si el total del biocompost obtenido solamente con la bioconversión de los residuos generados de los tres principales cultivos: caña de azúcar, maíz y café, y destinándose el producto (biocompost) para realizar un programa de restitución o enmendamiento orgánico de los suelos que están siendo afectados por la erosión, se llegaría a beneficiar unas 590,600 ha/ año, con aplicaciones intensivas de biocompost y con una dosis promedio de 20 t/ ha/año. Mediante esta estrategia, se podría ir enmendando a un ritmo que sería casi 2.7 veces la cantidad de hectáreas que están siendo afectadas anualmente por la erosión, en la hipótesis (nuestra) según la cual se pierden unas 220, 000 ha.

En síntesis: la supuesta productividad agrícola de un determinado sitio es a menudo baja, debido a los intentos del hombre de producir una cosecha completamente diferente a la que la evolución estableció como la más productiva para ese sitio [20]. En otras palabras, porque no está acorde con la vocación natural de ese suelo en particular.

Los trabajos de aprovechar no sólo los desperdicios de las fincas (tlazole), los residuos agroindustriales, la biomasa de las zonas lacustres (como el lirio acuático, por ejemplo) y los desechos de los conglomerados humanos, puede permitir efectivamente, el mejoramiento de los suelos que fueron sujetos a una destrucción sin control al ser manejados en otros términos y, de esta manera, es posible acceder a una producción sustentable y propiciar al mismo tiempo, un mejor manejo de los recursos.

Justificación del programa propuesto

Con base en la técnica agronómica, sabemos hoy en día que entre las condiciones esenciales de las que depende la fertilidad del suelo, destacan el tener una estructura estable y duradera que asegure la óptima aireación, así como adecuadas condiciones de humedad y actividad microbiológica.

Por otra parte, entre los factores que pueden considerarse como causantes de la disminución de la fertilidad del suelo, se anotan los siguientes:

- Reducción de los niveles de materia orgánica
- Disminución del contenido de humus
- Compactación del suelo
- Deficiencias de macro y micronutrientes
- Desbalance de los minerales del suelo
- Infestación de nemátodos ,insectos y artrópodos
- Reducción de la carga microbiana benéfica del suelo
- Infecciones debidas a hongos y bacterias
- Cambio significativo en el valor del pH

Como se ha dicho párrafos arriba, la aplicación de la materia orgánica al suelo y preferentemente pre-humificada, promueve la

actividad biológica, la capacidad de intercambio de nutrimentos, el equilibrio y la estructura del suelo. Es decir, influye positivamente en al menos cinco de los factores arriba indicados que afectan la disminución de la fertilidad del suelo. Como resultado, los campos están menos propensos a la erosión.

Por otra parte, una mejor retención de los nutrimentos del suelo y un mejor desarrollo radical del cultivo que se alcanza con la práctica de la restitución orgánica, ayudan finalmente, a mejorar la eficiencia de los fertilizantes minerales o inorgánicos, sobre el rendimiento de las cosechas; haciendo de este modo, más económico su uso, lo mismo que el del agua, cuando se trata de terrenos bajo riego. Pues bien, como dice el dicho: "para hacer un guisado de liebre, se requiere tener cuando menos, la liebre". De ahí la urgente necesidad de promover proyectos de biocompostage, para poder contar con el principal insumo requerido a efecto de lograr una eficaz restitución orgánica del suelo.

Entropía edáfica

Waterman [39], nos habla acerca de una idea tomada de la Física y que se relaciona con un término conocido como Entropía, el cual es un principio que mide el desorden de un sistema cerrado. Se deriva de la II Ley de la Termodinámica y afirma que "todo lo que está organizado se desorganizará o se agotará si no es mantenido". Nos dice que en todos estos casos, un sistema altamente organizado inevitablemente pasará a un estado de desorden y caos, a menos que se le suministre energía para restablecer el orden.

Pues bien, el suelo agrícola es un sistema sumamente complejo, ya que en él confluyen componentes físicos, químicos y biológicos que mantienen una serie de intercambios de manera tal que se le compara con un organismo vivo y que sólo puede desempeñar sus funciones adecuadamente cuando todas sus partes existen en las proporciones necesarias, es decir, están en armonía [30].

Se comprende entonces que el uso de fertilizantes inorgánicos que irrumpieron como la panacea para elevar los índices de la productividad agrícola a mediados de la década de los 40, realmente tuvieron éxito, debido a que inicialmente se disponía de suficientes reservas de materia orgánica y ciertos microelementos presentes

naturalmente en los suelos; sin embargo, a medida que transcurrió el tiempo, dichas reservas naturales fueron mermando, por razón de que si bien se seguía aplicando más y más fertilizante químico, se descuidó el sistema a tal grado de que no se suministró un gramo de materia orgánica, con excepción de ciertos lugares donde se utilizaba el estiércol. En forma más o menos paralela, se ha presentado el caso de la carencia de ciertos microelementos, tales como el manganeso, hierro, zinc, cobre, molibdeno, cobalto, boro y de los elementos secundarios.

Durante muchos años no fue necesario incorporar al suelo estos indispensables elementos químicos, por motivo de que indirecta e involuntariamente se hacía mediante los frecuentes aportes orgánicos y, más adelante, también con la aplicación del superfosfato de cal y otros fertilizantes en estado un tanto impuro. Guenault y Lorduy [18], nos dicen que desde 1963 empezaron a revelarse carencias de estos elementos, precisamente desde que comenzó la escasez de estiércoles, lo que se agravó más con la introducción de fertilizantes de alta graduación, así como la intensificación de cultivos y la reducción de las variantes en las rotaciones

De este modo, se comenzó a experimentar un decremento de los rendimientos, comparados con los que se tenían en los primeros años del "boom" de los fertilizantes. Por otra parte, el uso intensivo de fertilizantes inorgánicos en cultivos en que se ha omitido la debida restitución orgánica, ha provocado, con el paso del tiempo, que se deteriore la estructura del suelo, dando por resultado que éste se pulverice y de ahí que se pierda, por efecto de la erosión tanto eólica, como pluvial. En otras palabras, al no existir el adecuado mantenimiento del sistema edáfico, la entropía entra a funcionar, trayendo como consecuencia directa el desequilibrio y con ello, la pérdida de la salud del suelo[30].

Así pues, una manera de ver la restitución orgánica es el de verla como un antídoto contra la entropía edáfica. Porque, bien visto, la causa subyacente radica en la entropía edáfica, la cual repercute en una serie de efectos tales como: baja productividad, pérdida de calidad de la cosecha, altos costos de plaguicidas, etc, en suma, un sistema agroproductivo ineficiente y por tanto, económicamente no competitivo.

Concomitantemente, debería también promoverse un manejo adecuado de los recursos, tal como la aplicación del concepto de nutrición vegetal integrada, de acuerdo con la FAO [30] lo cual significa lo siguiente: el uso integrado y correctamente balanceado de los insumos minerales, junto con los orgánicos, a fin de lograr el equilibrio del suelo y, de este modo, propiciar las condiciones necesarias y adecuadas de vida para las plantas cultivadas a fin de que éstas logren producir más y mejor.

