

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN DEL URUGUAY



UNIVERSIDAD DE LOS ESTUDIOS DEL MOLISE



MAESTRIA EN ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN  
SOSTENIBLE DE LA PRODUCCIÓN ZOOTÉCNICA Y  
TUTELA DEL AMBIENTE

ESTUDIO EN FOSA PARA EL TRATAMIENTO DE  
RESIDUOS ORGANICOS EN LA GRANJA PORCINA

NÉSTOR LUIS HERNÁNDEZ  
INGENIERO ZOOTECNISTA

MAYO  
2007

## Resumen

La producción de cerdos representa el 43 % de la producción de carne a nivel mundial (FAO al 2006-7). En la actualidad, la demanda por productos de origen animal que cubran las deficiencias de la población en proteínas y otros compuestos, ha propiciado una acelerada pérdida de recursos naturales, teniendo consecuencias directas sobre el medio ambiente.

Argentina, como otros países del hemisferio sur, se caracteriza por presentar sistemas intensivos de producción con similares impactos negativos sobre el suelo y el medio ambiente. Estos sistemas de producción tienen consecuencias directas sobre el suelo y el agua, para la producción de alimentos se requiere de grandes cantidades de insumos los cuales son después depositados al suelo en forma de excretas y otros residuos saturándolo rápidamente.

El desecho sanitario de los cadáveres constituye un serio problema en las explotaciones ganaderas. Los animales enfermos que mueren representan un peligro potencial, porque son fuentes de diseminación de enfermedades infecto-contagiosas peligrosas tanto para hombre como para los animales (Carrasco *et al*, 1985). En este sentido, el manejo de los residuos deberá considerarse como parte integral de manejo y deberá de ser cuidadosamente planeada cuando se diseñen los sistemas de producción animal.

Antes de producirse la crisis de la EEB, la destrucción de los cadáveres de animales muertos en las explotaciones de ganado porcino no constituía un problema para los productores, ya que los animales muertos podían utilizarse en la producción de harinas cárnicas, que luego se utilizaban en la alimentación animal. Así, en varios países, las empresas que producían dichas harinas recogían los cadáveres de forma gratuita.

La crisis mencionada llevó además de la prohibición de utilizar las harinas cárnicas en la alimentación animal, a considerar los cadáveres como material de riesgo, lo que implica su transporte y destrucción, debiendo hacerse todo esto exclusivamente por empresas debidamente autorizadas. Como es lógico, esta situación ha acarreado más costos para los productores, y los ha llevado a intentar alternativas menos onerosas para la economía del sector, pero que fuesen eficaces desde el punto de vista de la bioseguridad y del medio ambiente.

Se plantean los antecedentes del caso y se realiza una descripción de la habilitación de un biodigestor existente, que se ubica frente a las lagunas de tratamiento de efluentes y que se encontraba fuera de uso para transformarlo en una fosa de tratamiento de los sólidos mencionados.

La experiencia con bacterias, como tratamiento primario de los cadáveres de animales, no difiere biológicamente de la hidrólisis del resto de las materias orgánicas que pueden autodegradarse en condiciones controladas. El procedimiento bioquímico de la hidrólisis está determinado por la capacidad de autólisis. Básicamente, las proteínas se descomponen produciendo aminoácidos, los glúcidos produciendo azúcares y los lípidos produciendo ácidos grasos y alcohol. En el caso del cerdo, la esterificación de la materia grasa hace que el aspecto final de la hidrólisis sea denso y viscoso, comportándose hidráulicamente como un líquido viscoso, lo que constituye una ventaja añadida para su tratamiento en condiciones controladas y permite su vehiculización

hidrodinámica. Para que la hidrólisis sea más eficaz, deben controlarse algunos factores, como el tamaño de las partículas (trituración previa de los cadáveres), control de temperatura y tiempo, control de O atmosférico, para evitar la emanación de malos olores. El líquido resultante de la hidrólisis puede después tratarse conjuntamente con el purín de la explotación, con las siguientes ventajas añadidas:

- seguridad biológica (los cadáveres se procesan en la misma explotación en condiciones controladas, reduciéndose la posibilidad de transmisión de enfermedades a otras explotaciones),
- eliminación de elementos patógenos,
- mejora de la gestión de la explotación, ya que el procesamiento de los cadáveres y el tratamiento de los purines se efectúan in situ, en tiempo real.

Se analizan los datos de cálculo y se presentan los resultados de los ensayos, de los cuales se deduce el tiempo óptimo de permanencia.

El tratamiento de los residuos de una explotación pecuaria debe considerarse desde una perspectiva global que incluya la seguridad alimentaria, la sanidad, el bienestar animal y el respeto del medio ambiente. Los métodos tradicionales de eliminación de cadáveres y restos producto del parto dan por resultado serios problemas de contaminación ambiental, al ser incinerados, además del enterrado de cenizas. También son complejos y más caros los tratamientos de compostaje, puesto que demandan construcciones a tal efecto, personal permanente, recambio de sustrato referido al tratamiento y disposición final, ya sea enterrado, mezclado con tierra o rellenado de bajos.

## 1) Introducción

### 1.1.) Importancia

Los cadáveres animales y otros restos orgánicos como placentas y restos de acciones quirúrgicas, que habitualmente se realizan en las explotaciones ganaderas, como: amputaciones de cola, castraciones, entre otros, constituyen según autores, el segundo residuo de las explotaciones ganaderas detrás de los estiércoles (Babot et al., 2001), o el tercer residuo generado en las ganaderías por orden de importancia en cuanto al volumen generado, por detrás de la emisión de gases (CO<sub>2</sub>, Amoníaco, SH<sub>2</sub>, Metano, etc), y después de los estiércoles generados [15]. La cantidad de cadáveres generados en una explotación ganadera depende del censo de animales y de los índices de mortalidad para cada especie, y dentro de ésta para cada sistema de tenencia de animales y dentro de esto para cada fase productiva de los animales.

<b>Tipo de ganado</b>	<b>Tn. residuos/año</b>
<b>Vacuno</b>	<b>89.000</b>
<b>Avícola</b>	<b>72.000</b>
<b>Ovino y Caprino</b>	<b>58.000</b>
<b>Porcino</b>	<b>47.000</b>
<b>Equino</b>	<b>10.800</b>
<b>Cunícola</b>	<b>5.750</b>
<b>TOTAL</b>	<b>282.550</b>

Fuente: MAPYA (España 2003)

Sin embargo, para otros autores como Babot et al. (2001), y sólo referido al ganado porcino, las estimaciones de necesidades mensuales de procesamiento de animales muertos en España son de 12.500 reproductores (a 200 Kg.), 85.000 lechones (a 6 Kg.) y unos 163.000 (a 65 Kg.) cerdos procedentes de crecimiento-engorde. Esto viene a suponer más de 13 millones de kilogramos al mes o si se prefiere, casi unos 160 millones de kilos al año, es decir tres veces más que lo indicado por el MAPA. Si adaptamos los coeficientes empleados por Babot et al., (2001) para la totalidad de producción mundial, y utilizando las cifras del último censo, referido al ganado porcino, estaremos hablando de una necesidad de procesamiento de animales muertos que rondarán varios millones de kilos al mes, o bien, varios cientos de millones de kilogramos de cadáveres animales al año, y esto sólo para la especie porcina.

La destrucción de cadáveres (digestión anaerobia [4, 6]) de animales podían realizarse de dos maneras diferentes:

En propia explotación:

- Enterramiento profundo con cal viva
- Depósito en Fosa de cadáveres totalmente estanca y cal viva.
- Digestión del cadáver en digestores comerciales

Entrega a Recolectores de cadáveres autorizados

- Digestión de cadáveres
- Hidrolización de cadáveres
- Incineración en Centrales Eléctricas de residuos o en Incineradoras

Para el caso de realizar un traslado de cadáveres, los diferentes municipios tienen legislado que éste se realizará exclusivamente por Recolector Autorizado y con vehículos inscritos en el Registro para tal fin. Los vehículos deberán:

- Ser estancos
- Llevar la documentación en regla
- Llevar el documento de Desinfección del día anterior
- Llevar el libro de Registro del Vehículo (conservado durante dos años).

Como ejemplo de aplicación, en Europa está el caso de España que desde el 1 de mayo de 2002 entró en vigor el Reglamento CE 1774/2002, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados a consumo humano. El hecho más destacable es que desde esta fecha queda prohibido el enterramiento de todas las especies, no sólo bovino y ovino, sino también porcino, aves, conejos, etc., que mueran en las explotaciones ganaderas. La vigencia de la normativa comunitaria ha creado, en la práctica un grave problema a los nuevos sectores afectados, y este problema es extensible a la mayor parte de los países de la UE, que no cuentan con planes, ni con la infraestructura de recolección e incineración de cadáveres de animales, necesarias para efectuar la eliminación de tales residuos. Por otro lado, la Hidrolización de cadáveres mediante la utilización de bioactivadores, abre una nueva vía de solución para este problema que presenta la eliminación y/o destrucción de cadáveres y restos de animales no rumiantes en las explotaciones ganaderas.

Este estudio preliminar, pretende crear una nueva salida al problema de la eliminación de cadáveres en las explotaciones ganaderas, mediante la aplicación de bacterias para favorecer la hidrólisis de los cadáveres que se producen en las granjas, sin que se generen malos olores, y sin poder contaminante, ni de riesgo para la salud. Con este sistema no se tendrá que recurrir obligatoriamente a los Recolectores Autorizados para la eliminación de cadáveres, y por lo tanto no se tendrán que transportar cadáveres de animales, con el gasto y el riesgo sanitario que esto significa, dando una respuesta más económica al problema, ya que el propio ganadero podrá eliminar sus animales muertos, en su propia explotación, a bajo costo y sin riesgo sanitario.

La producción porcina a escala mundial, es de los sistemas que mayor daño causan al medio ambiente incluyendo el suelo. La deposición de excretas y otros materiales al suelo tiene como resultado importantes pérdidas económicas, así como repercusiones directas sobre el suelo. Cuando las excretas son depositadas directamente sobre el suelo se pierden grandes cantidades de nutrientes (especialmente N), ya que los nitratos son arrastrados hacia las profundidades del suelo.

El agua, el suelo y el aire son los recursos principalmente afectados por estos sistemas de producción. Los restos acumulados (cadáveres) son la fuente principal de contaminación particularmente cuando se acumulan. Los restos de cerdos contienen aproximadamente 65 y 70 % de nitrógeno y fósforo. Es decir, los cerdos retienen solamente del 30 al 35% del N y P de los alimentos consumidos. El nitrógeno, bajo condiciones aeróbicas se evapora en forma de amonio teniendo efectos tóxicos sobre los ecosistemas. Durante el proceso de desnitrificación se produce el gas óxido nitroso el cual, es uno de los principales elementos que ocasionan el efecto invernadero. Del total de N excretado por los animales se pierden hacia la atmósfera aproximadamente 20 % para cerdos, respectivamente (Bos y de Wit 1996).

Cantidades estimadas de pérdida de N durante el almacenamiento, tratamiento y manejo de sólidos en diferentes sistemas de manejo, en la siguiente tabla.

<b>Sistema</b>	<b>N Perdido (%)</b>
Aplicación en forma líquida, en forma de silo	30 al 60
Lagunas anaeróbicas, irrigación	60 al 80
En forma sólida, aplicado en forma sólida	30 al 40
Al aire, aplicación sólida, colectado en forma sólida	50 al 60

Sin embargo, con el manejo de los restos orgánicos se puede reducir de manera significativa los factores ya mencionados.

## 1.2.) Antecedentes

La producción porcina, como cualquier otra, requiere de insumos que proporciona la naturaleza y genera, además una serie de residuos.

La determinación del impacto ambiental de los desechos porcinos incluye, además de los efectos directos de los mismos sobre los recursos agua, suelo y aire, factores de

perturbación como olores y plagas de insectos que provocan efectos indirectos sociales que muchas veces son imposibles de cuantificar.

La normativa vigente en estos momentos establece una serie de requisitos que deben cumplir las explotaciones porcinas. Es importante destacar que, aunque se cumpla toda la normativa vigente, no existe una solución única y siempre que se utilicen de forma adecuada todos los medios de producción disponibles, se puede llegar a varias situaciones óptimas.

A continuación analizaremos la incidencia ambiental de las explotaciones porcinas y la posible manera de reducirla mediante un adecuado uso de los recursos y un manejo a conciencia de los desechos de una explotación porcina. Los medios potencialmente afectados son el agua, el suelo, el aire y el paisaje.

