U1823

CAPITULO II

- Residuos de Granjas Avícolas
- Residuos de Granjas Porcinas
- Selección de Tecnologías
- Cartilla: Tecnologías para el Aprovechamiento de Residuos de Granjas Avícolas y Porcinas

CAPITULO II

II.1. RESIDUOS DE GRANJAS AVICOLAS

ACCION FONDO DE INVESTIGACION AGRARIA
FIA

FUNDACION FONDO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA - FIA

11.1. RESIDUOS DE GRANJAS AVICOLAS

1. Identificación de residuos

Los desperdicios detectados a nivel de granjas avícolas son aquellos provenientes de la producción de huevos y las excretas de las aves.

1.1. Residuos de la producción de huevos

Los desechos obtenidos en la producción de huevos no serán considerados, ya que éstos son reciclados, incorporándose a la dieta de las mismas aves.

1.2. Excretas animales

El residuo importante en granjas avícolas, es sin lugar a dudas el estiércol producido por las aves. Este desecho a veces es comercializado como abono (en muy pequeña escala), siendo la mayoría de las veces utilizado como fertilizante a nivel de predios adyacentes. En caso de existir un excedente, normalmente este es quemado.

2. Estimación de la cantidad de residuos

2.1. Crianza nacional de pollos y gallinas

La estimación del estiércol producido en granjas avícolas se hace en base a la existencia de los diferentes tipos de aves en criaderos avícolas, estos son gallinas de postura, gallinas reproductoras, gallinas de desecho y broilers. La gran masa de los criaderos la forman los broilers y gallinas de postura;

para la estimación del estiércol producido se considerará el promedio de aves existentes en un momento del año, ya que existe un renovar contínuo en la población del ciclo polluelo-broilers, manteniéndose obviamente en los criaderos un número más o menos constante de ellos.

En el cuadro N°1 se indica la existencia total nacional de aves de criadero. Las cifras indicadas son a Diciembre de cada año. Se puede observar un incremento bastante pronunciado en cuanto a la población de broilers hasta el año 80, bajando ostensiblemente los años 81 y 82. El número de pollos y polluelos no clasificados oscila muy poco y se ve un pequeño incremento en el número de las gallinas de postura durante el año 80, bajando también un poco posteriormente.

Las cifras de los años 81 y 82 no son totales nacionales puesto que el Instituto Nacional de Estadísticas sólo entrega cifras de la V a VIII Región en su Encuesta Nacional de Criaderos Avícolas. A modo de información del Cuadro N°2 se desprende que la existencia de aves Broilers y de postura de la I a la IV Región alcanza a la suma de 1.052.600 aves.

CUADRO N°1 . EXISTENCIA DE AVES EN CRIADEROS. TOTALES NACIONALES (Unidad:Miles)

DETALLE	1977(1)	1978(1)	1979(1)	1980(1)	1981(1,2)	1982(1,
Polluelos/Pollas/Pollos						
- Broilers	5.261	6.148	9.366	13.089	11.249	9.456
- Otros	2.142	1.876	1.969	1.963	1.869	1.917
Gallinas postura	4.416	4.539	4.692	5.438	4.457	4.749
Gallinas reproductoras	516	463	-	-	170	127
Gallinas de desecho	16	26	57	33	40	0,7
TOTALES	12.351	13.052	16.084	20.523	17.785	16.249,7
Criaderos en explotación	542	854	723	596	s.i.(3)	s.i.(3

(1) Cifras a Diciembre de cada año
(2) Cifras de Regiones V a VIII y Metropolitana
(3) Sin información del total nacional

FUENTE: INE.
CHILE: ECOMANAGER (Cotización 1981)

En el Cuadro N°2 se entrega la existencia de broilers y gallinas de postura por totales regionales hasta el primer semestre del año 1981. No se consideró necesario proyectar las cifras informadas al segundo semestre del año 82, porque la explotación de este tipo de residuos no sería una labor integrada, ni cooperativa, sino que totalmente individual y particular, ya que el costo del transporte haría esta operación no rentable.

CUADRO N°2. EXISTENCIA DE AVES EN CRIADEROS. TOTALES POR REGION
(Unidad: Miles) AÑO 1981 (Primer Semestre)

Región	Broilers	Gallinas Postura	Totales
I	260,5	159,1	419,6
II	126,0	169,2	295,2
III	7,8	17,3	25,1
IV	5,9	306,8	312,7
V	1.016,7	1.012,0	2.028,7
R.M.	6.077,7	2.988,9	9.066,6
VI	6.372,3	294,9	6.667,2
VII	2,5	440,5	443,0
VIII	41,6	290,9	332,5
IX	9,2	65,0	74,2
X	33,7	32,8	66,5
XI	7,2	0,2	7,4
XII	-	54,9	54,9
T O T A L	13.963,1	5.832,5	19.795,6

FUENTE : ODEPA. Chile Estadísticas Agropecuarias 1980-1981

2.2. Estimación de cantidad de excretas

La estimación de la cantidad de residuos producidos por las aves se ha realizado de acuerdo a promedios de datos obtenidos de referencias bibliográficas (3,4) y encuestas directas realizadas a algunos establecimientos avícolas.

La cantidad de excretas (base húmeda) producida al día por un ave de entre 1,8 y 2,5 kg es 0,113 kilogramos. En base a esta estimación se resume en el Cuadro N°3 la cantidad total de excretas de aves producidas a nivel nacional.

CUADRO N°3. ESTIMACION DE CANTIDAD DE ESTIERCOL DE AVES. TOTALES NACIONALES 1982

Detalle	Estiércol diario (ton)
Pollos/Pollas/Polluelos	
- Broilers	1.068,5
- Otros	216,6
Gallinas	536,6
TOTALES	1.821,7

FUENTE : INTEC/CHILE, sobre la base de antecedentes del Cuadro N°1.

3. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS RESIDUOS

Tal como se hiciera notar anteriormente, no parece necesario clasificar en mayor detalle por provincias la cantidad de establecimientos avícolas, ya que de explotar el estiércol producido en esos planteles, sería realizado en forma individual y particular. Por esta razón sólo se clasifica la cantidad de estiércol producido a nivel regional, en cifras proyectadas al año 1982 (a Diciembre). Se omite la información regionalizada de la I a IV Región no es entregada en las estadísticas.

CUADRO N°4. ESTIERCOL DE AVES PRODUCIDO POR REGION (Cantidad diaria para aves de criadero) 1981, Primer Semestre.

REGION	Excretas (ton)	% Total Nacional	N°planteles/Región
I	47,4	2,1	2
II	33,4	1,5	2
III	2,8	0,13	1
IV	35,3	1,6	5
V	229,2	10,2	45
R.M.	1.024,5	45,8	91
VI	753,4	33,7	11
VII	50,1	2,2	12
VIII	37,6	1,7	9
IX	8,4	0,4	1
X	7,5	0,3	2
XI	0,8	0,04	-
XII	6,2	0,28	-
TOTAL	2.236,6		

FUENTE: INTEC/CHILE, basado en Cuadro N° 2.

En los cuadros N°5 y 6 se presentan los establecimientos avícolas clasificados de acuerdo a tamaño por cantidad de aves en existencia, separados en gallinas de postura y broilers.

CUADRO N° 5. CLASIFICACION DE CRIADEROS AVICOLAS CON EXISTENCIA DE AVES SOBRE 10.000 UNIDADES. AÑO 1979 (Octubre)

GALLINAS DE POSTURA

Existencia de Aves	N°criaderos	Total Gallinas Postura	Porcentaje del total
10.000 - 50.000	123	2.663.502	72,8
50.000 - 100.000	10	714.479	19,6
sobre 100.000	2	279.029	7,6
T O T A L	138	3.657.010	100,00

FUENTE: INTEC/CHILE, con datos del INE.

CUADRO N° 6. CLASIFICACION DE CRIADEROS AVICOLAS CON EXISTENCIA DE AVES SOBRE 10.000 UNIDADES. AÑO 1979 (Octubre)

BROILERS

Existencia de aves	N°criaderos	Total Broilers	Porcentaje del total
10.000 - 50.000	32	782.091	8,5
50.000 - 100.000	4	275.322	3,0
100.000 - 200.000	5	608.850	6,6
200.000 - 400.000	2	535.773	5,8
sobre 400.000	4	7.016.728	76,1
T O T A L	47	9.218.764	100,0

FUENTE: INTEC-CHILE, con datos del INE.

4. RESIDUOS DE INTERES, FORMAS DE UTILIZACION O ELIMINACION EN EL PAIS

En Chile las fecas de aves, aparte de la utilización como fertilizante para predios adyacentes a los planteles, se utilizan sólo en un criadero agrícola de la zona central para alimentar un biodigestor. Es el único caso que se conoce, donde se les está dando una utilización tecnológicamente superior.

Normalmente su utilización se limita a servir de fertilizante sin mayor tratamiento. También se han usado con éxito en alimentación de vacunos. Excedentes de criadero son quemados.

El precio de las fecas se limita, en general, a cubrir el costo de transporte de las fecas fuera del plantel. O sea, en la mayoría de los casos los agricultores van a buscar, con flete propio, las fecas a los diferentes criaderos sin pagar por ellas.

REFERENCIAS

1. INE. Encuesta Nacional de Criaderos Avícolas. 1981.

2. ODEPA. Chile. Estadísticas Agropecuarias. 1980-1981

3. Taiganides, E.P. and Hazen T.E. 1966. Properties of farm animal excreta. Trans. Am. Soc. Agric. Engng. 374-376.

4. Barnett, A, Pyle, L. and Subramanian, S.K. Biogas Technology in the Third World: A multidisciplinary Review. Ed. IDRC. Canadá 1978.

CAPITULO II

11.2. RESIDUOS DE GRANJAS PORCINAS

FUNDACION FONDO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA
FIA
CHILE

FUNDACION FONDO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA
FIA

II.2. RESIDUOS DE GRANJAS PORCINAS

1. IDENTIFICACION DE LOS RESIDUOS

El único desperdicio detectado a nivel de granjas porcinas es el estiércol de los animales, el cual no se acostumbra a comercializar, como sucede a veces con el estiércol de aves. Este sólo se aprovecha algunas veces como fertilizante para árboles, en predios adyacentes al criadero.

El problema existente para el caso específico de la comercialización del estiércol de porcinos es su textura y el sistema de limpieza utilizado en chancheras. Normalmente se diluyen las excretas de los animales al lavar los pisos, por lo que se haría necesario recolectarlas en un estanque para luego utilizarlas en riego de tierras adyacentes al plantel.

2. ESTIMACION DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS

2.1. Crianza nacional de cerdos

La estimación de la cantidad de excretas producidas en planteles porcinos se realizará en base a la existencia de animales, de acuerdo a estadísticas del INE y ODEPA. En el cuadro N°1 se presenta la existencia de porcinos a nivel nacional.

CUADRO N° 1, EXISTENCIA DE CERDOS. TOTAL NACIONAL.

AÑO	Existencia N°cabezas	Beneficio N° cabezas
1970	1.025.279	671.646
1971	1.026.015	700.950
1972	1.026.752	760.263
1973	967,761	762.594
1974	866.148	757.178
1975	734.410	462.681
1976	895.055	376.206
1977	923.766	415.695
1978	979.192	485.116
1979	1.036.756	623.920
1980	1.068.000	697.497

FUENTE: INE
ODEPA

En el cuadro N°2 se presenta la existencia de cerdos en planteles, entre la V y IX Región, para el año 1982.

En el cuadro N°3 se presentan las cifras de la población porcina del país, según regiones, para el año agrícola 1975-76.

CUADRO N°2. EXISTENCIA DE CERDOS EN CRIADEROS PARA LA V A IX REGION, AL 31 DE DICIEMBRE DE 1982

Región	Total	Machos en servicio	Machos en crianza	Hembras reproduct.	Hembras en crianza	Cerdos en engorda
V	44.843	228	6	4.352	621	39.636
R.M.	159.645	676	145	13.910	2.961	141.953
VI	87.911	349	50	7.540	1.941	78.031
VII	42.889	212	51	3.997	1.284	37.345
VIII	27.299	113	80	3.410	3.701	19.995
IX	11.733	98	41	1.248	375	9.971
TOTAL	374.320	1.676	373	34.457	10.883	326.931

FUENTE : INE

CUADRO N°3. EXISTENCIA DE CERDOS, TOTALES POR REGION. (AÑO 1975-76) (AÑO 1975-76)

Región	N°total de cabezas
I	4.243
II	4.661
III	3.925
IV	11.078
V.	29.667
VI	88.330
VII	107.072
VIII	174.393
IX	196.799
X	180.551
XI	7.089
XII	5.129
R.M.	79.584
En tránsito	2.534
TOTAL	895.055

FUENTE: Censo Agrop. 75/76, INE.

