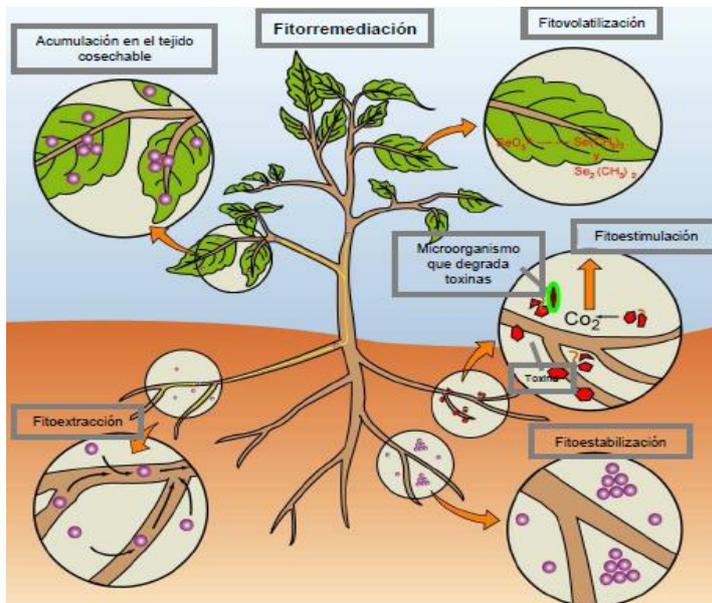


# Área de consolidación Gestión de la Producción de Agroalimentos



**Reutilización del agua  
para la producción  
sustentable en un  
establecimiento  
intensivo porcino**

Autores:  
**Hongn, Paula Anabel  
Vottero, María Emilia**

**2017**

**Tutor:**

Biól(MSc) Sandra Kopp

**Evaluadores:**

Pérez María Alejandra

Manera Gabriel

Tártara Enzo

Nota trabajo final:

**Agradecimientos**

El presente trabajo fue realizado bajo la supervisión de Biól. (MSc) Sandra Kopp a quien agradecemos por su paciencia, consejos y tiempo dedicado para la elaboración de este informe. Nuestro especial agradecimiento a los encargados del establecimiento El criadero, Carlos y Elizón Vottero por darnos la posibilidad de realizar el trabajo en las instalaciones de su criadero y por estar totalmente disponibles ante cualquier duda que se nos presentaban en el camino de la construcción del proyecto.

A nuestras familias por el apoyo en esta instancia y en todos estos años. Especialmente a nuestras sobrinas por darnos la fortaleza para culminar esta etapa.

Y para finalizar, a todos nuestros amigos que nos acompañaron a lo largo de nuestra carrera.

## Índice de contenidos:

<b>Introducción</b> .....	<b>6</b>
Caracterización y producción de los efluentes porcinos .....	9
Fitorremediación .....	11
<b>Objetivo General</b> .....	<b>12</b>
<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>12</b>
<b>Análisis de caso</b> .....	<b>13</b>
Ubicación geográfica .....	13
Características Agroecológicas.....	15
Descripción de la actividad .....	15
Composición y producción de los efluentes de gestación y maternidad .....	18
Descripción del actual Sistema de Tratamiento de Efluentes Líquidos (STE) .....	19
<b>Análisis FODA</b> .....	<b>21</b>
<b>Propuesta de mejora</b> .....	<b>22</b>
<b>Análisis de negocio</b> .....	<b>26</b>
<b>Consideraciones finales</b> .....	<b>29</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>32</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>35</b>

## Índice de figuras:

<b>Figura 1:</b> Distribución de las existencias porcinas en la República Argentina .....	7
<b>Figura 2:</b> Superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz a 30 km a la redonda desde la localidad de Monte Maíz.....	7
<b>Figura 3:</b> Establecimiento de producción animal a 30 km a la redonda desde Monte Maíz.....	8
<b>Figura 4:</b> Dinámica del aprovechamiento de los recursos proteicos durante la producción de un cerdo .....	10
<b>Figura 5:</b> Distancia desde Monte Maíz a la unidad productiva.....	13
<b>Figura 6:</b> (A) superficie que ocupa el establecimiento “El Criadero” (B) superficie que ocupa el criadero de cerdos y laguna aledañas .....	13
<b>Figura 7:</b> Registros pluviométricos del establecimiento “El Criadero” .....	14
<b>Figura 8:</b> Temperaturas medias anuales de la provincia de Córdoba.....	14
<b>Figura 9:</b> Sala de maternidad .....	16
<b>Figura 10:</b> Lechones de 12 días en plena lactancia dentro de una de las jaulas que componen la sala de maternidad .....	16
<b>Figura 11:</b> Corrales de la sala de pos-destete .....	17
<b>Figura 12:</b> Galpón de crecimiento y engorde .....	18
<b>Figura 13:</b> Circuito realizado por los efluentes del establecimiento “El Criadero”.....	20
<b>Figura 14:</b> Lagunas de almacenamiento de los efluentes del criadero .....	21
<b>Figura 15:</b> <i>Eichhornia Crassipes</i> .....	23
<b>Figura 16:</b> <i>Lymnobia Lavevigatum</i> .....	24
<b>Figura 17:</b> Cantidad de plantas acuáticas por m <sup>2</sup> , en relación al área ocupada .....	25
<b>Figura 18:</b> Imagen satelital de la laguna donde se llevará a cabo la propuesta .....	26
<b>Figura 19:</b> Laguna donde se introducirán las plantas acuáticas .....	27

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Evolución de los principales indicadores de la actividad porcina en Argentina .....	6
<b>Tabla 2:</b> Datos de la campaña 2015/2016 sobre los cultivos de soja y maíz en el departamento unión .....	7
<b>Tabla3:</b> Producción media diaria de estiércol, estiércol + orina y efluentes líquidos por animal por categoría .....	10
<b>Tabla 4:</b> Descripción de los diferentes mecanismos de Fitorremediación .....	11
<b>Tabla 5:</b> Concentración media de parámetros de los Efluentes líquidos de cerdos .....	18
<b>Tabla 6:</b> Cantidad de efluentes líquidos medios diarios, semanales y mensuales producidos en la etapa de gestación -maternidad en el establecimiento “El Criadero” .....	19
<b>Tabla 7:</b> Cálculo del agua utilizada en limpieza y en las fosas de decantación .....	19
<b>Tabla8:</b> Etapas de multiplicación para cubrir la laguna cada 18 días (tiempo reproductivo).....	25
<b>Tabla 9:</b> Inversión inicial .....	26
<b>Tabla 10:</b> Dosis total (g) de BIOTRAT® por categoría en las fosas de decantación .....	26
<b>Tabla 11:</b> Costo de BIOTRAT® según la cantidad requerida por categoría y número de animales en relación a los datos de la tabla 9 .....	27

## Resumen

Durante el transcurso de los últimos años la actividad porcina creció de una forma inesperada, donde los productores se vieron obligados a incorporar tecnologías para aumentar su eficiencia al producir. A las que mayor importancia les dio fue al mejoramiento genético, las instalaciones, la nutrición y a la sanidad dejando de lado aspectos negativos que la actividad presenta en el medio ambiente, como lo son los efluentes. Los mismos están compuestos por una parte seca, formada por el estiércol de los animales y restos de alimentos, y otra, que es una mezcla de deyecciones de los animales, remanentes de agua de los bebederos y de lavado de la explotación. Si estos efluentes no reciben un correcto tratamiento, constituyen una fuente de contaminación del agua como así también del suelo y el aire. En el establecimiento de producción porcina intensiva “El Criadero” ubicado en la localidad de Monte Maíz, en el sudeste de la provincia de Córdoba, los desechos producidos poseen un pre tratamiento en la fosa de decantación para luego ser derivados a lagunas de almacenamiento, donde en algunos sectores de la misma se encuentran en contacto con la napa, situación que se encuentra generalizada en la zona y agrava el riesgo ambiental futuro. A raíz de la situación presente, del lugar de estudio, surge como objetivo fitoremediar de forma completa las lagunas naturales que reciben los efluentes, a través de la utilización de dos especies acuáticas *Eichhornia crassipes* y *Lymnobiium laevigatum*. De este modo se pretende controlar y disminuir la contaminación ocasionada por los residuos animales mal manejados, persiguiendo un modo de accionar sostenible en el tiempo, mediante la creación de un hábitat en donde nuevas especies botánicas puedan convivir con aquellas con fines productivos. Se deduce que, si bien es una tecnología del futuro, en el presente se debe comenzar a capacitar para poder llevar cabo su implementación, siendo los municipios de zonas productoras, los responsables de fomentar, controlar e incentivar a los productores, a que adopten técnicas amigables al ambiente, con bajo costo y de usos múltiples, causando un bienestar general a la sociedad.

**Palabras claves:** efluentes porcinos, fitorremediación, contaminación de napas, tratamiento de efluentes.

## Introducción

Vivimos en un mundo formado por un gran número de países que se diferencian entre sí por diversos aspectos, siendo uno de los principales, los productos y servicios que brindan a la humanidad para satisfacer sus necesidades. Hay algunos en los que su oferta (de servicios y productos) es plenamente tecnológica y otros que se destacan por ofrecer productos alimenticios, basados en cubrir la demanda nutricional de la población.

Argentina, se caracteriza por ser un país en el cual la actividad agrícola ganadera cobra un rol extremadamente importante en su economía. Dentro de este contexto la producción de cerdos no escapa a esta realidad, constituyendo una de los principales sistemas agroalimentarios en crecimiento en el territorio argentino. En los últimos años, esto se comprueba al observar las diferencias establecidas entre el año 2014 y el 2016 en donde se presenció un aumento en la cantidad de cabezas faenadas (766.229), en la producción (69.002 ton) y en el consumo (81.107 ton) (Tabla 1).