### **Impacto ambiental causado por los desechos**

La mezcla de residuos sólidos y líquidos que son acarreados por el agua de lavado. Se conoce como agua residual o efluente, sus principales ingredientes son las excretas (heces y orina), agua, alimento desperdiciado, cama, suelo y otras partículas. Las tasas de excreción de heces y orina dependen de múltiples factores: la edad del animal, su madurez fisiológica, la cantidad y calidad del alimento ingerido, el volumen del agua consumida, el clima y otros factores menos importantes.

De estudios estadísticamente significativos realizados en otros países sobre este tema, se sabe que la orina representa el 45% y las heces el 55%; el contenido de humedad de la excreta es de 88%; cerca del 90% de los sólidos se excretan en las heces y un 10% en la orina como minerales, potasio, fósforo y amoníaco-nitrógeno. Los lechones, destetes y hembras lactantes excretan cerca del 8% de su peso vivo por día; los cerdos en crecimiento y finalización excretan cerca del 7% de su peso vivo; machos y hembras gestantes y no gestantes, animales que tienen un acceso limitado al alimento, excretan cerca del 3% de su peso vivo.

Los cálculos de ingeniería utilizados para el diseño de los sistemas de tratamiento más utilizados contemplan un promedio de varias fuentes que es de 6.17 kg de heces y orina por día por unidad de producción animal. Este promedio es igual al 6.71% del peso vivo total en la granja, dato fundamental para el cálculo de la cantidad de excretas a tratar y el subsecuente diseño del sistema. En países como Argentina, donde la descarga de agua residual a cuerpos de agua está permitida, se imponen límites máximos permisibles con base en parámetros físicos como:

- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- Grasas y aceites, alcalinidad
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Temperatura.

Las características más importantes de las excretas porcinas están relacionadas con los siguientes aspectos:

- Parámetros físico - químicos
- Contenido de nutrientes de fertilización
- Micronutrientes y metales
- Valor alimenticio

- Cuentas bacterianas.

### **La contaminación de las aguas**

La contaminación del agua es causada por la presencia de grandes cantidades de materias ajenas a los ecosistemas acuáticos, las cuales alteran su equilibrio. En las aguas viven bacterias descomponedoras que transforman la materia orgánica (hojas, animales muertos, deyecciones, etc.) en sales minerales, consumiendo el oxígeno. En sistemas no contaminados las aguas se mantienen limpias gracias a un proceso de auto - depuración natural, el cual no da al abasto en muchas ocasiones. Los contaminantes tienen procedencias muy variables, como son las aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas, ganaderas, etc.

En el caso de la producción porcina la contaminación de agua a nivel superficial y de subsuelo se produce por vertidos inadecuados, pérdidas de deyecciones de las zonas de almacenaje y abonados en general.

La lixiviación (proceso de lavado que realiza el agua que se infiltra en el suelo) es uno de los principales efectos contaminantes de las aguas, la cual se produce porque al no retener el suelo el excedente de nutrientes, éstos se filtran a través del medio líquido hasta llegar a las napas acuíferas; este fenómeno se da principalmente en la contaminación por nitratos.

Uno de los problemas derivados de la lixiviación es la eutrofización. Este fenómeno se produce cuando el agua recibe gran cantidad de nutrientes como el nitrógeno, fósforo o potasio, que las algas necesitan para su crecimiento, de tal manera que proliferan desmesuradamente y el agua aparece turbia y verde. Para descomponer los restos de algas que mueren, las bacterias descomponedoras consumen mucho oxígeno, pero que desprenden metano, ácido sulfúrico y otras sustancias de olor y gusto desagradables y a veces tóxicas.

El uso de determinados detergentes, abonos y los desechos animales constituyen la causa principal de la eutrofización, dado que aportan al agua gran cantidad de nitratos y fosfatos.

### **La contaminación del suelo.**

Habitualmente los agentes contaminantes del agua, contaminan primero al suelo, llegando finalmente al medio acuático. Es decir que los vertidos inadecuados, pérdidas de deyecciones porcinas de las zonas de almacenaje y abonados, entre otros, son también las principales causas de contaminación del suelo.

Los metales pesados como el hierro, cobre o zinc, son uno de los posibles contaminantes del suelo. Se trata de micronutrientes necesarios para las plantas de cultivo, pero que en determinados ambientes y concentraciones pueden llegar a ser tóxicos. La acumulación de potasio en el humus, arcilla y materia orgánica del suelo, derivada de un riego y drenaje ganaderas, después de un tiempo en el suelo pasa a forma inorgánica, el fosfato, forma poco móvil que provoca la saturación de fósforo en el suelo.

Todos los elementos mencionados, metales pesados, potasio y fósforo, entre otros posibles llegan al suelo a partir de las deyecciones porcinas, aunque también pueden llegar a partir de otros medios.

### **La contaminación del aire.**

La atmósfera dispone de un modelo de reciclaje que mantiene en el aire el equilibrio de los gases necesarios para todas las formas de vida. Así por ejemplo los humanos y los animales respiran oxígeno (O<sub>2</sub>) y expulsan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); éste dióxido de carbono, es el que utilizan las plantas para su crecimiento. La contaminación añade determinados gases a la atmósfera, al mismo tiempo que descompone otros, pudiendo así provocar un desequilibrio.

El aire puede verse afectado por las emanaciones producidas en las granjas. Un ejemplo claro lo es la liberación a la atmósfera de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de metano (CH<sub>4</sub>), procedentes de la degradación de la materia orgánica presente en las deyecciones de los animales. Cuando el metano se encuentra en la troposfera contribuye al calentamiento de la tierra y en el aumento de la concentración de ozono, mientras que si se encuentra en la estratosfera, contribuye a la destrucción de la capa de ozono.

En condiciones anaeróbicas, se pueden producir malos olores causados por gases tóxicos como son el sulfídrico (H<sub>2</sub>S) y el amoníaco (NH<sub>3</sub>), entre otros.

### **Impacto sobre el paisaje.**

A parte de los posibles efectos sobre el agua, suelo y aire, causados por los alojamientos ganaderos, éstos también pueden incidir sobre el paisaje. Este tipo de incidencia, es muy variable en función del lugar donde se van a construir las naves, dependiendo de la visibilidad que se tenga de éstas desde otros puntos, de la superficie construida, de los materiales utilizados, de la calificación urbanística de la zona y de si la explotación es intensiva o extensiva.

Los restos orgánicos más los cadáveres porcinos son uno de los posibles contaminantes del medio ambiente con más incidencia en estos momentos, por lo que es vital el diseño de las instalaciones que garanticen un almacenaje totalmente estanco de dichos residuos. Las fosas, lagunas para disposición de esta biomasa, en el caso de que se construyan con hormigón, éste deberá disponer del impermeabilizante correspondiente así como armado necesario para evitar posibles fisuras y posteriores vertidos. En los últimos años, para la construcción de fosas son muy utilizados los materiales plásticos (polietileno de alta densidad, PVC, caucho, etc.), por su fácil colocación y por ser más económicos que otros sistemas.

Si bien la impermeabilización de las zonas de almacenaje es muy importante para reducir el impacto sobre el medio ambiente, también es importante el intentar reducir la cantidad de biomasa o de los elementos contaminantes.

Un método que gestione los cadáveres que se generan en una granja es absolutamente necesario, por varias razones:

1. El peso que supone la producción de cadáveres es considerable. Se estima que la cantidad de material que se genera en una granja (evidentemente dependiendo de la tasa de mortalidad) está alrededor de los 45 kg/cerda/año. Suponiendo un ciclo cerrado típico de 350 cerdas en el que se engorda toda su producción, nos lleva a una producción de 15,7 toneladas anuales. Así lo indica un trabajo hecho en Terrington en el Reino Unido (Kay, 2000).



2. Mantener los cadáveres en la misma explotación implica un elevado riesgo de presencia de otros animales que son transmisores de múltiples enfermedades (Barceló, 1998).



3. Los cadáveres, y más en concreto su descomposición pueden ser una fuente de contaminación de agua y de tierra, si se mantienen en la explotación.



4. La contaminación por el olor es, cada vez más, un factor a tener en cuenta y que tiene una gran importancia cuando los cadáveres se mantienen en la explotación.

## Regulaciones

Contemplando estos puntos y dando un ejemplo en países que tomaron con anticipación esta problemática vemos: la UE, el 29 de diciembre de 1992 elaboró la directiva 90/667 que regulaba dicha gestión. Esta directiva entró en vigor el 1 de enero del 1993. Bajo esta directiva y en su artículo 5 se marcaban tres posibles vías de gestión de cadáveres:

**1. Retirada de cadáveres por una empresa autorizada.**

**2. Incineración.**

### **3. Entierro.**

La directiva se modificó en 1997, restringiendo el entierro en grandes cantidades (dicha modificación iba destinada básicamente al entierro de los subproductos procedentes de mataderos). El ánimo de esta modificación era, no obstante, el de terminar no permitiendo el entierro en la propia explotación por los numerosos problemas que supone. De hecho, el 30 de abril del 2003, entra en vigor el reglamento CE 1774/2002, que sólo contempla dos posibilidades: la incineración y la retirada de cadáveres [18].

La incineración en granja. Para algunos productores de mayor tamaño puede ser un método interesante, sobretodo la consideración de un sistema mixto en el que se adopte la incineración en reproductoras y la recolección en sitios 2 y 3. Pero la incineración presenta inconvenientes medioambientales y legales que pueden hacer el coste como poco asumible. La normativa obliga a realizar controles de emisiones sea cual sea el volumen de carne incinerada y tan solo el coste de un analizador de gases asciende a 170.000 €, a este coste cabe añadir el del incinerador (entre 5.000 y 9.000 €) y el de la mano de obra. La incineración puede tener un coste de unos 8 € por cerda y año (Kay, 2000). La incineración produce además humo que supone una contaminación medioambiental importante.

Existen hoy otros métodos alternativos respecto a la eliminación de cadáveres como son el compost o la fermentación no contemplados por la normativa.

La fermentación es un sistema que permite almacenar cadáveres hasta 25 semanas obteniendo un ensilado altamente rico en nutrientes. La fermentación se puede hacer en un contenedor estanco y ventilado. Este método puede ser interesante en países cálidos pero tiene muchos problemas en los climas más fríos. Si bien la fermentación inactiva la mayoría de virus, incluso muchas bacterias (incluida *Salmonella ssp*, *Salmonella typhimurium* y *Clostridium botulinum*, gracias a la acción por ejemplo de *Lactobacillus acidophilus*) sólo lo consigue cuando la temperatura se acerca a la óptima de 35° C (Morgan Morrow, 2000). Ahora bien, el principal problema se produce cuando no se alcanza este óptimo de temperatura, así por ejemplo: el virus de la enfermedad de Aujeszky no se inactivaría en zonas frías.

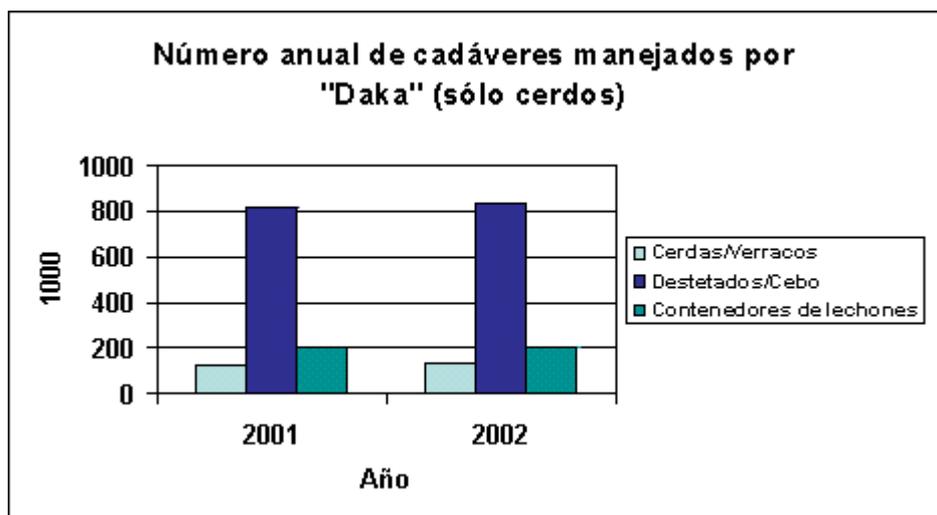
La eliminación de cadáveres de animales se ha convertido en un tema importante en el ámbito mundial como consecuencia de la crisis de la BSE (encefalopatía espongiforme bovina) y de varios episodios alimentarios ocurridos recientemente. La legislación de la UE (EC) N° 1774 / 2002, vigente desde el 30 de abril de 2003, establece reglas para la manipulación de subproductos animales no destinados al consumo humano. Así pues, debido al riesgo de dispersión de patógenos y/o residuos, los subproductos animales deben ser procesados, almacenados y mantenidos en instalaciones autorizadas y supervisadas.

