

**CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN Y USO DEL AGUA EN FINCAS
PORCÍCOLAS EN LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA
(DEPARTAMENTOS DE QUINDÍO Y RISARALDA)**

**JOHN EDWIN CARDONA MARÍN
JUAN GUILLERMO JARAMILLO CORREA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
PEREIRA
2008**

**CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN Y USO DEL AGUA EN FINCAS
PORCÍCOLAS EN LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA
(DEPARTAMENTOS DE QUINDÍO Y RISARALDA)**

**JOHN EDWIN CARDONA MARÍN
JUAN GUILLERMO JARAMILLO CORREA**

**Proyecto de grado para optar por el título de
Administrador del Medio Ambiente**

**Director:
DIEGO PAREDES CUERVO
Ingeniero Sanitario, Msc, Phd (C)**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
PEREIRA
2008**

Nota de aceptación

Diego Paredes Cuervo. Msc, Ph.D
Director

Alexander Feijoo Martínez, Ph.D.
Evaluador

Pereira, 25 de noviembre de 2008

*A mi Padre Celestial, fuente primigenia de la sabiduría y la vida
A mis padres, por su apoyo constante e incondicional.*

*La concepción de este trabajo de grado solo refleja el apoyo incondicional de mi familia,
encabezada por mis abuelos.*

AGRADECIMIENTOS

Dejamos constancia de nuestro agradecimiento al Ingeniero Diego Paredes Cuervo, profesor de la Facultad de Ciencias Ambientales por brindarnos la oportunidad de llevar a cabo este proyecto y por prestar su asesoría durante el desarrollo del mismo.

Adicionalmente, queremos agradecer a todos los funcionarios de las instituciones consultadas y porcicultores del Quindío y Risaralda, porque su asesoría y colaboración permitieron las labores de recolección de datos importantes para lograr los resultados finales del proyecto. Especialmente debemos mencionar a Kelly Andrea Aguirre Osorio, por su labor de facilitación de recursos logísticos, académicos y asesoría.

CONTENIDO

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUCCIÓN	12
2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	14
2.1. CONTEXTO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	14
2.2. LA PORCICULTURA Y SU PAPEL EN LA CUENCA.....	15
2.3. GENERALIDADES DE LA EXPLOTACIÓN PORCINA.....	16
2.3.1. <i>Modalidades y niveles de tecnificación</i>	16
2.3.2. <i>Manejo de las excretas al interior de la granja</i>	17
2.4. CONTEXTO AMBIENTAL.....	18
2.4.1. <i>Generación y caracterización de las excretas porcinas</i>	19
2.4.2. <i>Sistemas de tratamiento para las excretas porcinas</i>	20
2.4.2.1. <i>Sistemas convencionales de tratamiento</i>	21
2.4.2.2. <i>Sistemas naturales de tratamiento</i>	23
2.4.3. <i>Manejo de la porcinaza sólida</i>	24
2.5. BALANCE HÍDRICO DE LA ZONA MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA.....	25
2.5.1. <i>Índice Neto de Irrigación en la cuenca</i>	26
3. METODOLOGÍA	27
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	27
3.2. DEFINICIÓN DEL ESTADO DEL ARTE.....	30
3.3. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE FACTORES CRÍTICOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO.....	31
3.4. IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS DE DESARROLLO AMBIENTAL.....	31
4. RESULTADOS	34
4.1. ESTADO DEL ARTE DE LAS FINCAS PORCÍCOLAS EVALUADAS.....	34
4.1.1. <i>Tipo de explotación porcina</i>	34
4.1.2. <i>Características de la actividad productiva en la finca</i>	34
4.1.3. <i>Capacidad instalada e índice de ocupación en las fincas evaluadas</i>	37
4.1.4. <i>Manejo y tratamiento de residuos porcinos</i>	38
4.1.4.1. <i>Porcinaza líquida</i>	39
4.1.4.2. <i>Porcinaza sólida</i>	43

4.1.4.3.	<i>Producción de nitrógeno en las fincas evaluadas.....</i>	45
4.1.4.4.	<i>Generación de agua residual en las fincas evaluadas.....</i>	45
4.1.5.	<i>Uso del agua en las fincas porcícolas.....</i>	46
4.1.6.	<i>Economía en las fincas porcícolas.....</i>	48
4.2.	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE FACTORES CRÍTICOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO EN LAS FINCAS EVALUADAS.....	49
4.2.1.	<i>Análisis situacional.....</i>	49
4.2.1.1.	<i>DOFA de la actividad porcícola.....</i>	51
4.2.1.2.	<i>Análisis de factores críticos identificados como de mayor impacto sobre el recurso hídrico.....</i>	53
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	56
5.1.	MANEJO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS PORCINOS.....	56
5.1.1.	<i>Fertilización con porcinaza líquida.....</i>	56
5.1.2.	<i>Manejo de la porcinaza sólida.....</i>	61
5.2.	GESTIÓN DEL AGUA EN LAS EXPLOTACIONES PORCÍCOLAS..	62
5.3.	MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL.....	64
5.3.1.	<i>Reducción en la fuente.....</i>	66
5.3.2.	<i>Reciclaje y reuso.....</i>	68
5.3.3.	<i>Tratamiento y disposición final de residuos.....</i>	69
6.	ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA: SITUACIÓN EN LAS GRANJAS PORCÍCOLAS.....	70
6.1.	TRATAMIENTO FÍSICO.....	71
6.2.	TRATAMIENTO PRIMARIO.....	72
6.3.	TRATAMIENTOS SECUNDARIOS Y TERCIARIOS.....	73
6.4.	MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	74
6.5.	ENFOQUE ESTRATEGIAS DE DESARROLLO AMBIENTAL.....	75
7.	CONCLUSIONES.....	77
8.	RECOMENDACIONES.....	79
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS.....		84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Componentes y efectos ambientales de la porcicultura.....	18
Cuadro 2.	Producción de materia fecal y orina con proporción al peso vivo (%)......	19
Cuadro 3.	Producción diaria de nutrientes para fertilización según el estado fisiológico.....	20
Cuadro 4.	Actores y áreas de participación en el sector porcícola.....	25
Cuadro 5.	Precipitación porcentual promedio en la cuenca del río La vieja (mm/mes).....	26
Cuadro 6.	Relación de fincas y No. de animales por municipio en el Quindío.....	27
Cuadro 7.	Distribución de la muestra en los seis (6) municipios de Quindío.....	28
Cuadro 8.	Distribución de la muestra en el municipio de Pereira.....	28
Cuadro 9.	Listado de fincas evaluadas en los departamentos de Quindío y Risaralda.....	29
Cuadro 10.	Desarrollo metodológico del proyecto.....	33
Cuadro 11.	Producción de estiércol con una capacidad instalada al 100%.....	38
Cuadro 12.	DBO, DQO y SST producidos en las fincas evaluadas.....	38
Cuadro 13.	Producción de nitrógeno en las fincas evaluadas.....	45
Cuadro 14.	Volumen de agua residual generado por día y por mes en las fincas evaluadas.....	46
Cuadro 15.	Debilidades de la actividad porcícola en las fincas evaluadas...	54
Cuadro 16.	Incidencias encontradas en las fincas evaluadas.....	55
Cuadro 17.	Índice Neto de Riego mensual en la zona media de la cuenca del río La Vieja.....	60
Cuadro 18.	Relación volumen agua residual generada y área apta para riego.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Clase de cerdos en una explotación porcícola.....	16
Figura 2.	Tipos de explotaciones porcícolas.....	17
Figura 3.	Esquema de los tipos de manejo de la porcicultura en una explotación porcícola.....	22
Figura 4.	Localización de las fincas evaluadas en la zona de estudio de la cuenca del río La Vieja (Quindío y Risaralda).....	30