FUENTE: Censo Agrop. 75/76, INE

2.2. Estimación de la cantidad de excretas

La estimación de la cantidad de excretas producidas en los criaderos porcinos se ha hecho de acuerdo a datos aparecidos en la literatura (3 y 4) y a encuestas directas realizadas a algunos productores, de donde se desprende el siguiente coeficiente, un cerdo de alrededor de 45 kg produce alrededor de 3,2 kg de excretas diarias.

Se consideran cerdos de 45 kg, ya que es el peso promedio de la población total de los cerdos de engorda, los que constituyen alrededor del 70% de la población total del ganado porcino del país.

En el cuadro N°4 se presenta el potencial total de excretas, por región. El cálculo se hizo en base a los datos del año 1975-76, pero se puede considerar actualizado, por la escasa fluctuación de las cifras históricas.

CUADRO N° 4. ESTIMACION DE CANTIDADES DE EXCRETAS DE CERDOS (TONELADAS DIARIAS)

Región	Ton. de excretas/día
I	13,6
II	14,9
III	12,6
IV	35,4
V	94,9
VI	282,7
VII	342,6
VIII	558,1
IX	629,8
X	527,8
XI	22,7
XII	16,4
R.M.	254,7
TOTAL	2.856,2

FUENTE: INTEC/CHILE

Del cuadro N°4 se desprende que entre la V y la X Región se encuentra el 96% del potencial de residuos de porcinos.

3. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS RESIDUOS

De acuerdo a la información existente se agrupan por Región el número de establecimientos productores de cerdos y la cantidad de excretas producidas. El objeto de la agrupación regional se hace para estimar la facilidad de recolección de los residuos generados, con el fin de proceder posteriormente a su aprovechamiento. Sin embargo, ésto no sería muy válido, ya que esta actividad se realizaría en forma individual y no colectiva.

CUADRO N°5. EXCRETAS DE CERDOS PRODUCIDAS EN CRIADEROS POR REGION AÑO 1982

Región	Cantidad de excretas (miles de ton.)	% del total Regional	N°planteles en explotación por Región
V	52,4	12,0	64
VI	102,7	23,5	68
VII	50,1	11,5	39
VIII	31,9	7,3	49
IX	13,7	3.1	55
R.M.	186,5	42,6	119
TOTAL	437,3	100,0	394

FUENTE: INTEC/CHILE, sobre la base del Cuadro N° 2.

NOTA: El INE contempló en el año 1982, solo datos de las regiones V a IX y R.M.
Se incluyen datos del INE correspondientes a Encuesta 75/76, dado que contempla todas las Regiones.

4. RESIDUOS DE INTERES, FORMAS DE UTILIZACION O ELIMINACION EN EL PAIS

Las excretas, que son el único residuo de las granjas porcinas, son de un volumen realmente interesante de considerar.

Actualmente su eliminación depende de las facilidades cercanas que posean los planteles. Es así, como en algunos casos se botan a canales o ríos, en otros se van vaciando en hoyos, hechos para tal propósito, hasta que estos se llenan. También en algunos casos se aprovechan como fertilizantes de predios adyacentes.

El mayor nivel tecnológico de aplicación ocurre en la zona de Lillpel, donde se instaló un biodigestor con el objeto de producir gas metano a partir de fecas de cerdos. Al parecer está funcionando en perfectas condiciones.

REFERENCIAS

1. Encuesta Nacional de Mataderos y Ferias de Animales. Instituto Nacional de Estadísticas.

2. ODEPA-CHILE. Estadísticas Agropecuarias. 1980-1981

3. Taiganides, E.P. and Hazen T.E., 1966. Properties of farm animal excreta. Trans. Am. Soc. Agric. Engng. 374-376.

4. Barnett A., Pyle, L. and Subramanian, S.K. Biogas Technology in the Third World: A Multidisciplinary Review. Ed. IDRC. Canadá. 1978.

FUNDACION FONDO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA
FIA

5. SELECCION DE TECNOLOGIAS (COMPRENDE II.1. y II.2.)

5.1. Introducción

En general, la utilización de residuos de granjas avícolas y porcinas, se canaliza a través de las mismas tecnologías, razón por la cual dichos residuos serán analizados en forma conjunta.

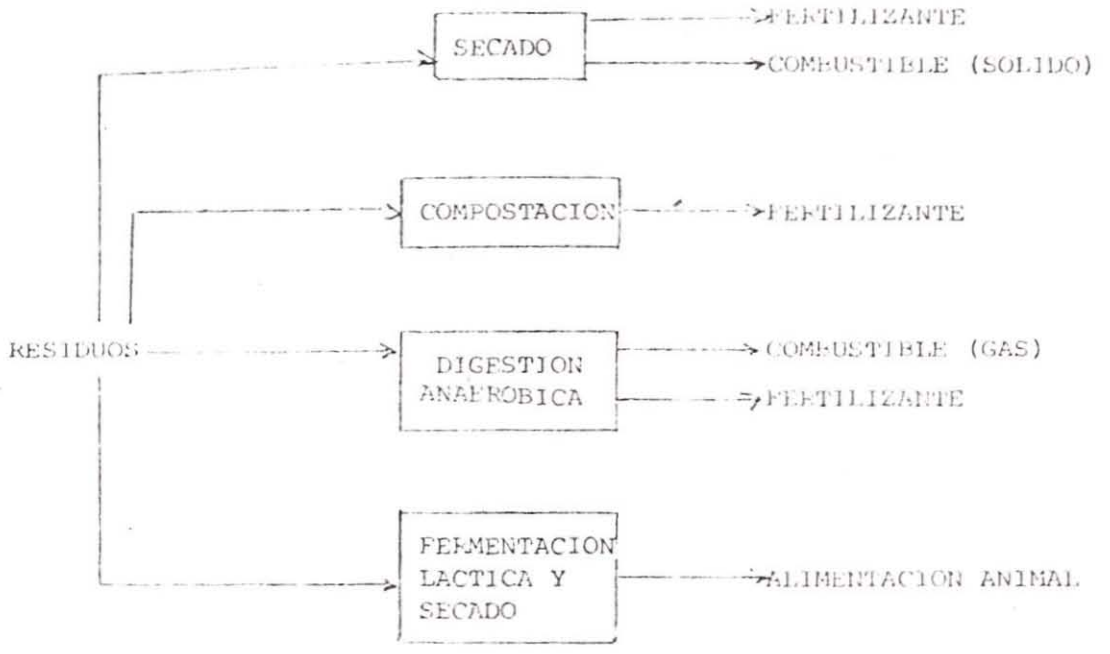
Las tecnologías que aparecen más factibles y promisorias a aplicar para aprovechar residuos orgánicos de animales de granjas avícolas y porcinas son:

. Compostación
. Producción de biogás
. Producción de alimento animal

Todas las tecnologías indicadas se basan en la acción de microorganismos, a través de diferentes tipos de fermentaciones.

Los sistemas de aprovechamiento de residuos pueden contener una o más de las tecnologías mencionadas utilizadas en forma secuencial como se ilustra en la figura siguiente:

FIGURA. ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE GRANJAS AVICOLAS Y GRANJAS



En general todas las tecnologías mencionadas tienen la posibilidad de aplicarse en diferentes niveles de complejidad, lo cual las hace bastante atractivas para ser utilizadas en medios rurales y/o de baja tecnificación

5.2. Descripción de tecnologías disponibles

5.2.1. Compostación

El proceso de compostación es un proceso biológico, mediante el cual los residuos orgánicos sufren una fermentación aeróbica y son convertidos a "humus". El proceso en si es muy complejo y ocurre naturalmente gracias a la interacción de muy diversos or-

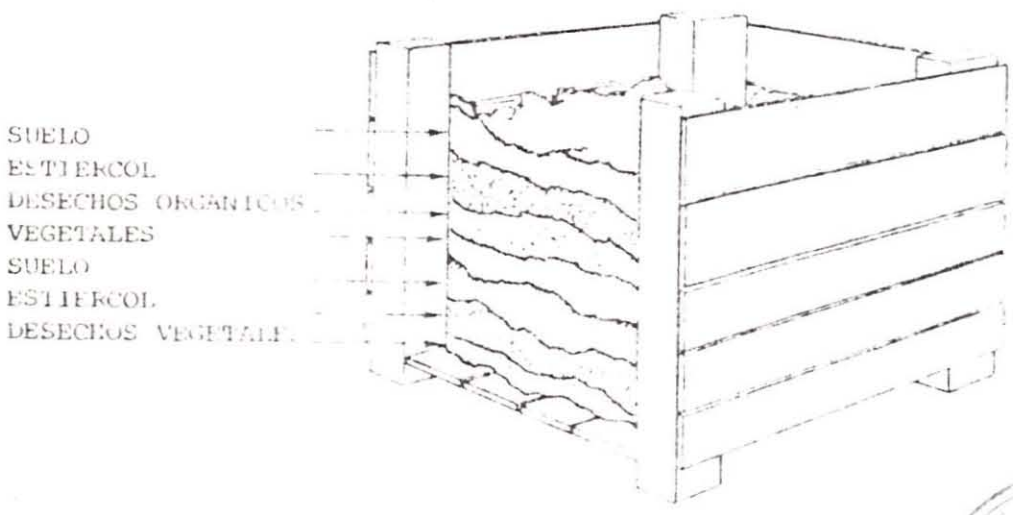
ganismos presentes en suelos, entre ellos: bacterias, hongos, protozoos, insectos, nemátodos, etc.

Si en el proceso se controla adecuadamente la aceleración del crecimiento y el metabolismo microbiano, se puede obtener un excelente producto final muy útil en la agricultura como fertilizante.

Esta tecnología es utilizada desde la antiguedad, siendo bastante conocida; puede realizarse a diferentes escalas, de acuerdo a las necesidades.

Esencialmente, el proceso de compostación consiste en formar una pila con los residuos, asegurando una aireación razonable. La figura siguiente ilustra en forma general un sistema simple de compostación por capas, utilizando una estructura ó cajón de madera.

FIGURA SISTEMA SIMPLE DE COMPOSTACION



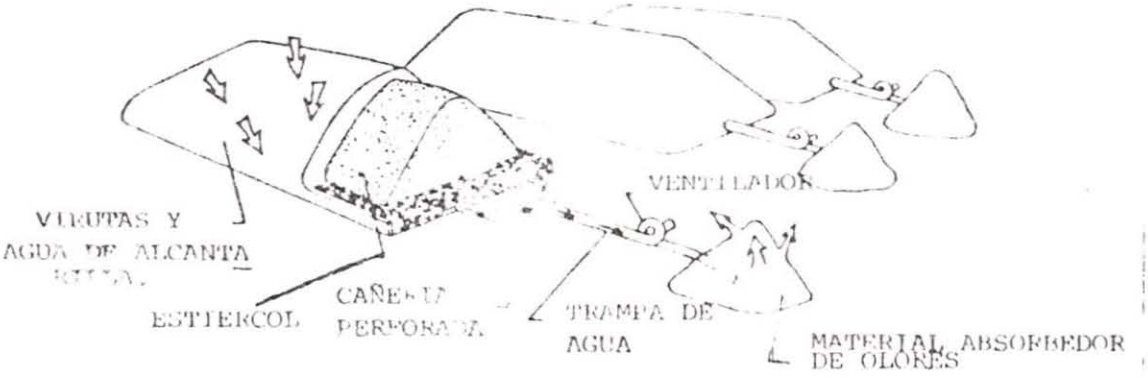
La digestión aeróbica que ocurre en el interior del sistema bajo compostación libera una cantidad de calor por lo cual, la pila aumenta su temperatura, factor que es muy importante para la eliminación de microorganismos patógenos del material.

El proceso, correctamente practicado, puede durar entre 4 a 12 semanas; un aspecto importante a observar es la humedad del material de la pila, así como la homogenización del mismo, la cual para pequeños volumenes puede practicarse en forma manual o con pala.

El sistema descrito se utiliza mucho en diferentes países del mundo, en pequeña escala, por los agricultores y en áreas esencialmente rurales.