#### **Ejemplo en Dinamarca: Daka**

En Dinamarca existe una antigua tradición en el manejo de cadáveres de animales y de residuos en instalaciones administradas por propietarios en régimen de cooperativa. Así pues, Daka a.m.b.a. es una cooperativa propiedad de 22 miembros. Estos miembros representan a la inmensa mayoría de la industria cárnica danesa, estando también

incluido el matadero sueco Swedish Meats. Daka está compuesto de 8 plantas, de las que 5 se encuentran en Dinamarca.

La principal tarea de Daka es eliminar, respetando el medio ambiente, los subproductos de los mataderos y de la industria cárnica que no se utilizan en la producción de alimentos, de tal forma que no perjudique el medio ambiente ni a la población local. Por otra parte, Daka se encarga de la recolección de cadáveres de las granjas de producción así como de los residuos de la industria de servicios alimentarios ("catering").



Las materias primas de Daka comprenden 3 categorías de acuerdo con la legislación de la UE. Las categorías se tratan en instalaciones de producción independientes para evitar el riesgo de contaminación cruzada (Tabla 1).

Tabla 1. Materias primas según su categoría.

Cat.	Descripción	Tratamiento
1	Material de alto riesgo, como cadáveres de rumiantes, animales domésticos, animales de experimentación muertos, etc.	El material debe ser incinerado y las cenizas almacenadas.
2	Cerdos muertos, visones desollados y subproductos que no estén aprobados para consumo humano.	Los productos tratados en autoclave* podrían utilizarse para biogás, abono, pienso para visones y combustión.
3	Subproductos que, en principio están aprobados para consumo humano.	Los productos tratados en autoclave se podrían utilizar en pienso para animales excepto para rumiantes.

\*Tratamiento con vapor a 3 bar y 133 °C durante 20 min.

## Utilización

Las materias primas de categorías 1 y 2 se tratan para elaborar carne y harina de huesos y la grasa animal para incineración. Parte de los subproductos también se pueden emplear como materia prima en digestores anaerobios para obtener biogás.

Las materias primas de categoría 3 de procedencia porcina y avícola se utilizan para

producir piensos. Todas las materias primas de categoría 3 proceden de animales sanos, acreditado por veterinarios.

## Manipulación

Los animales muertos son recogidos en las granjas de toda Dinamarca por un servicio de transporte suministrado por Daka. En las granjas, los animales muertos se depositan en un contenedor suministrado también por Daka. El contenedor se puede refrigerar para evitar la descomposición de los cadáveres. El ganadero se pone en contacto con Daka siempre que necesite realizar una entrega de cadáveres. Así pues, cada semana, Daka realiza más de 11.000 recolecciones de cadáveres.

## Remuneración

Antes, la recolección de cadáveres era realizada como un servicio gratuito de Daka para sus miembros, que se beneficiaba produciendo y vendiendo carne y harina de huesos. Sin embargo, las restricciones establecidas por la legislación con respecto al uso de la carne y la harina de huesos en los piensos para animales condujeron a la desaparición de la mayoría de estos mercados. Además, la mayor parte de la carne y harina de huesos tuvieron que ser incinerados con un elevado coste. Por lo tanto, los miembros de Daka ahora deben pagar una tasa por la recolección de cadáveres (Tabla 2).

Tabla 2. Tasas de recolección y tratamiento de cadáveres.

Categoría	Precio unitario (€)	
	Cadáveres recientes	Cadáveres descompuestos
Cerdas y verracos	21,61	43,22
Cerdos de cebo	6,31	12,62
Contenedor para lechones, 190 litros	19,06	38,12
Contenedor para lechones, 240 litros	24,16	48,32

## Ventajas y desventajas

Antes de diciembre de 2000, Daka pagaba a sus propietarios 27 millones de € anuales por las materias primas. Sin embargo, la decisión de la UE excluyó la carne y la harina de huesos de los piensos para la ganadería. Por lo tanto, el beneficio de las ventas de carne y de harina de huesos se convirtió en un coste prácticamente de la noche a la mañana. Por otra parte, Daka tuvo que pedir una tasa por la recolección de cadáveres, etc., lo que supone aproximadamente 67 millones de € anuales.

El coste añadido de la eliminación de cadáveres ha llevado a los ganaderos porcinos a buscar alternativas de manipulación más baratas. Los granjeros porcinos daneses han tenido mucho interés por el modelo español de tratamiento de cadáveres en las granjas. Sin embargo, la legislación de la UE descarta este procedimiento y, por esa razón, se impondrá el modelo centralizado presentado por Daka.

### 1.3) Objetivos

Hablar de cadáveres nunca es agradable y menos después de la entrada en vigor de las reglamentaciones que prohíben incinerado a cielo abierto, entierro, etc. en el que sólo se dan dos salidas válidas para la destrucción de cadáveres de las granjas: destrucción “in situ” mediante incineradores supervisados (opción que implica una inversión importante, pues debe incluir un analizador de gases) o la recolección y posterior transporte a plantas procesadoras aprobadas. La primera va a ser una solución muy poco usada, por la inversión que requiere, con lo que en un futuro próximo se prevé que la recolección, transporte y posterior tratamiento sea el sistema más empleado en ganadería.

El principal problema que genera la gestión de cadáveres es la contaminación que estos pueden producir en el medio ambiente según cual sea su destino. La cantidad de cadáveres que se generan en ganadería intensiva es considerable. La obsesión por reducir la contaminación que puedan producir ha sido el motivo por el que otros sistemas de gestión de cadáveres “in situ” como el entierro o el uso de fermentadores quedan expresamente prohibidos en el reglamento actual. La recolección de cadáveres soluciona el problema de la polución ya que los controles se centralizan en la planta de tratamiento correspondiente. No obstante, los cadáveres plantean además otros dos problemas: olores y posibilidad de transmisión de enfermedades. La recolección podría solucionar también el problema de olores si se aplicaran algunas medidas adicionales, tal y como se está haciendo en otros países de la UE: uso de contenedores refrigerados, camiones con cierres estancos... Sin embargo, sigue persistiendo la duda acerca de la transmisión de enfermedades.

Para valorar el riesgo real de transmisión de patógenos a partir de un cadáver, habría que conocer cuales pueden ser las vías de contagio, puesto que un cadáver ha dejado de respirar la vía aerógena puede despreciarse (Casal, 2004). Para que sea un foco de infecciones habrá que “facilitar” que los patógenos del cadáver lleguen a animales sanos, es decir, vehiculizarlos. En un estudio realizado en Holanda (Mul, 2003) para determinar los puntos críticos y minimizar los riesgos de transmisión de enfermedades entre granjas a causa de la recolección de cadáveres se concluye que el riesgo de transmisión de enfermedades entre granjas a partir de la recolección de cadáveres venía determinado por:

- La entrada del camión de recolección dentro del recinto de la granja.
- La manipulación directa del contenedor de cadáveres.
- La estanqueidad de la caja del camión de recolección.

Por lo tanto, las posibilidades de que durante la recolección se diseminen patógenos y enfermedades podrían reducirse mediante la aplicación de unas simples normas de bioseguridad:

1. Aplicar el principio de zona-sucia zona-limpia en la granja, en las plantas de tratamiento y, cuando sea posible en las carreteras (rutas de ida y rutas de vuelta). Esto implica que el chofer no tendría que entrar nunca en las granjas.

2. Por lo tanto la localización del contenedor en la granja será crucial. Este debe localizarse en el perímetro de la explotación con acceso desde la zona limpia (granja) pero también con acceso desde la zona sucia sin que se pueda penetrar en el recinto de la explotación (diseño similar al de un muelle de carga).
3. Evitar el contacto directo con el contenedor y su entorno mediante el uso de guantes y bolsas para los pies.
4. Limpiar y desinfectar el contenedor y su entorno de forma regular.
5. Usar cajas para los camiones de acero inoxidable y con cierre estanco.
6. Limpiar y desinfectar los camiones de recolección, posteriormente a su vaciado, siguiendo un protocolo estricto [10].



En la figura 1 se puede ver un contenedor estándar (bien localizado) al lado de un refrigerador donde se mantiene hasta que se recogen las bajas. Puede apreciarse que la zona limpia se encuentra en un plano superior a la zona sucia lo que impide el acceso por parte del chofer del camión de recolección.



En este caso (figura 2) cuando se llena el contenedor y al final de la jornada laboral, con calzado y guantes distintos a los usados durante el trabajo, se mete dentro del refrigerador de forma que se mantienen los cadáveres en mejor estado y se reducen olores.

Vimos que tanto el entierro (en situaciones de emergencia) como la incineración, los otros dos sistemas permitidos en la UE a parte de la recolección de cadáveres, presentan serias dificultades medioambientales, de seguridad sanitaria y de coste.

Por otra parte, vemos como los otros sistemas alternativos: el compost y la fermentación, presentan puntos débiles respecto a la fiabilidad y seguridad sanitaria, a parte de ser ilegales bajo la legislación comunitaria. Cabe decir que en la actualidad se están estudiando otros métodos de gestión de cadáveres (como la hidrolización) que hoy por hoy todavía no tienen el marco legal que les permita ser utilizados [17].

### 1.3.1) Objetivo general

Ante este escenario la recolección de cadáveres por una empresa autorizada es el sistema que mejor se puede ajustar a la solución de la gestión de cadáveres en explotación. Por consiguiente el objetivo general de este trabajo fue aportar información

para la recolección y tratamiento de los cadáveres de modo que se logren las mejores condiciones para el ambiente.

La recolección de cadáveres presenta entre otras las siguientes ventajas:



1. Mayor fiabilidad y control sanitario.



2. Información estadística fiable para las diferentes administraciones. No podemos olvidar que los porcentajes de bajas dicen mucho acerca de la incidencia de patologías en diferentes zonas. La recolección de cadáveres permitiría poder manejar los datos de bajas en las distintas explotaciones, información que podría ser muy útil en situaciones de alta vigilancia sanitaria como podría ser por

ejemplo una amenaza de PPC.

3. La acción coordinada de la empresa destinada a la recolección de cadáveres junto con la administración permitiría un mejor control sobre los puntos críticos del sistema (localización de contenedores, uso de los mismos, etc.) y por lo tanto permitiría el correcto uso del sistema.



4. La recolección es el sistema más respetuoso con el medio ambiente. Ni los sistemas alternativos comentados, ni la incineración en granja (que tiene muchos problemas de olores y humos), ni el entierro (que tiene a parte del problema de espacio, el problema ambiental de las posibles filtraciones) son sistemas tan respetuosos como la recolección y posterior tratamiento por una empresa especializada que

cumple con todas las normativas medioambientales al respecto.

5. Bajo el control de los puntos críticos, la recolección de cadáveres puede ser un sistema de gestión seguro, respecto a la transmisión de enfermedades y quizás el de más fácil control.

No obstante la recolección presenta también algunos inconvenientes que no podemos olvidar:

1. El costo al principio de instaurarse la recolección en algunos países era muy bajo ya que se podían reutilizar los cadáveres. No obstante la normativa al prohibir dicha reutilización ha hecho que este precio aumente cada vez más.
2. La bioseguridad. Sin un control de los puntos críticos que se pueden dar en la recolección de cadáveres (localización contenedor, limpieza...) la recolección puede presentar algunos problemas en bioseguridad (Marco, 2004).

### 1.3.2) Objetivo específico

En el presente trabajo se describe el funcionamiento de una fosa piloto para estudiar el comportamiento de los cadáveres y restos orgánicos producto del parto de un criadero industrial de cerdos en un antiguo biodigestor que se encontraba en desuso.

## 2) Materiales y métodos

**Animales:** Debido a la importancia que en nuestra región tiene la ganadería porcina, en este estudio preliminar se ha actuado sobre cadáveres de cerdos, exclusivamente. En este caso se ha actuado sobre una cantidad de animales de criadero intensivo que se detalla a continuación.