Figura 5.	Tipo de explotación en las fincas evaluadas.....	34
Figura 6.	Principal actividad productiva en la finca.....	34
Figura 7.	Área de las fincas (ha).....	35
Figura 8.	Cantidad de animales por finca.....	36
Figura 9.	Relación de la actividad porcina con el resto de la finca.....	36
Figura 10.	Continuidad de la actividad porcícola en los últimos años.....	37
Figura 11.	Índice de ocupación de las fincas evaluadas.....	38
Figura 12.	Tipo de alimento suministrado en las fincas.....	39
Figura 13.	Destino de la porcínaza líquida.....	40
Figura 14.	Almacenamiento de porcínaza líquida en tanque estercolero: Circasia.....	41
Figura 15.	Vertimiento directo a cuerpos de agua: municipio de Calarcá....	42
Figura 16.	Uso de la porcínaza sólida en las fincas evaluadas.....	43
Figura 17.	Métodos para almacenaje y secado de la porcínaza sólida en las fincas evaluadas.....	44
Figura 18.	Suministro de agua para la actividad porcícola en las fincas evaluadas.....	47
Figura 19.	Relación consumo de agua (m ³ /mes), Área (ha) y actividad principal en la finca.....	47
Figura 20.	Costo mensual (\$) de acueducto rural en 22 fincas evaluadas...	48
Figura 21.	Salarios promedio (miles de pesos) en las fincas evaluadas.....	49
Figura 22.	Comercialización del producto.....	49
Figura 23.	Almacenamiento de aguas lluvias para lavado de instalaciones: Filandia.....	50
Figura 24.	Operación de biodigestores de flujo continuo con fugas: Pereira.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Formulario de la encuesta realizada en las fincas evaluadas.....	85
Anexo 2.	Balance hídrico zona baja, media y alta de la cuenca del río La. Vieja.....	90
Anexo 3.	Valores de referencia para estimar la Precipitación Efectiva <i>Pe</i> ..	91
Anexo 4.	Mapa de la cuenca del río La vieja. Zona de estudio y red hídrica principal.....	92

RESUMEN

El presente documento, expone la caracterización de la gestión y uso del agua en el subsector porcícola en la cuenca del río La Vieja, realizada a partir de la evaluación de 36 granjas porcinas ubicadas en los departamentos del Quindío y Risaralda (zona de influencia de la cuenca en el municipio de Pereira).

La caracterización parte del diagnóstico del estado del arte de la porcicultura y presenta el desarrollo de la actividad porcina, información técnica de producción haciendo énfasis en las modalidades y niveles de tecnificación, compendio del marco normativo ambiental que acoge al sector, áreas de participación de los diferentes actores en la actividad, la generación, características y uso de las excretas líquidas y sólidas y los sistemas de tratamiento empleados para su respectivo manejo en cada una de las etapas, así como el uso del agua y los factores socioeconómicos en las granjas.

Posteriormente, presenta el análisis situacional del sector basándose en la DOFA para la identificación de factores críticos de mayor impacto sobre el recurso hídrico en las granjas evaluadas y plantear las alternativas de manejo de acuerdo a tres áreas enfocadas en la producción más limpia: reducción en la fuente; reciclaje y reuso; y tratamiento y disposición final de residuos. Así mismo, expone las alternativas de desarrollo ambiental adoptadas o por adoptar con base en sistemas de tratamiento primario, secundario y terciarios y los mecanismos para el manejo de la porcinaza sólida en las granjas, además de plantear el enfoque de las estrategias de desarrollo ambiental a las que deben apuntar los diferentes actores para la gestión integral del recurso hídrico de la actividad porcícola en la cuenca. El documento finaliza con conclusiones generales formuladas con base en lo observado en cada una de las granjas evaluadas.

PALABRAS CLAVES: excretas porcina, sistemas de tratamiento, desarrollo de estrategias ambientales, producción más limpia, gestión integral del recurso hídrico, cuenca del río La Vieja.

ABSTRACT

This document describes the characterization of the management and use of water in the pig sector in the La Vieja River Basin, based on the evaluation of 36 pig farms located in the departments of Quindío and Risaralda (influence area of the Basin in the municipality of Pereira).

The characterization starts with the diagnosis of the art state porcine sector and presents his development, technical information of production with emphasis on the modalities and technical levels, a compendium of environmental policy around the sector, Areas of involvement of different actors in the activity, the generation, characteristics and use of pig manure and the treatment systems used for their respective management in every step, as well as water use and socio-economic factors in the farms.

Subsequently, it presents the situational analysis of the porcine sector based in the DOFA for identification of critical factors of greatest impact on water resource on evaluated pig farms to propose management alternatives according to three areas with emphasis in cleaner production: reduction in the source, recycling and reuse, and treatment and disposal of waste. It also outlines the development of environmental alternative taken or to be taken based in treatment systems primary, secondary and tertiary and mechanisms for the management of solid manure on pig farms. In addition, this document proposes the focus of development environmental strategies that different actors should follow for the integral management of water in the porcine activity on the La Vieja River Basin. The paper concludes with general conclusions based on different situations observed in each of the farms evaluated.

KEYWORDS: Pigs manure, treatment systems, development environmental strategies, cleaner production, integrated management of water resources, La Vieja River Basin.

1. INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrográfica del río La Vieja como espacio terrestre tiene características similares de orden físico, biológico y antrópico que la definen como una Unidad Regional Natural de primera importancia en el contexto nacional compartida por tres departamentos y veintidós municipios, quince de ellos se encuentran totalmente en su interior (12 municipios del Quindío correspondiendo al 68% del de la cuenca y 3 del Valle del Cauca con el 22%). De los seis municipios restantes (10% de la cuenca), solo Cartago y Pereira tienen la cabecera municipal en su interior, aunque la de Pereira está parcialmente pues solo incluye el área urbana que vierte al río Consota (CRQ et al, 2006).