Si bien la introducción de métodos de manejo del suelo en los que se incluye la aplicación de principios ecológicos, no tiende necesariamente a aumentar los niveles de productividad física de la tierra; coadyuva, sin embargo, en procurar una intervención positiva del ecosistema a fin de hacer que la actividad agroproductiva sea sustentable en el largo plazo.

Es claro ahora, que la amenaza que actualmente representa para nuestro país el inadecuado manejo y disposición final de los residuos y desechos puede revertirse en una oportunidad viable y práctica para mejorar eficazmente ciertas condiciones del suelo, principal soporte de la producción agrícola. Asimismo, la debilidad que representa el desconocimiento de sistemas biotecnológicos para manejar y aprovechar los residuos, se puede convertir en una fortaleza, cuando - mediante los acuerdos previos- se puede echar mano de una biotecnología que ha demostrado su eficacia para el logro de tal fin. De este modo, los desechos orgánicos, dejarían de ser parte del problema (contaminación ambiental), para convertirse en parte de la solución (erosión del suelo). Como se puede apreciar, todo lo arriba expresado tiene sentido, su interpretación es correcta y por tanto, válidas sus conclusiones.

Pasaremos a exponer suscintamente algunas ideas prácticas acerca de cómo enfrentar la mayor parte de los problemas interinstitucionales que tienen que ver con la puesta en marcha de proyectos de desarrollo agrícola, según las notas testimoniales que nos proporciona Castaños (5), parte de las cuales se han sintetizado en párrafos anteriores.

Estrategia organizacional

Cómo reducir el riesgo de la producción de cultivos básicos que constituyen la economía del campesino, como son el maíz y el frijol, o cómo aprovechar eficazmente el potencial ecológico disponible en cada área y por último, cómo adecuar los insumos técnicos y los avances tecnológicos a la situación socioeconómica de nuestros pequeños productores, son indudablemente cuestiones coyunturales, sobre las que depende en última instancia, el éxito o el fracaso de cada proyecto agrícola que se ejecute.

Fomentar, por otra parte, la aplicación de biotecnologías (como la del biocompostage que aquí nos ocupa) que sean capaces de aprovechar una serie de recursos orgánicos actualmente desaprovechados en gran medida o ineficientemente utilizados, para que con el producto resultante (biocompost) contribuyan a mejorar los sistemas de producción agrícola, acordes con el nuevo orden ecológico internacional, y que al mismo tiempo provean de alimentos equilibrados a la población, a precios lucrativos y razonablemente estables para los productores agrícolas, constituye sin duda, un buen plan de desarrollo agrícola, ecológica y económica integrado. Sin embargo, surge la misma pregunta: ¿cómo? Todo esto nos recuerda un dicho tico bastante popular por esta tierra: "Una cosa es verla venir y otra, bailar con ella"

Evidentemente, tal como lo afirma el I.N.E [21], toda estrategia para alcanzar un desarrollo sustentable debe incluir entre sus objetivos la reducción de los residuos que la sociedad produce y la mejor utilización posible de aquellos que genera.

Por tanto, una estrategia organizacional que se sugiere - ya no teórica, en vista de que podemos hablar con suficiente conocimiento de causa - y que se podría aplicar perfectamente para conciliar por una parte los intereses de los pequeños y medianos productores agrícolas y por otra, las inquietudes de los funcionarios responsables de la ejecución de proyectos de desarrollo agropecuarios, consiste básicamente en lo siguiente: organizar y poner en marcha "Proyectos Regionales de Investigación - Desarrollo", tomando y adaptando un tanto el ejemplo y las experiencias adquiridas en la región central del Estado de Veracruz, con el proyecto Laboratorio de Investigación-Desarrollo Regional

(LIDER), bajo la coordinación del entonces Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) [11].

Definición de la I-D

La Investigación - Desarrollo o I-D regional, se podría definir como sigue: "Un esfuerzo organizacional de concertación, coordinación, cooperación y ejecución entre los organismos de investigación tecnológica, agentes de promoción y desarrollo y productores agrícolas y agroindustriales, con el fin de realizar una serie de acciones conjuntas a partir de un enfoque común en torno a la racionalidad de los sistemas de producción, industrialización y comercialización agropecuarios, en y para una región dada".

Esta definición, si bien bastante transformada, se basa inicialmente en el concepto de I-D expresado por Pasquis [33] Se trata, en otras palabras, de tender un puente entre la investigación y sus usuarios naturales, como elemento básico de una adecuada planificación regional, de acuerdo con Fernández [11]

La idea que subyace en torno a la creación de este proyecto Líder tiene que ver con el hecho de que, en países como México - de acuerdo con Mario Fernández [11], ex-secretario general del INIREB-, "...en donde la organización campesina carece de vínculos con las instituciones de investigación, y en donde éstas son tan relativamente recientes que aún no han encontrado las vías institucionales para apoyar a los tomadores de decisión política, sucede que un número importante de productos del esfuerzo científico y tecnológico se quedan cuando más, a nivel de publicaciones especializadas o de trabajos experimentales, que no llegan nunca a adaptarse en este sector de la economía".

Vale la pena decir que en Junio de 1988 el autor formuló un anteproyecto [25] en el marco de la filosofía I-D, y que en su debida oportunidad propuso a diferentes organismos cooperativos costarricenses, no habiéndose materializado este proyecto, aparentemente por falta de fondos, según lo expresara el Gerente de la FEDECOOP

Asimismo, en julio de 1991, la Oficina del IICA en México, presentó al entonces Instituto Mexicano del Café (INMECAFE), otro proyecto del autor para elaborar biocompost a partir de los subproductos del café [26], concebido bajo el enfoque de I-D. Si bien en principio este organismo manifestó interés al respecto, no se volvió a saber más debido, posiblemente, a los cambios de reestructuración que sufrió poco tiempo después.

Sin embargo- a pesar de todo- debemos ser positivos sin ser ingenuos. Porque ser angostamente racional, equivale con frecuencia a ser negativos.

El alto directivo que cree que su tarea consiste en juzgar, inevitablemente vetará la idea nueva. Siempre es "no viable en la práctica". Porque es intrínsecamente más fácil elaborar un razonamiento negativo que proponer uno constructivo. "El pensamiento creador- dice George Gilder- requiere un acto de fe"(39).

Del proyecto hacia el plan

Consideramos que por lo anteriormente expuesto, parece razonable que lo que debería hacerse, es propiciar un Plan Nacional de Biocompostage, para aprovechar todas las fuentes disponibles de materia orgánica, encaminado a coadyuvar con el triple propósito de:

- a) Proteger el ambiente biofísico,
- b) Conservar los recursos naturales y
- c) Asegurar una agricultura sostenible

El Plan Nacional se integraría con base en el conjunto de Programas Estatales que se irían desarrollando y éstos, a su vez, estarían constituidos por el conjunto de Proyectos Regionales de Biocompostage que se detectarían y ejecutarían dentro de cada Estado de la República Mexicana.