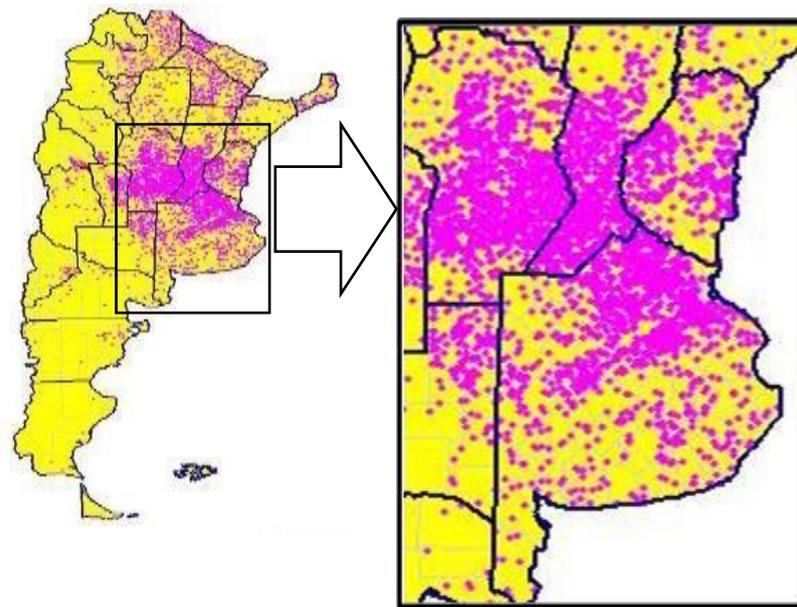
**Tabla 1:** Evolución de los principales indicadores de la actividad porcina en Argentina

Enero-Noviembre	2014	2015	2016
Faena (cabezas)	4.646.144	5.018.458	5.442.373
Producción (toneladas)	403.694	440.464	472.696
Consumo (toneladas)	405.091	443.645	486.198

Fuente: Ministerio de Agroindustria, 2016

Durante el primer semestre del año pasado los productores de cerdos tuvieron que enfrentarse a situaciones desfavorables (quita de retenciones al maíz, la baja en las retenciones a la soja, el aumento de las tarifas energéticas, la devaluación de la moneda argentina, la apertura de las importaciones de Brasil y Dinamarca, etc.). Sin embargo esta situación repunto cuando se registraron valores record en el consumo de carne porcina 16,5 kg/persona/año que en conjunto con la aviar 48 kg/persona/año superaron a la vacuna 55kg/persona/año (Diario la nación, 2016). Este aumento, obedece a varios factores como la baja en el precio del maíz una recuperación de las cotizaciones del capón, un aumento del precio en los cortes vacunos en relación a los de cerdo y pollo (Brunori, 2016).

La mayor concentración de existencias porcinas (Figura 1) se encuentra en la región Centro, coincidiendo con la disponibilidad de granos, de centros de faena y de consumo. No obstante, la incorporación de nuevas maneras de producir ha permitido la instalación de granjas de gran escala en provincias con condiciones climáticas adversas para la crianza de cerdos. Esto ha contribuido al aumento de plantas de faena, teniendo un efecto secundario en un leve incremento del consumo regional.



1punto=1000 cabezas

Fuente: SENASA, 2016

**Figura 1:** Distribución de las existencias porcinas en la República Argentina

La provincia de Córdoba ocupa el segundo lugar en cabezas porcinas (2.208.268) y en número de establecimientos (24.163) (SENASA, 2016). La zona núcleo de producción de cerdos se localiza en el sudeste, donde se cultiva maíz y soja, componentes esenciales en la nutrición del cerdo. El primero es la principal fuente energética de las dietas, teniendo un contenido energético de 3.480 Kcal ED/Kg, bajo contenido de fibra (2%) y bajo porcentaje de proteína bruta (8,51%), por lo que la soja (PB 36-38 %) juega un papel fundamental cubriendo el déficit proteico del maíz (Caramello, 2015).

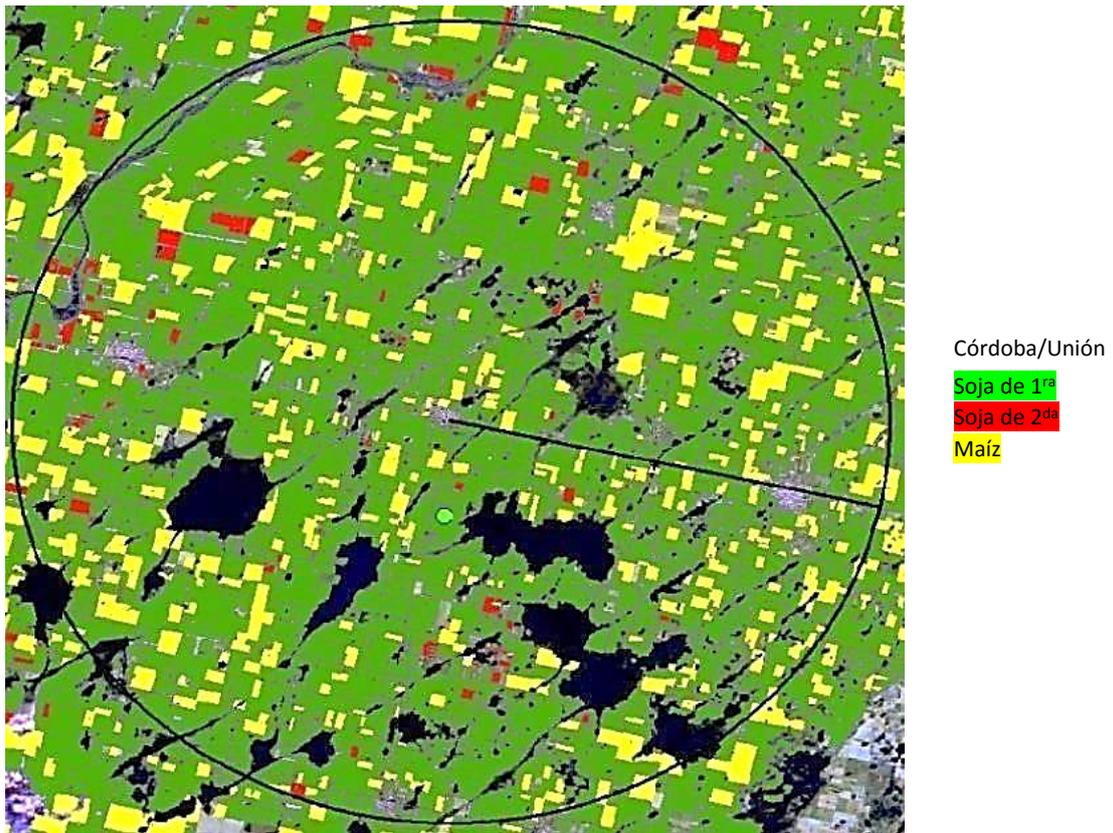
Estos cultivos presentaron grandes resultados durante la campaña 2015/2016, en relación a la superficie que ocuparon los rendimientos alcanzados y a la producción obtenida (Tabla 2).

**Tabla 2:** Campaña 2015/2016 de cultivos de soja y maíz en el Departamento Unión

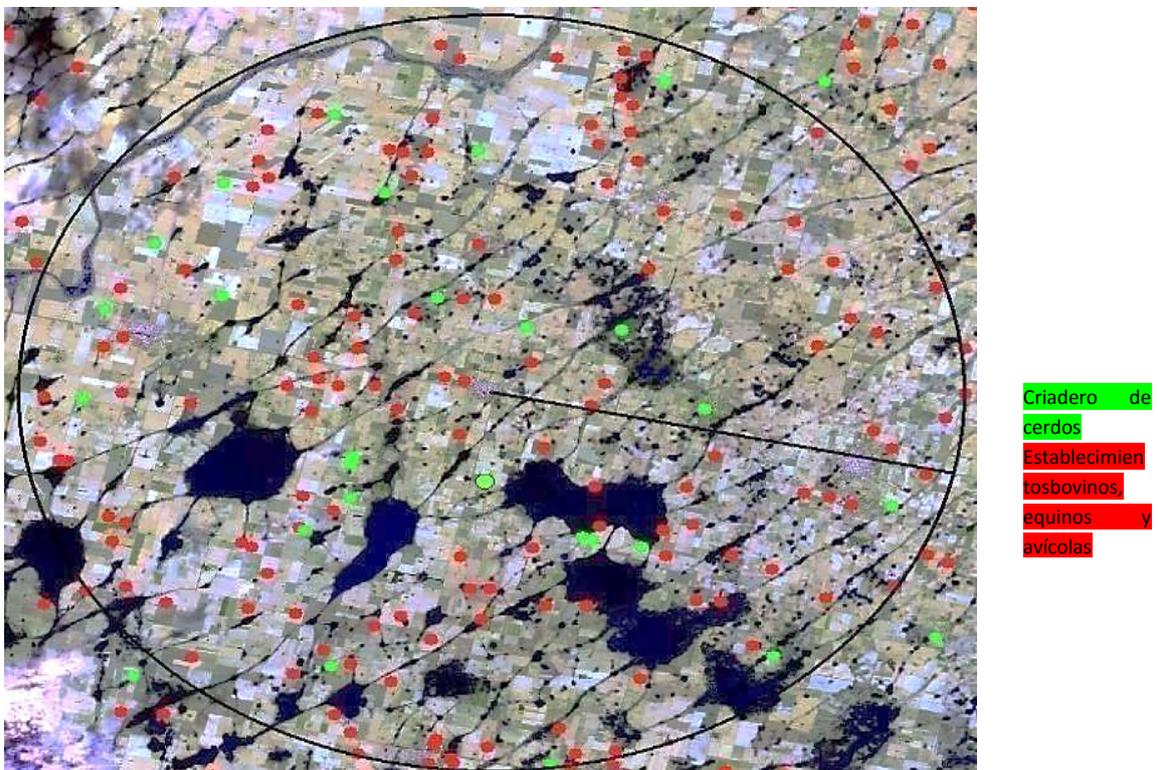
Campaña 2015/2016 departamento Unión	Superficie (has)	Rendimientos promedios (q q)	Producción (ton)
soja	363.555	39	1.415.241
maíz	72.786	92	670.785

Fuente: Bolsa de cereales Córdoba, 2016

Monte Maíz posee una gran superficie ocupada por los principales cultivos estivales (Figura 2) como así también por los establecimientos de producción animal (Figura 3). La producción de cerdos en la periferia de esta localidad es netamente intensiva, teniendo en cuenta el alto nivel de tecnificación en los galpones, encontrándose 22 criaderos a 30 km de distancia (delimitados con círculos verdes) (Figura 3).