La cuenca presenta ventajas comparativas especialmente en infraestructura, permitiendo condiciones favorables para asentamientos humanos y desarrollo de actividades agropecuarias de diferente índole, lo cual conlleva a inducir desequilibrios en los procesos de producción y recuperación normal de los recursos naturales. Lo anterior, plantea la necesidad de generar y poner en práctica estrategias de manejo integrado de la cuenca concertadas con los diferentes actores involucrados: entes territoriales, Corporaciones Autónomas Regionales, sociedad civil organizada, Academia y gremios de la producción que planteen como eje articulador la gestión y uso del agua.

Según la CRQ et al (2006), una de las principales fuentes que aporta contaminación a la cuenca es el vertimiento de aguas residuales de los doce municipios de Quindío, de algunos municipios del Valle y parte de la cabecera municipal de Pereira, siendo el sector porcino un agregado de esta labor y del cual no se han adelantado acciones concretas que conlleven a caracterizar su estado actual dentro de la cuenca. En este sentido, la porcicultura es una importante actividad que aún continúa realizándose en forma artesanal en la mayor parte de la cuenca, aunque existen algunas porcícolas con un buen nivel tecnológico y con tratamiento adecuado de sus residuos que aminora el impacto sobre el ambiente. Para este renglón productivo, *“el residuo que genera mayor controversia es la excreta porcina debido al volumen generado y a sus características físico-químicas que dificultan su manejo”* (MAVDT et al, 2002).

Para el año 2006, la Gobernación de Risaralda reportó 79534 porcinos (machos y hembras de distintas edades) encontrándose en Pereira el 48.6% de su totalidad (38665 porcinos), ciudad en la cual se encuentra el Río Consota efluente del río la Vieja. Así mismo, en Pereira se encuentran cuatro sistemas de producción: *Cría Tecnificada* (2.6%), *Integral Tecnificada* (3.2%), *Ceba Intensiva* (2.2%) y la más representativa y que genera mayor impacto *Cría Tradicional* con un 92%

presentándose en 20, 33, 23 y 956 unidades productoras respectivamente, para un total de 1032 en la ciudad, tanto en la zona urbana como rural. Igualmente, en los doce municipios del Quindío que se encuentran dentro de la cuenca, se registraron 27766 porcinos (12393 machos y 15373 hembras) en la zona urbana y rural (Gobernación del Quindío, 2004).

Por lo tanto, al determinar que la porcicultura es un renglón productivo de importancia dentro de la cuenca, en la cual se distribuye una alta densidad de porcinos comprendida por pequeños, medianos y grandes productores, se evidencia que la falta de adopción de tecnologías apropiadas dentro de su proceso productivo, la insuficiente cobertura de asistencia técnica y el corto alcance de la autoridad ambiental y entes territoriales para el cumplimiento de la normatividad, convierte a este sector en una amenaza para la gestión integral del recurso hídrico. Igualmente, la poca divulgación y adopción de la guía ambiental para el subsector porcícola lleva a buscar alternativas y caracterizar el sector porcícola dentro de la cuenca con el objeto que sirva de instrumento para planificar a corto, mediano y largo plazo las acciones a realizar que vayan acorde con el ordenamiento ambiental.

En este sentido, este trabajo pretende abarcar el sector porcícola y su desarrollo en la cuenca del río La Vieja, como una iniciativa de desarrollo ambiental para aportar en la formulación de un manejo integrado del recurso hídrico en la cuenca, en el marco del proyecto "*Desarrollo de un modelo para la gestión integrada de recursos hídricos, que promueva la equidad, la reducción de la pobreza y el desarrollo del país, bajo el concepto de desarrollo sostenible*" convenio entre la Universidad del Valle, el Centro Internacional de Agricultura Tropical y la Universidad Tecnológica de Pereira. Por consiguiente, se abordaron algunas granjas porcícolas haciendo énfasis en el uso del agua y los impactos sobre ésta ocasionados por el manejo de subproductos, en el territorio de la cuenca en los departamentos de Quindío y Risaralda (municipio de Pereira).

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la gestión y uso del agua en la actividad porcícola sobre la cuenca del río La Vieja (Departamentos de Quindío y Risaralda).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico del estado del arte de la porcicultura con relación a los usos del agua dentro de la zona de influencia de la cuenca.
- Analizar las relaciones causa-efecto en factores críticos determinados como de mayor impacto sobre el recurso hídrico, ocasionado por la actividad porcícola dentro de la cuenca.
- Identificar y proponer alternativas de desarrollo ambiental que sirvan de soporte para el diseño de estrategias enfocadas al uso eficiente del recurso hídrico entorno a la porcicultura en la cuenca del río La Vieja.

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. CONTEXTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

El territorio del río La Vieja representa una zona de vital importancia para la economía del país, no sólo por su ubicación estratégica, sino por su intensa actividad agropecuaria y ser establecimiento de importantes ciudades como Armenia, Cartago y Pereira, convirtiéndose en una región de especial significado para la preservación de los ecosistemas andinos (CRQ et al, 2006). Debido a la creciente actividad antrópica dentro de la cuenca, que refleja la compleja problemática ambiental existente, conlleva a que los diferentes actores estatales, gremios de la producción, instituciones afines y las autoridades ambientales con jurisdicción en la cuenca (CRQ en el Quindío, CVC en el Valle del Cauca y CARDER en Risaralda) unan esfuerzos para articular la gestión institucional en pro del ordenamiento y manejo ambiental en la cuenca con el fin de establecer modelos de producción y conservación sostenibles.

En el año 2004, se selecciona el río La Vieja como una de las cuencas priorizadas en la zona del Eje Cafetero, la que además de contar con información y estudios recientes, tiene la ventaja de corresponder a la jurisdicción de varias autoridades ambientales, incluir una porción de su territorio en el área del Parque Nacional Los Nevados, evidenciar un fuerte cambio de uso reciente (de cafetales a pastos y plátano) y conflictos por disponibilidad de agua (principalmente por calidad) y uso de los materiales de arrastre, planteándose entonces la formulación del Proyecto Piloto “Ordenamiento de la Cuenca del río La Vieja” en el cual participan el MAVDT, el IDEAM, la Agencia Alemana de Cooperación al Desarrollo – GTZ- , y las Corporaciones Autónomas Regionales de la zona.

El ordenamiento de la cuenca del río La Vieja compromete 21 municipios en tres departamentos, de manera que es esencialmente un esfuerzo de coordinación interinstitucional, que debe trascender este escenario y realizar un trabajo conjunto con los actores sociales asentados en el territorio de aproximadamente 2880.14 km², con una población cercana a un millón de habitantes (CRQ et al, 2006).

EL POMCH llegó hasta la formulación de programas y proyectos por referentes, siendo entre ellos el agua, eje articulador y planteando como horizonte de ejecución el año 2019. Igualmente, entorno a la problemática del uso del agua se han adelantado otros proyectos que pretenden priorizar la gestión integral del recurso hídrico como eje articulador en la ordenación de la cuenca.