Sin embargo, el autor no considera concederle mucho tiempo ni espacio a desarrollar este plan, en virtud de que, por un lado, trasciende los objetivos de este modesto trabajo y, por otro, intuye que es más sensato partir de la base hacia la cúspide, que viceversa. Es decir, se debería

iniciar un primer proyecto cuyo diseño y ejecución debería permitir su aplicación en otras regiones del país donde se tengan condiciones y características similares a las del primero; en una palabra; buscar el efecto multiplicador.

En la Parte III se bosqueja lo que vendría a ser el primero de estos proyectos de desarrollo agroambiental para México, con la idea de que se pueda iniciar en el presente año, a más tardar.

Consideraciones generales

Mediante esta estrategia, se acortarán, sin duda, tanto los plazos como los costos de ejecución de los proyectos subsiguientes, merced a la experiencia que se irá adquiriendo .

Debe considerarse que un proyecto como el que aquí se propone, necesita de una dirección flexible y una acción coordinadora sin tensiones excesivas y con cierto clima de entusiasmo, para que se "pueda sacar la tarea" razonablemente. Consideramos por otra parte, que la seguridad del resultado es alta, en virtud de que se conoce bastante bien el estado o naturaleza del problema agroambiental y especialmente los referente al sistema tecnológico requerido para lograr el adecuado manejo y transformación de las materias primas (residuos).

Obviamente, en su momento, será preciso definir una serie de detalles para cada proyecto específico que se identifique, precisando la forma de organización y otros mecanismos, a efecto de llevarlos a una fase que permita su cabal instrumentación. Se deberán explorar las alternativas de financiamiento, tanto de parte de los fondos provenientes del Gobierno Federal, como de los Gobiernos estatales; así como los montos de inversión que se espera aporten los inversionistas agroindustriales, sean estos particulares o bien sociedades ejidales.

PARTE III

El Proyecto Propuesto: Tlazolcali

Centro de biocompostaje para aprovechar residuos sólidos orgánicos

"Señor, déjala todavía este año,
hasta que yo cave alrededor
de ella, y la abone"(Lc 13, 8)

Introducción

Una de las cuestiones que afectan grandemente a nuestros países eminentemente agropecuarios consiste en saber cómo hacer compatible la protección ambiental y la productividad en la actual coyuntura socio-económica marcadamente deprimida. A esto se puede contestar diciendo que es preciso aplicar técnicas de manejo del suelo, cultivo, cosecha y postcosecha, que eviten la contaminación del medio ambiente, preserven la salud del trabajador agrícola y aseguren productos limpios y sanos para la comunidad.

Para contribuir a mejorar tales aspectos coyunturales de nuestro desarrollo, se propone enseguida un proyecto que se orienta en primer lugar a aprovechar adecuadamente las ingentes masas orgánicas que genera la actividad agroindustrial y que en su mayor parte constituye un gran despilfarro de tales recursos; y, en segundo lugar, a fomentar antiguas y casi olvidadas prácticas de restitución orgánica de los suelos, mediante la adecuada aplicación del producto que se obtiene a partir de biotransformación de los residuos.

En la mentalidad de nuestros campesinos lo arriba expuesto, se traduce sencillamente en lo siguiente : " Del mismo cuero deben salir las coyundas". Y en consecuencia, dos parecen ser las estrategias básicas a seguir: 1) promover e impulsar la utilización de aquellos procesos, productos y servicios biotecnológicos que garanticen el uso sustentable de los recursos con una eficaz protección del ambiente biofísico y 2) que se orienten hacia el deterioro mínimo posible del suelo, incorporando el adecuado aprovechamiento y recirculamiento de los residuos orgánicos sólidos, previa conversión de éstos en un bioabono de alta calidad sanitario-orgánica.

Tlazolcalli: Significado y valores compartidos

La palabra Tlazolcali, es en realidad, una invención nuestra, ya que como tal no existe en el Idioma Náhuatl de donde provienen sus dos raíces: tlazol, que significa basura y calli, que significa casa [6]. Literalmente pues, querría decir: casa de la basura.

Sin embargo, en el contexto del presente trabajo, Tlazolcali pretende significar lo siguiente: una iniciativa de desarrollo agroambiental que se propone a los sectores público, privado y social, en pro del fomento de centros regionales integrados para el manejo y adecuado aprovechamiento de los residuos orgánicos sólidos en México.

Tlazolcali, si bien es tan sólo una metáfora, pretende, sin embargo, calar en lo más hondo de la mente y corazón de las presentes y futuras generaciones de compatriotas, para recordarles nuestras mexicanísimas raíces - tal como nos animaba a hacerlo el ya ido pero nunca olvidado Don Marte R. Gómez - para que no seamos- dice- de los que ven con indiferencia y hasta con vergüenza lo propio y se inclinan, con reverencia servil, ante lo ajeno, olvidando poco a poco nuestras raíces [16].

Y que este término no existía en el léxico azteca (por la sencilla razón de que no lo necesitaban), nos lo demuestra el ya citado padre Clavijero [6] cuando nos dice que " cada día, según dicen algunos historiadores, más de mil hombres se ocupaban en barrer y regar las calles de la ciudad" .

Con este mismo sentimiento, se transcriben algunos pensamientos de un conocido periodista costarricense, el Lic. Julio Rodríguez [35] en torno a temas parecidos y dice: "En la medida en que valoremos y acrecentemos nuestras fortalezas, nuestra identidad, nuestra historia, nuestras tradiciones, nuestros valores, podremos abrirnos con seguridad a lo universal y enriquecernos con su mensaje y sus creaciones. Sin ese centro de irradiación -concluye- nos absorberá la competencia, pues no podremos hablar ni pensar con voz propia, aunque hayamos descifrado los arcanos de la computación y hablemos Inglés" .

El marco conceptual del proyecto

Nombre del proyecto:

Centro Regional de Biocompostage para el Adecuado Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos de México. (Tlazolcali)

Antecedentes

México, al igual que todos los países de la región entroamericana, presentan una situación ambiental muy preocupante en relación con el manejo y disposición final de los residuos que generan sus actividades agroindustriales, pecuarias y forestales.

Sin embargo, dichos residuos, debido a que poseen elevados contenidos de materia orgánica, constituyen una valiosa fuente para ser aprovechados y una vez transformados en bio-abono o bio-compost, pueden servir eficazmente para ayudar a resolver otros serios problemas que afectan la productividad agrícola.

El autor inició desde 1987 una serie de trabajos de investigación y desarrollo encaminados a buscar una alternativa biotecnológica viable y competitiva para resolver la precitada situación de los residuos que afecta particularmente al medio ambiente como a la productividad agrícola y, en general, la calidad de vida y la sostenibilidad agroeconómica del área mesoamericana.

Los trabajos conducidos a escala piloto, concluyeron en 1993, cuando el Ministerio de Salud de Costa Rica, emitió finalmente su autorización para que la biotecnología adaptada por el autor pudiera ser promovida y explotada comercialmente [Ref. 4].

Posteriormente, dicho investigador propuso, organizó y realizó, un proyecto sobre producción y aprovechamiento de bio-compost de alta calidad en beneficio directo de una empresa nacional propietaria de un ingenio azucarero y de un beneficio de café, con miras a evaluar la factibilidad técnica y económica de la biotecnología adaptada por el

primero, para la conversión de unas 10,000 t anuales de residuos agroindustriales; así como evaluar la respuesta de algunos cultivos agrícolas y forestales a la aplicación del bio-abono. Este trabajo tuvo una duración total de cinco años siendo parcialmente financiado por el Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), habiéndose concluido en agosto de 1996, con la presentación del Informe Final elaborado por el suscrito [29].