La experiencia se desarrolló en los establecimientos Genética Pig's Ranch (caso A), y Firlay (caso B Testigo) ambos de la localidad de Cañuelas, Provincia de Buenos Aires, a quienes agradecemos la colaboración prestada en todo momento.

### **Caso A, fosa de tratamiento**

La fosa, base de un biodigestor fuera de uso, se encuentra próxima a las lagunas de tratamiento de efluentes, por lo que la disposición final de líquidos, producto del tratamiento son fácilmente dispuestos en dichas lagunas. Se consideró oportuno encarar un ensayo en fosa piloto para medir la factibilidad de reciclado a los efectos de utilizar la fosa para arrojar restos de animales muertos, y productos orgánicos del parto. Por otra parte, existía la necesidad de volver a verificar los datos de funcionamiento de este tipo de fosas, a raíz de diferentes interpretaciones surgidas del hecho de tener distintas formas y tipos de fosas y o lagunas, no siempre construidas de la mejor manera para disposición de cadáveres. Fundamentalmente esta última razón nos motivó a realizar el estudio que se comenta, aprovechando la coyuntura de la necesidad de disposición final de un criadero de envergadura, que como había antecedentes de este tipo de tratamientos en otras granjas creímos imprescindible probarlo en esta fosa piloto.

Otras de las razones que facilitó el estudio fue la existencia de instalaciones en buen estado, que no demandaron ningún tipo de mano de obra, solo retirar la tapa de fibra de vidrio del biodigestor fuera de uso que cumplía perfectamente con las especificaciones de la fosa adaptada, con lo cual el costo del estudio se redujo al material biológico aportado.

### **Introducción:**

El motivo del presente estudio se fundamentó en la necesidad de encontrar una solución económica al tratamiento los cadáveres y restos orgánicos producto de los partos en un criadero industrial, cuyo volumen mensual de disposición esta en el orden de 3500 kg. Para una granja de 1000 madres, aproximadamente, cifra que justifica cualquier esfuerzo para lograr una solución económica.

**Nota:** Los datos de la siguiente tabla no corresponden a la granja en donde se desarrolló la experiencia, se exhibe al solo efecto de ser indicador de las cantidades mencionadas anteriormente.

Kilogramos de cadáveres y productos del parto, acumulado mensual, en un criadero industrial de 1000 madres\*, de ciclo completo, con baja mortandad (5% general), ubicado en la provincia de Buenos Aires. Se ha tomado un mes al azar, arrojando los siguientes resultados:

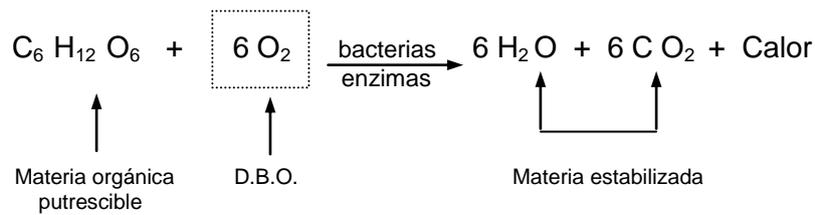
	Partos	Nacidos Muertos	Momias	Bajas Maternidad	Bajas Destete	Bajas Recría	Bajas Terminación	Bajas Reproducción
Cantidad	223	24	10	35	11	20	15	5
Peso Promedio	2.5 Kg (placenta)	1.200 Kg	0.500 gr	2 Kg	5 Kg	25 Kg	70 Kg	180 Kg
Subtotales	557.50 Kg	28.80 Kg	5 Kg	70 Kg	55 Kg	500 Kg	1050 Kg	900 Kg
Restos orgánicos a eliminar	<b>3166.30 Kg</b>							

\* datos de la granja

N° Partos mes:	216	Lechones nac. vivos/año:	25.81
N° Partos hembra año:	2.42	Cerdos term. Hembra/año:	24.93
Hembras en ciclo:	1068	Mortandad general:	3.41
Servicios mes:	224	Partos sobre servidas %:	96.54

### Acción degradativa:

Cuando adicionamos restos orgánicos, cadáveres, placentas, etc. a este tipo de sistemas, no se limita solamente a ellos la composición del sustrato, ya que el concepto es que lo que tratamos es el medio (degradación). Por lo tanto el sistema debe contemplar los restos orgánicos en presencia de abundante cantidad de agua. Esta no debe ser necesariamente limpia, en el caso particular de esta experiencia, el agua contenida en el antiguo biodigestor, era agua de escurrimiento, sucia pero no contaminada. Es por ello que subrayamos que “el medio es el que entra en degradación”.



### Microbiología del proceso: 3 etapas

Materia orgánica de partida: celulosa, almidón, grasas, CARBOHIDRATOS de alto peso molecular.

1- **Hidrólisis**: microorganismo hidrolizan los polímeros orgánicos, proteínas y lípidos en ácidos grasos, monosacáridos, aminoácidos [1, 7].

2- **Acidogénesis**: bacterias anaerobias fermentan los productos descomponibles de la hidrólisis en ácidos grasos más simples, el más común es el ácido acético.

3- **Metanogénesis**: bacterias anaerobias estrictas. Convierten el hidrógeno y ácido acético en gas METANO y DIÓXIDO de CARBONO Tienen tasa de crecimiento muy lento por eso su metabolismo es un factor limitante en el proceso anaerobio [4].

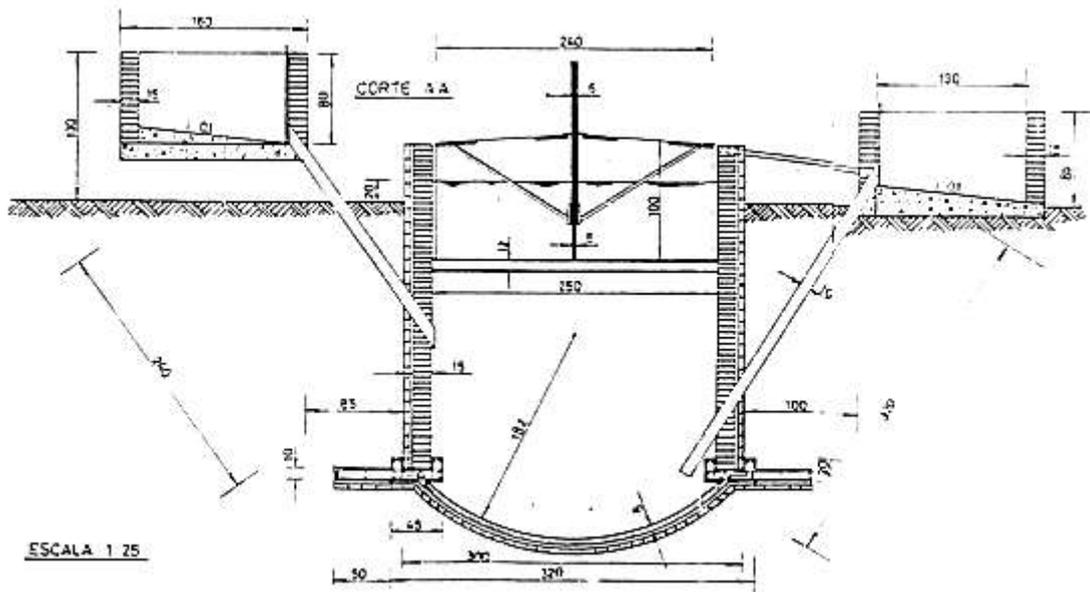
La identificación de los géneros bacterianos más frecuentes dentro del reactor anaerobio, durante el proceso de degradación de la materia orgánica, se realizó de acuerdo con Edward y Edwin [9] y Luengo [16].

Un estanque o pileta destinada a un sistema de tratamiento y degradación, puede ser incorporado con el agua que contenga, ya sea de lluvia, o de escurrimiento [11, 12, 19, 20]. En este caso la experiencia se vio favorecida por presentar la fosa, paredes bien aisladas, efecto que garantiza un perfecto funcionamiento del mismo. Existen sistemas realizados en excavaciones realizadas a estos fines, revestidos con materiales de aislamiento similares al de lagunas de tratamiento de efluentes, lo que resulta muy económico y preserva de lixiviación a napa friática. Un dato muy importante en esta experiencia que se transfiere a todos los casos de tratamiento con bacterias, es la necesidad fundamental de contar siempre con agua en las fosas, caso contrario no existe digestión bacteriana.

### Descripción de las instalaciones existentes

El biodigestor (fosa de hidrolización) existente próximo a las lagunas de tratamiento, se encontraba fuera de uso. Se había construido con la finalidad de producción de gas, en cantidades suficientes para abastecer de agua caliente y gas al laboratorio, que se encuentra próximo a este. A continuación se adjunta el plano original, a fin de tener precisiones acerca de las dimensiones:

## Plano original del biodigestor:



El biodigestor de 2,40 mts. por 3,20 mts. estaba fuera de uso hacia varios años, pero su estructura se mantenía en perfectas condiciones. De todas maneras fue necesario reacondicionarlo para poder reutilizarlo a los efectos descriptos. La tapa de fibra de vidrio, fue removida y quedó al descubierto la fosa. La misma se encontraba llena de agua sucia, producto del escurrimiento pluvial, ya que no tenía ingreso de sólidos. Si bien el tratamiento no demandaba tanta profundidad, igualmente se utilizó la totalidad del líquido para comenzar la experiencia. Dado que la fosa se encontraba en condiciones aceptables no fue necesario la extracción de barro.

## **Aislamiento de bacterias productoras de enzimas que facilitan los procesos degradativos**

La idea fundamental fue crear un “cóctel” bacteriano, compuesto de diferentes cepas con alta capacidad degradativa, gran resistencia y altas tasas de crecimiento, que pueda ser inoculadas al sistema de tratamiento de agua servidas para bioaumentar la capacidad degradativa del lodo, y al mismo tiempo, crear una competencia por el sustrato entre estas bacterias y aquellas causantes del problema de formación de espuma, de manera de desplazar estas últimas y disminuir la producción de espuma. Corresponde a la etapa de aclimatación o de arranque, en la cual los microorganismos presentes en el lodo anaerobio comienzan su adaptación a las condiciones de diseño del sistema de reactores [5]. Esta etapa es considerada por diversos autores [5, 14] de importancia para el mantenimiento de la estabilidad de los procesos anaerobios utilizados como una herramienta en el tratamiento biológico de las aguas residuales.

El proceso consistió en aislar bacterias provenientes del lodo activado, inoculando muestras de lodo y espuma en medios de cultivo generales, una vez desarrollado el crecimiento de colonias bacterianas, estas son traspasadas a medios de cultivo específicos, con sustratos seleccionados para probar su capacidad degradativa. Cuando

se confirmó la actividad, se aisló las cepas encontradas para de esta manera evaluar sus requerimientos nutricionales y parámetros de crecimiento.

Mediante este método se creó una colección de 13 cepas, entre las cuales se encuentran las que degradan lípidos, proteínas y almidón, se seleccionaron las que poseían mejores características en cuanto a velocidad de crecimiento, capacidad degradativa, resistencia a stress ambiental y facilidad de cultivo entre otras, para formar el “cóctel” que finalmente es utilizado *in situ*, como pellet bacteriano o inoculaciones en crecimiento exponencial.

Este “coctel” bacteriano ayudó en efecto a controlar las bacterias filamentosas y a estabilizar la ecología del lodo activado.

## Descripción de la flora aplicada que interviene en la degradación de cadáveres

Resumen de tipos de bacterias utilizadas para el tratamiento de cadáveres porcinos.

Géneros:	Familias	Proceso que desarrollan
Zooglea	Pseudomonáceas	Digestión aerobia de materia orgánica.
Achromobacter		
Flavobacterium	Afiliación dudosa	
Bdellovibrio	Afiliación dudosa	
Mycobacterium		
Nitrosomas	Nitrobactereáceas	
Nitrobacter	Nitrobacteráceas	
Achromobacter	Afiliación dudosa	Descomponer materia orgánica
Flavobacterium		
Alcaligenes	Afiliación dudosa	
Sphaerotilus natans		
Beggiatoa		
Nitrosomonas	Nitrobacteriáceas	Eliminar el excedente de nitrógeno
Nitrobacter		
Fusarium	Hongos	
Mucor		
Penicillium		
Geotrichum		
Sporotrichum		
Phormidium	Algas	
Chlorella		
Ulothrix		
Vorticella	Protozoos	
Opercularia		
Epistylis		
	Bacterias anaerobias no metanogénicas	Digestión anaeróbica de materia orgánica.
Peptococcus anaerobius		
Bifidobacterium spp.		
Desulphovibrio spp.	Afiliación dudosa	
Corrynebacterium spp		
Lactobacillus	Lactobacillaceas	
Actinomyces		
Staphilococcus spp.	Micrococáceas	
Acinetobacter	Neisseráceas	Eliminación del fósforo excedente

### 3) Resultados y discusión

#### Programa de ensayos

Dadas las condiciones de construcción del biodigestor y dejando el agua contenida en el mismo, se inició el ensayo, es decir, se procedió a la carga de un determinado volumen de sólidos a tratar e inmediatamente se adicionaron las bacterias, extendiendo este mecanismo en los días subsiguientes, registrando día a día el volumen de carga al sistema, datos que se transcriben en la siguiente tabla.