El proyecto “*Desarrollo de un modelo para la gestión integrada de recursos hídricos, que promueva la equidad, la reducción de la pobreza y el desarrollo del país, bajo el concepto de desarrollo sostenible*” como ejercicio académico adelantado por diferentes instituciones (Universidad del Valle, Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT- y la Universidad Tecnológica de Pereira), plantea la GIRH desde el punto de vista conceptual, como “...*aquel proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, el suelo y recursos asociados para maximizar equitativamente el bienestar social y económico resultante, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas*” (GWP, 2000).

2.2. LA PORCICULTURA Y SU PAPEL EN LA CUENCA

Dentro de las diferentes actividades productivas desarrolladas en la cuenca, la porcicultura ocupa un renglón importante para el desarrollo económico y social de sus habitantes. *La actividad porcina es una de las actividades más antiguas de la producción animal, la cual se ha sostenido hasta nuestros días constituyéndose en la principal fuente de proteína de origen animal en el mundo con una producción del 38.9% de las carnes y un consumo per-cápita de 15.01 kg (MAVDT et al, 2002).*

El desplazamiento de explotaciones tradicionales por granjas porcícolas de carácter comercial¹, está relacionado con la importancia de la actividad porcícola para el desarrollo de otras actividades agrícolas; por ejemplo, la utilización del estiércol como abono orgánico para mejorar la calidad de los suelos. En este sentido, La ACP et al (2004), plantea que las explotaciones han ido creciendo y concentrándose en ciertas regiones del país surgiendo inconvenientes con el manejo de los residuos generados los cuales son de tipo orgánico (estiércol sólido o fresco y animales muertos) o inorgánicos (jeringas, envase de biológicos, frascos, empaques, etc.), siendo la excreta porcina el de mayor controversia debido al volumen generado y a sus características físico-químicas (DBO, DQO y sólidos suspendidos totales) que dificultan su manejo.

Igualmente, otra característica determinante de la porcicultura se ve representada en su alto grado de informalidad; en la mayoría de los casos, la porcicultura no es el negocio principal de la finca agropecuaria donde existe, es decir, la actividad se encuentra integrada y subordinada a un sistema de producción agropecuario en donde el campesino (ganadero - porcicultor) no es un empresario, por lo tanto independientemente del tamaño de la explotación o de la extensión de tierra que se posea, la informalidad es una característica determinante del sector porcícola, razón por la cual para entender su contexto dentro de la cuenca es necesario partir de la definición y desarrollo de la actividad productiva.

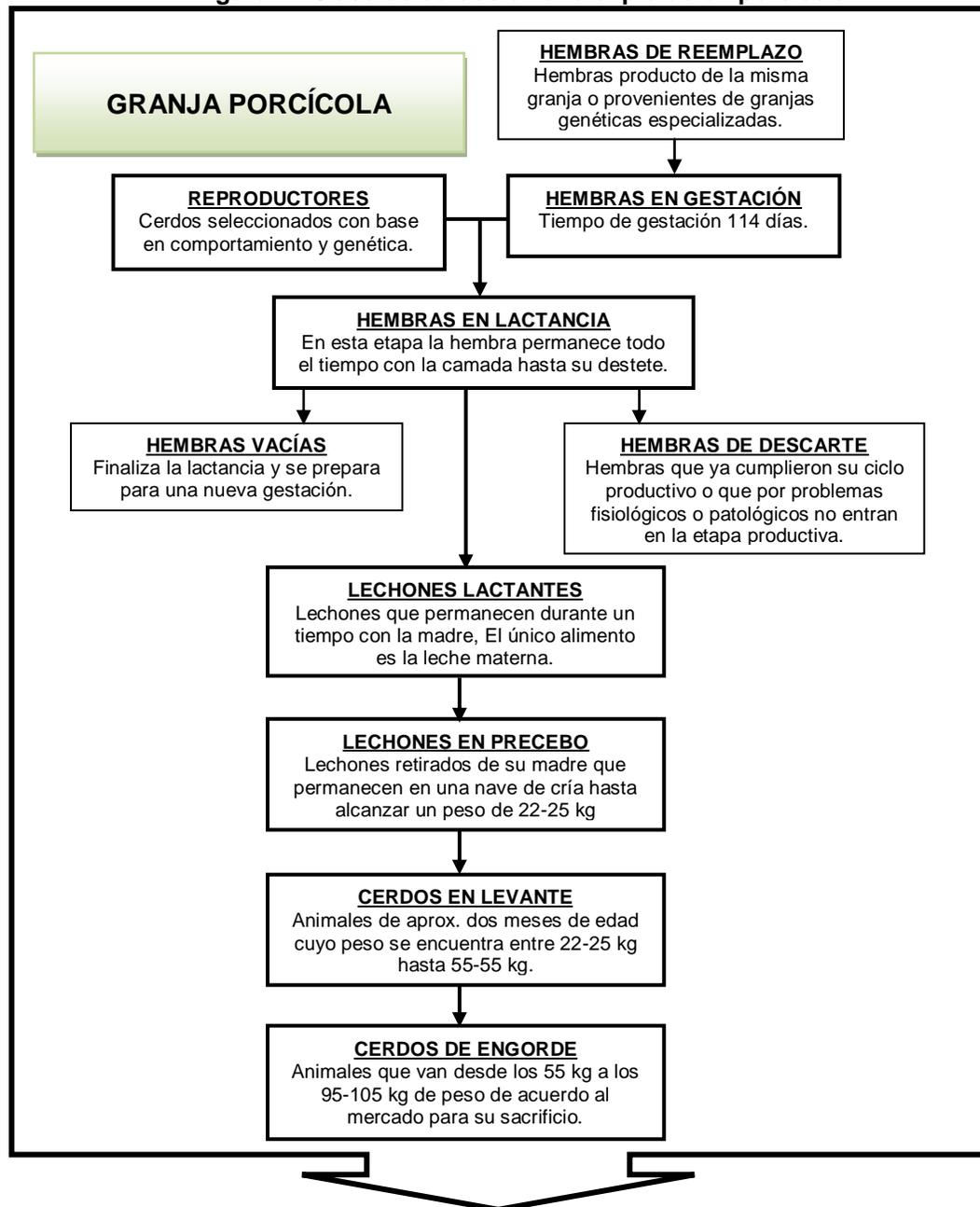
¹ Mejoramiento genético de la piara, mayor número de animales por unidad de área y utilización de los residuos generados en las granjas.