Sistemas de compostación a escala mayor, se practican también en el mundo; un ejemplo de lo anterior es el sistema de compostación comunitaria desarrollado y aplicado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en Beltsville (Maryland). La figura siguiente ilustra los aspectos más relevantes del sistema.

FIGURA. SISTEMA DE COMPOSTACION DE PILA AIREADA (ESTADOS UNIDOS)



Se utilizó pequeños trozos de leña, agua de alcantarilla y esta mezcla se recubrió con excretas animales parcialmente fermentadas. Todo el sistema se airéó continuamente por medio de una cañería perforada, instalada en la base de la pila(*). Muchos de estos sistemas han sido instalados en forma experimental en diversos lugares de Estados Unidos.

Una variación de la compostación es el uso de gusanos de tierra en el mejoramiento de los residuos orgánicos, tanto de excretas animales, como desechos de alcantarillado y desechos agroindustriales (vermicompostación);el sistema se basa en agregar los gusanos a las pilas de compostación o bien a bandejas con las mezclas de desechos orgánicos. La ventaja de esta variación radica en que las excretas de los gusanos, por sus características físicas diferentes mejoran la textura del suelo, además de mantener la calidad nutritiva de los residuos orgánicos.

La vermicompostación se estableció ya comercialmente en Canadá, en la década del 70 y procesa en la actualidad, alrededor de 75 toneladas por semana de desechos orgánicos.

En Japón existe un sistema semejante desde 1975 y en Ontario, California se montó un sistema de demostración hace unos años atrás.

5.2.2. Fermentación anaeróbica de residuos. Producción de gas (biogas) y fertilizante

La conversión microbiológica de materias orgánicas a metano (biogas) es un proceso natural.

(*) Nótese que en la figura anterior el ventilador succiona el aire a través de las fecas y la trampa de agua es para la eliminación de este elemento.

Biogas se produce en muchos ecosistemas microbianos naturales, como en los sedimentos orgánicos de sistemas acuáticos, pantanos y suelos, en el rumen e intestino delgado, especialmente de animales herbívoros y en sustratos tales como excretas animales. La producción de biogas la realizan una compleja mezcla de bacterias aeróbicas y anaeróbicas, las cuales convierten hasta un 90% de la energía combustible de los materiales orgánicos a metano y dióxido de carbono.

Se consideran tres etapas en la digestión anaeróbica de esta mezcla compleja de sustancias orgánicas. En la primera etapa un grupo de microorganismos facultativos actúan sobre las sustancias orgánicas celulósicas. Estas sustancias se solubilizan por medio de una hidrólisis enzimática y sirven de sustrato a los microorganismos de la segunda etapa. En esta etapa las sustancias solubles se convierten en ácidos orgánicos. Los ácidos (principalmente acético) sirven como sustrato para la etapa final de descomposición, donde actúan las bacterias metanogénicas.

Estas bacterias producen metano, ya sea convirtiendo el ácido acético a metano más CO_2 o por la reducción del CO_2 a metano, utilizando hidrógeno o formiato producidos por otra bacteria. Solamente alrededor de un 10% de la energía se utiliza para el crecimiento de masa celular durante la digestión total.

Las sustancias con valor económico, como el nitrógeno amoniacal, fosfatos y masa celular, se retienen en el efluente del reactor y en el residuo, obteniéndose de esta forma un fertilizante de buena calidad o bien se puede utilizar como suplemento a la alimentación animal con un tratamiento previo. Estos residuos tienen la ventaja de no tener prácticamente el olor típico a excretas animales, lo que evita también la atracción de insectos.

La tecnología de producción de biogas está desarrollada y se puede aplicar a varios sustratos orgánicos, dependiendo en su biodegradabilidad, sus usos alternativos, la posibilidad económica de los subproductos, el uso competitivo del petróleo y también de la disponibilidad de personal entrenado.

El metano del biogas, se puede separar del CO_2 y del ácido sulhídrico que lo contaminan y ser quemado para generar electricidad y calor. El biogas también se puede adicionar al gas de cañería, ser guardado en estanques, ya sea a presión atmosférica o comprimido.

El intento de utilización del estiércol producido en granjas avícolas y porcinas es bastante antiguo y se ha desarrollado en muy diferentes países, persiguiendo objetivos diversos, puesto que en unos usos se enfatiza el aspecto energético y en otros el aspecto contaminación, o el aspecto social.

El uso del biogas ha sido bastante conocido en Europa; ya en 1895 en Exeter, Inglaterra, se utilizó el biogas en el alumbrado público.

En Francia se ha desarrollado desde hace muchos años un sistema de digestión aeróbica previa al proceso anaeróbico, cuya principal ventaja es la de aprovechar el calor de la digestión aeróbica para calentar las fecas, que se alimentan a la etapa anaeróbica; a la fecha en general se utiliza este sistema sólo en procesos batch a nivel de granjas.

Alemania produjo en 1949 un digestor "Allerhop", que era bastante eficiente; su objetivo era producir un fertilizante con alto conte-

nido de Nitrógeno sin interesar mayormente el gas producido. En 1978 existía uno en uso en Alemania.

Diferentes empresas alemanas ofrecen actualmente instalaciones comerciales de producción de biogas, pero por su alta inversión inicial no han sido muy popularizadas. En Europa Oriental también se ha investigado con interés respecto a la producción de biogas. En Estados Unidos se está investigando hace muchos años a nivel de aplicación comercial y hay varias plantas funcionando, entre ellas el digestor del grupo ECOTOPE de Monroe, Washington, (2 digestores de 190 m3 cada uno), el de "Kaplan Industries" en Bartow, Florida que opera con un digestor alimentado por las excretas de 10.000 cabezas de ganado.

Es interesante hacer notar que la empresa norteamericana Hamilton Standard considera que el tamaño mínimo económico para un digestor anaeróbico absorbe las excretas de alrededor de 4.000 cabezas de ganado para las condiciones de los EE.UU.

En Asia hay una gran cantidad de digestores funcionando; éstos en general son muy rudimentarios, y poco eficientes. India y China han estado a la cabeza en el uso de esta tecnología; en estos países se utilizan digestores sin calefacción y sin agitación; lo anterior disminuye considerablemente la producción de gas particularmente en el Invierno por la disminución de temperatura ambiental.

Actualmente existen numerosas empresas, que ofrecen la tecnología tradicional del biogas, tanto en equipos como en know-how; entre ellas Barth, de Alemania Occidental, y numerosas empresas de ingeniería tanto en el exterior como en Chile.

En los últimos años, la investigación sobre Biogás apunta hacia el aumento de la productividad del digestor.

Un ejemplo de lo anterior es el sistema desarrollado en Canadá, por el "National Research Council", mediante el cual se opera con microorganismos adsorbidos en un soporte sólido estacionario. Lo anterior ha permitido aumentar hasta 8 veces la velocidad de producción de metano por unidad de volumen de digestor, esto en equipos pilotos de 20 y 30 litros de capacidad.

Este mismo sistema ha permitido operar con el proceso de digestión a temperaturas más bajas que las utilizadas en digestores clásicos, con lo cual podría mejorar considerablemente la factibilidad económica del proceso.

En Chile se han llevado a cabo diversas experiencias relacionadas con la generación de biogas, tanto a nivel piloto como industrial. Entre los ensayos cabe mencionar los realizados por la Escuela de Ingeniería Bioquímica de la Universidad Católica de Valparaíso, Universidad Técnica Federico Santa María, CIDERE Bío-Bío, INTEC/CHILE, etc.

En la actualidad se encuentran funcionando a nivel industrial, un número limitado de digestores, en Illapel, Yumbel y Viluco, por nombrar los más conocidos.

5.2.3. Utilización de residuos de granjas avícolas y porcinas, para alimentación animal. Ensilaje

Sobre la base de consideraciones económicas, se acepta hoy día que el valor de las excretas animales recicladas como alimentación supera largamente al valor como fertilizante.

El sistema utilizado para convertir las excretas en un producto exento de contaminación y adecuado para alimento animal es el ensilaje. Durante el período de ensilaje se produce en las excretas una fermentación láctica que elimina prácticamente la totalidad de los microorganismos patógenos, nemátodos y coccidia.

El ensilaje es una tecnología bastante simple desde el punto de vista del equipamiento ya que no requiere de grandes inversiones; cualquier material que permita almacenar en forma hermética las excretas podría ser utilizado (silo de concreto, metálico, recubrimiento de material plástico, madera, etc.).

La conversión de excretas animales a alimento puede ser realizado también en forma aeróbica a través de tratamientos en pozos aireados en los cuales mediante procesos biológicos naturales se produce proteína, la que puede ser adicionada al agua de los animales.

5.3. Aplicabilidad de las tecnologías de aprovechamiento de residuos

5.3.1. Compostación

En Chile se podría llevar a cabo la compostación como una vía de aprovechamiento de las excretas animales, en cualquiera de las granjas porcinas o avícolas que existen, ya que al trabajar con

animales en confinamiento, se debe programar una limpieza rutinaria y secuencial y por ello el costo o trabajo del traslado de los residuos estaría contemplado dentro de las faenas normales del establecimiento.

El volumen de la instalación estaría dado por el volumen de excretas que sea necesario desechar diariamente, y el costo de ellas.

En el caso específico de las granjas porcinas debiera adicionarse un estanque para drenar el exceso de líquido, ya que normalmente las chancheras se lavan con abundante agua corriente, lo que diluye las excretas y dificulta el proceso de compostación.

Cabe hacer notar que el uso del abono producido por este proceso, debiera ser aplicado dentro de un radio limitado del lugar de origen de las excretas, ya que el costo del transporte podría hacer no rentable la explotación de este recurso.

5.3.2. Producción de biogas y fertilizante a través de fermentación anaeróbica

El requisito fundamental que condiciona la factibilidad técnico-económica, de la producción de biogas a partir de estiércol de granjas porcinas y avícola es el carácter de confinamiento de la explotación de los animales. Lo anterior, debido al costo que representaría la recolección de las excretas.

En cuanto al biogas y el fertilizante generado, deberían poder utilizarse en la misma granja o en su cercanía, debido a las siguientes razones:

- el biogas debe necesariamente transportarse comprimido, lo cual significa un costo adicional y una complejidad técnica, que en muchos casos no es compatible con la economía, ni la tecnología del proceso.

- el biofertilizante posee un alto contenido de humedad, por lo tanto el costo de transporte en distancias largas resulta elevado.

En lo que se refiere al volumen de la instalación, hay que distinguir claramente dos niveles de complejidad de la tecnología.

- aquel en que se opera con un sistema sofisticado que permite operar y mantener una temperatura óptima durante todo el año. Para este caso, se ha encontrado que el número mínimo de animales para una operación rentable es de dos mil cerdos ó 50.000 aves.

- aquel en que se opera con un sistema muy primitivo, sin calentamiento de ninguna especie y sin agitación; para este caso, puede considerarse que no existe una cota mínima en número de animales para una operación económicamente rentable. Hay que hacer notar, sin embargo que la producción de gas de este sistema, en relación a aquellos calefaccionados artificialmente, es notablemente más baja, dependiendo además fuertemente de la temperatura ambiental, por lo que hay gran fluctuación en su volumen.

5.3.3. Producción de alimento animal por fermentación láctica

En Chile la técnica de ensilaje de forrajes es bastante conocida especialmente en zonas de alta concentración ganadera; se presume

por lo tanto que la aplicación de dicha técnica al caso de excretas animales no debería presentar problemas de gran importancia. Se visualiza que los criaderos de ave serían los primeros que deberían aplicar sistemas de ensilaje para sus excretas; en cuanto a las fecas de cerdo, la literatura es escasa en información por lo cual se presume que existen limitaciones prácticas para ensilar dicho producto.

5.4. Características y restricciones en la aplicación de tecnologías a residuos de granjas

5.4.1. Compostación

Los factores que afectan y caracterizan al proceso de compostación, son los mismos que afectan normalmente a los procesos biológicos, entre ellos humedad, aireación, temperatura, pH, nutrientes como fósforo, nitrógeno, carbono, potasio y otros elementos minerales.

Humedad y Aireación

La humedad juega un papel importante en el proceso de compostación, los organismos vivos que interactúan en ella, requieren una humedad entre el 50 y el 70%; ésto implica un contenido de agua que asegure un ambiente húmedo pero sin ser excesivo. Si el agua cubriera el material a compostar, estaría llenando todos los poros de la pila y podría producir una extracción de nutrientes, además de promover al desarrollo de un proceso anaeróbico por la inadecuada oxigenación de los poros de la pila.