**Figura 2:** Superficie ocupada por los cultivos de soja y maíz a 30 km a la redonda desde la localidad de Monte Maíz



Fuente figura 2 y 3: Ciampagna y Asociados, 2016

**Figura 3:** Establecimientos de producción animal a 30 km a la redonda desde Monte Maíz

Ante esta situación, donde el consumo de carne porcina, como así también la cantidad de toneladas de carne logradas están en aumento por lo que, los productores se ven en la tarea de ser aún más eficientes a la hora de producir mediante la incorporación de nuevas tecnologías (SENASA, 2016). El mejoramiento genético, las instalaciones, la nutrición, la sanidad han sido claves en este proceso dando lugar a la necesidad de analizar en profundidad aquellos temas de gran importancia para el desarrollo del sector. Entre éstos se destaca principalmente el impacto ambiental de la actividad, siendo tres los tipos de contaminantes: físicos, ecológicos y químicos, siendo el más contaminante este último, provocados por los efluentes producidos por el criadero. En la actualidad la adopción de este cambio de sistema, requiere una tecnificación diferente que incluye aprender a manejar y a reutilizar los efluentes (AEGA- INTA, 2011) por lo que a la hora de planificar una granja porcina se deberá tener en cuenta este aspecto.

Las empresas que hasta el momento han tomado un compromiso con el cuidado del medio ambiente son muy escasas. En el caso de las producciones tecnificadas de cerdos es necesario que cada productor ejecute un sistema de gestión ambiental para poder manejar los impactos generados por la contaminación. Se deberá tener en cuenta, al momento de presentar el plan para frenar la polución, que existen algunas leyes y ciertas normas necesarias que se desarrollarán para poner en acción la estrategia planteada. Estando las mismas a continuación.

La ley Nº 7343, modif. por Ley 8300 (B.O. P. 31/8/93) y por Ley 8789 (B.O.P. 24/9/99) que considera principios rectores para la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente; tiene en cuenta una sección de contaminación en sentido amplio que se refleja en el Artículo 46, en la segunda sección (la cual informa sobre la contaminación de las aguas) establece que “Queda prohibido el vuelco, descarga o inyección de efluentes contaminantes a las masas superficiales y subterráneas de agua cuando tales efluentes superen los valores máximos de emisiones establecidos para los mismos y/o cuando alteren las normas de calidad establecidas para cada masa hídrica. Esta prohibición también se aplicará cuando los efluentes contaminantes afecten negativamente a la flora, la fauna, la salud humana y los bienes” (ANEXO I).

Las normas ISO 14000 son estándares voluntarios y no tienen obligación legal. Tratan mayoritariamente sobre documentación de procesos e informes de control. Han sido diseñadas para ayudar a las organizaciones privadas y gubernamentales a establecer y evaluar objetivamente sus sistemas de gestión ambiental. Proporcionan, además, una guía para la certificación del sistema por una entidad externa acreditada. No establecen objetivos ambientales cuantitativos ni límites en cuanto a la emisión de contaminantes, tampoco fijan metas para la prevención de la contaminación ni se involucran en el desempeño ambiental a nivel mundial, sino que establecen herramientas y sistemas enfocados a los procesos de producción de una empresa u otra organización, y de las externalidades que de ellos deriven al medio ambiente. Los requerimientos de las normas son flexibles y, por lo tanto, pueden ser aplicadas a organizaciones de distinto tamaño y naturaleza (ISO, 2009).

Dentro de esta familia de Normas ISO, las Ecoetiquetas que proveen información a los consumidores acerca de los productos, en términos de su carácter ambiental. Intentan alentar la demanda de bienes que no afectan o por lo menos no perjudican al medio ambiente y estimular así el potencial para una mejora ambiental continua (ISO 14020-14024). En términos

generales la Norma ISO 14001 apoya a las organizaciones que la utilizan para “Identificar sistemáticamente y gestionar todos sus impactos ambientales en el sentido más amplio”.

En la actualidad no existe una reglamentación clara para el manejo de efluentes de producción animal, además los sistemas de la laguna de tratamientos no son capaces de remover por sí solos los contaminantes que contienen los efluentes de origen animal que alteran la calidad del agua, como lo son el N y el P, metales pesados, microorganismos patógenos, hormonas y drogas de uso veterinario. Tanto las drogas como las hormonas son las más difíciles de eliminar en los procesos convencionales de tratamiento de efluentes (Herrero y Gil, 2008). Por lo cual resulta imposible la reutilización del agua almacenada en una laguna de efluentes para la limpieza de las instalaciones de establecimiento y mucho menos para bebida animal.

### Caracterización y producción de los efluentes porcinos

Los desechos porcinos representan una problemática a solucionar, no sólo por el aumento de los volúmenes generados como consecuencia de una mayor intensificación en la producción, sino también por la degradación de los recursos agua, suelo y aire, la proliferación de plagas sinantrópicas (moscas, roedores) y la generación de olores indeseables producidos cuando no se lleva a cabo un manejo adecuado y responsable de los residuos. Es por este motivo que el manejo de las excretas y animales muertos es un aspecto fundamental en la sustentabilidad ambiental de los sistemas de producción animal intensivos (Brunori *et al*, 2012).

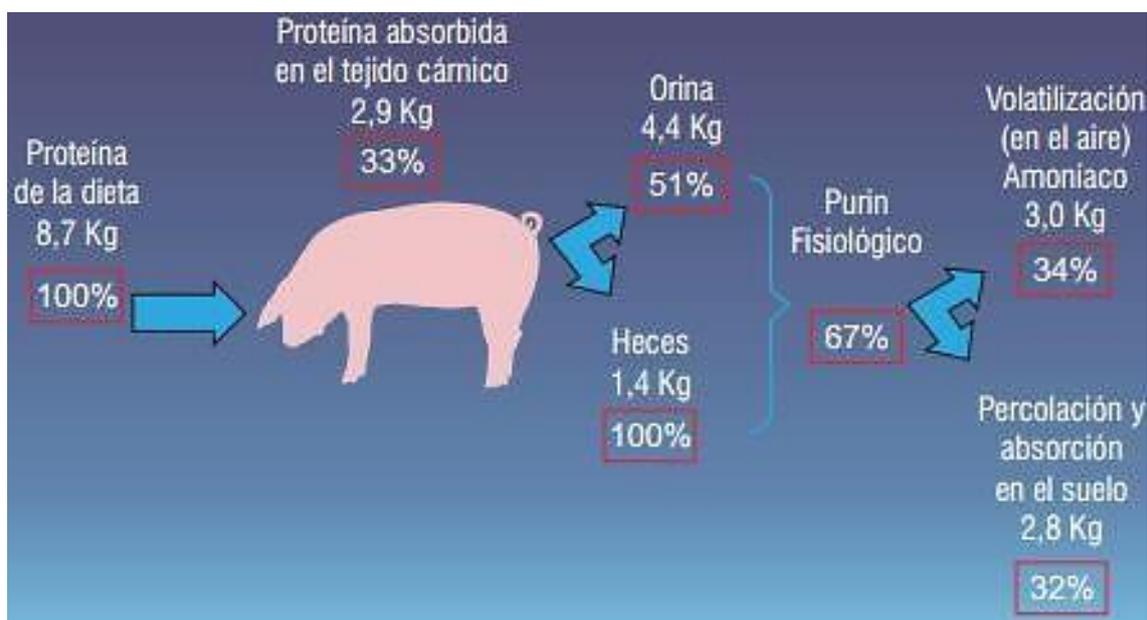
Los residuos de los establecimientos de producción animal están constituidos por una parte seca, formada por el estiércol de los animales y restos de alimentos, y otra líquida que se denomina purín, que es una mezcla de deyecciones sólidas y líquidas de los animales, remanentes de agua de los bebederos y del lavado de la explotación (Tabla 3). Tanto la concentración de elementos que lo constituyen y la cantidad generada por día de los desechos son variables, dependiendo de diversos factores como: peso del animal, época del año, estado fisiológico, estado de los bebederos, sistema de producción, tipo de almacenamiento, la dieta, tiempo de residencia del efluente, cantidad de agua utilizada en la limpieza.