2.3. GENERALIDADES DE LA EXPLOTACIÓN PORCINA

2.3.1. Modalidades y niveles de tecnificación

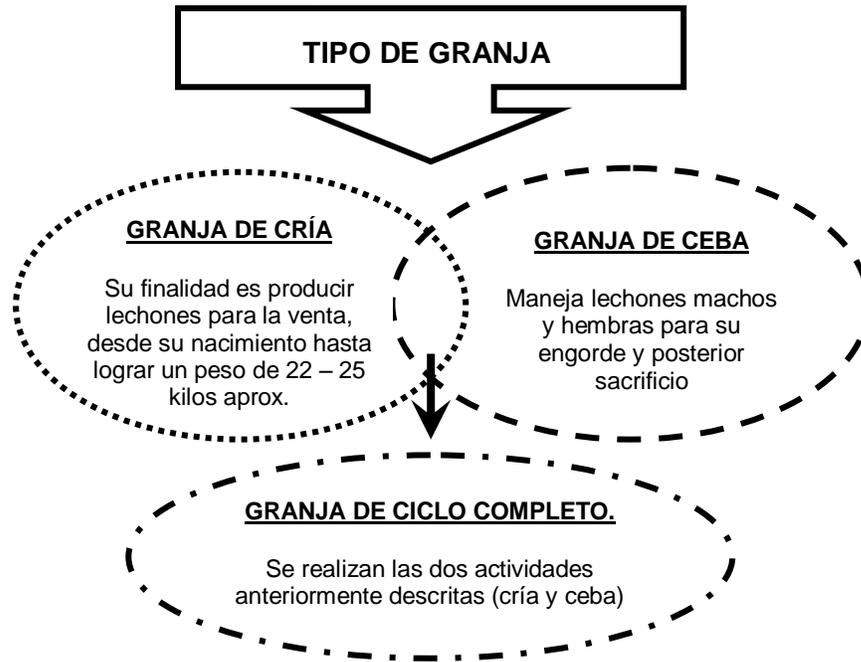
Dentro de una granja porcina existen diferentes clases de cerdos dependiendo del nivel de tecnificación y de la modalidad de producción empleada. Según la Guía Ambiental del Subsector Porcícola, las clases de cerdos son: reproductores, hembras de reemplazo, hembras en gestación, hembras en lactancia, hembras vacías, hembras de descarte, lechones lactantes, lechones en precebo, cerdos en levante y cerdos en ceba (Figura 1).

Figura 1. Clase de cerdos en una explotación porcícola



Así mismo, desde que nace el lechón hasta que sale al mercado para su beneficio transcurren entre 150 y 165 días requiriendo un área por cerdo de 1,0 - 1,2 m² (0.1 m²/10 kg de peso vivo). En este sentido, para el manejo de estos animales la explotación porcícola se puede operar en tres tipos de instalaciones: *granjas de cría*, *granjas de ceba* o *granja de ciclo completo* (Figura 2).

Figura 2. Tipos de explotaciones porcícolas



Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Manejo de las excretas al interior de la granja

El manejo de las excretas al interior de la granja depende del tipo de piso construido en los corrales, salvo en situaciones en que se maneja cama permanente o profunda; en este sentido, existen básicamente dos sistemas de piso que determinan el tipo de manejo de las excretas:

Corral convencional con piso sólido o continuo (cemento) donde las excretas sólidas y líquidas son evacuadas al menos una vez al día.

Pisos ranurados en los cuales la orina, la excreta sólida y el agua de lavado se almacenan por debajo del piso de los cerdos y de allí son evacuados a los tanques estercoleros con una frecuencia variable.

En algunas experiencias para el manejo de residuos la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (2003) plantea que granjas o secciones de las granjas que cuentan con piso sólido en las que generalmente se hace aseo dos veces al día, es viable adecuar el sistema de fosas inundadas o corrales con espejos de agua.

Estos últimos, son aptos especialmente en regiones de clima cálido para los corrales de levante y engorde en los cuales el espejo de agua se construye en el fondo de los corrales en donde se encuentran ubicados los bebederos con una profundidad de 8 a 10 cm y un 1 m de ancho. La depresión se llena con agua a una altura de 5 cm, regulada por una salida que lleva el exceso a un canal externo al corral; normalmente el agua es agua corriente, con un flujo continuo de 5 cm suministrada por un grifo o manguera y por lo general el agua se cambia cada 2 ó 3 días para recoger o limpiar los residuos (ACP et al, 1996). Este sistema reduce considerablemente el consumo de agua para lavado de los corrales ya que los animales delimitan el área sucia del área seca para dormir mejorando a su vez el aumento de peso y la conversión alimenticia debido a un mayor confort térmico. El residual de las fosas puede ser dirigida a estercoleros o biodigestores pero teniendo en cuenta la previa separación de las aguas lluvias.

Por lo contrario, el manejo de las excretas con cama permanente conocido como Camas profundas (espesor superior a 30 cm) o Camas blandas (inferior a 10 cm), es un sistema que ha venido adquiriendo un gran auge en los últimos años. Éste, consiste en engordar cerdos sobre camas de material absorbente ya sea de viruta, bagazo, cascarilla de arroz, etc., que no produzca residuos (sólidos o líquidos) fuera del galpón, tal como lo expone la ACP (2003). En este sentido, los animales al entrar a los corrales presentan un mayor confort, delimitan un área seca y otra húmeda y no se requiere utilizar agua para el lavado de los corrales por lo cual cuando las camas son retiradas al final del período de engorde, pueden disponerse como fertilizantes o enmiendas agrícolas complementando un ciclo natural; el objetivo es buscar tres turnos en la cama antes de limpiar el galpón.

2.4. CONTEXTO AMBIENTAL

En búsqueda de soluciones a la potencial problemática ambiental derivada de la producción porcícola en el país, el MAVDT et al (2002), formula la *Guía Ambiental del Subsector Porcícola*, utilizada como herramienta para conducir a los poricultores a cumplir con la normatividad ambiental vigente sin afectar la rentabilidad en el proceso productivo, haciendo énfasis en cada fase productiva y su relación con los recursos sobre los que genera impacto (*Cuadro 1*).

Cuadro 1. Componentes y efectos ambientales de la porcicultura.

COMPONENTE	EFECTOS
Agua	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vertimiento de los residuos generados en la actividad (materia orgánica) a masas de aguas superficiales o subterráneas. ▪ Problemas de eutrofización por exceso de nutrientes en masas de agua.
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminución de la capacidad de drenaje del suelo por exceso de materia orgánica y nutrientes generando desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos para los animales y el ser humano
Aire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emisiones de amoníaco, metano entre otros compuestos químicos.
Social	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conflictos de uso del suelo donde se ubica la actividad porcícola.

Fuente: Adaptado de la Guía Ambiental para el subsector porcícola (2002)

2.4.1. Generación y caracterización de las excretas porcinas

El MAVDT et al (2002), plantea que el factor más determinante de la caracterización de la porcina lo constituye el sistema de manejo de la misma en cuanto a las cantidades de agua que se adicionan. Ésta se encuentra formada por heces fecales y orina mezcladas con el material utilizado como cama, residuos de alimento, polvo, otras partículas y una cantidad variable de agua proveniente de las labores de lavado y pérdidas desde los bebederos, en donde según Peralta et al (2005), la orina representa aproximadamente el 45% y las heces el 55% del contenido volumétrico total de excretas, con una humedad cercana al 90% y un contenido de materia seca próximo al 10%.