#### Días y volumen agregado

Fecha	Cadáveres kg.	Fecha	Cadáveres kg.	Fecha	Cadáveres kg.
18/10/03	30	1/12/03	63	29/12/03	115
20/10/03	10	2/12/03	78	30/12/03	250
21/10/03	140	3/12/03	40	31/12/03	60
23/10/03	40	4/12/03	63	1/01/04	43
25/10/03	10	5/12/03	80	2/01/04	75
27/10/03	15	6/12/03	55	3/01/04	65
28/10/03	25	8/12/03	100	4/01/04	55
29/10/03	30	10/12/03	94	5/01/04	38
31/10/03	25	11/12/03	35	6/01/04	98
1/11/03	45	13/12/03	110	7/01/04	108
3/11/03	70	14/12/03	35	8/01/04	140
5/11/03	45	15/12/03	25	9/01/04	69
6/11/03	70	16/12/03	90	10/01/04	89
8/11/03	65	17/12/03	64	11/01/04	110
9/11/03	80	18/12/03	33	12/01/04	260
11/11/03	55	19/12/03	45	13/01/04	90
13/11/03	80	20/12/03	84	14/01/04	115
15/11/03	150	21/12/03	98	15/01/04	105
18/11/03	220	22/12/03	80	16/01/04	70
22/11/03	340	23/12/03	120	17/01/04	68
23/11/03	200	24/12/03	95	18/01/04	55
24/11/03	60	25/12/03	35	19/01/04	96
26/11/03	65	26/12/03	196	-	-
28/11/03	82	27/12/03	110	-	-
30/11/03	55	28/12/03	156	-	-

Mediante esta metodología que se extendió durante los 90 días que duro el ensayo, se realizaron prácticas para favorecer la digestión bacteriana, como por ejemplo el corte ventral en animales muy grandes, a los efectos de facilitar el ingreso de bacterias al interior del mismo y formar distintos frentes de ataque, se aprovecho para reunir antecedentes acerca del comportamiento de los sólidos.

En el caso de cuerpos demasiado grandes, los mismos fueron abiertos en su línea media y arrojados al sistema, en el transcurso de 24 hs., y luego de una producción intensa de espuma color grisáceo, estos se hundieron continuando así su proceso degradativo, quedó claramente demostrado que cuerpos pequeños, y restos placentarios fueron atacados inmediatamente, en un proceso mucho mas rápido.

En una segunda etapa de ensayos y sobre la base de experiencia recolección en otros sistemas, se evaluó la formación de olores nauseabundos y la existencia de moscas, indefectiblemente presentes en todos los criaderos. Notablemente, la ausencia de moscas, como de olores indeseables, no fue atribuida a la tapa de metal que cubría el sistema, ya que en practicas posteriores, fue retirada la cubierta dejando los cadáveres en exposición a cielo abierto.



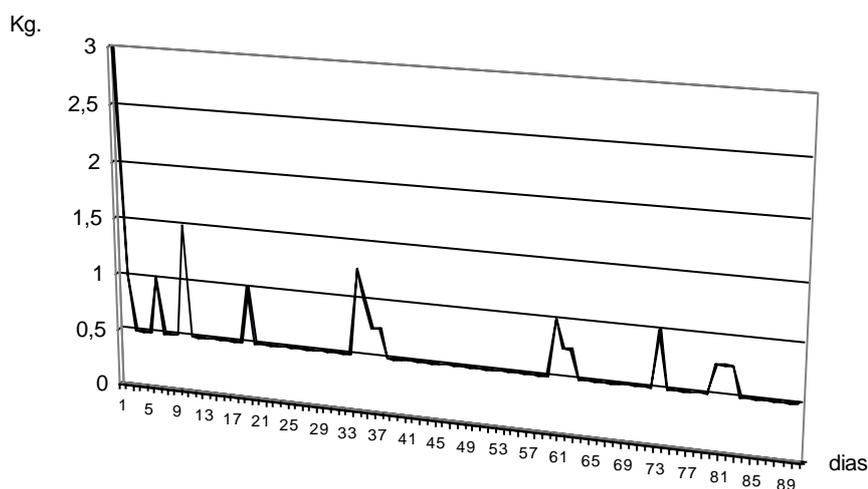
En estas condiciones, tampoco se observaron moscas, y ausencia de olores en las proximidades. El ritmo de las cargas, no cesó en ningún momento de la experiencia. Si el ensayo preveía una carga constante, consideramos el agregado constante de bacterias, para la formación de colonias jóvenes de ataque.

Pasos efectuados:

1. A una determinada hora de la mañana, se retiraba la cubierta de metal de la fosa y se arrojaban cadáveres y demás restos al sistema.
2. Inmediatamente se acompañaba la nueva carga con una dosis de  $\frac{1}{2}$  kg de bacteria (presentadas en forma de polvo) espolvoreando sobre la superficie del líquido (no de los cadáveres). Teniendo presente que las mismas se activan en contacto con el agua.
3. Se cubría nuevamente la fosa, apreciándose en forma seguida la formación de espuma.
4. Al día siguiente, al repetir esta práctica, los restos del día anterior se habían hundido.

Este sistema, si bien puede objetarse por la discontinuidad de la carga en proporción a la cantidad de bacteria adicionada, son las propias bacterias quienes en su vida útil (30–40 días), dejan una "herencia" a las nuevas generaciones, ya que el proceso es: activación, desarrollo, alimentación e inmediata reproducción, produciendo nuevas generaciones, que aprovecharan mejor el sistema en que nacen (adaptación natural al medio), situación que permitió hacer ajustes durante el proceso, para después encarar la última parte de los ensayos, sobre la base de correcciones a los valores óptimos en las cantidades logrando resultados satisfactorios.

El siguiente gráfico indica la frecuencia del suministro a lo largo del ensayo, salvo la dosis de shock, al comienzo de la prueba de 3 kg., las siguientes aplicaciones fueron constantes de unos 0.500 gr./día, solo se reforzó la dosis en situaciones particulares de ingresos considerables al sistema. Destacamos la estabilidad que presentó el mismo a lo largo del ensayo, utilizando un total de 60 kg. de producto, con una concentración de 4 billones de bacterias/gr. de producto.



## Material y Método

### Bioactivador

Para la mejora del proceso natural de hidrolización de cadáveres animales se utilizará un bioactivador, que consiste en un producto hecho a base de bacterias seleccionadas en laboratorio y algas. Las mismas no son genéticamente modificadas y son las que naturalmente se encuentran en este tipo de sustratos (se adjunta tabla). Los azúcares y la estructura del producto, una vez hidrolizado, sirven de soporte y de alimento inmediato que activa y favorece la proliferación de la flora microbiana, tanto en rectores aeróbicos como anaeróbicos. La combinación de familias que intervienen en la mezcla, actúan sosteniendo y englobando el amoníaco, sulfídrico, mercaptanos y los ácidos grasos volátiles (AGV), bajando las concentraciones de estos elementos en el ambiente, y de esta forma, los malos olores de la granja y sus alrededores son prácticamente inapreciables. Podríamos extendernos en cada uno de las familias intervinientes, pero no se creyó conveniente ahondar en este aspecto, ya que no es motivo de la tesis, ay además se acompaña en la tabla una pequeña acción de cada una de ellas.

Esta sustancia es un polvo o soluble en agua (incluso fría). Se trata de un producto muy higroscópico que actúa en contacto con el agua. Potencia los procesos de fermentación aeróbica en animales (inclusive rumiantes). Actúa sobre la degradación proteica y quelando oligoelementos, con lo que se mejora su asimilación.



Activa el proceso de descomposición de los cadáveres de animales, acelerando el proceso de autólisis total en fase líquida. En un reducido período de tiempo, es capaz de licuar las masas blandas (en días) y también las óseas (dos meses). La digestión se produce en fase líquida, por lo que existe la necesidad de incorporar agua para el consumo bacteriano, y por consiguiente la fosa de hidrolización debe tener agua antes de incorporar el polvo bacteriano, y durante los procesos de descomposición, agregar agua la fosa en caso de faltante, para que los cadáveres animales estén cubiertos al menos en sus dos terceras partes.

### **Manejo de la Fosa de hidrolización**

Los pasos, la primera vez que se utilizó la fosa de hidrolización, fueron los siguientes:

- Este estudio comenzó mediante el llenado hasta el 50%, aproximadamente, de la capacidad de la fosa de hidrolización, con agua de bomba, a la que se añadió una predilución de bacteria en agua, a razón de 3 kilogramos como acción de shock o inicio en 20 litros de agua, y una vez hecho esto, se incorpora a la fosa de hidrolización, después se introdujeron 30 kg. cadáveres, de la granja cercana a la fosa de hidrolización. Los trozos fueron previamente abiertos en su cavidad abdominal (solo animales grandes), para favorecer la acción de algas, enzimas y bacterias. Los restos se introdujeron y quedaron expuestos a la mezcla líquida.
- Se constató que no faltara agua en el sistema, agregando diariamente la que fuera necesaria, perdida por evaporación, observando que los animales muertos estén cubiertos en sus 2/3 partes.

- En los siguientes agregados a la fosa solo se añadieron 500gr/día salvo en días en que se aumento la carga debido a mayores bajas en la granja, y por supuesto controlar el agua. Es muy importante que en ningún momento la fosa de hidrolización se quede sin agua, pues podría paralizar la actividad de bacterias que participan en el proceso.

### Recolección de muestras:

- Durante el tiempo que duró la prueba de hidrolización bacteriana de cadáveres (3 meses), se han recogido muestras una vez a la semana, lo más asépticas posible del líquido de la fosa de hidrolización, previa agitación y homogeneización de todo su contenido, para su posterior análisis microbiológico en el laboratorio. Los análisis microbiológicos fueron los necesarios para la determinación de presencia de determinadas bacterias tales como: Escherichia coli, Vibrio cholerae, y las del género Salmonella, Clostridium, Shigella en general. Para garantizar la máxima fiabilidad de los exámenes microbiológicos previstos, se enviaron las muestras en condiciones de refrigeración, y en un tiempo no mayor a 10 hs.

### Análisis físico-químicos:

A la vez que se han recogido las muestras microbiológicas, se han tomado datos de diferentes parámetros físico-químicos del caldo de la fosa, tales como: temperatura, pH, datos que fueron tomados a pie de fosa en el momento de recoger las muestras para su análisis microbiológico.

<b>Datos físico-químicos:</b>	<b>Rangos medición</b>
<b>Temperatura fosa</b>	<b>0 a 100 °C</b>
<b>Temperatura líquido</b>	<b>0 a 100 °C</b>
<b>pH</b>	<b>0 a 14</b>

Y por último señalar que también se ha realizado una observación objetiva, por escrito, y se han tomado unas fotografías del estado de descomposición en que se encuentra el cadáver animal, antes de recoger la muestra, con el fin de documentar perfectamente, todo el proceso de descomposición con este sistema.

### Resultados

Durante todo este tiempo, y con una periodicidad semanal, se ha procedido a la toma de parámetros físico-químicos y además de dos muestras para su posterior análisis bacteriológico en laboratorios privados, con los resultados que se recogen en las siguientes tablas.