La aireación se puede incrementar por medio del movimiento de las pilas, ya sea manual, con palas o mecánicamente.

Temperatura

La temperatura del proceso comienza a niveles normales para microorganismos mesófilos (25 a 35°C) y luego aumenta a niveles apropiados al desarrollo de microorganismos termófilos (45 - 70°C). Debido a las altas temperaturas alcanzadas en el centro de la pila de compostación, la mayoría de los microorganismos patógenos y parásitos presentes en las excretas animales, son destruídos o por lo menos su número es reducido notablemente.

pH

El pH óptimo para el desarrollo de una buena compostación va entre 6 y 8. Por el proceso propio de descomposición de sustancias podría producirse excesiva acidez, por lo que se hace deseable controlar el pH de la pila. Para neutralizarlo y alcanzar los rangos óptimos se puede alcalinizar mediante la adición de compuestos calcáreos naturales como creta, cáscaras de huevos, conchas de mariscos, cenizas alcalinas, etc.

Nutrientes

El carbono y Nitrógeno, esenciales para promover el desarrollo de una flora viva, debieran estar en una razón C:N adecuada para evitar pérdidas de Nitrógeno. Se recomienda normalmente una relación C:N de 15 a 30 partes de carbono por una parte de nitrógeno Si durante la compostación se puede detectar amonio, significa que se esta perdiendo el N por volatilización, y para evitarlo se puede agregar un desecho orgánico vegetal como hojas, paja, etc.

El fósforo y potasio son esenciales para el desarrollo microbiano, el fósforo es vital en los procesos energéticos de las células y el potasio interviene regulando presiones osmóticas celulares. Estos elementos químicos están presentes normalmente en las excretas, por lo tanto no serían factores limitantes del proceso.

Entre las restricciones o limitaciones del proceso de compostación estaría el manejo de grandes volumenes de excretas, ya que es recomendable su aireación para hacerlo más eficiente. Otra limitación es el tiempo : se le debe permitir un apilamiento de un año, antes de su aplicación para asegurarse la total destrucción de gérmenes patógenos, propios de las excretas animales

Se conoce que el proceso ha finalizado, cuando la temperatura de la pila es la misma que la del ambiente.

5.4.2. Digestión anaeróbica de residuos de granjas porcinas y avícolas

Los factores a considerar en la concepción y operación de un sistema de digestión anaeróbica de excretas, se indican a continuación:

5.4.2.1. Factores de construcción

Existe una gama muy variada de diseños de equipos de generación de biogas a partir de excretas, de distintos niveles de sofisticación. En esencia el sistema consiste en un estanque hermético en donde se realiza la digestión y un dispositivo acumulador de gas. La figura siguiente muestra 2 diferentes diseños de digestores utilizados a nivel comercial y casero.

(a) Tipo mezcla vertical

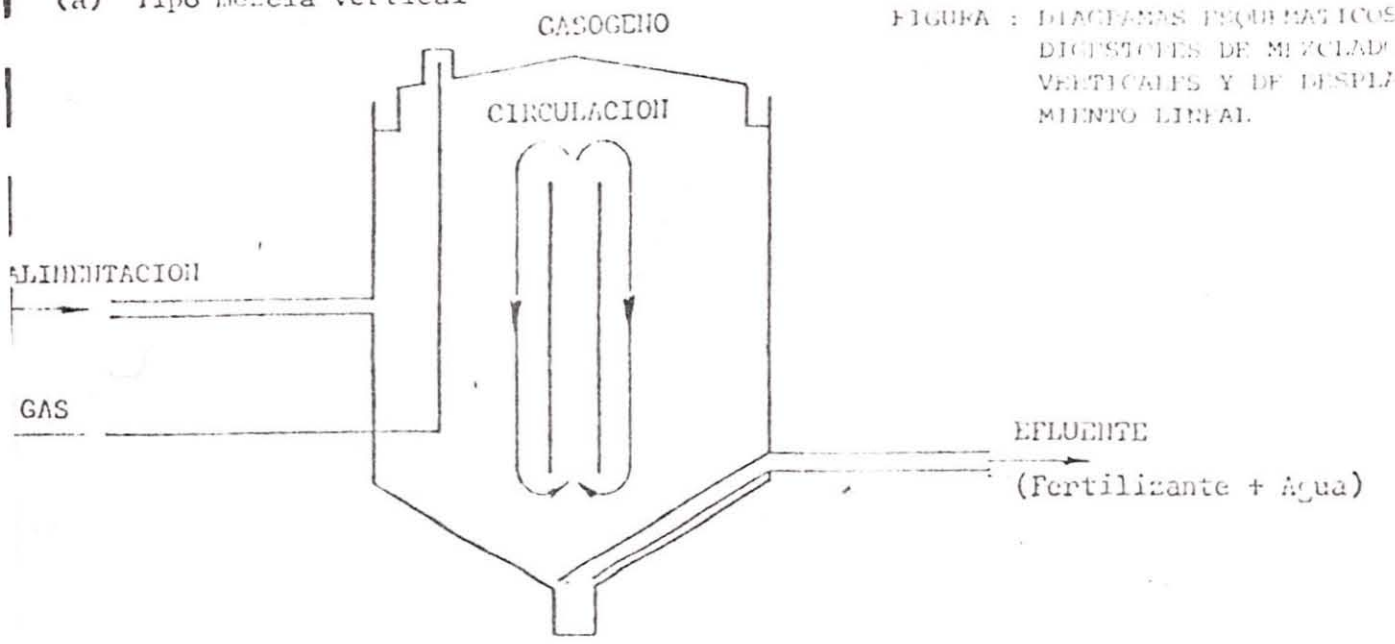
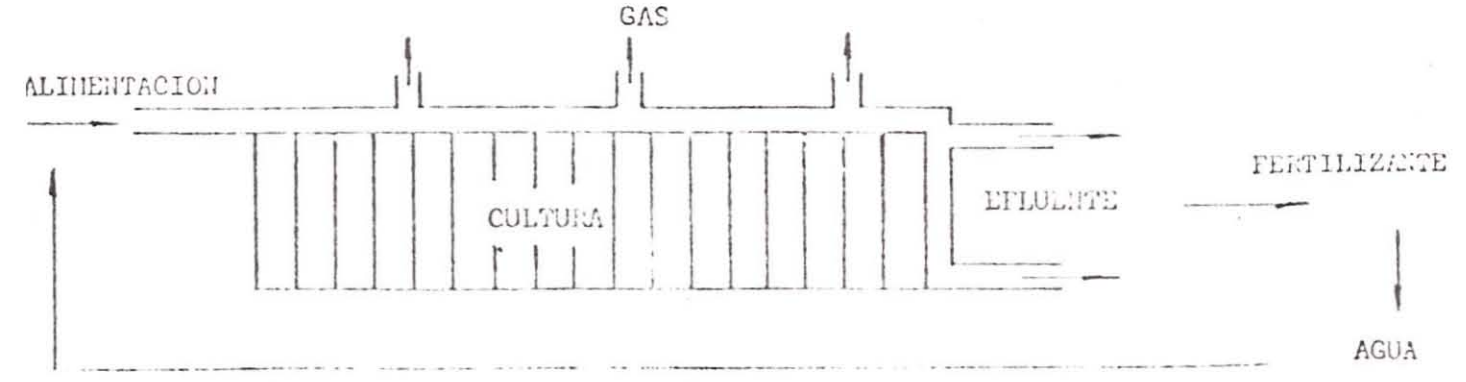
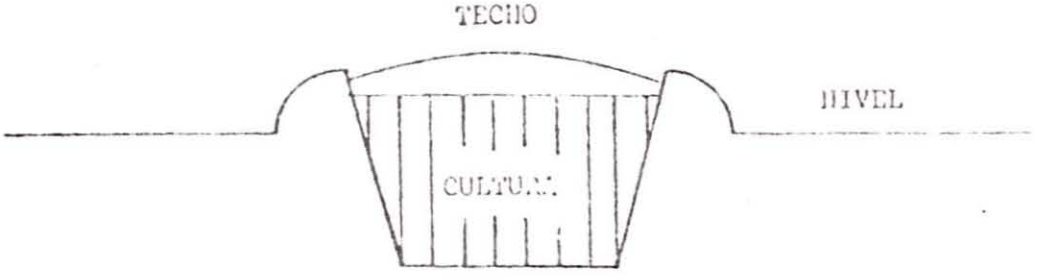


FIGURA : DIAGRAMAS ESQUEMATICOS DE DIGESTORES DE MEZCLADO VERTICALES Y DE DESPLAZAMIENTO LINEAL

(b) Tipo de desplazamiento lineal



SECCION LONGITUDINAL DEL CANAL



SECCION TRANSVERSAL

Una importante variable en el diseño de estos equipos es lo relativo a los costos, particularmente los asociados con la conversión de los desechos a gas y el almacenamiento del gas. La capacidad de almacenamiento de gas es necesaria debido a la amplia fluctuación entre la producción y el consumo horario a través de las estaciones.

Se debe remarcar que en general los costos del equipo varían con el exponente 2/3 del volumen del mismo , ésto significa la conveniencia de aumentar al máximo la capacidad de digestión de equipo a condición de poder evacuar los fertilizantes y mantener tasas razonables de eficiencia de gas generado por material ingresado.

Una forma de disminuir los costos es mediante la utilización de materiales baratos, como estanques inutilizados o pozos abandonados como medios de almacenamiento de gas, o utilizar diseños económicos en el cual uno de los más ventajosos es el diseño lineal horizontal.

Junto a la gran variedad de diseños adaptados a las condiciones locales de uso, se debe además remarcar la importancia de la alimentación y dosificación de la carga que se entrega al aparato digestor para obtener cantidades abundantes de gas. En efecto, a través de las experiencias realizadas se ha demostrado que dependiendo de las características de la excretas, se debe establecer un cierto equilibrio entre las proporciones de éstas, agua y residuos vegetales ,pudiendo degenerar el proceso a putrefacción, o bien a un equilibrio gaseoso negativo en el cual el poder calorífico de la mezcla será muy bajo por la carencia de metano. Una vez establecida esta dosificación y el ritmo de carga del equipo, la operación es totalmente rutinaria.

5.4.2.2. Factores de operación

Temperatura

La velocidad de fermentación decrece rápidamente bajo los 20°C, obteniéndose las mayores velocidades alrededor de los 40°C (temperatura óptima para muchas bacterias mesófilas). La temperatura óptima de operación económica para un determinado digestor depende de varios factores como aislación, clima, velocidad de descomposición de los sustratos y concentración de nutrientes y otras sustancias formadas durante la descomposición de las sustancias orgánicas.

pH

Otro factor importante en el rendimiento de biogas es el pH, el cual se debe mantener en un rango neutro de 6,8 - 7,8 para operar con las velocidades óptimas. El pH varía de acuerdo a la concentración de ácidos o amoníaco en el reactor. El porcentaje de sólidos y la biodegradabilidad de los sustratos de la alimentación es también importante.

Microorganismos

Las bacterias son sensibles a cambios bruscos en las velocidades de alimentación y tiempo de retención, perdiendo potencial de actividad rápida cuanto tienen períodos largos de inactividad por falta de alimentación del reactor. Un sistema rápido y eficiente de producción de metano requiere una alimentación contínua o semicontínua, sin cambios drásticos en las condiciones de operación. Debido a ésto y a la necesidad de calefaccionar el reactor, diges-

tores de volúmenes grandes resultan más económicos. Por otra parte, la condición de anaerobiosis estricta es esencial para la buena marcha del proceso, lo cual implica una buena estanqueidad del digestor.

Ya sea a nivel de granjas o de comunidades, la efectiva producción de biogás requiere de un manejo competente y entrenado; sin embargo, ésto no sería problema con capacitación y extensión de las tecnologías y de la operación del digestor.

5.5. Utilización de los productos obtenidos de los residuos

5.5.1. Compostación

El producto resultante del proceso de compostación puede utilizarse como fertilizante; como mejorador de suelos, debido a la estructura física que posee y la excelente capacidad de retención de aguas; como "humus" o tierra de hojas para macetas en jardines y viveros.