La excreta porcina contiene sólidos que flotan y sólidos que sedimentan, además de sólidos en suspensión que según Castrillón et al (2007), diariamente se generan alrededor de 0,25 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 0,75 kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kilos de peso vivo. Así mismo, en la *tasa de producción de excretas influyen factores como la edad del animal, madurez fisiológica, cantidad y calidad del alimento ingerido, volumen de agua consumida y factores climáticos (ACP et al, 1996)*. En este contexto, la producción de porcina se cuantifica en términos de cantidades de excretas por día y por animal o por cada 100 kilos de peso vivo (*Cuadro 2*).

Cuadro 2. Producción de materia fecal y orina con proporción al peso vivo (%)

ESTADO	PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL % DE PESO		PESO kg/animal	PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL kg/animal/día
	Promedio	Rango		
	Hembra vacía	4.61		
Hembra gestante	3.00	2.7 - 3.2	180	5.40
Hembra lactante	7.72	6.0 - 8.9	190	14.67
Macho reproductor	2.81	2.0 - 3.3	200	5.62
Lechón lactante	8.02	6.8 - 10.9	3.5	0.28
Precebo	7.64	6.6 - 10.6	16	1.22
Levante	6.26	5.9 - 6.6	35	2.19
Finalización	6.26	5.7 - 6.5	80	5.01

Fuente: Castrillón et al (2007)

En las excretas porcinas, el elemento de mayor importancia es el nitrógeno cuya presencia radica en que el alimento suministrado a los cerdos (por lo regular granos y oleaginosas) tiene altos contenidos de proteína que después del proceso metabólico del animal, transfiere concentraciones elevadas de nitrógeno a la excreta representando riesgo ambiental cuando ella se utiliza en fertilización. Con el estado de desarrollo de la técnica nutricional y en condiciones donde unas cuantas fábricas de alimento entregan la gran mayoría del concentrado para la explotación porcina en Colombia, según MAVDT et al (2002), no hay desde el punto de vista de la calidad del fertilizante orgánico, una variación que amerite tratamientos particulares, salvo en aquellos casos donde los cerdos reciben alimentaciones desequilibradas (con subproductos de diferentes industrias, viseras y mortalidad de aves o residuos de la alimentación humana), presentándose

generalmente desbalances nutricionales que determinan la variación en la calidad de las excretas. Sin embargo, aún en estas condiciones, la fertilización se fundamenta en el contenido de nitrógeno de las excretas.

La ACP et al (1996), plantea que el Nitrógeno Total Kjeldahl (TKN) se compone principalmente de nitrógeno orgánico y de amoníaco (TAN). Del nitrógeno total producido, el 60% está en forma amoniacal (TAN) y el 40% en forma orgánica (TON). La gran mayoría del nitrógeno de las heces es orgánico, mientras que la totalidad del de la orina es amoniacal. Por acción de las bacterias aeróbicas de los suelos, el nitrógeno orgánico es transformado a nitrógeno amoniacal. Así mismo, el nitrógeno amoniacal es llevado por la acción bacteriana del suelo a nitritos (NO₂) y nitratos (NO₃). Este último, es la forma como las plantas absorben el nitrógeno, pero el excedente no utilizado por los cultivos es lixiviado a través del perfil del suelo, ya que es altamente soluble en el agua (*Cuadro 3*). Según lo anterior, Pérez (2007) plantea que en el suelo los excesos de nitrógeno por encima de las necesidades de los cultivos se convierten en riesgo de contaminación de aguas.

Cuadro 3. Producción diaria de nutrientes para fertilización según el estado fisiológico

ESTADO	PESO X kg	NITROGENO		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		gr/100kg	gr/100kg	gr/100kg	gr/100kg	gr/100kg	gr/100kg
Hembra lactante*		133		69		79	
Pie de cría no lactante		52		31		34	
Precebo	16		54.3		36.8		36.7
Levante	35		45.1		31.1		34.4
Finalización	80		44.5		34.9		34.9

* Gramos por cada 100 kg de peso; incluye la camada
Fuente: Pérez (2004)

De acuerdo a Herrera y Peralta (2005), las excretas porcinas son un subproducto de la producción porcícola que generalmente se cataloga como residuo. Sin embargo, desde un punto de vista de producción más limpia, es un material con numerosos usos, entre ellos fertilizante orgánico, mejorador de suelos, alimento para rumiantes, materia prima para generar energía, insumo en la elaboración de compost y substrato en lombricultura; Según Chará (2004), un contaminante es un recurso en el lugar equivocado, por lo cual se puede argumentar que la porcicultura no produce residuos, sino subproductos que al no ser manejado y reutilizado implicaría un costo que debe soportar el porcicultor para eliminarlos.

2.4.2. Sistemas de tratamiento para las excretas porcinas

Zaror (1998), plantea que las tecnologías de tratamiento de residuos tienen como objetivo disminuir el impacto ambiental producido por descargas y generar residuos finales que cumplan con los flujos y concentraciones de contaminantes estipulados en la legislación vigente. En este sentido, el manejo de excretas porcinas es el conjunto de acciones y procedimientos que se encausan para

otorgar un control ambiental en los residuos generados; por tal motivo, *“un sistema de tratamiento es una combinación de procesos cuyo objetivo es la modificación de las características del residuo para garantizar una disposición final sin el riesgo de causar impactos al medio y a la salud humana”* (Peralta et al, 2005).

Los sistemas de tratamiento se discriminan según el principio físico, químico o biológico que domina en la unidad y se conocen como tratamientos primarios, secundarios y terciarios. A su vez, los sistemas de tratamiento pueden ser clasificados como sistemas convencionales y naturales.

Según Peralta et al (2005), un sistema de tratamiento no consta necesariamente de una unidad de tratamiento, sino que generalmente son una combinación secuenciada de tratamientos primarios, secundarios y terciarios en medios naturales o convencionales según sea la combinación más ventajosa para la situación de cada porcicultor (*Figura 3*).