**Tabla 3:** Producción media diaria de estiércol, estiércol + orina y efluentes líquidos por animal por categoría

Categoría de cerdos	Estiércol (kg)	Estiércol + orina (kg)	Efluentes líquidos(Its)
Cerdas gestantes	3,60	11,00	16,00
Cerdas lactantes	6,40	18,00	27,00
Lechones destetados	0,35	0,95	1,40
25-100 kg	2,30	4,90	7,00
Machos	3,00	6,00	9,00

Fuente: Millares, 2011

Por otra parte, se debe tener en cuenta que por lo general la producción animal es un sistema ineficiente. En el caso particular de los cerdos, por cada gramo de proteína consumida, tan sólo el 33% es utilizado para la formación de tejido (carne) y el resto se elimina en forma de subproductos (Figura 4). En ellos, las formas químicas solubles de los macro nutrientes (N, P, K) provenientes del hidrólisis de las proteínas, presentan elevadas cargas en las deyecciones líquidas, como el nitrógeno amoniacal. El N no utilizado (67%), se elimina en heces (16%) y orina (51%), la mayor parte del N de la proteína está presente en forma de urea y el N de las heces (mayoritariamente amoniacal) comprende N indigestible de la dieta, N endógeno y N microbiano. De lo eliminado, un 35% se transforma en gaseoso y un 32% se incorpora al suelo (Vicari, 2012).



Fuente: Ajinomoto Animal Nutrión, 2000

**Figura 4:** Dinámica del aprovechamiento de los recursos proteicos durante la producción de un cerdo

Con el fin de evitar problemas ambientales, en general los efluentes de origen porcino generados en producciones intensivas, reciben tratamientos primarios y secundarios como se describe brevemente a continuación:

Tratamiento Primario: el objetivo es la eliminación de una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del efluente. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como el filtrado, el tamizado y la sedimentación (Metcalf & Eddy, 1998).

Tratamiento Secundario: está principalmente orientado a la eliminación de los sólidos en suspensión, los compuestos orgánicos biodegradables y nutrientes (principalmente N y P). Incluye tratamientos biológicos: lagunas de estabilización, biodigestor, compostaje, fitorremediación mediante el uso de plantas acuáticas y químicos: estabilización con cal (Metcalf & Eddy, 1998).

## Fitorremediación

La fitorremediación representa una tecnología alternativa, sustentable y de bajo costo para la restauración de ambientes y efluentes contaminados. Los primeros sistemas de tratamiento de aguas residuales a base de plantas se implementaron en los países europeos a principios de 1960, utilizando juncos o carrizos. Desde entonces, los sistemas de fitorremediación acuática se han perfeccionado y diversificado, y su aceptación y aplicación cada vez es mayor. Tiene la ventaja de que se pueden remover, in situ, diferentes tipos de contaminantes que se hallen en grandes volúmenes de agua (Núñez López *et al*, 2004).

Existen diversos mecanismos de fitorremediación. En la Tabla 3 se presenta las características de cada uno de ellos.

**Tabla4:** Descripción de los diferentes mecanismos de Fitorremediación

<b>Fitorremediación</b>	<b>Características</b>
<b>Fito extracción</b>	Las plantas absorben y concentran los contaminantes en las partes cosechables (principalmente la parte aérea)
<b>Rizo filtración</b>	Las raíces de las plantas se usan para adsorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados.
<b>Fito estimulación</b>	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos).
<b>Fito estabilización</b>	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.
<b>Fito degradación</b>	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos no tóxicos o menos tóxicos.
<b>Fito volatilización</b>	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera mediante la transpiración.

Fuente: Mentaberry, 2011

Algunas macrófitas acuáticas incluyendo *Potamogeton lucens*, *Salvinia hergozi*, *Eichhornia crassipes*, *Cabomba* sp. y *Cratophyllum demersum* han sido investigadas por su potencial para la remoción de metales pesados y otros contaminantes (SanmugaPriya, 2014). En la provincia de Córdoba, en los ríos Suquía, Xanaes y Ctalamochita se encontraron plantas nativas aptas para la fitorremediación, destacándose tres variedades: *Egeria densa*, *Myriophyllum aquaticum* y *Lymnobia laevigatum*, algunas de ellas viven bajo agua y otras, son flotantes. La eficiencia de remoción de contaminantes durante el proceso de fitorremediación dependerá principalmente de la especie de planta utilizada, el estado de crecimiento de las plantas, su estacionalidad y el tipo de contaminante a remover. Para lograr buenos resultados, las plantas a utilizar deben ser tolerantes a altas concentraciones de contaminantes, acumuladoras de

metales, tener una rápida tasa de crecimiento y alta productividad y fácilmente cosechables (Núñez López *et al*, 2004).

En general, en los establecimientos productores de cerdos ubicados en el sudeste de la provincia de Córdoba, los efluentes reciben un tratamiento primario dentro de los galpones, lo cual es mediante la utilización de bacterias anaeróbicas y luego los desechos líquidos son almacenados en lagunas en las cuales no se efectúan tratamientos secundarios. La magnitud del efecto contaminante de los efluentes puede variar en función de numerosos factores, entre ellos, los edáfico-ambientales. En este sentido, las elevadas precipitaciones registradas en la zona núcleo productoras de cerdos, ha provocado el ascenso de la napa freática hasta niveles que permiten su contacto con algunos sectores de las lagunas que, si bien en el presente no representan una situación de contaminación relevante en la zona, en un futuro si lo será, si no se toman medidas agravando las consecuencias ambientales. El agua de efluentes de producción animal no tratada contamina las napas en este caso por lo cual no puede ser utilizada ni siquiera para consumo animal (Herrero y Gil, 2008).

En función de las consideraciones efectuadas la actual problemática del sistema, muestra la necesidad de incorporar tecnologías que contribuyan a mitigar los riesgos de contaminación del medio ambiente

### Objetivo General:

Reutilizar el agua para la producción sustentable en un establecimiento intensivo porcino.

### Objetivos específicos:

Desarrollar una propuesta de mejora mediante la remediación para mitigar el riesgo de contaminación del agua de un establecimiento productivo porcino.

Analizar la factibilidad económica de un tratamiento de fitorremediación mediante la combinación de dos especies de plantas acuáticas *Eichhornia crassipes* y *Lymnobium laevigatum*.

Contribuir a servicios ambientales y al recurso paisajístico del territorio.

## Análisis de caso

### Ubicación geográfica

El establecimiento “El Criadero” pertenece a Juan Elizón Vottero e hijo; es una empresa familiar destinada a la producción intensiva de cerdos la cual está ubicada en el departamento Marcos Juárez a 7km de la localidad de Monte Maíz (Figura 5).



Fuente: Collector, 2016

**Figura 5:** Distancia desde Monte Maíz a la unidad productiva

Posee 83 has (Figura 6A) en las cuales, además de contar con la granja porcina, que ocupa solo 7 has (Figura 6B) produce maíz, avena y alfalfa.



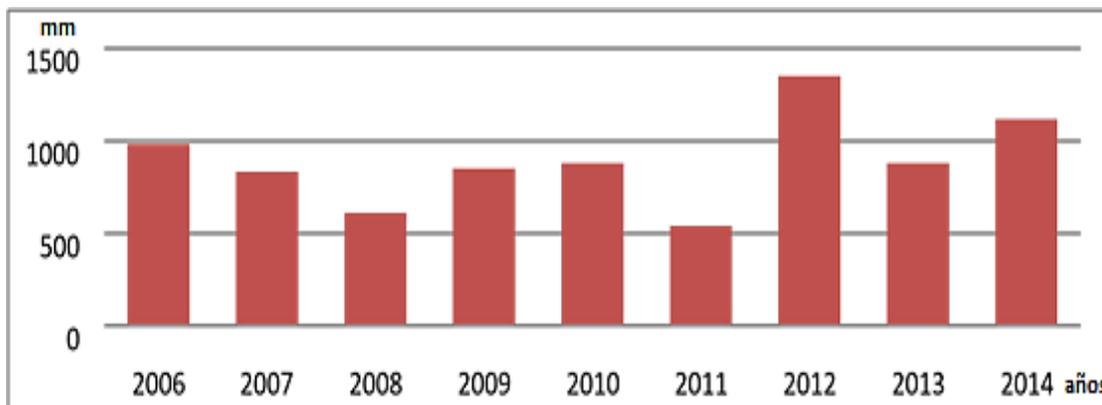
Fuente: Collector, 2016

**Figura 6:**(A) superficie que ocupa el establecimiento “El Criadero” (B) superficie que ocupa el criadero de cerdos y lagunas aledañas

### Características Agroecológicas

Régimen pluviométrico: debido a los acontecimientos climáticos (alta intensidad y frecuencia de las precipitaciones) sucedidos en estos últimos años en nuestro país, las amenazas de contaminación relacionadas al ascenso de las napas freáticas aumentan. Esto se debe a que las mismas, en el caso de nuestro establecimiento en estudio, se encuentran en pleno contacto con los efluentes porcinos producidos en “El Criadero”.

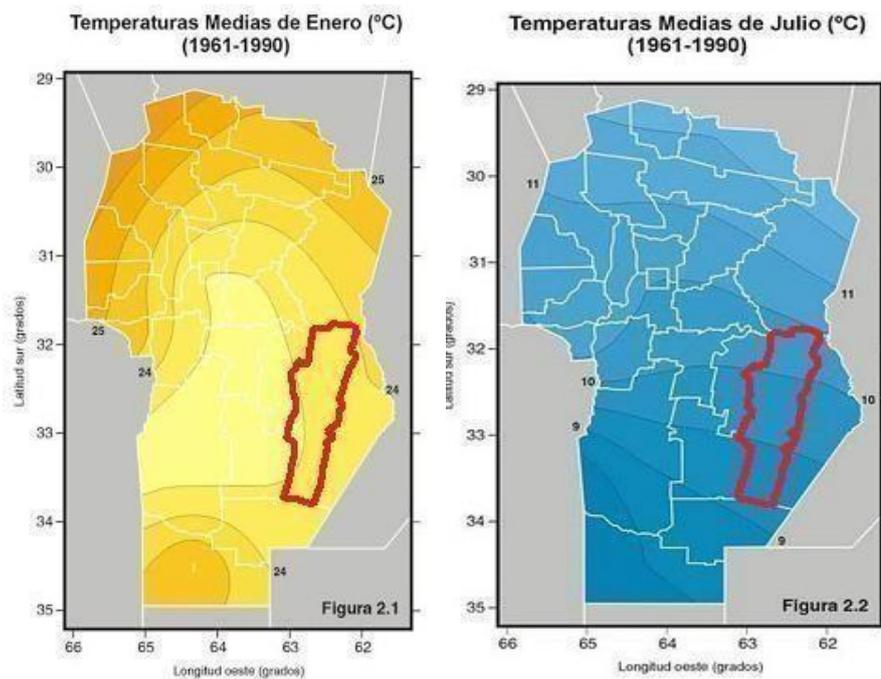
A continuación, se observará un gráfico de barras realizado con los registros del dueño de “El Criadero”. En este, se podrá observar con mayor detalle el comportamiento de las precipitaciones en el establecimiento (Figura 7).