Los resultados del análisis técnico practicado por el CONICIT, concluyen que el proyecto a cargo del autor, cumplió satisfactoriamente los objetivos del mismo [Ref. 7] . Numerosos artículos fueron publicados por varios medios de comunicación en Costa Rica, dando a conocer acerca de los trabajos realizados, así como un comunicado de prensa del Ministerio de Ciencia y Tecnología [Ref. 5].

El desafío de la acumulación de residuos

Los residuos agroindustriales

El principal problema lo constituyen los residuos agroindustriales que, como los provenientes del beneficiado del café, de la caña de azúcar y otras agroindustrias, llegan a los cauces de los ríos, siendo causa directa del deterioro de la calidad de sus aguas.

Existen otros desechos orgánicos que también contribuyen a la contaminación de las aguas, como los que generan las empacadoras de banano, extractoras de jugos de frutas, aceite de palma africana; así como las granjas avícolas, porcinas y rastros municipales, entre otros.

En el caso de que tales desechos no llegan a los ríos directamente sino que permanecen acumulados en las proximidades de las plantas agroindustriales que las generan, los empresarios tienen que asumir una serie de gastos para aplicar "situaciones técnicas" impuestas por los controladores ambientales y que resultan ser en la práctica generalmente inadecuadas y algunas veces hasta contraproducentes [30].

La Gestión Municipal

Las municipalidades que tienen por ley a su cargo los servicios de recolección y disposición final de los desechos, han reducido su cobertura, lo mismo que su calidad, a niveles muy preocupantes. En el caso de Costa Rica, por ejemplo, a la fecha no existe un sitio aceptado por las comunidades afectadas para construir un nuevo relleno sanitario, para poder disponer la basura que genera la llamada Gran Área Metropolitana de San José (GAM). Este problema se agrava aún más cuando existen varias agroindustrias instaladas en la zona de influencia de esta GAM, cuyos desechos van a parar al único relleno sanitario de la ciudad, el cual está prácticamente ya saturado.

El vertido de tales desechos agroindustriales, reduce la capacidad del espacio vital de un relleno sanitario, y con ello, su vida útil y, obviamente, aumenta el riesgo ambiental, debido a que se trata del manejo de desechos orgánicos altamente putrescibles.

Esta última situación, como sabemos, es muy común también en muchas partes de México, al igual que en muchas otras ciudades del mundo.

Las Fincas agrícolas

Otra alternativa que utilizan los administradores agroindustriales, es trasladar los residuos de sus plantas a los terrenos mismos de las fincas. Esta práctica es desde varios puntos inadecuada y perjudicial, ya que es de sobra conocido el efecto negativo que ejercen las masas orgánicas en descomposición sobre la calidad biológica y la salud de las plantas[30]. Sanitariamente constituyen un riesgo, debido a que las emanaciones de pestilentes olores y de lixiviados, sin control alguno, atraen moscas y toda clase de alimañas, constituyéndose asimismo, en peligrosos focos de contaminación para la salud humana.

La estrategia

Durante el Seminario "Avances y Perspectivas del Desarrollo Rural Sostenible en Costa Rica" realizado en 1995, el suscrito y Pablo Araya de la Agencia de Cooperación Técnica del IICA en Costa Rica,

Centro de biocompostage para aprovechar residuos sólidos orgánicos

presentaron una ponencia[27]. En síntesis, se propone la creación de Centros de Recirculamiento Orgánico para el Desarrollo Sostenible, como fórmula práctica para encarar la problemática agroambiental de los residuos orgánicos con énfasis en la que genera la actividad agroindustrial de café.

Asimismo, la Cámara Costarricense de la Industria Alimentaria (CACIA), y la dirección del proyecto "Plan de Acción para la Implementación de la Agenda 21 en Costa Rica" y el Centro de Gestión Tecnológica (CEGESTI), promovieron un Concurso de Exitos Ambientales y de Eficiencia en la Industria de Alimentos con el fin de seleccionar las mejores 50 sugerencias de cambios favorables al medio ambiente o a la eficiencia en el uso de los recursos, y que serían publicadas en un Manual para los empresarios de la industria alimentaria nacional [28]. El suscrito propuso y fue aceptada, la siguiente sugerencia: "Compostage de Residuos Orgánicos", habiendo sido incluida en el citado manual.

En congruencia con lo arriba expuesto, el proyecto del autor contempla la creación de Centros Regionales de Biocompostage de los Residuos Orgánicos Sólidos (Tlazolcali), como una estrategia factible de resolver, por un lado, el problema de los residuos orgánicos sólidos y por otro, favorecer la puesta en marcha de nuevos sistemas de producción agrícola, basados en el uso de procedimientos biorgánicos; uniendo así nuestro modesto esfuerzo con otros agentes del desarrollo, con miras a lograr la sostenibilidad agropecuaria en armonía con el medio ambiente, y de acuerdo al modelo de desarrollo sostenible que México requiere de cara al siglo XXI y en los albores del III milenio.

De contar con los apoyos financieros e institucionales necesarios y suficientes, el proyecto TLAZOLCALI tendría muchas posibilidades de materializarse, tomando en cuenta que se dispone ya de un sistema de base biotecnológica, maduro y suficientemente probado y que ha demostrado su eficacia para transformar y aprovechar adecuadamente los residuos agroindustriales así como los provenientes de otras fuentes orgánicas [Ref. 3 y 4].

Objetivos Generales⁵

1. Contribuir a resolver de manera práctica y eficaz el preocupante problema sanitario-ambiental que provoca en el país, tanto la ausencia como el inadecuado manejo y disposición final de los residuos orgánicos provenientes de la agroindustria, así como de otras fuentes continuas o discontinuas generadoras de desechos análogos o de biomasa.
2. Optimizar y aprovechar integralmente, la ingente cantidad de materias orgánicas procedentes principalmente de la actividad agroindustrial, las cuales no se les utiliza del todo o son inadecuadamente aprovechadas, y en ambos casos constituyen un real despilfarro de importantes recursos naturales renovables.
3. Identificar y seleccionar adecuadamente las materias primas orgánicas disponibles y susceptibles de ser biotransformadas mediante la aplicación de una biotecnología probada y madura, adaptada por el autor, que permita obtener un insumo agrícola idóneo, para ser utilizado preferentemente, en prácticas sobre enmendamiento orgánico de los suelos, y particularmente aquellos que presentan cierto grado de erosión.

Objetivos Específicos

1. Localizar, organizar, instalar y operar en México un primer Centro Productor de bio-abono de alta calidad - y que se denominará Tlazolcali- a partir de los residuos que generan los beneficios de café, ingenios azucareros, plantas desgranadoras y secadoras de maíz, granjas avícolas y otras agroindustrias, previo acuerdo con las partes interesadas.
2. Demostrar que es técnica y económicamente viable y ecológicamente aceptable, introducir un sistema de base biotecnológica, proveniente de un proceso de investigación aplicada,

⁵ El cumplimiento de los objetivos específicos deberá lograrse en el corto plazo comprendido dentro de los dos primeros años de la ejecución del proyecto; en cambio, los objetivos generales, dada su amplitud, deberían cumplirse en el mediano plazo, esto es, en un lapso de cuando menos un sexenio.