La aplicación del proceso llamado vermicompostación, reseñado al comienzo del informe, presenta la ventaja adicional de poder "cosechar" los gusanos, los que podrían ser una fuente proteica adicional para la alimentación de peces y aves.

5.5.2. Digestión anaeróbica

Los productos obtenidos de la digestión anaeróbica de excretas animales son gas (biogas) con un contenido de aproximadamente 60% v/v de metano, y fertilizante en forma líquida.

En términos generales un criadero de aves o cerdos requiere de energía para calefacción de una parte del plantel (maternidades, etc.). La producción de biogas resulta por tanto adecuada, a dicha situa-

ción aún cuando la factibilidad económica debe ser evaluada en cada caso particular.

Cabe la posibilidad de utilizar el biogas producido para la generación de energía eléctrica, en caso que esto fuese requerido; al respecto se puede mencionar que la Compañía FIAT Italia desarrolló un motor especialmente adaptado para ser usado con biogas; el sistema denominado TOTEM produce energía y agua caliente (agua de enfriamiento del motor).

Por otra parte, el fertilizante líquido producido en forma diaria como efluente del proceso, puede ser utilizado directamente en cultivos agrícolas puesto que sus propiedades de fertilización resultan mejoradas por el proceso de digestión a la vez que los microorganismos patógenos son eliminados.

Debe indicarse sí que la utilización del fertilizante se debe plantear a distancias razonables del punto de generación puesto que por el alto contenido de agua, la incidencia del flete por unidad de fertilizante seco es bastante alta.

5.5.3. Uso de residuos de granjas avícolas y porcinas en alimentación animal

En el ensilaje de excretas, particularmente de granjas avícolas, debe considerarse la mezcla de las mismas con material vegetal fermentable de tal manera de llegar a un porcentaje de sólidos en el producto entre 50 y 60%.

Un ejemplo de proporción de mezcla de excretas de ave y paja es : 60 partes de excretas y 40 de paja, o bien, 60 partes de excretas

20 de pajas y 20 de heno, residuos vegetales o grano molido.

La mezcla anterior, convenientemente fermentada puede constituir una ración completa de ganado, por ejemplo, haciendo notar sin embargo la deficiencia de vitamina A, la cual debe ser adicionada.

En Chile existe a lo menos un usuario en la zona Central, que alimenta ganado usando guano de gallina, en mezcla con otros productos, de modo tal que prácticamente la casi totalidad de la producción de guano en sus criaderos de ave se utiliza para este objeto.

También se está utilizando el estiércol de cerdo en la alimentación de vacunos, en dos o tres criaderos en Chile. En el caso específico de las excretas de cerdos se aplica un tratamiento patentado por Alfa-Laval, basado en una aireación de las excretas, con el cual se acelera la velocidad de fermentación de las mismas, destruyendo a la vez gérmenes patógenos. Este producto se seca al aire, hasta disminuir la humedad a un 60% y luego se mezcla con afrechillo, heno y harina de pescado.

El producto puede utilizarse tanto como fertilizante, como parte de la dieta de alimentación de ganado.

El riego con excretas animales sin tratar, no es aconsejable por el riesgo que implica el alto contenido de gérmenes patógenos que poseen naturalmente estos residuos.

5.6. Observaciones finales sobre el uso de productos obtenidos a partir de residuos de granjas avícolas y porcinas

La aplicación de las tecnologías de digestión, producción de biogas y producción de alimento animal para el aprovechamiento de ex-

cretas de porcinos y aves, deben plantearse con miras a una utilización del producto obtenido en el mismo lugar de generación de los residuos.

En el caso de criaderos de cerdos y de aves, los requerimientos energéticos del plantel son sólo una fracción del total teórico de la energía que se puede llegar a producir por medio del biogas, de allí la necesidad de contar con un sistema mixto, de aprovechamiento de los residuos; podría ser mediante parte del uso de las excretas en compostación, parte destinarlo a producción de alimento para vacunos y otra parte en la obtención de energía a través del biogas.

En las alternativas de obtención de fertilizante, tanto por digestión anaeróbica como por compostación, el factor transporte implica un costo relativamente alto, lo que limitaría su aplicación a:

- utilizar el fertilizante en un radio cercano al criadero que lo genera, o
- secarlo, lo que debiera realizarse en forma natural, al aire, por ejemplo en canchas.

La aplicación de estas tecnologías en la utilización de excretas de animales, son altamente recomendables, por el impacto que causa en el entorno una disminución de la contaminación de gérmenes patógenos fecales.

CARTILLA : TECNOLOGIAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE GRANJAS AVICOLAS Y PORCINAS

INTEC - CHILE

FUNDACION FONDO DE INVESTIGACION AGRARIA
FIA

FUNDACION FONDO DE INVESTIGACION AGRARIA - FIA

CARTILLA : TECNOLOGIAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE GRANJAS AVICOLAS Y PORCINAS

1. INTRODUCCION

Las técnicas para el tratamiento de residuos de granjas avícolas y porcinas se pueden catalogar enteramente dentro de los procesos que involucran acción de microorganismos.

Dichos procesos por otra parte son conocidos (y aplicados en algunos casos) desde hace bastante tiempo; la tecnología moderna ha logrado sin embargo, diseñar herramientas y sistemas para mejor utilizar la actividad de los microorganismos involucrados.

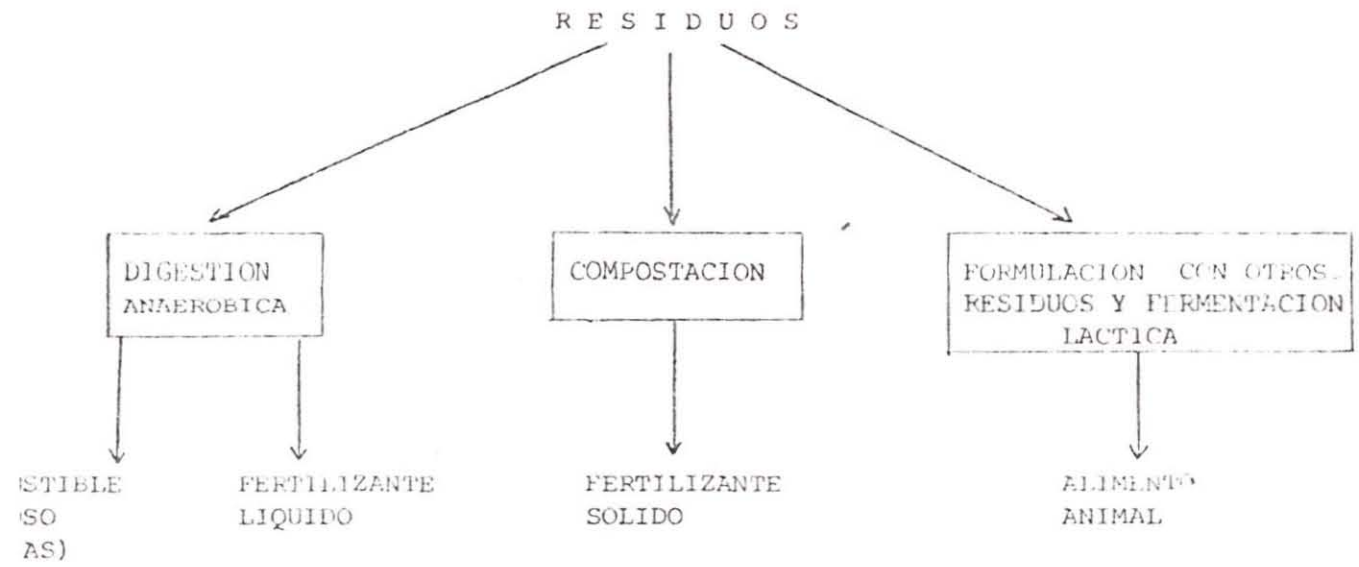
2. TECNOLOGIAS PARA APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE GRANJAS AVICOLAS Y PORCINAS

Se ha considerado tres aplicaciones para aprovechar las excretas y camas de criaderos de aves y granjas porcinas.

- Digestión anaeróbica
- Compostación
- Elaboración de alimento animal

Sin duda que aparte de las citadas tecnologías, existen otras que son practicadas a partir de los residuos indicados; sin embargo, sobre la base de consideraciones de simplicidad de manejo y de economía de los procesos, se han seleccionado las referidas tecnologías. La Figura siguiente indica los productos finales obtenidos mediante la aplicación de cada una de las tecnologías seleccionadas.

FIGURA : APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE GRANJAS PORCINAS Y AVICOLAS



El aprovechamiento integral de los residuos en una situación dada, probablemente exigirá utilizar más de un sistema; cada caso deberá ser estudiado en forma particular por cuanto las restricciones en cuanto a la utilización de los productos (biogas, fertilizantes, etc.) determinarán la conveniencia del o los sistemas a usar.

Se considera que la tecnología de digestión anaeróbica para producir biogas está suficientemente probada en el mundo y en Chile, en tanto que, el aprovechamiento de residuos de granjas a través de la compostación y ensilaje no han sido desarrolladas en forma masiva en nuestro país.

Cada una de las tecnologías será discutida por separado, poniéndose énfasis en la digestión anaeróbica, en razón a la experiencia e información que se tiene en este tema.

3. IDENTIFICACION DE RESIDUOS

Los residuos considerados de interés en granjas o planteles de crianza de cerdos y aves se indican en el siguiente cuadro:

RESIDUOS DE INTERES

PLANTELES PORCINOS (*)	PLANTELES AVICOLAS (*)
Excretas o deyecciones	Excretas y/o "camas" (mezcla de excretas, plumas y restos de alimentos)

(*) Sin incluir residuos de faenamiento

4. CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS

Las características más relevantes de los residuos de granjas avícolas y porcinas se muestran en los cuadros siguientes:

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE CAMAS Y EXCRETAS DE AVES EN CRIADEROS CHILENOS (base materia seca)

	Materia seca(%)	Cenizas (%)	Proteina cruda(%)	Extracto etéreo(%)	Fibra cruda(%)
CAMAS DE BROILER					
Piso de tierra	60,7±11	29,3±3,9	22,4±0,7	2,4±0,7	30,3±10,8
Piso de cemento	60,9±11	13,6±4,6	28,7±4,5	2,7±1,4	29,6±9,5
AVES DE POSTURA					
Excretas	39,4±14,3	45± 3	20,2±5,3	2,5±0,9	16±4,2
Camas	74,4±10,5	33±0,4	14,6±4,4	1,2±0,5	26,9±13,5

FUENTE : Sociedad Chilena de Producción Animal. Utilización de Subproductos en la Alimentación de Ganado. Claudio Wernli. Editor; Santiago 1982.

CARACTERIZACION ENERGETICA DE EXCRETAS ANIMALES (Base : 1 día)

ANIMAL	Peso (kg)	Residuo Total (kg)	Sólidos volatiles (kg)	Metano producido (m3)
Cerdo en engorda	91	7,7	0,8	0,28
Hembras en reproducción	125	7,7	0,8	0,23
Ponedora	1,8	0,1	0,02	0,01
Broiler	0,9	0,06	0,01	0,004

5. DIGESTION ANAEROBICA DE RESIDUOS DE GRANJAS AVICOLAS Y PLANTELES PORCINOS

5.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La conversión de material orgánico a biogas es un proceso natural, del cual se puede extraer energía en forma limpia; el proceso de transformación de residuos orgánicos a biogas es muy complejo, pero puede resumirse en la forma que se muestra en la figura siguiente:

GENERACION DE BIOGAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGANICOS

RESIDUOS - MATERIAL CELULOSICO - GRASAS - PROTEINAS	BAJO LA ACCION DE DIFERENTES TIPOS DE BACTERIAS →	BIOGAS compuesto de: - METANO - ANHIDRIDO CARBONICO - PEQUEÑAS CANTIDADES DE OTROS GASES

La digestión de los residuos debe realizarse en condiciones de ausencia de aire para así asegurar la acción de las bacterias metanogénicas; lo

anterior significa cerrar en forma hermética el recipiente en donde se realiza la digestión.

Otras condiciones del proceso que deben preferentemente cumplirse a fin de obtener el máximo flujo de biogas del digestor son:

- Temperatura en el rango 35 - 40°C
- Un moderado grado de agitación
- El pH del material en el digestor en el rango 6,8 a 7,8
- Una alimentación diaria con un volumen fijo de residuos a fin de establecer un tiempo de residencia lo más constante posible de los residuos en el digestor.
- Evitar hasta donde sea posible los cambios bruscos de cualquier variable en el digestor.