Tabla 1a.- Resultados de los parámetros físico-químicos analizados

	Día 1*	Día 5*	Día 15*	Día 20*	Día 25*	Día 30*
Tª sonda fosa	27°C	39°C	39°C	40°C	39°C	41°C
Tª líquido	28°C	37,2°C	44,2°C	44,7°C	46,9°C	45,6°C
PH	--	6,31	6,19	6,18	6,49	6,70

Tabla 1b.- Resultados de los parámetros físico-químicos analizados

	Día 35*	Día 40*	Día 45*	Día 50*	Día 55*	Día 60*
Tª sonda fosa	39°C	40°C	39°C	39°C	40°C	39°C
Tª líquido	45,6°C	46,2°C	42,2°C	41,6°C	40,2°C	39,3°C
PH	6,79	7,11	7,30	7,28	7,17	7,13

Tabla 1c.- Resultados de los parámetros físico-químicos analizados

	Día 65*	Día 70*	Día 75*	Día 80*	Día 85*	Día 90*
Tª sonda fosa	41°C	40°C	39°C	39°C	39°C	39,3°C
Tª líquido	39,4°C	39,7°C	40,1°C	39,1°C	40°C	39°C
PH	7,03	7,13	7,06	7,12	7,10	7,05

(\*) Días desde el inicio del Estudio Preliminar.

Se observó un incremento de la temperatura tanto de la fosa como del líquido, durante los primeros 30 días, momento en el cual el volumen de cadáveres introducidos en la fosa era casi del 20% del total de la prueba, coincidiendo con un ligero incremento del pH. Ambos parámetros se mostraron estables durante los siguientes 60 días, en concordancia con el resultado esperado, atribuible a la estabilización de la actividad bacteriana.

A continuación, en las siguientes tablas, se expresan los resultados de los análisis bacteriológicos llevados a cabo.

Tabla 2a.- Resultados de los análisis bacteriológicos

	Día 5*		Día 14*		Día 20*		Día 26*		Día 32*	
	T.S.	L.C.	T.S.	L.C.	T.S.	L.C.	T.S.	L.C.	T.S.	L.C.
E. coli	+	+	-	-	+?	-	-	-	-	-
Salmonella	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Shigella	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Clostridium	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
V. cholerae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 2b.- Resultados de los análisis bacteriológicos

	Día 38*		Día 43*		Día 48*		Día 56*		Día 62*	
	T.S.	L.C.								
E. coli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Salmonella	+?	-	-	-	+?	+?	-	-	-	-
Shigella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clostridium	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
V. cholerae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 2c.- Resultados de los análisis bacteriológicos

	Día 69*		Día 75*		Día 81*		Día 86*		Día 90*	
	T.S.	L.C.								
E. coli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Salmonella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Shigella	-	-	-	-	-	-	+?	-	-	-
Clostridium	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
V. cholerae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(\*) Días desde el inicio del Estudio Preliminar.

T.S.: muestra recolección del tubo sonda de la fosa de hidrolización.

L.C.: muestra recolección del líquido en contacto directo con los cadáveres.

+: presencia de gérmenes en la muestra.

-: ausencia de gérmenes en la muestra.

+?: posible contaminación de la muestra.

Los resultados del conteo bacteriológico manifestaron una notable reducción de los agentes presentes en este tipo de reacciones poniendo en evidencia la competencia eficaz de las bacterias inoculadas. Además, reseñar, que el día 19 de enero de 2004, que coincide con el día 90 del estudio, se envió una muestra al laboratorio privado para su análisis mineralógico y bacteriológico, resultando los siguientes valores:

#### **Análisis Bacteriológico:**

<b>Colonias a 22°C :</b>	<b>48.800 UFC en 1 ml.</b>
<b>Bacterias Coliformes:</b>	<b>0 UFC en 100 ml.</b>
<b>Clostridium S. Reductores:</b>	<b>7.000 en 100 ml.</b>

#### **Análisis mineralógico:**

<b>Bicarbonatos:</b>	<b>2.159,66 mg/l</b>
<b>Cloruros:</b>	<b>482,11 mg/l</b>
<b>Sulfatos:</b>	<b>29,81 mg/l</b>
<b>Carbonatos:</b>	<b>0,00 mg/l</b>
<b>Nitratos:</b>	<b>0,00 mg/l</b>
<b>Nitritos:</b>	<b>0,00 mg/l</b>
<b>Calcio:</b>	<b>404,80 mg/l</b>
<b>Sodio:</b>	<b>355,55 mg/l</b>
<b>Potasio:</b>	<b>160,40 mg/l</b>
<b>Magnesio:</b>	<b>118,05 mg/l</b>
<b>Anhídrido Silícico:</b>	<b>70,99 mg/l</b>
<b>Amonio:</b>	<b>45,80 mg/l</b>
<b>Anhídrido Fosfórico:</b>	<b>31,00 mg/l</b>
<b>Manganeso:</b>	<b>1,71 mg/l</b>
<b>Plomo:</b>	<b>1,389 mg/l</b>
<b>Boro:</b>	<b>0,93 mg/l</b>
<b>Hierro:</b>	<b>0,17 mg/l</b>
<b>Cobre:</b>	<b>0,164 mg/l</b>
<b>Cadmio:</b>	<b>&lt; 0,010 mg/l</b>

Por último, y como observaciones recogidas en las Hojas de Campo utilizadas en el estudio, cabe reseñar las siguientes cuestiones. Durante todo el proceso sólo se ha apreciado mal olor (como “a rancio”) entre los días 1 al 7, y esto sólo en las cercanías inmediatas de la fosa ( $\pm$  5 metros) sin destapar, a partir de esta distancia, no se apreciaba ningún tipo de olor extraño, sólo se apreciaba mal olor cuando ésta se destapaba, desapareciendo cuando volvía a cubrirse. Por otro lado, en ningún momento del estudio se ha apreciado que éste fuera colonizado por ningún tipo de insecto, no siendo atacado por ninguna larva, estando la piel sobrenadante intacta hasta su disolución. El día 90 sólo se notaban pequeños restos por debajo de la espuma que todo lo cubría.

A partir del día 7 apareció una sustancia de consistencia grasa y color marrón oscuro, que lo impregnó todo. Más tarde, el día 41, se aprecia la formación alrededor del cadáver de una espuma de color blanco. Esta espuma creció durante los siguientes días hasta alcanzar los 25 cm de espesor el día 20, pero entonces esta espuma se volvió de un color gris, manteniéndose en ese espesor hasta el día 60, volviendo a crecer el día 70 para volver a decrecer en días sucesivos, aunque todavía se mantiene.

El cadáver ha sufrido las lógicas alteraciones aunque estas han sido aceleradas por el bioactivador, siendo los fetos de lechones ya formados los primeros en desaparecer el día 10. En cuanto al cadáver de la cerda se puede decir que ha desaparecido el día 65, en el que sólo se notaban pequeños restos por debajo de la capa de espuma blanquecina que lo cubría todo.

El agua utilizada en la fosa de hidrolización al comienzo del estudio, y la utilizada en los agregados sucesivos, presentó los siguientes parámetros físico-químicos medios:

<b>Temperatura líquido</b>	<b>28,1°C</b>
<b>pH</b>	<b>7,69</b>

## **Discusión**

### **Parámetros físico-químicos:**

En cuanto a los parámetros físico-químicos se pueden apreciar varias cuestiones. En primer lugar la temperatura: la temperatura que recoge la sonda que lleva incorporada la fosa se mantiene estable a todo lo largo de la duración del estudio entre los 39-42 °C, aunque como vemos en las tablas 1a, 1b y 1c, las temperaturas obtenidas del líquido en su interior, sí han variado a lo largo de la experiencia desde los 28°C del día 1 hasta los 46,9°C del día 28 (posiblemente alrededor de esos días se alcanzaran temperaturas un poco más altas, rondando los 50°C, aunque desgraciadamente no se recogieron), luego se aprecia un período de tiempo de unas 4 semanas de duración, en el que la temperatura está estabilizada entorno a los 45 °C, para posteriormente bajar y estabilizarse otra vez en los 40°C. Los días de máximas temperaturas coinciden con los períodos de máxima actividad bacteriana, que en esos momentos llevan a cabo la degradación de los principios inmediatos, en los que de manera resumida, podemos decir, que los glúcidos se van a escindir en ácido láctico y alcoholes; los lípidos, mediante procesos de oxidación van a dar lugar a ácido butírico y acético; y los prótidos pueden llegar a formar aminas ácidas, ácido fosfórico y bases púricas y por último amoníaco. Estos procesos se acompañan de la aparición de gases como el amoníaco, el sulfídrico, nitrógeno libre y anhídrido carbónico (González, 1997), e incluso en condiciones de falta de oxígeno se produce metano, en la siguiente fase de descomposición, por la acción de bacterias metanogénicas anaerobias.

En cuanto al pH, decir que éste parámetro se ha mantenido prácticamente estable durante todo el período y en valores cercanos a la neutralidad, entre 6,18 (ligeramente ácido) y 7,30 el día 60.

### **Parámetros bacteriológicos:**

En cuanto a los resultados bacteriológicos, y según reflejan los datos de la tabla 2a, 2b y 2c, obtenidos de los análisis realizados en laboratorios privados, los gérmenes de los géneros Salmonella y Shigella, así como los Escherichia coli, desaparecen de la fosa de

hidrolización a partir de las dos semanas de iniciado el estudio (14 días), con la única persistencia de los gérmenes del género Clostridium, los cuales, debido a su especial característica a esporular cuando se encuentran en condiciones ambientales adversas, hace que sea muy difícil, de momento, su eliminación de los análisis. En efecto las bacterias del género Clostridium comprenden hasta 83 especies (Cato et al., 1986), siendo además microorganismos extraordinariamente ubicuos, resultando algunos de ellos patógenos para el hombre y los animales [21]. De hecho hay especies de Clostridium que actúan de manera natural en la descomposición de los cadáveres, sobretodo en condiciones de anaerobiosis. Es conocido por los médicos forenses, que el proceso de descomposición de los tejidos orgánicos está propiciada de forma preponderante por bacterias (generalmente anaerobias) presentes en el interior del propio individuo. Los grupos bacterianos más importantes implicados en el proceso son los que componen la flora intestinal habitual del individuo en vida, sin olvidar los que se encuentran en otras vísceras huecas (vías respiratorias altas, árbol bronquial, etc.). También tienen interés los hongos saprófitos del cadáver y las bacterias mineralizantes. Así que durante la hidrolización del cadáver se producen fermentaciones y desprendimientos de gases y cuerpos volátiles: desde sulfídrico, hidrógeno, hidrocarburos, hidrógeno fosforado, pasando por el amoníaco, el indol y el escatol y diversos mercaptanos, todo ello acelerado, en nuestro estudio por la utilización del bioactivador.

Se sabe que el predominio de la flora saprófita, responsable de la putrefacción o descomposición microbiana de los tejidos orgánicos, determina la anulación de los gérmenes patógenos, a medida que avanza la putrefacción. Sin embargo, existen microbios con cierta resistencia (los esporulados) que puede sobrevivir a esta acción [22].

### **Parámetros mineralógicos:**

De los resultados del análisis llevado a cabo por dichos laboratorios, se desprende que el líquido de la fosa de hidrolización puede ser considerado como un agua bicarbonatada cálcica, con una gran cantidad de bacterias (48.800 UFC en 1 ml.), y que además presenta 3.823,99 mg/l de sólidos disueltos, con un pH neutro, con cantidades de cloruros y de sodio mucho menores que el que presentan los purines (de 481 mg/l y 360 mg/l respectivamente en el caso del líquido de la hidrolización, frente a los 910 mg/l para los cloruros y entre 410mg/l – 920 mg/l para el caso del sodio, en los purines), presentando cantidades inferiores también en el caso de los otros minerales analizados, contando además este líquido con 474,27 mg/l. de CO<sub>2</sub> libre, y que presentando una dureza total de 148,75° Francés.

### **Caso B (Testigo)**

Esta granja, tiene los mismos problemas de disposición final de restos orgánicos, tanto de productos de parto, cortes de cola, castración, como de bajas por muertes.

Un hecho interesante de destacar es la proximidad de esta granja con la del modelo experimental, solo 5 kilómetros las separan.

El ciclo de duración de la prueba, 60 días, correspondió a la primavera verano de nuestro hemisferio, comenzando el 18 de Octubre y finalizando el 18 de diciembre. La temperatura promedio es de 25°C, y las máximas se registran normalmente en el mes de Diciembre.

**Animales:** La disposición que esta granja dio a los animales y para favorecer aún más la experiencia, fue en una antigua piscina, cercana a los galpones y que estaba vacía conforme a su antigüedad y falta de mantenimiento. La misma se encontraba vacía, y por pedido expreso a sus propietarios, no se enterraron más los cadáveres, para iniciar así la comparación.