Centro de biocompostaje para aprovechar residuos sólidos orgánicos

y que permite obtener un bio-abono de excelente calidad a costos competitivos con respecto al mercado internacional.

3. Concertar oportunamente los esfuerzos necesarios, suficientes y convenientes con las instituciones u organizaciones agrícolas mexicanas a fin de que, ya sea que se encuentren ejecutando algún programa de conservación y mejoramiento de suelos en las zonas de temporal, o bien se interesen realmente en ponerlo en marcha; convengan en incorporar en el mismo, la práctica de enmendamiento orgánico, mediante la adquisición y uso del bio-abono que sería producido y suministrado a través de Tlazolcali.

Las Materias Primas

Estas estarán constituidas por todos aquellos residuos orgánicos sólidos o semisólidos que genera la agroindustria nacional y que sean susceptibles de ser biotransformadas en bio-abono. Ejemplos de tales residuos serían : broza de café, bagazo y cachaza de la caña de azúcar, gallinaza de las granjas avícolas, aserrín de madera, cascarilla de arroz, etc, inclusive, cenizas de los residuos utilizados como combustibles por las mismas agroindustrias.

En una etapa posterior, se podría trabajar con los desechos domésticos municipales, previa selección en el lugar de origen y, en determinados casos, se puede hablar de proyectos casi específicos para el aprovechamiento del lirio acuático, que se desarrolla sobre los cuerpos de agua; principalmente en las presas, lagos y canales del país y en donde sabemos que causa una serie de problemas tanto operacionales como de salud pública [Ref. 1].

El Producto

El proceso de biodegradación controlada que se inicia con los residuos, concluye con la obtención de un producto final que se llama bio-abono o biocompost, el cual se caracteriza por ser un material sólido, granulado, semi-húmedo, de color café-oscuro, libre de gérmenes patógenos, así como de tierra y de larvas o huevecillos de insectos plaga, pero rico en materia orgánica biológicamente estable, humificado y con un contenido elevado de microorganismos benéficos al suelo(Cuadro 2).

El bio-abono así obtenido, es un insumo agrícola que puede ser usado tanto en la agricultura convencional, como en la de cambio (biorgánica), lo mismo que en horticultura, en floricultura y en forestería; sólo para mencionar algunas cuantas aplicaciones.

Por otra parte, aplicado en el suelo, actúa como un enmendador de éste, mejorando su bioestructura; asimismo, funciona como un almacenador de nutrimentos y de agua, liberando aquellos lentamente y haciendo de este modo más eficiente el uso de los fertilizantes convencionales (químicos); por su elevado contenido de microorganismos, suple a las plantas del nitrógeno del aire, así como de otros importantes elementos nutritivos que se liberan merced a la acción "solubilizante" de las bacterias y al mismo tiempo, activa la flora microbiana la cual, produce sustancias antimicrobianas, permitiendo de este modo el combate de las enfermedades del suelo [19].

Tamaño y Localización

En el marco de este primer documento, no es posible definir una localización, como tampoco precisar el tamaño del proyecto. No obstante, se considera que un tamaño adecuado para comenzar, sería una unidad agroindustrial, con capacidad para procesar alrededor de 7,000 t/año de residuos, los cuales podrían rendir una producción total estimada de 3,000 t de bio-abono de alta calidad. La ubicación de un centro de biocompostage no deberá encontrarse a menos de 500 m de la unidad habitacional mas próxima. Referido a la extensión de terreno, este tamaño de producción requeriría aproximadamente una ha, la cual ya considera un 30 % de la misma para futura expansión.

Infraestructura , Maquinaria e Inversiones

Al igual que en el caso del ítem precedente, tampoco es posible precisar los requerimientos en cuanto a maquinaria y equipo, sin embargo, es posible adelantar que además del terreno, se requiere básicamente, lo siguiente: equipos de transporte para el acarreo de los residuos y del producto; equipo para el manejo de los materiales, tal como un cargador frontal y un equipo para desmenuzar y airear. Obviamente se requieren

utensilios tales como palas, carretillas, bieldos, etc, para efectuar determinadas operaciones de ayuda al proceso.

El requerimiento de inversión, como es lógico suponer, se determinará una vez que se haya definido el tamaño, localización, clase de residuos, y destino final del producto(en este último caso, para determinar el tipo y tamaño de envase, por ejemplo). Asimismo, queda pendiente y sujeta a estas variables dichas, los requerimientos de infraestructura; tales como definir la clase de estructuras requeridas para proteger tanto el material que se encuentra en proceso, como el producto final.

Todos estos aspectos y seguramente otros más que en la marcha surgirán, son materia del proyecto propiamente dicho que deberá prepararse, una vez que se esté en el terreno. Aquí se exponen solamente los lineamientos o marco general del proyecto. Entre esos otros aspectos tenemos como prioritarios, los servicios de laboratorio, los cuales es mejor obtenerlos por medio de los servicios externos.

Aspectos Competitivos

Sistema adaptado al Trópico

Este sistema biotecnológico de biodegradación controlada ofrece una excelente ventaja competitiva por cuanto el sistema de base biotecnológica tiene la característica de estar adaptado al medio tropical. Esto en sí, es un problema con que tropiezan muchas otras biotecnologías y que las hace poco eficientes logrando no solo un producto mediocre, sino que el proceso mismo deja mucho que desear desde el punto de vista sanitario-ambiental [30].

Bioinóculo altamente enriquecido microbiológicamente

Una segunda ventaja competitiva respecto al bioinóculo así adaptado, tiene que ver con su elevadísima carga microbiológica activa, la cual es muchas veces superior a las cargas de bioinóculos de algunas empresas extranjeras especializadas en este campo del compostage. Porque si bien se trata de empresas de reconocido prestigio en su lugar

de origen, aquí han fracasado en su intento de producir abono orgánico de calidad, ya que no han sido capaces de resolver problemas en el producto final, como es, por ejemplo, la presencia de "jobotos" (Costa Rica) o "gallina ciega" (México), y científicamente: (*Phyllophaga* sp), de acuerdo con algunas experiencias realizadas en Costa Rica [14].

Una posible causa de tales fracasos, estaría relacionada con el hecho de que, en primer lugar, sus bioinóculos no están adaptados al medio tropical y en segundo lugar, a que su carga microbiológica activa es comparativamente baja. En tales condiciones no son capaces de responder eficazmente para combatir la masiva invasión de microorganismos patógenos que rápidamente se desarrollan y multiplican en una masa orgánica, bajo un ambiente cálido y húmedo.