5.2. EQUIPOS E INSTALACIONES

En su parte básica un sistema de obtención de biogas consta de:

a. Un recipiente hermético en donde se realiza la digestión. Dicho recipiente puede tener forma muy variada y los materiales de construcción son concreto, metal, plástico flexible, etc. o una combinación de los anteriores. Se recomienda que el digestor esté aislado térmicamente a fin de disminuir las pérdidas de calor.

b. Un adecuado sistema de ductos de alimentación y evacuación del material bajo fermentación.

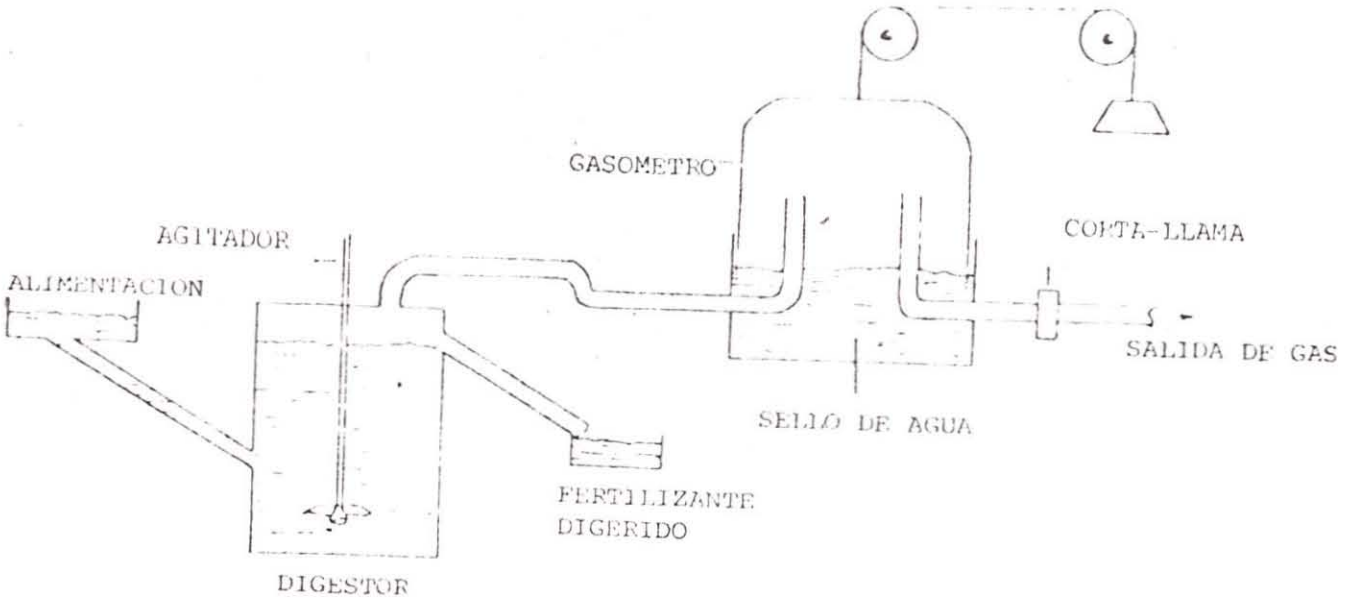
c. Un recipiente para acopio del gas producido (gasómetro) que puede construirse separado del digestor o formar parte integrante de él; para el gasómetro se prefiere materiales completamente impermeables a los gases como metales o plástico.

Los elementos anteriores forman la configuración básica de un digestor; adicionalmente y con el objeto de mejorar la eficiencia de producción de gas, debería dotarse el digestor de:

d. Elementos para agitar el contenido del digestor, en forma contínua o eventual.

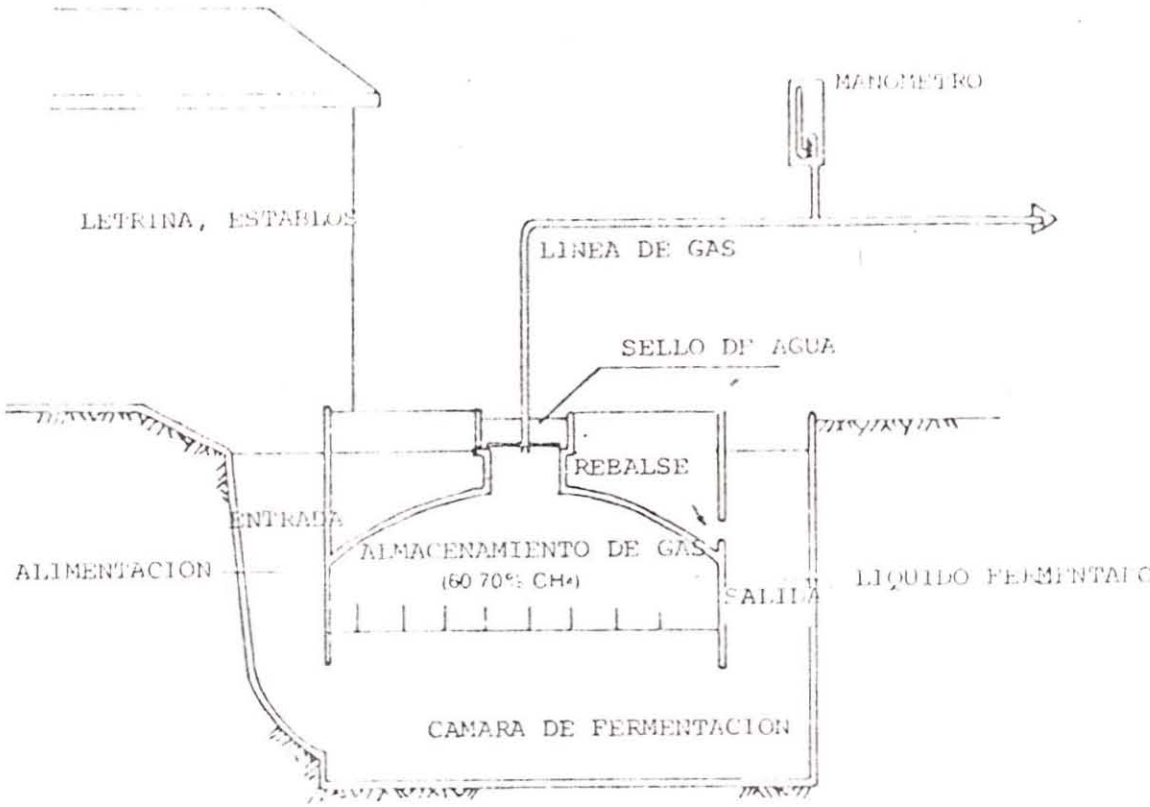
e. Elementos de calefacción para el contenido, particularmente el producto que entra al digestor cada día; debe proveerse además de algún sistema de seguridad para no sobrepasar un límite de temperatura en el digestor.

Existe una gran diversidad de diseños de sistemas de digestión anaeróbica de residuos; las figuras siguientes ilustran en forma esquemática la construcción de algunos diseños ampliamente difundidos en el mundo como por ejemplo el diseño chino y el diseño hindú. Se muestra, además, en forma muy simplificada, la idea de algunos sistemas más sofisticados con elementos térmicos y mecánicos cuya inclusión persigue un aumento en la eficiencia de generación de biogas.

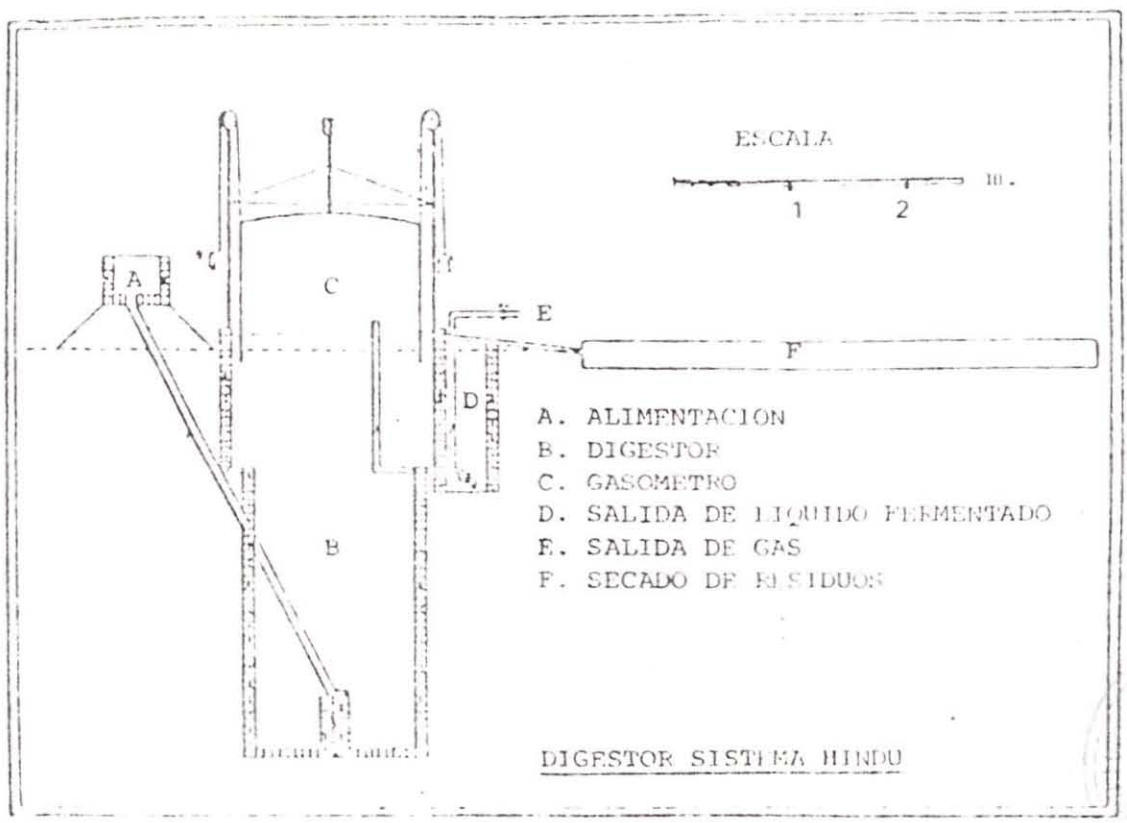


ESQUEMA GENERAL DE UN DIGESTOR DE BIOGAS

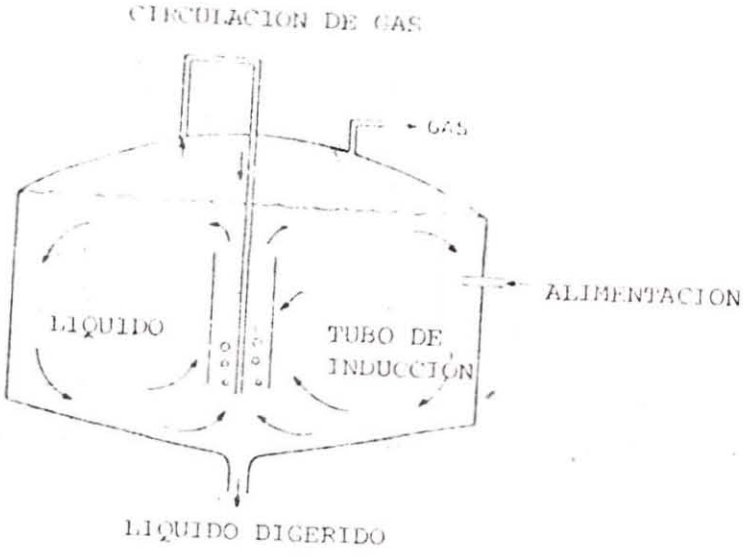
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FIA



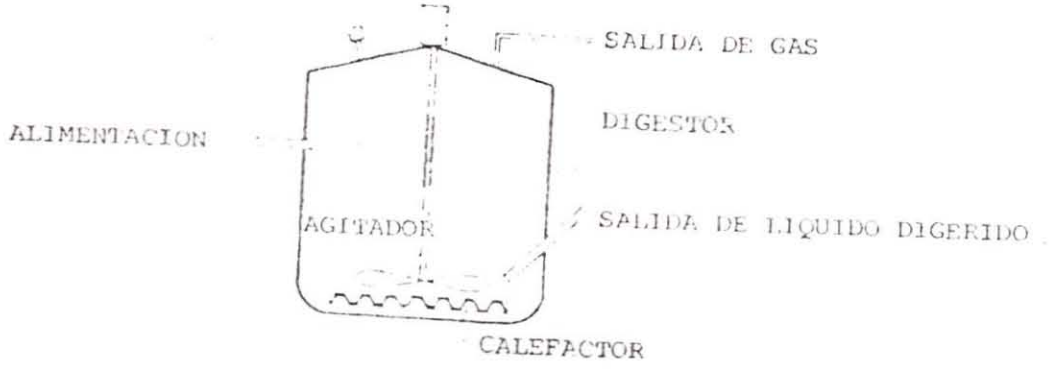
DIGESTOR SISTEMA CHINO



DIGESTOR SISTEMA HINDU



DIGESTOR CON AGITACION POR MOVIMIENTO DEL BIOGAS



DIGESTOR CON CALEFACCION Y AGITACION MECANICA

ESQUEMA DE DIGESTORES MAS SOFISTICADOS

FUNDACION FONDO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA
FIA

5.3. INFORMACION TECNICA BASICA SOBRE EL SISTEMA DE DIGESTION ANAEROBICA DE RESIDUOS

5.3.1. Velocidad de producción de biogas

La forma más simple de expresar la velocidad de producción de biogas es basándose en el volumen del digestor; así, una cifra conservadora considera la generación de una vez el volúmen total del digestor cada 24 horas; por ejemplo, un digestor de 3 m3 generaría 3 m3 por día de biogas con aproximadamente 65% de metano, ésto para el caso específico de pollos.