**Figura 7:** Registros pluviométricos del establecimiento “El Criadero”

Como se observa en la Figura 7, el año con mayores precipitaciones corresponde al 2012 donde se registraron lluvias concentradas en períodos cortos de tiempo y se comienza a manifestar allí el ascenso de napas. Cabe destacar que este comportamiento se dio por varias causas, la primera es que la zona se encuentra bajo un régimen Monzónico y la segunda es que en este año reapareció la influencia del Niño.

Régimen térmico: El régimen térmico de la localidad es templado, la temperatura media anual es de 16,7°C. La temperatura media del mes más caluroso (enero) es de 24,8°C y la correspondiente del mes más frío (julio) es de 9,4°C (Figura 8).



Fuente: Zupan, 2011

**Figura 8:** Temperaturas medias anuales de la provincia de Córdoba

### Descripción de la actividad

Para efectuar el análisis y diagnóstico de la explotación, se visitó el establecimiento y se obtuvo la información a través de diversas fuentes: Observación personal mediante registros, entrevista con el productor y veterinario, recopilación información de registros llevados a cabo por el responsable de la explotación y registros fotográficos.

### Mano de obra

El equipo de trabajo está conformado por sus dueños (socios) padre (Elizón Juan Vottero) e hijo (Ing. Agrónomo Carlos María Vottero), las tareas operativas como atender las diversas etapas del criadero, la molienda de alimento y realizar un seguimiento y control de los cultivos, son llevadas a cabo por 7 empleados. Además, semanalmente un equipo de veterinarios visita y recorre el criadero ejecutando labores de sanidad en general e inseminación.

### Instalaciones

El establecimiento cuenta con galpones para cada etapa de la cría hasta la terminación (ciclo completo) de los cerdos con alta tecnología (piso emparrillado, suministro de alimento automático, ambientes climatizados). Una pequeña planta que produce su propio alimento. Tres viviendas donde se alojan los empleados permanentes. Una casa principal en la cual, se lleva a cabo la tarea administrativa. La misma posee un laboratorio, en el que se ejecutan las tareas referidas a inseminación, conservación y dilución del semen entre otras.

### Manejo productivo y reproductivo

La producción porcina comienza en 1989, donde se integraba la terminación a galpón con la cría a campo. Desde 2010 se cuenta con galpones para cada etapa del desarrollo. El plantel

reproductivo está conformado por 300 vientres y 3 machos terminales de los que se les extrae el semen para ejecutar la inseminación artificial.

### **Gestación**

En esta etapa se encuentran 250 animales ocupando 536.56 m<sup>2</sup>. A las cerdas preñadas se las mantiene en jaulas individuales durante la gestación (114 días) y una semana antes del parto se las traslada al galpón de maternidad, el cual posee condiciones favorables adaptadas para el momento del nacimiento de la cría y lactancia (21 días) de lechones.

### **Maternidad**

La maternidad (Figura 9) posee una superficie de 544.80 m<sup>2</sup> en donde se alojan 50 cerdas. Las jaulas (Figura 10) donde se alojan las hembras cuentan con una barra anti aplaste, evita la muerte de los lechones. Los pisos son enrejillados, favoreciendo así el drenaje por gravedad de los efluentes hacia la fosa. Sobre el piso, se dispone una manta térmica destinada especialmente a la cría. La ventilación es adecuada, posee ventanales a los laterales los que son abiertos o cerrados de acuerdo a las necesidades térmicas del animal y a las condiciones climáticas del exterior. Todas estas comodidades hacen que el animal se encuentre bajo un leve nivel de estrés, repercutiendo esto de forma positiva en un equilibrio en la producción de efluentes. Una vez terminada la lactancia, la cerda vuelve al galpón de gestación y los lechones pasan, al galpón de pos destete.



**Figura 9:** Sala de maternidad



**Figura 10:** Lechones de 12 días en plena lactancia dentro de una de las jaulas que componen la sala de maternidad

#### **Pos -destete**

El galpón de pos-destete, con una superficie de 549,96 m<sup>2</sup>, recibe a los lechones (actualmente 1200) que salieron de lactancia a los 21 días desde el nacimiento. El mismo criterio en cuanto a la tecnología y confort se aplica en esta categoría. Se trata, dentro de lo posible, brindar la máxima comodidad ejecutando tareas como la mantención del alojamiento seco y sin humedad.

Los bebederos y comederos utilizados en esta etapa son los mismos que en la sala de maternidad (tipos chupetes y tolva), con la diferencia que acá son grupales.

Se trata de evitar un exceso de lechones ya que el hacinamiento favorece el riesgo de contagio de enfermedades, disminuye el crecimiento, aumenta los vicios, como mordeduras de orejas y cola. Se tiene en cuenta que lo óptimo es que cada animal ocupe un 0,30m<sup>2</sup>, (Caramelo & García, 2003), el criadero mantiene este supuesto por lo que posee 3 lechones/m<sup>2</sup>.

Cada sala cuenta con tres corrales (Figura 11), en los cuales se agrupan las camadas por tamaño corporal. Al primer corral van aquellos cerdos menor contextura física, al segundo de mediana y al tercero de mayor. Se le suministra alimentación por fase ad libitum y se sigue un orden sanitario estricto.



**Figura 11:** Corrales de la sala de pos-destete

### **Terminación**

Posee 600 animales distribuidos en 668.60 m<sup>2</sup>. Cuando el capón (que ha sido castrado a los 10 días desde su nacimiento aproximadamente), pesa cerca de los 30 kg, se lo traslada a los galpones de crecimiento (figura 12) y engorde donde finalizan su crecimiento. Los corrales son más amplios, ya que se destina 1m<sup>2</sup> por animal, de esta forma se evita el canibalismo y las peleas, favoreciendo un clima favorable para la convivencia de los cerdos.

La alimentación ya no es por fase, sino que es preparada por el mismo establecimiento. Al igual que en las otras etapas, se cuenta con piso enrejillado.



**Figura 12:** Galpón de crecimiento y engorde

### **Composición y producción de los efluentes de gestación y maternidad**

En las siguientes tablas se podrá observar, por un lado, la concentración de los diversos componentes de los efluentes (Tabla 5) y por el otro la cantidad de efluentes producidos. (Tabla 6 y 7).

**Tabla 5:** Concentración media de parámetros de los efluentes líquidos de cerdos

Parámetro	Concentración (mg/l)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	15000 – 25000
Demanda química de oxígeno (DQO)	35000 – 60000
N amoniacal	3000 – 5000
Sodio	1000 – 2000
Fósforo	1000 – 3000
Potasio	1000 – 3000
Cobre	20 – 40
Zinc	20 – 40
Hierro	50 – 150

Fuente: Pinelli, 2004

**Tabla 6:** Cantidad de efluentes líquidos medios diarios, semanales y mensuales producidos en la etapa de gestación y maternidad en el establecimiento “El Criadero”

Cantidad de animales	Efluentes líquidos (l)	Efluentes líquidos totales l/día	Efluentes líquidos totales l/mes
Gestación: 250	16	4.000	120.000
Maternidad: 50	27	1.350	40.500

En relación a lo calculado en la tabla anterior, se debe tener en cuenta que a estos efluentes líquidos se les debe sumar la cantidad de agua utilizada para la limpieza de las instalaciones (Tabla 6). La misma se realiza en gestación una vez a la semana y en maternidad una vez finalizado el ciclo cada 21 días, se limpia y desinfecta la sala de maternidad y simultáneamente se drenan las fosas. En relación a lo descrito, se establece que el productor

cumple con una excelente metodología de limpieza, ya que respeta lo establecido en el Manual de buenas prácticas de manejo y utilización de efluentes porcinos (Maisonnavé,2012).

La relación excreta / agua de lavado varía dependiendo del tipo de lavado con que cuenta la granja. Si bien esta relación varía aproximadamente de 1/6 a 1/18 (18 kg de agua de lavado /1 kg de excreta), el productor opta por utilizar la que se más acorde al gasto promedio de agua mensual que posea.