Bio-abono libre de patógenos

Una de las características fundamentales del producto final es que éste no contiene gérmenes patógenos. El principal riesgo que para la agricultura presentan muchos otros abonos orgánicos es precisamente el hecho de que no garantizan este indispensable aspecto sanitario. En el caso del sistema CANAMEX (nombre comercial para efectos de patente), es altamente significativo que durante el período de 1991 a 1993, el Laboratorio de Investigaciones Epidemiológicas del Ministerio de Salud, pudo constatar mediante el análisis practicado a diferentes muestras del bio-abono hecho en diferentes lugares del país y con distintas clases de residuos, que consistentemente no se presentó una situación anómala en los resultados obtenidos. De tal modo que el Departamento de Control Ambiental emitió su dictamen consignando que "...las muestras realizadas no muestran un riesgo adicional a cualquier otro producto utilizado en agricultura, tales como los abonos y fertilizantes químicos, pesticidas,..." y que "... este abono no constituye un peligro para la salud de los trabajadores y el ambiente..." [Ref. 3]. Tales son, entre otras, las razones técnicas que permitieron a este ministerio, otorgar la autorización correspondiente para poder explotar comercialmente esta tecnología en Costa Rica [Ref.4].

Un bio-abono cualitativamente superior

Por lo que hace a tecnologías locales, también se ha demostrado que la calidad intrínseca del producto elaborado con la

tecnología aquí propuesta, es muy superior al de cualquier otro hecho en el país. Pruebas de campo conducidas por investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones y Servicios Forestales (INISEFOR) de la Universidad Nacional (UNA), han concluido que el abono orgánico elaborado mediante dicha tecnología fue el que dio los mejores resultados con las variables de crecimiento y producción medidos[12]. Especialmente, debe considerarse el hecho de que uno de los abonos evaluados fue hecho con las mismas materias orgánicas con que se elaboró el bio-abono, pero con tecnología diferente [12]. Además, de acuerdo con Hoitink et al debe tomarse en cuenta el potencial del compost para controlar biológicamente muchas enfermedades de las plantas; ya que tanto los patógenos foliares y vasculares, como los de las raíces pueden ser suprimidos por tal producto[19].

Un Sistema depurador eficaz

La eficiencia del sistema CANAMEX es tal que logra obtener un bio-abono prácticamente libre de residuos de plaguicidas, a pesar de que se utilicen residuos orgánicos provenientes de la agricultura convencional, es decir, aquella que echa mano de los productos químicos para el combate de plagas y enfermedades. Los análisis del Laboratorio de Residuos de Plaguicidas del Ministerio de Agricultura y Ganadería (Costa Rica), efectuados a bioabonos obtenidos por el autor, a partir de residuos del café (pulpa y cascarilla) y de la caña de azúcar, después de haber analizado 48 plaguicidas (órgano-clorados y órgano-fosforados) indican que para el caso de las muestras así analizadas, los resultados correspondientes se encuentran por debajo de los límites de Detección, ya que tales resultados oscilan entre 0.005 y 0.010 mg/kg., con lo cual se garantiza que a tales niveles, en el abono orgánico (bio-abono), no se detectaron residuos [Ref. 6].

Resultados Esperados

Los productores agrícolas mexicanos podrán disponer de un insumo agrícola biorgánico, sano, rico en humus, con una elevada carga microbiana benéfica al suelo, con el cual podrán realizar eficazmente sus prácticas de restitución orgánica a sus suelos y contribuir así a mejorar su productividad. De este modo, ellos podrán suministrar este

importante insumo de óptimas condiciones; el cual ha estado ausente en sus prácticas agrícolas, desde hace muchísimo tiempo, a pesar de que han estado perfectamente conscientes de esta necesidad.

Como consecuencia de los resultados positivos que se esperan obtener de este primer proyecto, se espera que éste tenga un efecto multiplicador, de modo que en forma parecida posteriormente, se organicen y establezcan varios Tlazolcali más en el país, para atender eficazmente otras áreas que presentan prácticamente la misma problemática agroambiental aquí planteada.

Justificación

Optimización del terreno

Las plantas agroindustriales como son los beneficios de café, ubicados siempre a la vera de los ríos, disponen de poco terreno útil para realizar un adecuado manejo de los residuos. El proyecto Tlazolcali contempla ubicarse no en cada unidad agroindustrial, sino en un sitio estratégico de forma que se puedan acopiar ahí los residuos que generan varias plantas agroindustriales y de este modo se utilizaría una sola área de terreno, obteniéndose así, un mayor índice de eficiencia con respecto a toneladas de residuos manejados por unidad de área (metro cuadrado) utilizada.

Eficiencia Industrial

Bajo la idea de "zapatero a tus zapatos", la capacidad gerencial de las plantas agroindustriales que participen en este proyecto, se verá mejorada; ya que al eliminarse la carga adicional del manejo de los residuos a cargo de otra empresa especializada, los gerentes se concentrarán más y mejor en su actividad principal.

Reducción de Costos

El artículo 281 de la Ley General de Salud (Costa Rica), establece que las empresas agrícolas y agroindustriales deben disponer de sistemas de separación, recolección, acumulación y disposición final de los desechos sólidos procedentes de sus operaciones, cuando por su naturaleza o cantidad no fuere sanitariamente aceptable el uso del

Centro de biocompostaje para aprovechar residuos sólidos orgánicos

sistema público [28]. Así, bajo el presente proyecto, para la empresa generadora de desechos y que participe en el mismo, se ahorraría una serie de gastos que implica el manejo y disposición final, según la citada Ley de Salud, ya que solamente tendría que gastar en el acarreo de los desechos al sitio del proyecto, el costo subsecuente, corre a cuenta de Tlazolcali. Es de suponer que algo similar resultaría para el caso de México.

Eficiencia agrícola

El biocompost obtenido mediante la tecnología aquí propuesta, es capaz de substituir al estiércol en una proporción de 30 a 40 veces, en peso. La razón de esto, estriba en el hecho de que no se logra el mismo efecto biológico en el suelo cuando se aplica estiércol fresco, que cuando se aplica un biocompost hecho a base de estiércol. Pruebas realizadas en Europa [30], arrojaron los siguientes resultados: La aplicación de una tonelada de biocompost (a base de estiércol) por ha, produjo el mismo efecto biológico cuando se aplica al suelo agrícola, que 30 ó 40 t de estiércol crudo.

Lo arriba dicho, significa también lo siguiente: aproximadamente se requieren 2.5 t de estiércol fresco para obtener una t de biocompost; por tanto, en lugar de destinar 30 ó 40 t de estiércol fresco a una sola ha, se podrían abonar perfectamente entre 12 y 16 ha con esa misma cantidad de estiércol, a condición de transformarlo en biocompost, previamente.

Adicionalmente, la aplicación directa de residuos y desechos frescos o crudos, conlleva un incremento de costos tanto de acarreo, como de aplicación, debido a que contienen elevados porcentajes de agua (80 a 90 %) y a que son materiales con menor densidad aparente [30].

Finalmente, debe tomarse en cuenta que debido a las características de estos residuos y desechos, cuando se aplican frescos o crudos en las fincas, generalmente tienen que manejarse a mano, pues el uso de equipo y maquinaria, es poco factible. Así, se presentan una serie de dificultades a la hora de manejarlos : carga, descarga, colocación en los sitios de distribución en el campo y su aplicación final. Como consecuencia, el tener tan bajos índices de rendimiento de la mano de obra, trae aparejado una elevación del costo de manejo.