La fosa (piscina) ofrece una medida pequeña de 2,50mts. de ancho, 5mts. de largo, y 2,00mts. de profundidad, medidas que ofrecía un volumen mayor al de la fosa de hidrolización. Recordamos que ella tiene 2,50mts de diámetro por 3,20 mts. de profundidad.

Mencionamos además, que esta granja (caso B) posee un menor numero animales, aunque por antigüedad en las instalaciones, y causas de manejo, ofrecía una mayor mortalidad en la misma

### **Frecuencia de vuelco de cadáveres**

En este caso, la frecuencia en volumen era mayor, dado que como mencionáramos antes la mortandad en la granja era mayor. Conforme indica la siguiente tabla, debimos suspender el vuelco a la fosa, al llegar al día 60.

### **Días y volumen agregado**

Fecha	Cadáveres Kg.	Fecha	Cadáveres kg.	Fecha	Cadáveres kg.
18/10/03	50	1/12/03	47	29/12/03	88
19/10/03	20	2/12/03	55	30/12/03	140
20/10/03	66	3/12/03	29	31/12/03	55
21/10/03	27	4/12/03	55	1/01/04	40
23/10/03	22	5/12/03	60	2/01/04	57
25/10/03	35	6/12/03	42	3/01/04	44
26/10/03	27	7/12/03	66	4/01/04	37
27/10/03	25	8/12/03	60	5/01/04	25
30/10/03	33	10/12/03	27	6/01/04	66
1/11/03	55	12/12/03	66	-	-
2/11/03	55	13/12/03	20	-	-
4/11/03	44	14/12/03	20	-	-
5/11/03	60	16/12/03	59	-	-
8/11/03	29	17/12/03	59	-	-
10/11/03	55	18/12/03	30	-	-
12/11/03	60	19/12/03	38	-	-
13/11/03	66	20/12/03	66	-	-
14/11/03	70	21/12/03	90	-	-
17/11/03	22	22/12/03	66	-	-
20/11/03	70	23/12/03	155	-	-
23/11/03	66	24/12/03	66	-	-
25/11/03	61	25/12/03	30	-	-
27/11/03	55	26/12/03	66	-	-
28/11/03	55	27/12/03	120	-	-
30/11/03	33	28/12/03	120	-	-

Tomando la fecha de inicio en ambas granjas y concluyendo la toma de datos para luego volcarla a la hoja de campo. Pudimos evaluar lo siguiente.

Aspecto: La observación general en el momento de acumulación de cadáveres en la fosa, presentaba un aspecto totalmente desagradable, con la acumulación y el amontonamiento en forma de montaña de los cadáveres. El cuero, que al principio se observaba inflado por la acumulación de gases, se tornaba con el paso de los días flácido y de un aspecto opaco, al comenzar el proceso de putrefacción, que además generaba un entorno fétido con acumulación de moscas e insectos

### **Manejo de la fosa seca:**

Los pasos, la primera vez que se utilizó la fosa seca, fueron los siguientes:

Esta experiencia comenzó con el vuelco diario de animales muertos, otros residuos orgánicos procedentes de la granja, y se disponían en la fosa. No había agua de agregado, salvo aquella que se había estancado producto de alguna lluvia.

Este procedimiento para la eliminación de residuos cárnicos, especialmente cadáveres de animales, está caracterizado por degradación y por liquefacción de las materias proteínicas blandas y solubles. Entre 35° y 60°C se verifica la acción de bacterias en fase mesófila. Entre 60° y 70°C se verifica acción de hongos actinomicetos en fase termófila. Materias de mayor consistencia y dureza son degradadas mediante enzimas en fase mesófila a temperaturas entre 40 y 70°C. Y el resultado del tratamiento de los materiales orgánicos es la obtención de un material biodegradado en estado líquido pastoso, susceptible de ser extraído mediante una bomba de aspiración apropiada para líquidos densos no pudiendo ser incorporado en ese estado al medio ambiente, sin la generación de efectos perjudiciales u ofensivos, o como vehículos de eliminación final.

### **Recolección de muestras:**

Durante el tiempo que duró la prueba (2 meses), se han recogido muestras una vez a la semana, no se tuvo en cuenta la asepsia de las tomas debido a lo contaminado del medio. Los análisis microbiológicos realizados fueron los necesarios para la determinar la presencia de organismos, de los cuales nos ocupamos, y a modo de comparación de: *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, y las del género *Salmonella*, *Clostridium*, *Shigella* en general. Para garantizar la máxima fiabilidad de los exámenes microbiológicos.

Además debemos mencionar que en los cadáveres expuestos al aire libre se desarrollaron larvas y gusanos de moscas; de este hecho deriva precisamente la etimología de la palabra CADÁVER formada por la sílaba inicial de tres voces latinas: CARO-DATA-VERNIBUS (Carne - Tiempo - Gusanos).

### **Análisis físico-químicos:**

A la vez que se han recogido las muestras microbiológicas, se han tomado datos de diferentes parámetros físico-químicos del caldo de la fosa, tales como: temperatura, pH,.

<b>Datos físico-químicos:</b>	<b>Rangos medición</b>
<b>Temperatura fosa</b>	<b>0 a 100 °C</b>
<b>Temperatura líquido</b>	<b>0 a 100 °C</b>
<b>pH</b>	<b>0 a 14</b>

Y por último señalar que también se ha realizado una observación objetiva, por escrito, y se han tomado unas fotografías del estado de descomposición en que se encuentra el cadáver animal, antes de recoger la muestra, con el fin de documentar perfectamente, todo el proceso de descomposición con este otro sistema.

### **Resultados**

Durante los dos meses que duró la observación, con una periodicidad semanal, se ha procedido a la toma de parámetros físico-químicos y además de dos muestras para su posterior análisis bacteriológico en los mismos laboratorios privados que para las muestras de la prueba, con los siguientes resultados.

Tabla 3a.- Resultados de los parámetros físico-químicos analizados

	Día 1*	Día 5*	Día 15*	Día 20*	Día 25*	Día 30*
Tª sonda piscina	25°C	29°C	29°C	28°C	25°C	30°C
Tª líquido	26°C	27°C	24°C	24°C	25°C	23°C
PH	--	6	5,9	5,7	5,9	6

Tabla 3b.- Resultados de los parámetros físico-químicos analizados

	Día 35*	Día 40*	Día 45*	Día 50*	Día 55*	Día 60*
Tª sonda piscina	28°C	26°C	24°C	24°C	23°C	20°C
Tª líquido	22°C	21°C	22°C	20°C	23°C	22°C
PH	5,5	5,3	5	5,3	5,1	5

(\*) Días desde el inicio del Estudio Preliminar.

En esta prueba no se alcanzaron a observar modificaciones sustanciales de temperatura o pH. A continuación, en la siguiente tabla, se expresan los resultados de los análisis bacteriológicos llevados a cabo.

Tabla 4.- Resultados de los análisis bacteriológicos

	Día 5*		Día 10*		Día 16*		Día 22*		Día 31*	
	T.S.	L.C.	T.S.	L.C.	T.S.	L.C.	T.S.	L.C.	T.S.	L.C.
E. coli	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Salmonella	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Shigella	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Clostridium	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
E. coli	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(\*) Días desde el inicio del Estudio Preliminar.

T.S.: muestra recolección del tubo sonda de la fosa de hidrolización.

L.C.: muestra recolección del líquido en contacto directo con los cadáveres.

+: presencia de gérmenes en la muestra.

-: ausencia de gérmenes en la muestra.

Importante: no se ha continuado con el detalle en tablas ya que el recuento de agentes infecciosos crecía constantemente. Graficando lo pernicioso de tener este tipo de animales al aire libre comprometiendo el estatus sanitario del establecimiento.

Además, reseñar, que el día 19 de enero de 2004, que coincide con el día 60 del estudio, se envió una muestra al laboratorio privado para su análisis mineralógico y bacteriológico, resultando los siguientes valores:

#### **Análisis Bacteriológico:**

**Colonias a 22°C :** +100.000 UFC en 1 ml.  
**Bacterias Coliformes:** +100.000 UFC en 100 ml.  
**Clostridium S. Reductores:** 77.000 en 100 ml.

## **Análisis mineralógico:**

No se realizó.

Por último, *la descomposición se puede definir como el proceso mediante el cual un organismo o derivados del mismo se llegan a fraccionar en las partes o elementos que lo componen*, el resto animal se habrá desintegrado gradualmente hasta que sus estructuras ya no sean reconocibles y sus complejas moléculas orgánicas se hayan fragmentado. *Es éste un proceso que comporta la liberación de energía y la mineralización de los nutrientes químicos convirtiendo los elementos orgánicos en inorgánicos.* ( Putman)

En el proceso se diferencian dos fases:

- El proceso de destrucción, es la fase inicial de la descomposición, se produce el fraccionamiento del resto orgánico, así al final de éste se convierte en partículas, jugando un importante papel los factores abióticos y los bióticos.
- En una segunda fase, a continuación, se producirá la degradación de la materia orgánica, produciéndose la desintegración de las pequeñas partículas en moléculas dando como productos finales CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y sales minerales.

Para entender los procesos de degradación y reciclaje de cadáveres, debemos de tener presente que son medios abundantes en materia orgánica y que participan de unas condiciones micro climáticas especiales. Los cadáveres representan no sólo una rica fuente de energía, sino un hábitat muy especializado que es explotado por una entomofauna también muy especializada en la mayoría de los casos. Esta fauna obtiene alimento en estos acúmulos orgánicos, bien directamente como en el caso de los coprófagos y necrófagos, bien indirectamente como en el caso de los predadores.

Por otra parte, el número de individuos que se encuentran en cada una de las unidades puede variar enormemente, produciéndose una distribución agregada cuya consecuencia sea el que pueda coexistir un amplio número de especies en un mismo ecosistema. Sirva como ejemplo el que sólo en un cadáver de conejo pueden encontrarse mas de 100 especies de artrópodos pertenecientes a 16 ordenes y 48 familias, si bien son las larvas de *califóridos* y en menor grado las de *sarcofágidos* *múscidos* y *derméstidos* los responsables directas de su descomposición.

La fauna de artrópodos que interviene en los procesos de descomposición de cadáveres es descomponedora y de su acción se deriva el que otros organismos como bacterias y hongos actúen más tarde en el proceso de degradación [13].

Las larvas de moscas y otros insectos producen la licuefacción de los tejidos de los cadáveres preparando indirectamente el sustrato para la intervención de microorganismos descomponedores incluso las larvas minadoras y la acción de remover favorecen la presencia de microorganismos aeróbicos. Así pues, la acción de los necrófagos y coprófagos es complementaria de la acción de los organismos verdaderamente descomponedores que son los microorganismos.

El agua que se había generado en la fosa de vuelco al comienzo del estudio, presentó los siguientes parámetros físico-químicos medios:

**Temperatura líquido**                      **18°C**  
**pH**    **5,00**  
**Discusión**

**Parámetros físico-químicos:**

En cuanto a los parámetros físico-químicos se pueden apreciar varias cuestiones. En primer lugar la temperatura: la sonda que se introdujo en el conglomerado de cadáveres fluctuó en todo momento de la experiencia entre los 10-69 °C, del trabajo, aunque luego se mantuvo estable a unos 20°C, evidenciando una baja en la temperatura del conjunto.

En cuanto al pH, mencionamos que éste parámetro ha declinado desde un 6,2 a uno ácido de 5 al día 60.

**Parámetros bacteriológicos:**

En cuanto a los resultados bacteriológicos, y según reflejan los datos de la tabla 4 las colonias observadas como: Salmonella y Shigella, así como los Escherichia coli, y Clostridium han aumentado de manera geométrica su presencia en el medio. Además se observó la presencia de flora cadavérica en la fosa, con distintas etapas de degradación en los cuerpos.

En conclusión el recuento microbiano creció geométricamente, dominando totalmente la superficie de la fosa.

**Otras observaciones:**

	Caso A		Caso B (testigo)	
	Día 1	Día 60*	Día 1	Día 60*
Estado corporal	1	4	1	3
Piel	1	5	1	2
Músculo	1	5	1	3
Vísceras	1	5	1	3
Aspecto en fosa	1	4	1	2
Color	1	4	1	2
Animal de 100 kg.	1	5	1	4
Fetos	1	5	1	5
Placentas, castraciones	1	5	1	5
Colonias a 22° C UFC	-	48.800/ml	-	+100.000/ml
Coliformes	-	0/100ml	-	+100.000/100ml
Clostridios	-	7.000/100ml	-	77.000/100ml
pH	-	7,13	-	5
Temp. agua-cuerpos	28°C	39,3°C	26°C	22°C

(\* Se tomó día 60, ya que el testigo no permitía continuar la prueba.