**Tabla 7:** Cálculo del agua utilizada en limpieza y en las fosas de decantación

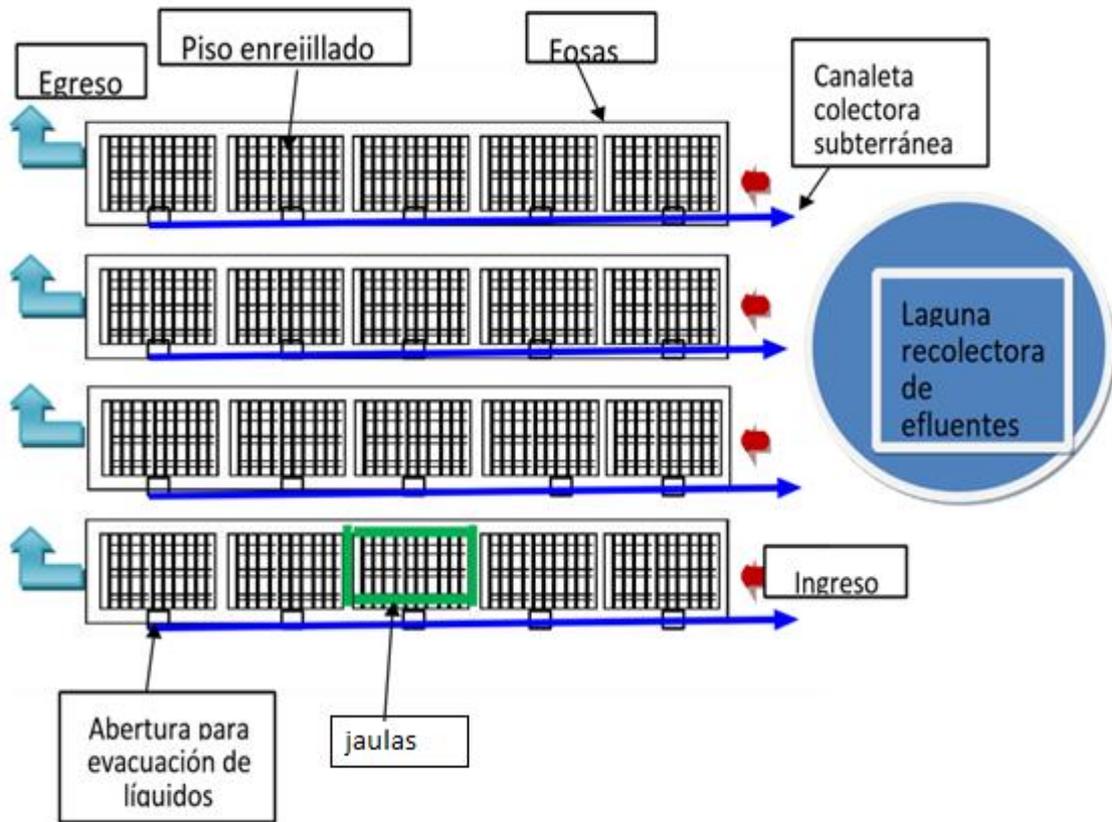
Cantidad de animales	Agua utilizada para limpieza de pisos y fosa l/semana por animal	Consumo de agua mensual
Gestación: 250	6	45000
Maternidad: 50	6	1200

De las tablas anteriores se desprende que a las lagunas se vuelcan **165.000** litros de efluentes /mes en la etapa de gestación y **41.700** litros de efluentes /mes en la de maternidad.

#### **Descripción del actual sistema de tratamiento de efluentes líquidos (STE)**

Los sistemas de tratamiento de efluentes líquidos residuales de actividades productivas pretenden ejecutar un buen manejo de los mismos con el fin de poder realizar un vertido adecuado, según los parámetros establecidos en el Decreto Provincial 415/99 y sus modificatorias, minimizando así el impacto negativo que pudiera ocasionar el vaciado de los efluentes generados por la actividad al ambiente en general.

El STE actual en el criadero, es igual en todas las etapas. Los purines producidos por los cerdos, junto con el agua de lavado de las instalaciones caen por el piso emparrillado. Las excretas percolan a través de los espacios abiertos a las fosas de decantación aquí reciben un tratamiento de base biológica mediante la colocación de un producto denominado BIOTRAT® compuesto por bacterias anaeróbicas, las cuales desarrollan un proceso fermentativo que genera la conversión de materia orgánica a metano y dióxido de carbono. El producto final queda formado por mezcla de enzimas, tensioactivos y aglutinantes. Luego de esta aplicación, los residuos se dirigen a unas canaletas de concreto, estas presentan una pendiente del 10%, que guían los efluentes hacia un sistema de cañerías por donde circulan los desechos hacia el destino de almacenaje definitivo, las lagunas (Figura 13). Lo descrito anteriormente cumple con lo establecido en el Manual de buenas prácticas de manejo y utilización de efluentes (Maisonnavé,2012).



**Figura 13:** Circuito realizado por los efluentes del establecimiento “El Criadero”

Cuando se construyeron las lagunas de almacenamiento (Figura 14), hace 20 años atrás, la acumulación de efluentes en ella no generaba ningún tipo de problema ambiental. Al encontrarse la napa a 30 m de profundidad no se tuvo en cuenta la tarea de impermeabilización no se llevó a cabo, ya que no existía la posibilidad de que se estableciera algún tipo de contacto con el agua freática. En todos los casos, para proteger la calidad de las aguas subterráneas las lagunas deben estar impermeabilizadas con membranas geo-textiles en zonas húmedas y con la alternativa del uso de arcillas en climas semiáridos. Las napas en la actualidad se encuentran próximas a la superficie, lo que crea en algunas zonas contactos con los desechos de la producción recolectados en las lagunas localizadas a 1,5 m de profundidad. Esto no es de gran preocupación en la actualidad, pero si en un futuro no tan lejano, si las condiciones climáticas continúan.

Por lo descripto anteriormente, lo consultado a los dueños del establecimiento “El Criadero” y teniendo en cuenta que en la actualidad resulta de suma importancia lo que determina el Decreto Provincial 415/99, se puede establecer que es de gran urgencia plantear una alternativa de tratamiento secundaria a los efluentes. La misma a corto plazo nos deberá brindar resultados positivos, en relación a la disminución de la contaminación ocasionada por los efluentes porcinos al estar en una fuente de agua al aire libre. A su vez deberá influir de manera favorable en la promoción de biodiversidad de la zona, para que la misma vuelva a recuperar las especies que han sido desplazadas, por ser en la actualidad un territorio netamente agrícola-ganadero.



**Figura 14:** Lagunas de almacenamiento de los efluentes del criadero

## Análisis FODA

### **Fortalezas**

Predisposición por parte de los dueños del criadero en implementar un tratamiento secundario biológico como la fitorremediación para tratar efluentes mejorando a su vez la biodiversidad del sistema

Utilización de las lagunas presentes, sin recurrir a movimientos de tierras ni edificaciones.

Inquietud en el establecimiento por adoptar técnicas que disminuyan el impacto ambiental negativo que provocan los desechos de origen animal si no se los maneja de forma correcta.

### **Oportunidades**

El aumento constante del consumo de la carne porcina ha llevado a que sus productores inviertan en infraestructura y mayor tecnología

Bajo costo de la implementación de la remediación para llevar a cabo un tratamiento de efluentes.

### **Debilidades**

Carencia de conocimientos para planificar un sistema sustentable y sostenible en el tiempo.

Complicaciones a nivel infraestructura; caminos anegados, intransitables, lotes y campos inundados.

Presencia de lagunas con ausencia de tratamientos secundarios.

### **Amenazas**

Condiciones climáticas alarmantes/desfavorables.

Posibilidad de multas por no respetar las normativas ambientales de manejo de efluentes

## Propuesta de mejora

A partir de lo descrito en cuanto a leyes y de acuerdo a los objetivos establecidos, la propuesta de mejora se enfoca en implementar la biotecnología de fitorremediación en las lagunas naturales de almacenamiento de efluentes dándoles un valor agregado. La remediación se llevará a cabo mediante la utilización de plantas acuáticas colaborando con la reducción del impacto ambiental de los efluentes de producción porcina, permitiendo manejar grandes volúmenes de desechos y previniendo la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Dentro de las especies de plantas posibles de seleccionar se encuentran *Eichhornia Crassipes* (Figura 15) por que los microorganismos asociados a la zona radicular contribuyen de forma significativa a la reducción de la DBO del agua ya que aprovechan el oxígeno transportado desde las hojas a las raíces de las plantas. Así, la eficiencia en eliminación de materia orgánica está directamente relacionada con la densidad de cobertura y la profundidad del agua. Igualmente, los procesos de nitrificación, al necesitar oxígeno, se producen sobre todo en la superficie de las raíces, con lo cual las pérdidas de N por nitrificación/desnitrificación serán mayores cuanto mayor contacto exista en el agua y el sistema radicular. En cuanto al fósforo, el Jacinto elimina entre el 30-50 % presente en las aguas residuales. Debido a que la relación N/P en los tejidos (6:1) es generalmente mayor que la relación N/P de las aguas residuales, el nitrógeno es eliminado más eficazmente que el fósforo (Bondia Roig ,2014).



Fuente: Carr,2006

**Figura15:** *Eichhornia Crassipes*

El trébol de agua (*Lymnobia Laevigatum*), se eligió como otras de las especies remediadoras de estos efluentes dado que en nuestro país se llevó a cabo un estudio denominado "Fitorremediación de aguas contaminadas con nitrato (ii): Influencia de la cantidad de nitrato sobre la eficiencia de su eliminación en un sistema de tratamiento de agua estancada utilizando *Limnobia laevigatum* (Figura 16) en donde se trabajó con una cantidad

fija de 100 g/l de solución, en donde esta planta demostró poseer una excelente capacidad para la eliminación de diferentes concentraciones de nitrato y en todas las experiencias realizadas la concentración de este contaminante disminuyó más de un 99%. No obstante, a medida que la concentración de nitrato aumenta, la eliminación se hace más lenta evidenciándose el comienzo de efectos tóxicos (Cueva, 2016). Estas se reproducen vegetativamente y por semilla, son cosmopolitas, de rápido crecimiento invadiendo rápidamente cuerpos de agua siendo los más óptimos para su crecimiento y desarrollo los que van de 0,45 hasta 1,2 de profundidad para tratar de que el agua tenga un mezclado vertical y así las raíces de las plantas puedan entrar en contacto con las zonas en las que se encuentran las bacterias (Obando, 2006).