Manejo Integral

El proyecto Tlazolcali es importante y se justifica, por cuanto utiliza integralmente los residuos, no dejando parte de éstos y por lo tanto, parte del problema sin resolver. Proyectos tales como la utilización del pinzote (raquis) del banano para hacer papel, presenta el serio inconveniente de que deja el 96% del peso todavía en un segunda etapa, ya que hay necesidad de disponer de un sistema aparte para tratar el efluente que resulta después de la extracción de la fibra (4%).

Tecnología Eficaz

El sistema biotecnológico adaptado por el autor, ha demostrado ser más eficaz debido a que ha dedicado más de diez años en adaptarlo a las condiciones tropicales que prevalecen en mesoamérica. Esto le permite ser mucho más competitivo en relación a otras tecnologías extranjeras que fracasaron rotundamente aquí, al querer adoptarlas sin previa adaptación y por el simple hecho de que les precedía cierto prestigio en sus países [14].

Producción más limpia

Este proyecto se justifica también por el hecho de que al aplicar una biotecnología probada y madura, como la que aquí se propone, no solamente contribuiría a controlar la amenaza sanitario-ambiental que la sociedad enfrenta con respecto a los residuos inadecuadamente manejados; sino que al mismo tiempo, logra transformarlos para hacerlos útiles, con lo cual se estaría acertadamente en el camino para propiciar una producción agrícola más limpia, tal como lo demanda cada vez más la población mexicana.

Socialmente congruente

En 1984, dentro de la serie de conclusiones adoptadas por los participantes de la Mesa sobre Desarrollo Rural Integral [15] en 1984 se dice textualmente: "La asistencia técnica que de la economía requiere el sector social debe dar prioridad a la utilización de semillas criollas, de abonos orgánicos y a otros conocimientos tradicionales que además de

Centro de biocompostaje para aprovechar residuos sólidos orgánicos

ser más racionales ecológicamente hablando, permitirán dar permanencia a los niveles de productividad y modernización que se alcancen.”

Como puede verse, el proyecto Tlazolcali vendría a satisfacer una necesidad sentida por los propios campesinos, desde hace mucho tiempo.

Nos incumbe, por tanto, la responsabilidad del cambio; en especial, al triángulo de la solidaridad: es decir, los sectores público, social y privado mexicanos.

Referencias Bibliográficas

- 1 Acosta, V. L. 1980. Resoluciones sobre conservación de los recursos naturales. In Congreso Nacional Agrario de Toluca. Toluca, México. Gobierno del Estado de México 28 de octubre. p.54- 57.
- 2 Aubert, C. 1987. El huerto biológico. Barcelona. Integral Edic. 256 p.
- 3 -----, 1972. L'agriculture biologique. París. Le Courier du Livre. Deuxième Edition. 253 p.
- 4 Caldwell, L.K. 1974. Lucha contra la contaminación. In Hacia una política mundial sobre el medio. Barcelona, UNESCO. p. 129-140.
- 5 Castaños, C.M. 1981. Testimonios de un agrónomo. México, D.F. Editorial Futura, S.A. 378 p
- 6 Clavijero, F.J. 1968. Historia antigua de México. México, D.F. Editorial Porrúa, S.A. (17)
- 7 Coordinación de Proyectos de Desarrollo. 1980. Aprovechamiento de recursos en zonas de temporal. In Distrito de Temporal de Tehuacán (Puebla). México, D.F. (documentos internos, versión corregida.). Mayo. 43 p.
- 8 Coordinación de Proyectos de Desarrollo. 1980. Distrito de temporal de Xalapa. (Veracruz) México, D.F.(documentos internos) 175 p.
- 9 Diccionario Enciclopédico ESPASA. 1979. Madrid. Espasa - Calpe, S.A. Octava Ed.
- 10 FAO. 1997. Informe de la Cumbre Mundial sobre Alimentación 13- 17 noviembre 1996. In Mensaje de Su Santidad el Papa Juan Pablo II. Roma.

- 11 Fernández, S. M. 1983. Laboratorio de Investigación y Desarrollo Regional en el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB). (Un ejercicio de cooperación como estrategia alimentaria). Xalapa, Veracruz, México.
- 12 González, W.; Paniagua, A.; Camacho, Y.; Rodríguez, J.A.; Montes de Oca, P. 1995. Respuesta de pilón (*Hyeronyma alchorneoides*) en la etapa de vivero a la aplicación de tres fuentes de material orgánico. *Agronomía Costarricense*. 20 (2):47-51.
- 13 Frazer, F.D. 1974. Lucha contra la contaminación. In *La tierra muere con sus árboles. Aire y agua enfermos de plagas nuevas*. Barcelona, UNESCO. p 59-86
- 14 Gamboa, F. 1992. El Ing. López y el método "Canamex". La Prensa Libre. San José. Octubre 8. 1 Revista.
- 15 Garza, C. M. 1984. Conclusiones sobre desarrollo rural integral. In *Memoria del Congreso Nacional Extraordinario*. México, D.F. Confederación Nacional Campesina. 26 al 28 de agosto. p.77- 81.
- 16 Gómez, M. R. 1968. *A un joven agrónomo*. México, D.F., Empresas Editoriales, S.A. 37 p.
- 17 González, P. 1992. Pérdida de 500 millones de ton. *Excélsior*, México, D.F., Agosto 5. p.1 y 10.
- 18 Guenault, B.; Lorduy, E. 1983. Los olvidados de la fertilización. *Revista Campo y Mecánica*. Madrid. John Deere Iberica, S.A. Enero/ Febrero. Año 88. p.5-6.
- 19 Hoitink, H.A.J.; Stone, A.G.; Han, D.H. 1997. Supresión de enfermedades mediante el uso de compost.. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No.43 p. 31-39*
- 20 Holdridge, R. L. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica. IICA . 216 p.

Centro de biocompostage para aprovechar residuos sólidos orgánicos

- 21 Instituto Nacional de Ecología. 1994. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección ambiental 1993- 1994. Secretaría de Desarrollo Social. I.N.E. México, D.F. Noviembre. 374 p.
- 22 Instituto Nacional de Ecología 1994. Estudio para evaluar las tecnologías contaminantes en 5 ramas industriales. Serie de Monografías del I.N.E. México, D.F. Diciembre.
- 23 Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 1981. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el Estado de Tlaxcala. Chapingo, Edo. de México, Jul. 52 p.
- 24 Laming-Emperaire, A. 1974. The Americas. In Larousse encyclopedia of archaeology. London. The Hamlyn Publishing Group Limited 432 p.
- 25 López, R. A. 1988. Ante- proyecto LIDER: "Laboratorios para la industrialización de los desechos regionales". Costa Rica. Servitecna, S.A. Junio. 44 p.
- 26 -----, 1991. Proyecto de Investigación- Desarrollo para el mejoramiento agroindustrial en el Estado de Veracruz, México. San José. SERVITECNIA,S.A. 12 de Junio. 20 p y Anexos.
- 27 ----- ; Araya, C. P. 1995. El recirculamiento de los residuos agroindustriales para el fomento de la agricultura biorgánica. (Ponencia). Seminario: "Avances y perspectivas del desarrollo rural sostenible en Costa Rica". CECADE. San José. 14 p.
- 28 -----, 1996. Compostage de residuos orgánicos. In 50 sugerencias para una mayor eficiencia ambiental en la industria de alimentos. San José. CACIA- CEGESTI- Gobierno de Costa Rica. Agosto. 86 p.
- 29 -----, 1996. Informe Final del proyecto: "Producción y aprovechamiento de biocompost de alta calidad en la Hacienda Juan Viñas, S.A.". San José. Servitecna, S.A. agosto 30. 190p