El valor anterior considera que el digestor se mantiene calefaccionado a una temperatura entre 35 y 40°C y con una adecuada alimentación diaria de residuos; a temperatura menor, la velocidad de producción de biogas disminuye sustancialmente.

La literatura indica que en algunos casos de digestores altamente sofisticados, se obtienen rendimientos mayores que el indicado anteriormente.

5.3.2. Eficiencia de producción de biogas de diferentes residuos

A modo indicativo se consigna en el cuadro siguiente la eficiencia de producción de biogas de diferentes excretas, expresada en forma relativa y considerando el peso seco de las mismas, ya que la humedad suele ser extremadamente variable.

EFICIENCIA DE PRODUCCION DE BIOGAS DE DIFERENTES EXCRETAS. VALORES RELATIVOS, EXPRESADOS POR UNIDAD DE EXCRETA SECA

ANIMAL	EFICIENCIA
Caballo	21
Vaca	34
Cerdo	85
Oveja	93
Pollo	100

5.3.3. Relación entre número de animales y volumen de digestor

Para una situación dada, el volumen del digestor estará determinado por el número de animales cuyas excretas se requiere procesar; puede ocurrir también, que se desea calcular el requerimiento de animales para producir cierta cantidad de biogas.

El cuadro siguiente indica en forma aproximada la relación entre volumen de digestor (y por lo tanto producción de biogas) y animales.

Volumen digestor (m3)	5	10	50	100	200
Número de animales					
Cerdos	42	84	417	834	1670
o					
Aves	1040	2080	10400	20800	41600

5.3.4. Volúmenes de biogas requeridos para aplicaciones específicas

Entre los diversos usos del biogas se cuenta: alumbrado, generación de potencia, calefacción, etc. Se indica en el cuadro siguiente los requerimientos horarios de biogas para aplicaciones específicas.

REQUERIMIENTOS DE BIOGAS PARA ALGUNAS APLICACIONES ESPECIFICAS

APLICACION	ESPECIFICACION	CONSUMO m3/hr
Cocción	Cocina con quemador de 2"	0,33
	Cocina con quemador de 4"	0,47
	Cocina con quemador de 6"	0,64
	Promedio por persona-día	0,40
Alumbrado	Por lámpara de 100 candelas	0,13
Motor de gasolina o diesel	Adaptado a uso con biogas, por HP, considerando eficiencia de 25%	0,45 - 0,51
Refrigerador	Por cada pie cúbico de capacidad	0,030
Incubadora	Por cada pie cúbico de capacidad	0,015

5.3.5. Insumos y servicios requeridos para digestión anaeróbica

En general el nivel de servicios requeridos (electricidad, básicamente) dependerá del grado de tecnificación del digestor; así para sistemas rudimentarios como el chino o el hindú no se requiere de energía eléctrica para alimentar motores o bombas. En caso de digestores con un mayor grado de sofisticación se requerirá de energía eléctrica. A modo

de ejemplo, un digestor con sistema de agitación mediante bomba de recirculación, calentamiento con un serpentín de agua con temperatura controlada automáticamente, presenta los siguientes requerimientos energéticos indicados en el cuadro siguiente.

REQUERIMIENTO ENERGETICO DE DIGESTORES CON AGITACION Y CALENTAMIENTO

Volumen m3	50	100	250	500
KWH/día x m3 capacidad	1,06	0,94	0,67	0,66

En cuanto a requerimientos de agua, el consumo principal corresponde a la alimentación del digestor, vale decir para diluir las excretas que se introducen cada día al aparato; dicha dilución es variable dependiendo del grado de humedad de las excretas, a veces en proporción 1 a 1; por otra parte debe considerarse un tiempo de residencia de las excretas en el digestor de aproximadamente 25 días, lo cual significa cargar cada día el digestor con 1/25 avo de su volumen; lo anterior significa un consumo de agua de una vez el volumen del digestor cada 50 días de operación aproximadamente.

En lo que se refiere a calentamiento del digestor la práctica habitual recomienda utilizar una parte del mismo gas generado para este efecto (entre 20 - 30% dependiendo de la temperatura ambiente). Dicho volumen debe restarse a la cantidad generada, quedando el remanente disponible para consumo.

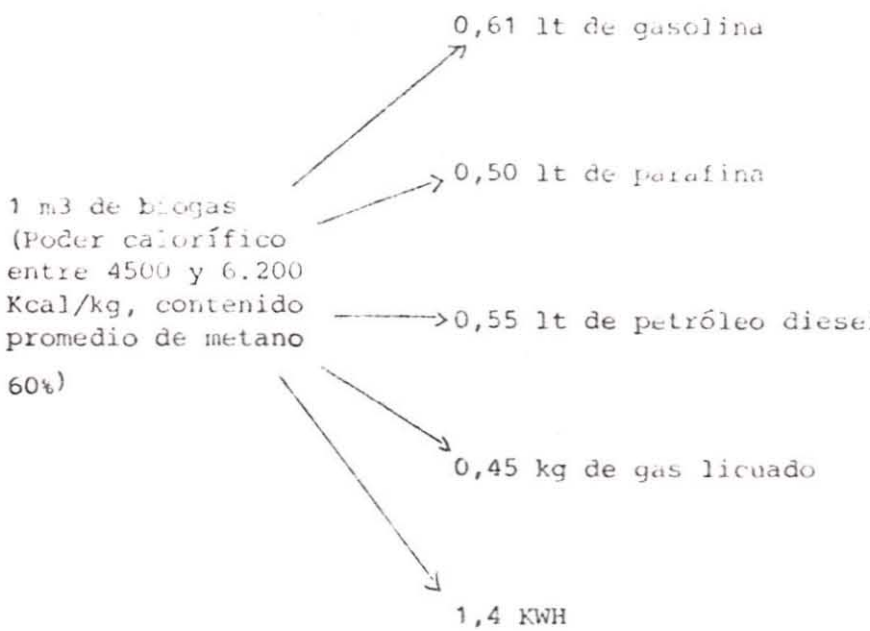
5.4. CARACTERISTICAS Y USOS DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS

5.4.1. Biogas

Combustible gaseoso formado fundamentalmente por metano (CH_4) y anhidrido carbónico utilizable en cualquiera de las siguientes aplicaciones:

- Cocinas
- Alumbrado
- Refrigeradores a gas
- Calefactores
- Generación de energía eléctrica

El equivalente de 1 m3 de biogas en términos de otros energéticos es el siguiente:



5.4.2. Fertilizante resultante de la digestión anaeróbica de residuos

La práctica de digestión anaeróbica de residuos ha mostrado que las características del efluente líquido resultan mejoradas por el proceso en particular para su uso como fertilizante.

- El olor resulta bastante disminuído
- Los microorganismos patógenos se destruyen completamente
- La disponibilidad de algunos nutrientes resulta aumentada

El cuadro siguiente indica un análisis químico típico del efluente de una digestión anaeróbica de excretas de ave.

ANALISIS DEL EFLUENTE LIQUIDO DE UNA FERMENTACION ANAEROBICA DE EXCRETAS DE AVE

PARAMETRO	RANGO
Sólidos totales (%)	5,0 - 7,2
Sólidos volátiles como % de sólidos totales	52 - 62
pH	7,7 - 8,0
Nitrógeno total mg/lt	8000 - 10300
Nitrógeno amoniacal mg/lt	6500 - 8100
Fósforo mg/lt	2000 - 2800
Potasio mg/lt	2600 - 5100

5.5. Aplicación en Chile de la tecnología de producción de biogas y sus riesgos y limitaciones

La tecnología de producción de biogas es totalmente factible desde el punto de vista tecnológico; actualmente existen en el país algunos digestores en funcionamiento; entre ellos el de la parcela "La Colonia" en Illapel. Este digestor de 300 m3 de capacidad, funciona calefaccionado a 35°C, utilizando parte del biogas para este objeto. El fertilizante producido se utiliza en la misma parcela, y el excedente energético, en la forma de biogas será utilizado en el futuro para una planta deshidratadora.

Otros digestores han funcionado en Chile en forma esporádica, debido a que no poseen, o poseen sistemas muy rudimentarios de mantención de las fecas a temperaturas promedio de sobre 30°C, que es la temperatura adecuada de fermentación.

Una limitación fundamental que va a condicionar la factibilidad técnico-económica de la producción de biogas a partir de excretas, es el carácter de confinamiento de la explotación de los animales, por el costo que significaría la recolección de las excretas. Otra indicación de importancia, es la de la utilización de todo el biogas generado y el fertilizante, en la misma granja o en la cercanía del plantel porcino o granja avícola, por el costo de transporte tanto del fertilizante como del gas y por la complejidad técnica y el costo de comprimir el biogas producido para que su transporte sea compatible con la economía.

6. COMPOSTACION

6.1. Descripción del Proceso

El proceso de compostación, es un proceso biológico por el cual los residuos orgánicos sufren una fermentación aeróbica y son convertidos a "humus". El proceso en sí es muy complejo y ocurre naturalmente debido a la interacción de muy diversos organismos presentes en los suelos, entre ellos bacterias, hongos, protozoos, insectos, nemátodos, etc.

El tratamiento de las excretas para la compostación debe realizarse con la adición de material vegetal, con alto contenido de celulosa y en presencia de aire; para lograr un buen proceso se debe por lo tanto mezclar las excretas y los restos vegetales por capas. El proceso demora alrededor de 4 a 12 semanas, conociéndose el punto final por la estabilización de la temperatura dentro de la pila, la que se equilibra con la temperatura ambiente.

Otras condiciones que se deben cumplir para asegurar un buen proceso son:

- Humedad entre el 50 y el 70%
- pH del material a compostar debe estar en el rango de 6,0 a 8,0
- Temperatura, la primera parte del proceso se desarrolla entre los 25 y 35°C (bacterias mesófilas); luego el proceso continúa a temperaturas de 45 a 70°C (bacterias termófilas)
- Nutrientes, es importante la relación C:N;ésta debiera ser 1: 15-30. Por ello es necesario agregar material vegetal como paja, hojas y aserrín e incluso trozos de madera o virutas. Fósforo y Potasio son importantes para el proceso.

A modo de información se entrega en el cuadro siguiente porcentaje de N y relación C:N de diferentes productos de desecho .