2.4.2.1. Sistemas convencionales de tratamiento

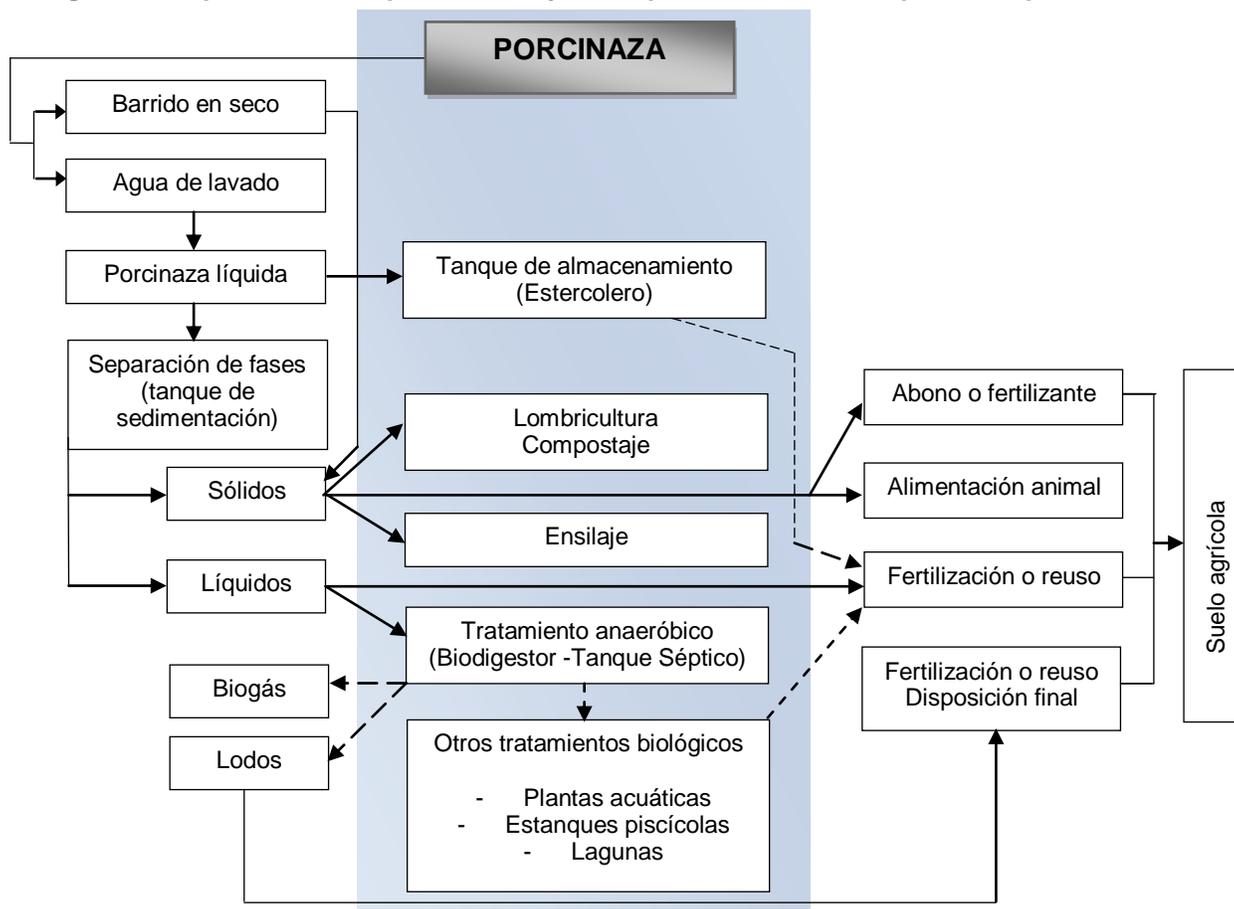
Los tratamientos convencionales utilizan una combinación de operaciones mecánicas para alcanzar el objetivo de calidad deseado. El Ministerio de Agricultura et al (2002), lo define como técnicas controladas por medios artificiales construidos para la biodigestión del residuo los cuales pueden abarcan tratamientos aeróbicos y anaeróbicos de tipo primario o secundario.

▪ Tratamiento primario

El tratamiento primario de la excreta porcina consiste en la preparación del residuo, a través de procesos físicos, para su posterior degradación biológica. Según Peralta et al (2005), esta preparación incluye dos operaciones: la homogenización y la separación sólido-líquido de la excreta para la posterior biodegradación del líquido o su aplicación directa al suelo usando tecnologías apropiadas.

- a) Homogenización de la excreta: según Corpoboyacá (2003), se utilizan tanques de almacenamiento (estercoleros) donde se presenta una separación de la fracción sólida y tras un período de tiempo se estabiliza el efluente para su uso directo en el suelo.
- b) Separación sólido-líquido de la excreta: Se utilizan tanques de sedimentación o tanques sépticos que son sistemas de tratamiento de tipo físico, debido a que funciona con base en la diferencia de densidad o peso entre el agua y las excretas, permitiendo que éstas tengan el tiempo y las condiciones necesarias para que sean separadas de la fase líquida por decantación tras un proceso de digestión anaerobia. En este sentido, el sólido obtenido puede disponerse en camas de secado para la elaboración de sustratos, la alimentación animal, abono o enmienda en suelos y la parte líquida puede destinarse para la producción de biogás o aplicación directa al suelo.

Figura 3. Esquema de los tipos de manejo de la porcina en una explotación porcícola.



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Boyacá (2003)

▪ Tratamiento secundario

El tratamiento secundario consiste en la transformación biológica de materia orgánica compleja a material estable (orgánica simple o bien, inorgánica) y se realiza mediante procesos físicos, químicos y biológicos.

Dentro del tratamiento secundario, el que presenta mayores ventajas es la degradación anaerobia, conocida como fermentación, en la cual según Peralta et al (2005), es un proceso que no necesita oxígeno y que se basa en la transformación de la materia orgánica, a través de una serie de reacciones bioquímicas, en un gas cuyos componentes principales son el CH₄ y el CO₂ (ambos conforman el biogás). CIPAV (2002), plantea que los beneficios de tecnologías de tratamiento anaeróbico con recuperación de biogás son los siguientes:

- Depuración, estabilización del residuo y reducción de contenido de materia orgánica.

- La digestión anaerobia en un digestor puede reducir la DBO y los sólidos suspendidos totales (SST) en un 60 – 90% y el olor prácticamente se elimina.
- La reducción de patógenos es mayor a 99% en 20 días de tiempo de retención hidráulica.
- Valoración agronómica del efluente (fertilizante).
- La mitad o más del nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco (NH₃-N).
- Obtención de energía (biogás).
- El estiércol digerido es más fácil de almacenar y de bombear.

2.4.2.2. Sistemas naturales de tratamiento

Según Peralta et al (2005), los métodos naturales incluyen el uso de sistemas de lagunas (métodos acuáticos) y aplicación al suelo de lodos y efluente (métodos terrestres). Ésta última se encuentra definida como la aplicación controlada de los efluentes al suelo a objeto de alcanzar un tratamiento y remoción de los constituyentes que normalmente transporta el efluente y pueden ser básicamente por tres procedimientos: tasa lenta (TL), infiltración rápida (IR) y flujo superficial (FS). En ambos sistemas se desarrollan tratamientos primarios y secundarios de forma paralela.

Lagunas de Estabilización, son un tratamiento natural de aguas residuales mediante la estabilización, degradación o descomposición de la materia orgánica o excreta, removiendo a su vez los sólidos y los coliformes fecales presentes en el agua (Corpoboyacá, 2003). Éstas, se clasifican respecto a los procesos que intervienen en ellas en anaeróbicas, aerobias y facultativas y por lo regular su instalación ocurre después de un estercolero, tanque séptico, sedimentador o biodigestor para luego utilizar sus aguas en labores de fertilización o riego controlado. Sin embargo, tiene como desventaja que requiere largos períodos de retención y demanda en consecuencia, un mayor uso de superficie.