Centro de biocompostage para aprovechar residuos sólidos orgánicos

- 30 -----, 1997. El mejoramiento de la agricultura mediante la biodegradación controlada de los residuos agroindustriales. Servitecnia, S.A. Costa Rica. (En prensa)
- 31 ----- ; Enríquez, G. A. 1997. Manejo integrado de los residuos agroindustriales en Costa Rica. (Ponencia) XVIII Simposio latinoamericano de caficultura. San José. Septiembre. 14 p.
- 32 -----, 1997. Análisis suscito de la situación que presenta el manejo postcosecha de los productos agroalimentarios en México y posibilidades para mejorarla. San José, Costa Rica. Octubre. 12 p.
- 33 Pasquis, R.G. 1984. El papel del productor en la investigación-desarrollo (I-D). Xalapa, Veracruz, México. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 34 p.
- 34 Peralta, P.M.; Ríos, G.V.M. 1981. Centros de recepción y comercialización. México, D.F. Departamento de Divulgación Técnica del FIRA. 53 p.
- 35 Rodríguez, J. 1997. En vela. Costa Rica. La Nación. 12 sept. p. 15 A.
- 36 Ruiz, M.F.; Infante, H. L. 1956. Breve descripción de algunos aspectos del Estado de México. Revista Chapingo (México) No. 57. p. 111- 120
- 37 SAGAR - FAO. 1997. Base de Datos Agrícola. Año Agrícola Riego + Temporal Total Nacional 1995. México.
- 38 Villegas, S. M. 1959. Especialidad de Suelos. In La Escuela Nacional de Agricultura, sus finalidades a través de los departamentos. Revista Chapingo (México) No. 74
- 39 Waterman, R. H. 1988. Cómo mantener la excelencia. Bogotá. Editorial Norma. 350 p.

Referencias documentales⁶

[Ref. 1]: Secretaría de Desarrollo Social, 1992. Carta del Arq. René Altamirano, Director Gral. de Normatividad, en la cual manifiesta al autor interés en conocer la biotecnología para el manejo de residuos del lirio acuático. México, D.F. Diciembre 1. 1 p.

[Ref. 2]: Aquino G, C.E. 1995. El Director General del IICA expresa su más profundo agradecimiento al autor por la participación en "Muestra de Tecnologías para el Desarrollo Agrícola Sostenible e Informática", que tuvo lugar en la Sede Central de este organismo, del 18 al 20 de setiembre. Coronado, Octubre 3. 1p.

[Ref. 3]: Incer, A.A.; Villalobos, V.A. 1993. Comunicación al autor del director y subdirectora, respectivamente, del Departamento de Control Ambiental del Ministerio de Salud. San José, 21 de enero. 2p.

[Ref. 4]: Lugari, J. B. 1993. El director de la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, autoriza al autor la promoción y explotación comercial de la biotecnología sobre biocompostage de los residuos sólidos orgánicos, adaptada por éste en Costa Rica, con base en un análisis comparativo de los resultados obtenidos a través de distintas evaluaciones de trabajos del autor durante el período 1987-1992 y por considerar que éstos no solo son satisfactorios desde el punto de vista sanitario, sino que demuestran ser consistentes aun cuando se procesen volúmenes elevados de desechos. San José. Febrero 3. 1p.

[Ref. 5]: Ministerio de Ciencia y Tecnología. 1993. Bio-compostage: solución científico tecnológica a problema de contaminación. Comunicado de prensa emitido con motivo de la gira de trabajo realizada por el Ministro de Ciencia y Tecnología, para observar los trabajos sobre biocompostage a cargo del autor, señalando entre otras cosas, que "...este proyecto es una alternativa para solucionar el problema la contaminación por causa de los desechos agroindustriales". San José. Agosto 27. 2p.

⁶ Nota: Los destacados en negrita son del autor.

Centro de biocompostage para aprovechar residuos sólidos orgánicos

[Ref. 6]: Rodríguez S., J.A. 1996. Comunicación al autor del Jefe del Laboratorio de Residuos de Plaguicidas, Departamento de Insumos Agrícolas, Dirección General de Protección Agropecuaria, del Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José. 21 de agosto. 2p.

[Ref. 7]: Vicente, L.A. 1997. Un analista del área de desarrollo científico y tecnológico del Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), informa al autor sobre resultados de una revisión del informe final del proyecto de biocompostage a cargo de éste último (28), indicando que luego de un análisis técnico del mismo, este muestra un cumplimiento satisfactorio de los objetivos propuestos al inicio de la investigación. San José. Febrero 13. 1p.

**Esta edición se terminó de imprimir
en la sede de la Agencia de Cooperación
Técnica del IICA en Costa Rica,
en Coronado, San José, Costa Rica,
en el mes de marzo de 1998,
con un tiraje de 100 ejemplares.**

¿QUE ES EL IICA?

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) es el organismo especializado en agricultura del Sistema Interamericano.

Como organización hemisférica de cooperación técnica, el IICA posee gran capacidad, es flexible y creativo para responder a las necesidades de cooperación técnica en los países, a través de sus treinta y cuatro Agencias de Cooperación Técnica, sus cinco Centros Regionales y su Sede Central, desde los cuales se coordina la implementación de estrategias adecuadas a las características de cada Región.

El Plan de Mediano Plazo (PMP) 1994-1998 constituye el marco estratégico que orienta las acciones del IICA para el período en referencia. Su objetivo general es apoyar a los Estados Miembros para lograr la sostenibilidad agropecuaria, en el marco de la integración hemisférica y como contribución al desarrollo rural humano.

El Instituto programa su trabajo con base en las transformaciones productivas, comerciales, institucionales y humanas de la agricultura, con un enfoque integrado y sistémico del desarrollo, sustentado en la competitividad, la equidad y la solidaridad como ingredientes esenciales para lograr el desarrollo sostenible de la agricultura y el medio rural.

Los Estados Miembros del IICA son: Antigua y Barbuda, Argentina, Bahamas (Commonwealth de las), Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos de América, Grenada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, St. Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Suriname, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela. Los Observadores Permanentes son: Alemania, Austria, Bélgica, Comunidades Europeas, España, Federación de Rusia, Francia, Hungría, Israel, Italia, Japón, Portugal, Reino de los Países Bajos, República Arabe de Egipto, República Checa, República de Corea, República de Polonia y Rumania.



Desarrollo y Sostenibilidad



CR

Juntos hacia el servicio con calidad



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA
Agencia del IICA en Costa Rica
Apartado 6742-1000 San José, Costa Rica • Teléfono 229-0222
Fax (506) 229-4689 • E-mail: iicacr@iica.ac.cr