Fuente: Winterton,2016

**Figura 16:** *Lymnobia laevigatum*

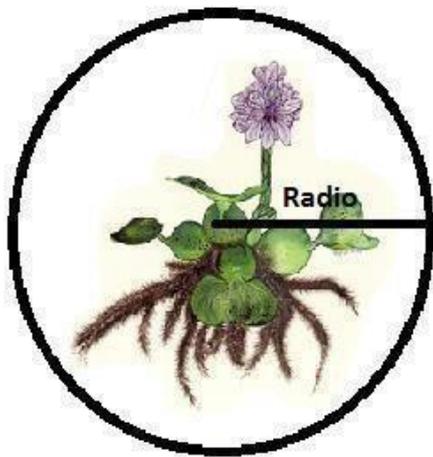
Su utilidad en el tratamiento de aguas residuales es porque poseen ciertas características, como por ejemplo remover eficientemente nutrientes y contaminantes del agua a tratar además de presentar alto nivel de tolerancia a los mismos cuantos estos se encuentren en una alta concentración en el medio, pasando a ser letales para ciertos seres vivos.

En relación con la fitorremediación y al igual que sucede con cualquier otra tecnología de recuperación de aguas contaminadas, es necesario enfatizar que el objetivo final de esta técnica no debe ser solamente eliminar el contaminante o, en su defecto, reducir su concentración hasta límites marcados en la legislación, sino sobre todo recuperar la salud del agua, entendida ésta como la capacidad de este recurso para realizar sus funciones de forma sostenible.

La unidad funcional de esta fitorremediación, es el humedal artificial que en este proyecto se llevara a cabo en los pozos que actualmente están siendo recolectores de los efluentes. Tienen una profundidad de 1,5 m aproximadamente en los cuales se colocarán plantas acuáticas que cumplirán el rol de bombas (uso de energía solar para funcionar) extractoras de bajo costo para depurar las aguas contaminadas por purines porcinos. Es importante resaltar que las macrófitas seleccionadas transpiran agua en gran cantidad. Las pérdidas de agua por evapotranspiración del "camalote" (*Eichhornia crassipes*) pueden llegar a ser entre 2 y 3 veces superiores con respecto a las pérdidas de una superficie de agua libre (Cátedra de Fisiología vegetal UNER, 1997)

Los desechos que llegan a las lagunas y conforman el medio para las plantas hidrófilas proviene de las fosas de cada galpón que conforma este sistema de producción intensivo de cerdos. Este residuo es tratado previo almacenamiento, se coloca un producto biodigestor llamado BIOTRAT® con el objetivo de desodorizar el sistema y solubilizar solutos, de esta manera el residuo es dirigido desde el lugar de aplicación mediante cañería subterránea a las lagunas recolectoras, llegando el purín pretratado a las plantas acuáticas para que comience la fitorremediación.

Considerando que las especies a utilizar presentan alta capacidad reproductiva, capaces de duplicar su biomasa cada 6-18 días, dependiendo de las condiciones ambientales (Williams, 2005), y teniendo en cuenta que los rizomas crecen aproximadamente hasta 30 cm de longitud en las dos especies antes de generar una nueva planta, se decidió utilizar una baja densidad de plantación (3.57 plantas/m<sup>2</sup>) (Figura 17).



Área:  $\pi \cdot r^2:3,1415926535 \cdot (0.30\text{m})^2: 0,28 \text{ m}^2$ .  
1 jacinto ocupa 0,28 m<sup>2</sup>  
3.57 jacintos ocupan 1 m<sup>2</sup>

**Figura 17:** Cantidad de plantas acuáticas por m<sup>2</sup>, en relación al área ocupada

Cabe destacar que la implementación de esta propuesta se llevará a cabo, inicialmente, solo en la laguna que retiene los efluentes de las etapas de gestación y maternidad (Figura 18). Esta posee un área de 1.590 m<sup>2</sup>, siendo la de menor superficie en relación a las otras que posee el establecimiento, por lo que los costos de la inversión a realizar, serán los mínimos e indispensables. Una vez que las plantas abarquen en su totalidad la superficie de agua, se procederá a extraerlas para llevarlas hacia las demás lagunas, para poder aplicar el mismo tratamiento secundario.



Fuente: Collector, 2016.

**Figura 18:** Imagen satelital de la laguna donde se llevará a cabo la propuesta

Mediante esta propuesta se quiere modificar en un principio la funcionalidad de las lagunas (Figura 19). Con la utilización de *Eichhornia crassipes* en conjunto con *Lymnobia Laveigatum* se descontaminará y reducirá el volumen de líquidos residuales presentes.

La implementación la bioremediación intenta, además, de reutilizar el agua bioremediada de la laguna para la limpieza de las instalaciones, incorporar servicios ambientales y generar una heterogeneidad de especies en uno de los sectores sojeros/maiceros más importante del país y con ello, se persigue incrementar la migración de especies de aves y abejas, logrando así aumentar la biodiversidad en el ecosistema proporcionando un hábitat para la vida silvestre sin dejar de lado el valor social y paisajístico que le aporta a la unidad productiva ya que son estéticamente agradables a la vista, trayendo esto un clima favorable para los operarios que trabajan y viven en el campo.

Mediante este proceso se persigue la disminución de la contaminación de la napa freática lo cual nos permitiría utilizar el agua de la misma para consumo animal, realizando previamente un análisis microbiológico de acuerdo a la norma vigente.



**Figura 19:** Laguna donde se introducirán las plantas acuáticas

### Análisis de negocio

A raíz de la propuesta de mejora sugerida en los párrafos anteriores, se detalla a continuación la inversión necesaria para llevar a cabo dicho proyecto, orientado a disminuir el impacto negativo de los efluentes sobre el medio ambiente, analizando de esta manera la factibilidad económica de realizarlo.

Teniendo en cuenta que la superficie de la laguna es de 1590 m<sup>2</sup> y que la que ocupa una de las plantas de las especies citadas destinadas a la fitorremediación es de 0.28 m<sup>2</sup>, puede deducirse que para cubrir toda el agua residual con plantas serían necesarias 5678. Debido al elevado valor de cada planta \$22, (Vivero Plantas Acuáticas Rosario) y aprovechando la gran capacidad de colonización que poseen, se planteó comprar un menor número de plantas y cubrir en un principio solo un tercio de la laguna.

La totalidad de la laguna se verá cubierta en un promedio de 3 meses aproximadamente, para este cálculo se tuvo en cuenta que en un promedio de 18 días las macrófitas seleccionadas dejan sus descendencias.

Al dividir 90 días (que serían los tres meses) sobre los 18, serán necesarias 5 etapas de multiplicación de la especie para cubrir la laguna (Tabla 8).

**Tabla 8:** Etapas de multiplicación para cubrir la laguna cada 18 días (tiempo reproductivo)

Día 1	Día 18	Día 36	Día 54	Día 72	Día 90
	178*2	356 *2	712*2	1424 *2	2848 *2
178 plantas	356 plantas	712 plantas	1424 plantas	2848 plantas	5696plantas

El costo final por planta colocada en la laguna es de \$45, este valor incluye el costo unitario por planta (\$22), el traslado (\$21.07) como así también la colocación (\$2.69). En la siguiente Tabla se resume lo antes mencionado (Tabla 9).

**Tabla 9:** Inversión inicial

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO \$/UNIDAD	TOTAL \$
Plantines acuáticos fito remediadores	178 unid.	22	3.916
Jornales (*)	1 persona	480 /persona/día	480
Flete	234,5 km	16/km	3.752
<b>TOTAL</b>			<b>8148</b>

(\*) El valor de 1 equivale a 480\$ (Empresa de Paisajismo Acquaterra Córdoba).

Se puede observar que el mayor costo de inversión pertenece a la compra de los platines. El servicio de flete se calculó en relación a la distancia que hay desde el vivero, donde se efectuó la compra de los platines, hasta el establecimiento.

Hay otro gasto que es el de mantenimiento, éste no se incluye en los iniciales por que recién se comienza a percibir cuando las especies fito remediadoras colonicen completamente la laguna (a los tres meses), momento a partir del cual buscan refugio en las cañerías encargadas de conducir los efluentes desde los galpones hasta destino mencionado anteriormente , por este motivo se va a requerir la presencia de un operario para realizar el raleo correspondiente a las plantas hijas y luego trasladar las mismas a las demás lagunas. El costo de mantenimiento se calculó en base a 1 jornal.

Los efluentes en los cuales se va a realizar la fitorremediación presentan un pre tratamiento, el cual ocurre en las fosas de decantación. Se trata de la aplicación de un producto con base biológica BIOTRAT®, el cual afecta de forma directa el costo total de inversión. En la tabla 10 se detalla según la cantidad de animales y su categoría cual es la dosis óptima de aplicación del producto.

**Tabla 10:** Dosis total de BIOTRAT® por categoría en las fosas de decantación

Categoría	Dosis por animal (g)	Cantidad animales	Dosis total (g)
Gestación	3	250	750
Maternidad	3	50	150
Reproducción	4	5	20
Terminación	3	1200	3600
Desarrollo	2	1200	2400
Destete	1	1200	1200
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>3905</b>	<b>8120</b>

El mismo se comercializa en contenedores de 5 kilos, a un monto de \$4200 (840\$ el kilo). A continuación, se señala cuanto se necesita en esta unidad productiva y el costo que ocasiona (Tabla 11).

**Tabla 11:** Gasto de BIOTRAT® según la cantidad requerida por categoría y número de animales en relación a los datos de la tabla 9

Total, BIOTRAT®(kg)	Precio (\$) por kg	Precio (\$) total mensual	Costo anual
8,1	840	6804	81648

Los gastos de BIOTRAT® no se incluyeron dentro de la inversión ya que el establecimiento aplica este producto mensualmente por lo que no hace falta sumarle el gasto del mismo. De igual manera, se menciona ya que en granjas que no cuenten con la aplicación de un aditivo con base biológica para el tratamiento de efluentes, será valioso aplicar dicho gasto para facilitar y crear un hábitat favorable para las plantas acuáticas encargadas de la fitorremediación.