CONTENIDO DE N Y RELACION C:N DE DESECHOS ORGANICOS

	N (%)	C:N
Desechos animales		
Orina	15-18	0,8
Sangre	10-14	3,0
Excretas de aves	6,3	14
Excretas de cerdos	3,9	20
Excretas de vacunos	1,7	18
Residuos vegetales		
Heno	4,0	12
Alfalfa	2,4 - 3,0	16 - 20
Paja	1,1	48
Pajilla de trigo	0,3	128
Aserrin	0,1	511
Otros desechos		
Basura doméstica	2,2	25
Algas	1,9	19

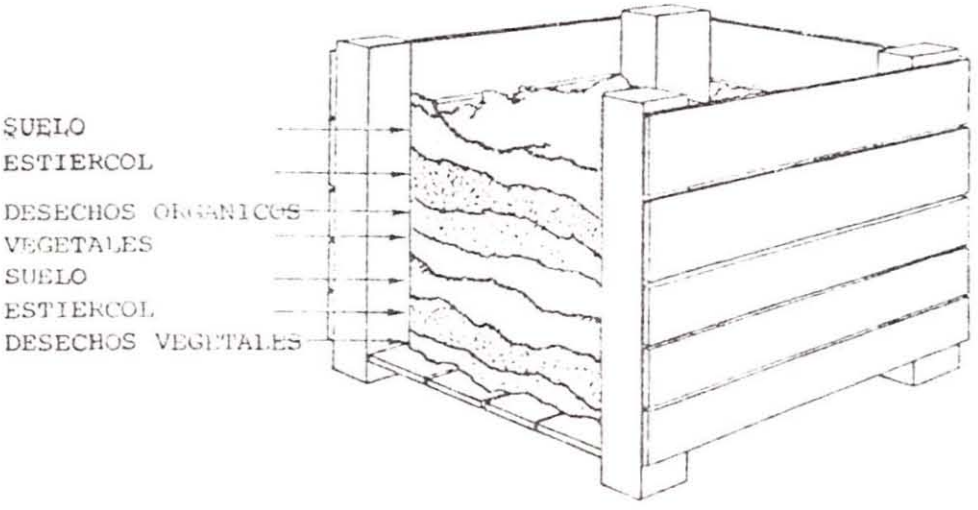
FUENTE : Methane Generation from Human, Animal, and Agriculture Wastes, National Academy of Sciences, 1977.

6.2. Instalaciones

El proceso de compostación puede llevarse a cabo en forma muy rudimentaria y a muy diferentes escalas, de acuerdo a las necesidades y a los volúmenes de excretas disponibles.

El sistema más simple de compostación, que se ilustra en la figura siguiente, puede ser realizado a nivel rural; no requiere necesariamente de un cajón de madera, también puede efectuarse por simple llenado de fosos, cavados en terrenos sin excesiva humedad.

FIGURA : COMPOSTACION - SISTEMA SIMPLE



Otro sistema, muy utilizado en China, es armar pilas, en que la mezcla de excretas con residuos vegetales va en la relación 1:4. La pila es generalmente elongada, a la cual se le insertan "palos" de bambú, los que sirven para ventilar la pila. Una vez terminada la preparación de la mezcla de compostación en la pila, se recubre con barro; una vez que éste se ha endurecido, se remueven los palos de ventilación. El barro actúa como un excelente material aislante, lo que ayuda a mantener la temperatura natural de compostación en forma pareja en la pila, contribuyendo así a destruir los gérmenes patógenos de las excretas, además impide la evaporación de nutrientes volátiles como Nitrógeno y evita la pérdida de humedad. Este tipo de sistemas de compostación alcanzan temperaturas de 60 a 70°C a los 4 ó 5 días de iniciado el proceso; en ese momento los orificios de ventilación deben sellarse. Al cabo de dos semanas la pila se abre, se remueve y se vuelve a sellar con barro, agregándole agua si fuese necesario.

Se conoce el punto final del proceso al estabilizarse la temperatura de la pila, igualándose a la temperatura del ambiente.

También puede aplicarse el proceso de compostación a gran escala, a nivel de comunidad. En este caso específico el sistema debe ser con aireación forzada, por medio de cañería perforada por donde se inyecta aire a presión. El recubrimiento de la pila de compostación puede hacerse en este caso con barro, aserrín, o restos leñosos finamente divididos.

La figura siguiente muestra el Sistema de Compostación utilizado en China.

FUNDACION DE INVESTIGACION AGROPECUARIA

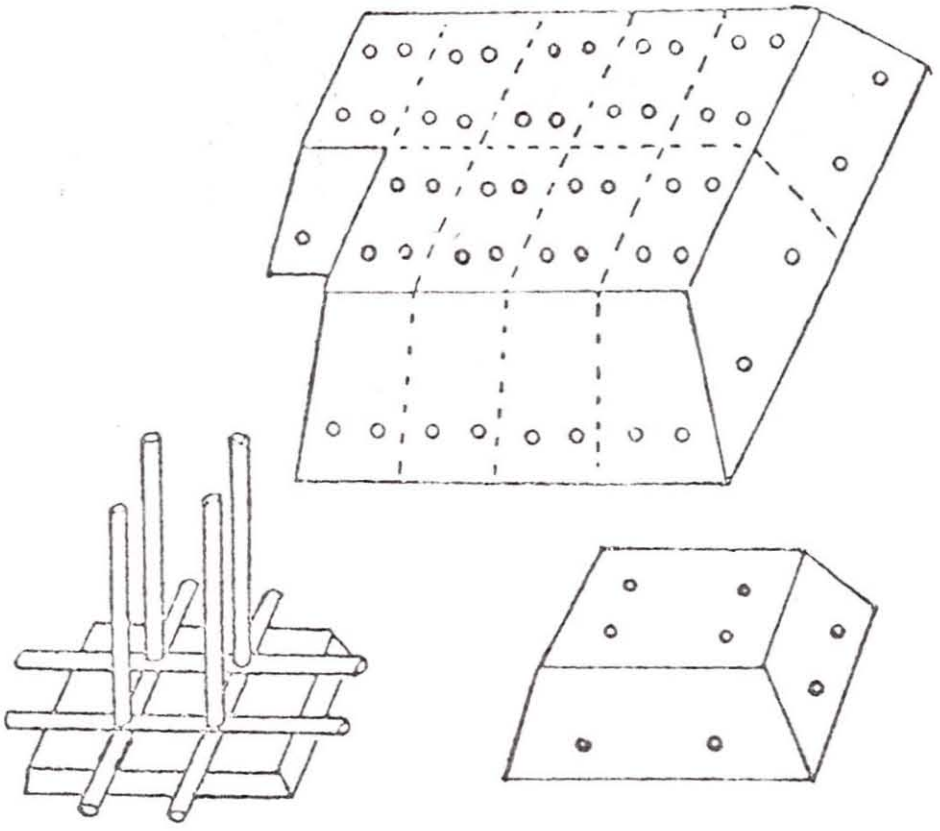


FIGURA : PILA DE COMPOSTACION (MODELO CHINO)

6.3. Usos y ventajas de la compostación

El producto obtenido por el proceso de compostación puede ser utilizado directamente como fertilizante o bien como tierra de hoja en mezcla para preparaciones de jardines, o como mejoradores de suelos. El "humus" obtenido posee una excelente capacidad de retención de agua y además presenta la ventaja de no poseer vivos los gérmenes patógenos propios del estiércol, ya que son destruídos por las altas temperaturas desarrolladas durante el proceso.

7. ENSILAJE DE MEZCLAS EXCRETAS-MATERIAL VEGETAL

7.1. Descripción del proceso

Las excretas animales tanto de vacunos, porcinos como aves pueden mezclarse en una proporción no mayor del 50%, con desechos vegetales celulósicos, y ser sometidos a un proceso fermentativo, conocido con el nombre de ensilaje.

Si se considera el aspecto económico, las excretas animales recicladas como forraje tienen muchísimo más valor que como fertilizantes.

La técnica del ensilaje produce un alimento animal excelente, en especial para ganado vacuno y además entrega un producto exento de los gérmenes patógenos propios de las excretas.

Durante el período de ensilaje se produce en la mezcla excretas-material vegetal, una fermentación láctica, lo que mejora no sólo el aspecto , y olor de la mezcla, sino que también eleva la calidad nutritiva por medio de un incremento del material proteíco, debido a la proliferación de bacterias lácticas. Durante el proceso se produce además un descenso del pH lo que promueve a mejorar la conservación del producto, sin que sufra putrefacción posterior.

La proporción adecuada de la mezcla excreta-desechos vegetales va a depender de la naturaleza de las excretas y del material vegetal con que se mezclará.

Mezclas indicadas en la literatura citan 60 partes de excretas de cerdo o vacuno con 40 partes de paja u hojas o pasto; ó 60 partes de excretas de cerdo o vacuno, 20 partes de excretas de aves y 20 partes de heno u otros residuos vegetales como grano molido. Estas mezclas convenientemente fermentadas pueden constituir una ración completa de ganado, que no produce acumulación de sustancias tóxicas, pero sin embargo cabe hacer notar que esta mezcla tendría una deficiencia en vitamina A, la que debiera ser adicionada.

El material a fermentar debiera poseer un contenido de humedad en el rango de 35 a 45%; un menor contenido de humedad retarda el proceso fermentativo, no produciéndose la cantidad de ácido requerido para la conservación posterior del producto. Un exceso de humedad en cambio favorece la aglomeración del material, por lo cual la fermentación no se desarrolla en forma homogénea.

Una recomendación importante sería realizar el fraccionamiento de los residuos vegetales y una buena homogenización de la mezcla excretas-material vegetal.

El proceso de ensilaje puede ser realizado en forma parcialmente aeróbica o anaeróbica.

Si se realiza la fermentación por vía parcialmente aeróbica, va a predominar en el proceso un tipo de bacteria llamada LACTOBACILLUS FERMENTUM y además pueden llegar a predominar las levaduras, las que competirán por el sustrato con las bacterias lácticas fermentativas.

En el proceso fermentativo por vía anaeróbica en cambio,no existiría el proceso competitivo entre levaduras y bacterias lácticas, alcanzándose por lo tanto la fermentación total en forma más rápida. Las bacterias que predominan en el proceso anaeróbico son LACTOBACILLUS PLANTARUM y LACTOBACILLUS CASEI.

Las bacterias lácticas fermentativas no necesitan ser inoculadas, ya que existen naturalmente en excretas de vacunos y cerdos.

7.2. Instalaciones

El ensilaje es una tecnología muy simple, no requiriendo equipos muy sofisticados, ni grandes inversiones.

El silo puede ser de cualquier tipo de material, puesto que la fermentación puede proceder por vía anaeróbica o parcialmente aeróbica.

Para adaptar el tipo de silo a utilizar se deben considerar además de la materia prima, aspectos como condiciones climáticas, topografía y características del terreno, condiciones ambientales, etc.

Los diversos tipos de silos de uso más común son: Silos Parva, Canadiense, Trinchera y Torre.

Silo Parva

Es simplemente una pila con el material a ensilar colocado en capas . Es muy barato ya que no necesita instalaciones especiales, pero el producto final no es de muy buena calidad.

Silo Canadiense

Es una forma perfeccionada del silo Parva, en el cual se construye un molde de madera, que puede ser semi-enterrado o a nivel del terreno. Es importante cuidar la hermeticidad lateral del molde, para lograr la obtención de un buen ensilaje.

Silo Trinchera

Es una excavación profunda en la que se debe cuidar que el suelo no tenga un nivel alto de agua freática en invierno, y debe además tener cierta consistencia para evitar desmoronamientos.

Los silos Parva, Canadiense y Trinchera deberían recubrirse con material plástico impermeable al aire, en la superficie superior para asegurar un cierto grado de anaerobiosis durante la fermentación.

Silo Torre

Este es sin duda el mejor tipo de silos, pero su elevado costo no lo haría factible para el objetivo que se persigue, a menos de contar en el predio con uno ya construído. Este tipo de instalación permite una buena hermeticidad, lo que asegura un producto final de buena calidad y además permite una buena compactación del material, lo que es también deseable.

7.3. Usos y ventajas del ensilaje

El sistema de ensilaje permite la obtención de un forraje de excelente calidad, apto en especial para vacunos, a partir de desechos de difícil reciclaje como son excretas de animales y material vegetal de desecho.

Las ventajas que representa además del punto de vista económico son notables ya que permite recuperar las excretas animales libres de gérmenes patógenos, con mejor palatabilidad y además con un contenido nutricional adicional, representado por las proteínas de los cuerpos microbianos producidos durante la fermentación láctica.

7. FUENTES DE APOYO TECNICO

Las instituciones nacionales que poseen información tecnológica sobre estos procesos son:

- Instituto de Investigaciones Tecnológicas, INTEC/CHILE, Avda. Santa María 06500, Lo Curro, Fono 2289066, Santiago, y

- Fundación Chile, Vía Sur Parque Institucional 6651, Fono 2281446, Santiago.