- 1- sin cambios
- 2- ligeramente comprometido
- 3- comprometido
- 4- seriamente comprometido
- 5- degradado

**4) CONCLUSIONES**

La hidrolización se justifica por el elevado contenido de agua de todos los seres vivos (contenido que oscila entre el 49% y el 97%, según las especies), por la muy limitada presencia de emisiones de agentes agresivos de las aguas y del aire, y por el reducido número de operaciones de manejo de los materiales a eliminar y que podrían ocasionar molestias a los operarios de poner en práctica el procedimiento.

El medio de actuación es el agua, activada mediante un catalizador y mantenida en un continente (digestor) en el que se depositan como contenido los cuerpos de los animales.

Se provoca una fermentación anaerobia (sin aire) en fase líquida (acuosa), con incorporación de un activador (bacterias) que favorece, en funciones de catalizador, la licuación por hidrolización de los materiales cárnicos.

El proceso en cuestión es básicamente físico y/o biológico y no químico. El digestor utilizado en la práctica de esta invención puede ser de tipo convencional, en forma de depósito cilíndrico o esférico de paredes rígidas, hechas de un material inatacable por parte de agentes corrosivos, por ejemplo, un plástico sintético de alta resistencia, y con elementos complementarios que se mencionarán más adelante.

El producto activador, ya citado, es una dispersión líquida concentrada de bacterias, obtenido por selección en laboratorio carácter muy básico. Se presenta en forma de polvo, color pardo y fácilmente dispersable en agua, sobre todo en agua tibia.

El producto en cuestión acelera el proceso de descomposición de los cuerpos y materiales cárnicos. Las masas blandas y óseas se licúan en un término de unos a tres meses, según su composición.

La digestión de los materiales se produce en fase líquida (fermentación con producción de altas temperaturas) y requiere la incorporación de agua (previa a la introducción del producto activador) para el consumo de las bacterias. Los productos cárnicos deben estar cubiertos de agua, por lo menos en unos dos tercios.

Las proteínas animales se degradan mediante las bacterias (especialmente los materiales solubles, fase mesófila a 35°-60°C), mediante hongos actinomicetos (especialmente los polímeros, fase termófila a 60°-70°C), y mediante enzimas (particularmente las partes duras, fase mesófila a 40°-70°C).

El resto de elementos de las estructuras cárnicas (nitrógeno, fósforo, calcio, etc.) aparece en forma orgánica y de quelatos totalmente higienizados por las elevadas temperaturas que se alcanzan en el proceso de fermentación.

De lo expuesto anteriormente se deduce que se pueden obtener eficiencias de más del 90 % con este tipo de tratamientos. De acuerdo a resultados previos [6], creemos que la época en la cual se realizan el ensayo colabora con los resultados, ya que se encuentra el sistema favorecido por condiciones de temperatura (comenzó en Octubre de 2003 y finalizó en Enero de 2004), acción que como comprobáramos en experiencias posteriores, se lentifica con temperaturas muy bajas.

La fosa en general se comportó satisfactoriamente, no evidenciando saturación de cuerpos en ningún momento, y cuando parecía detenerse en su actividad, el empleado encargado de arrojar los residuos, realizaba un barrido o mezclado, acción que generaba la inmediata formación de espuma cada vez más intensa, y el rápido descenso de los cuerpos para la lenta formación de barro.



Como dato adicional, este tipo de fosa, ha demostrado ser un método eficiente y económico para el tratamiento de cadáveres y restos de criaderos industriales, en los que se combinan cadáveres y restos de placentas, y que este tipo de instalaciones representa una porción mínima del establecimiento, disminuyendo así los costos de tierra por excavación y terraplenamiento, evitando denuncias por quemado o por contaminación ambiental por olores y sustancias putrescibles.

Estimamos también que no es fácil determinar un diseño “ideal” de este tipo de fosas de tratamiento, por el solo dato de la cantidad arrojada mensual que tenga el establecimiento, ya que este ensayo esta realizado en una fosa particular de 3,20 mts. de profundidad y fuera de condiciones de enlagueamiento. Preferimos medir la capacidad operativa de sistemas mas las variables que se presenten en juego.

Este ensayo, si bien no reproduce exactamente las condiciones de funcionamiento de fosas de tratamiento de distinto tipo (fosas de tierra, piletones, lagunas, etc.) es suficientemente demostrativo como para no abrigar dudas al respecto.

Como dato adicional, el resultado de los estudios en esta fosa piloto han permitido desarrollar un proyecto de planta para tratamiento de este tipo de desechos, cuyo costo (en esta caso en particular mínimo) resulta varias veces más económico que el manejo de compostaje o eliminación por medio de empresas recolectoras para disposición final en basurales.

Como resultado final de este trabajo, creemos oportuno proponer que se estimule la realización de este tipo de fosas de tratamiento para granjas industriales. Siguiendo para el diseño las pautas recogidas en la experiencia piloto y evaluando desventajas referidas a otros sistemas que inciden negativamente en los costos finales de la granja.

Si bien no hace a la cuestión, mencionamos que promediando el ensayo se retiró una cantidad de agua del sistema, por cuestiones obvias de volumen. El procedimiento se realizó con una bomba standard y si bien al principio el agua era oscura, a los pocos minutos comenzó a salir con destino a la laguna de efluentes, agua cristalina, creemos que el tratamiento de las bacterias y por diferencia de densidad, produjo un estrato de agua que se mantuvo fuera de condiciones de turbidez en la parte media de la fosa. Es interesante destacar además, que los barros retirados (carga bentónica) secaron rápidamente sin omitir olores ni condiciones contaminantes, lo que hicieron muy sencilla su disposición final como relleno, incorporándose a los pocos días al sustrato.

## Notas

- Entre el día 4 y 14 comienzan a ser atacadas las partes blandas (carne, grasa y vísceras) del cadáver comenzando la fermentación butírica de la grasa corporal, que hace que aparezca un mal olor penetrante. Después aparece a partir del día 48 una fermentación caseica de la proteína (olor “a rancio”), y a partir del día 80 aparece la fermentación amoniacal, según los datos obtenidos de la medición de gases y de las observaciones realizadas.
- Las partes duras comienzan a ser atacadas por las enzimas el día 41, como lo demuestra la aparición de esa espuma blanca alrededor del cadáver, y que continua hasta el final de la experiencia.
- El líquido resultante de la hidrolización de cadáveres es semejante al purín que se obtiene en una granja de cerdos convencional tanto por sus características físico-químicas como bacteriológicas, con los resultados obtenidos hasta el momento, por lo que cabría esperar su posibilidad de empleo conjunto (purín-líquido de la hidrolización) como abono orgánico, toda vez que este líquido lleva en su composición aminoácidos simples, muy utilizados en la agricultura, y no contiene proporciones alarmantes de metales pesados que puedan ocasionar perjuicio en el medio ambiente, con una utilización de dosis agronómicas adecuadas.
- Sin embargo, sería conveniente la realización de un proyecto de investigación más ambicioso que este estudio, en el que se abarcara el estudio de más variables (relativas a más gémenes, concentración de gases eliminados, presencia de aminoácidos libres, mayor número de presencia de metales pesados, etc) y con una rutina de muestreos mayor, y por supuesto con otros tipos de cadáveres animales.

La evolución del funcionamiento en las fosas anaerobias en términos de eficiencia del proceso y su estabilización son monitoreados a través de la estimación de remoción de materia orgánica, la composición del biogás producido, pH, alcalinidad y sólidos suspendidos totales y volátiles. Sin embargo, los estudios para la determinación de la degradación de la biomasa en el lodo granular anaerobio son escasos [8], por lo cual el objetivo de este trabajo consistió en determinar la biomasa del lodo granular, observar el comportamiento y efectividad de las cepas bacterianas (familias) seleccionadas, como un aporte a la interpretación de los fenómenos que ocurren durante la degradación anaerobia de la materia orgánica.

## 5) BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION / AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION / WATER ENVIRONMENT FEDERATION (1998). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 th ed. Washington DC, USA.
2. BABOT D., MARTÍNEZ L. Y TEIRA M.R. 2001 “**Gestión de subproductos y residuos porcinos**” Rev. Mundo Ganadero mayo: 34-7.
3. BJARNE K. PEDERSEN. MANAGING DIRECTOR, EGEBJERG. Dinamarca (2004) “**Eliminación de cadáveres: el modelo danés**”. <http://www.3tres3.com/opinion/ficha.php?id=774>
4. BOONE, D.; JOHNSON, R.; LIU, Y. (1989). Diffusion of the interspecies electron carriers H<sub>2</sub> and formate methanogenic ecosystems and its implications in the measurement of km for H<sub>2</sub>O formate uptake. **Appl. Environ. Microbiol** 55: 1735 - 1741.
5. BRITO, A.; RODRIGUEZ, A.; MELO, L. (1997). Granulation during the start-up of a UASB reactor used in the treatment of low strength wastewater. **Biotechnology Letters** 19:363 – 367.
6. BROCK, T.; MADIGAN, M. (1991). **Microbiología**. Sexta edición. Hall Hispanoamericana S.A. México. pp.879.
7. DOWELL, V.; LOMBARD, G.; THOMPSON, F.; ARMFIELD, A. (1977). Media for isolation characterization and identification of obligate anaerobic bacteria. Center for disease control. USA. **CDC Laboratory Manual**, Pp. 156.
8. DWAYNE, E.; LEE, K.; TANNER, R.; SUFLITA, J. (1999). Estimation of methanogen biomass by quantitation of coenzyme M. **Appl and Environm Microbiol** 65(12): 5541 – 5545.
9. EDWARD, P.; EDWIN, W. (1972). Identification of Enterobacteriaceae. Three Editions. **Enteric Bacteriology Laboratories**, Center for disease control. Burgess Publishing Company. USA. pp.172.
10. ENRIC MARCO. B&M c.v.p. España (2004) “**Bioseguridad en la gestión de cadáveres**” <http://www.3tres3.com/opinion/ficha.php?id=1037>
11. GLOYNA E. F. (1965). **Wastes Disposal**. Lagunas de Estabilización de Residuos: nociones teóricas y datos de la experiencia. Gral.
12. GLOYNA. E. F. O.M.S. Ginebra (1973) “**Estanques de Estabilización de Aguas Residuales**”. Gral.
13. GONZALEZ C. F. (1997) “**Los insectos y la muerte**” En “Los artrópodos y el Hombre” Boletín SEA nº 20. Zaragoza. Gral.
14. GUIOT, S.; ROCHELEAU, S.; HAWARI, J.; SAMSON, R. (1992). Induction of granulation by sulphonated – lignin and calcium in an upflow anaerobic sludge bed reactor. **Chemistry Technol and Biotech** 53: 45 – 56.
15. LOBERA J.B. (2002) “**Los otros residuos en las explotaciones porcinas**” 1º Premio del Colegio Oficial de Veterinarios de Murcia. pp: 1-25.
16. LUENGO, E. (1989). **Manual de microbiología básica**. La Universidad del Zulia. Venezuela. pp. 290.
17. MIQUEL COLLELL. MARCO I COLLELL S.L. España (2007) “**Recolección de cadáveres**” <http://www.3tres3.com/medioambiente/ficha.php?id=1716&id2=0>

18. MIQUEL COLLELL. MARCO I COLLELL S.L. España, (2007) “**Gestión de cadáveres en una explotación porcina**” <http://www.3tres3.com/medioambiente/ficha.php?id=1715>
19. SAENZ, RODOLFO (1984) “**Hidráulica Básica para Ingenieros Sanitarios**”. Gral. En “Lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales” Manual DTIAPA, N° C 14, Programa d protección de la salud ambiental, Lima , Perú.
20. SAENZ FORERO R. (1985) “**Sistemas Simplificados para el Tratamiento de Aguas Residuales**”. Gral. En “Lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales” Manual DTIAPA, N° C 14, Programa d protección de la salud ambiental, Lima , Perú.
21. SMITH L.D. (1975) “**Clostridium perfringens**” En “**The Pathogenic Anaerobic Bacteria**” de Smith L. et al., Publ., Springfield, pp: 115-76.
22. TORRENT M. (1982) “**Zootecnia Básica Aplicada**” Ed. Aedos. España. pp: 482-84.