## Consideraciones finales

Fitoremediar le ofrece a “El criadero” la oportunidad de incorporar nuevas especies y con ello una biodiversidad en el ambiente, lo cual se traduce en un beneficio a largo plazo y a la recepción de nuevos servicios ambientales.

Esta alternativa para disminuir la contaminación tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que su aplicación resulta estéticamente agradable valorizando el establecimiento, contribuyendo a su uso paisajístico – recreativo provocando así un bienestar en la sociedad.

El agua purificada de las lagunas (proceso de fitorremediación generado por las plantas acuáticas) puede ser utilizada en una variedad de aplicaciones. Los usos típicos del agua reciclada incluyen el riego superficial de los cultivos vecinos al establecimiento porcino y para el lavado de las instalaciones dentro de los galpones.

Esta práctica necesaria para un manejo sustentable, se realiza sin necesidad de transportar el sustrato contaminado, con lo que se disminuye la diseminación de contaminantes a través del aire o del agua obteniendo resultados de remediación en poco tiempo con un bajo costo de implementación.

## Bibliografía

AEGA. INTA. 2011. Módulo Porcino, Área Estratégica de Gestión Ambiental (AEGA). INTA.2011

Disponible:<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efluentesproduccionporcinaargentina.pdf> Consultado:05/10/2016

Ajinomoto Animal Nutrición,2000. Buenas Prácticas Pecuarias para la producción y comercialización porcina familiar. Ministerio de agricultura ganadería y pesca. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i2094s.pdf>. Consultado: 18/10/2016

Bertello, F.2016. Por primera vez, el consumo de pollo y cerdo le gana a la carne vacuna. Diario la Nación. Disponible: <http://www.lanacion.com.ar/1965502-por-primera-vez-el-consumo-de-pollo-y-cerdo-leganaalacarnevacuna>. Consultado:04/01/17 Consultado:05/01/2017

Bolsa de cereales Córdoba. 2016. Datos finales de producción. Disponible en: <http://www.bccba.com.ar/estivales-6394.html>. Consultado:05/01/2017

Bondia Roig, J. 2014. Eliminación de contaminantes emergentes mediante Humedales Artificiales como sistema alternativo o complementario a un tratamiento de aguas convencional.

Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/44470/Tesis\\_Fin\\_de\\_master%20jose.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/44470/Tesis_Fin_de_master%20jose.pdf?sequence=1). Consultado:14/11/2016

Brunori J, Rodríguez Fazzone M. y Figueroa ME.2012. Buenas Prácticas Pecuarias para la producción y comercialización porcina familiar. Ministerio de agricultura ganadería y pesca. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i2094s.pdf>. Consultado: 18/10/2016

Brunori, J.2016.2016: Un año para el olvido. Disponible en: <http://www.todocerdos.com.ar/notas.asp?nid=994&sid=1>. Consultado:05/01/2017

Carr, G.2006. Departamento de botánica, Universidad de Hawaii. Disponible en: <http://www.botany.hawaii.edu/faculty/carr/pontederi.htm>. Consultado :15/01/2017

Catedra De Fisiología Vegetal. 1997.Facultad de Ciencia Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos. Disponible en:[http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV\\_2010/mat\\_did/UT1\\_2\\_Estres.pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV_2010/mat_did/UT1_2_Estres.pdf).consultado:12/01/2017

Cueva Placencia, P.2016. Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies (*Pistia stratiotes* L.) Y (*Limnobium laevigatum* R.) Para el tratamiento de lixiviados producidos en el relleno sanitario del cantón centinela del cóndor, provincia Zamora Chinchipe. Universidad nacional de Loja. Disponible:[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17583/1/CUEVA\\_PLACENCIA\\_WILLAM\\_PATRICIO\\_TESIS\\_DE\\_GRADO\\_12\\_12\\_2016.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17583/1/CUEVA_PLACENCIA_WILLAM_PATRICIO_TESIS_DE_GRADO_12_12_2016.pdf). Consultado:06/01/2017

Caramello, D. 2015. Producción Porcina. Edición FCA-UNC.

FAO-INTA.2012. Buenas Prácticas Pecuarias para la producción y comercialización porcina familiar. Ministerio de agricultura ganadería y pesca. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ai2094s.pdf>. Consultado: 18/10/2016

Herrero y Gil.2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. Disponible en:[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2008000300003](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300003). Consultado :10/02/2017

Maisonave, R.2012. Buenas Prácticas de Manejo y Utilización de Efluentes Porcinos. Ministro de agroindustria de la nación. Disponible en : [http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/porcinos/informacion\\_interes/archivos//000000\\_Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20de%20Manejo%20y%20Utilizaci%C3%B3n%20de%20Efluentes%20Porcinos.pdf](http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/porcinos/informacion_interes/archivos//000000_Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20de%20Manejo%20y%20Utilizaci%C3%B3n%20de%20Efluentes%20Porcinos.pdf) . Consultado: 09/01/2017

Mentaberry, A.2011.Fitorremediación. Departamento de Fisiología, Biología molecular y celular.Disponible:[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM\\_fitorremediacion\\_argentina\\_25620.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_argentina_25620.pdf). Consultado: 20/10/2016

Metcalf & Eddie. 1998. Buenas Prácticas Pecuarias para la producción y comercialización porcina familiar. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ai2094s.pdf>. Consultado: 18/10/2016

Millares, P.2011. Manejo de efluentes. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Disponible en:<http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Capacitacion/Fericerdo%202011/Manejo%20de%20efluentes%20porcinos.pdf> Consultad: 05/10/2016

Ministerio de agroindustria. 2016.La producción porcina alcanzó valores récord en 2016.Disponible en:[http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/archivos//000007\\_Evolucion%20de%20los%20Indicadores/000000\\_Evoluci%C3%B3n%20mensual%20y%20anual%20de%20los%20indicadores.pdf](http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/archivos//000007_Evolucion%20de%20los%20Indicadores/000000_Evoluci%C3%B3n%20mensual%20y%20anual%20de%20los%20indicadores.pdf) Consutado:06/01/2017

Normas ISO. 2016.Disponible en: <http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/pdf/iso14000>. Consultado 10/01/2017

Núñez López, R. A.; Meas Vong, Y.; Ortega Borges, R. y Olgún, E. J. 2004. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. Disponible en:<http://documentslide.com/documents/fitorremediacion55c09181c038f.html>. Consultado: 15/11/2016

Obando, J.2006. Estanques de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para tratamiento de residuos industriales. Universidad del valle facultad de Ingenierías. Escuela de ingeniería química de Santiago de Cali. Disponible en:<http://www.monografias.com/trabajos37/estanques-de-jacinto/estanques-de-jacinto2.shtml#ixzz4XH8CapKo>. Consultado:12/01/2017

Pinelli Saavedra A.; Acedo M.; Hernández López; R. Belmar y A. Beltrán. 2004. Manual de Buenas Prácticas de Producción en granjas porcícolas. SAGARRPA. México. Disponible en: [http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20de%20%20Buenas%20Pr%C3%A1cticas/Attachments/6/manual\\_porcino.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20de%20%20Buenas%20Pr%C3%A1cticas/Attachments/6/manual_porcino.pdf). Consultado:15/06/2015.

Senasa. 2015.Mapa de existencia porcinas. Disponible en:[http://www.senasa.gov.ar/prensa/DNSA/Control\\_Gestion\\_y\\_Programas\\_Especiales/Indicadores\\_ganaderos/3Indicadores\\_Ganaderia\\_Porcina/Ganadeia\\_Porcina](http://www.senasa.gov.ar/prensa/DNSA/Control_Gestion_y_Programas_Especiales/Indicadores_ganaderos/3Indicadores_Ganaderia_Porcina/Ganadeia_Porcina). Consultado:03/01/2017

Senasa.2016. Disponibe en: <http://www.senasa.gov.ar/cadena-animal/porcinos/informacion> Consultado:04/01/2017

Vicari, MP. 2012. Efluentes en producción porcina en Argentina: generación, impacto ambiental y posibles tratamientos [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efluentesproduccionporcinaargentina.pdf>. Consultado:12/11/2016

Williams, ND .2005. Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).Disponible en: <http://www.naturalista.mx/taxa/57390-Eichhornia-crassipes>. Consultado:12/11/2016.

Winterton, S.2016.*Limnobium Lavevigatum*. Acuarifilia Madrid. Disponible en: <http://acuariofiliamadrid.org/Thread-LIMNOBIUM-LAEVIGATUM--21626> . Consultado :15/01/2017

Zupan, E.2011.Informacion técnica. Córdoba forestal. Ministerio de agroindustria presidencia de la nación. Subsecretaria de desarrollo foresto industrial. Disponible en:<http://cordobaforestal.blogspot.com.ar/p/informaciontecnica.html>. Consultado:22/10/2016

## ANEXO I

### **LEY Nº 7343**

Principios receptores para la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente.

#### **GENERALIDADES**

FECHA DE SANCIÓN: 29-08-1985

PUBLICACIÓN: B.O. 27-09-1985.

CANTIDAD DE ARTÍCULOS: 82.

CANTIDAD DE ANEXOS: -

#### **SECCIÓN II**

##### **De la contaminación de las aguas**

**Artículo 46.-** Queda prohibido el vuelco, descarga o inyección de efluentes contaminantes a las masas superficiales y subterráneas de agua cuando tales efluentes superen los valores máximos de emisión establecidos para los mismos y/o cuando alteren las normas de calidad establecidas para cada masa hídrica. Esta prohibición también se aplicará cuando los efluentes contaminantes afecten negativamente a la flora, la fauna, la salud humana y los bienes.