Los Humedales artificiales son sistemas de tratamiento que utilizan plantas acuáticas que crecen sobre estanques o canales de agua, simulando los procesos que se llevan a cabo en zonas pantanosas. Estas se caracterizan por tener un alto potencial de crecimiento, degradando o asimilando la materia orgánica y otras sustancias, elementos u organismos contaminantes. Según Corpoboyacá (2003), pueden emplearse plantas como buchón de agua (*Eichornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna sp*), salvinia (*Salvinia natans*), helecho de agua (*Azolla sp*) y junquillo (*Eleocharis sp*). Éstas se utilizan como un tratamiento complementario (terciario), es decir, posterior a los tanques de sedimentación, tanques sépticos o a los biodigestores mejorando la calidad de agua al fomentar un ambiente apropiado para que bacterias y microorganismos actúen sobre los desechos propiciando procesos de filtración, sedimentación y absorción de contaminantes.

2.4.3. Manejo de la porcínaza s3lida

La porcínaza s3lida, corresponde al material s3lido recolectado en los tanques sedimentadores, tanques s3pticos, biodigestores o incluso en los estercoleros, as3 como los recolectados mediante barrido en seco. Aunque la separaci3n de s3lidos y l3quidos no es un proceso obligatorio cuando se utiliza en especial biodigestor, tanque s3ptico o una laguna anaer3bica es aconsejable para facilitar el manejo posterior de los residuos l3quidos, disminuir el tama3o de los sistemas de almacenamiento y tratamiento, transportar el esti3rcol para usarlo como fertilizante en otros predios u obtener un s3lido de alto valor a trav3s de las siguientes t3cnicas: lombricultivo, compostaje y ensilaje.

La lombricultura, como lo plantea Corpoboyac3 (2003), es una tecnolog3a o proceso en el cual ocurre una biodegradaci3n acelerada de materia org3nica (porcínaza s3lida), por parte de microorganismos que trabajan coordinadamente con las lombrices, transform3ndolas en humus, lombricompost o vermicompost de excelente calidad, adem3s de la producci3n de lombrices (*Eisenia foetida*) con altos niveles de prote3na utilizable en la alimentaci3n animal.

El compostaje es definido como la intervenci3n humana dentro del proceso natural de descomposici3n de la materia org3nica con una combinaci3n de condicionales ambientales apropiadas y un tiempo adecuado es decir, es un proceso bioxidativo controlado, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos, que requiere una humedad adecuada y substratos org3nicos heterog3neos en estado s3lido y que produce al final de los procesos de degradaci3n, CO₂, agua y minerales, as3 como una materia org3nica estabilizada, libre de fitotoxinas y dispuesta para su empleo en agricultura sin que provoque fen3menos adversos (Guerrero y Monsalve, 2006).

Seg3n Ram3rez (2008), el ensilaje, es el producto resultante de la preservaci3n anaer3bica de residuos s3lidos de excretas porcínica, por la fermentaci3n y producci3n de 3cidos (35-37° C), los cuales cambian de manera significativa la concentraci3n de carbohidratos solubles presentes en las mezclas. Este m3todo adem3s, estimula el consumo del material por el ganado bovino, ya que la fermentaci3n l3ctica produce un cambio en el olor y sabor de las excretas.

As3 mismo, con el objetivo de incentivar iniciativas y esfuerzos que permitan potencializar el sector porc3cola regionalmente a nivel organizacional, de tecnificaci3n y manejo, diferentes entidades y organismos relacionados con la actividad productiva act3an directamente sobre el 3rea de estudio (*Cuadro 4*).

Cuadro 4. Actores y áreas de participación en el sector porcícola

ENTIDAD / INSTITUCIÓN	ÁREA DE PARTICIPACIÓN
Asociación Colombiana de Porcicultores - ACP	<ul style="list-style-type: none"> - Investigación, asistencia técnica especializada, transferencia de tecnología y capacitación para mejorar la sanidad e incrementar la productividad de la actividad porcina, así como para obtener un sacrificio en condiciones sanitarias. - Divulgación y capacitación sobre alternativas de producción más limpia y manejo ambiental. - Programas económicos, sociales y de infraestructura para beneficiar la actividad porcina. - Promoción de campañas publicitarias tendientes a incrementar el consumo de carne porcina.
Secretarías de agricultura departamentales Secretarías de agricultura municipales o UMATAS	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de políticas regionales que vayan dirigidas a la promoción y desarrollo del sector. - Actividades de apoyo a nivel de transferencia de conocimiento y/o de tecnologías de manejo técnico, sanitario y ambiental.
Academia	<ul style="list-style-type: none"> - A través de procesos de investigación, identificar alternativas de tecnificación y de manejo ambiental ajustadas a las condiciones productivas, económicas y sociales de la región.
Corporaciones Autónomas Regionales (CRQ, CARDER, CVC)	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar mecanismos que permitan sensibilizar y divulgar la importancia de incorporar medidas de manejo ambiental, de tal forma que esta actividad sea sostenible. - Concertar convenios de producción más limpia a nivel de su jurisdicción. - Brindar apoyo y asesoría para potencializar proyectos productivos hacia los mercados verdes. - Seguimiento y control de la actividad porcícola en el tema ambiental.
Instituto Colombiano Agropecuario - ICA	<ul style="list-style-type: none"> - Sanidad agropecuaria y la inocuidad en la producción porcina, mediante la verificación de la calidad en la producción, comercialización y uso seguro de los insumos pecuarios. - Promoción de buenas prácticas pecuarias "BPP".
Asociaciones y porcicultores independientes	<ul style="list-style-type: none"> - Adoptar iniciativas que estimulen la adopción de prácticas de producción más limpia o de manejo ambiental entre los productores.

2.5. BALANCE HÍDRICO EN LA ZONA MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA

El balance hídrico se estima a lo largo del año a partir de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada, lo cual es importante para evaluar la disponibilidad de agua para los cultivos y la tasa de aplicación en planes de fertilización con excretas porcinas. Según CRQ et al (2006), el área del departamento del Quindío registra una precipitación media de 2200 mm/año y Risaralda 2400 mm/año (*Cuadro 5*).

Cuadro 5. Precipitación porcentual promedio en la cuenca del río La vieja (mm/mes)

MES	%	QUINDÍO (mm)	RISARALDA (mm)
Enero	6,80	149,60	163,20
Febrero	7,30	160,60	175,20
Marzo	9,00	198,00	216,00
Abril	11,0	242,00	264,00
Mayo	10,10	222,20	242,40
Junio	5,70	125,40	136,80
Julio	3,50	77,00	84,00
Agosto	4,00	88,00	96,00
Septiembre	6,50	143,00	156,00
Octubre	13,40	294,80	321,60
Noviembre	13,30	292,60	319,20
Diciembre	9,40	206,80	225,60
TOTAL AÑO	100	2200	2400

Fuente: Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río La Vieja (CRQ et al, 2006)

2.5.1. Índice Neto de Irrigación en la cuenca

Las necesidades hídricas de los cultivos expresan la cantidad de agua que es necesario aplicar para compensar el déficit de humedad del suelo durante su período vegetativo las cuales se evalúan estableciendo para un determinado período, un balance entre las cantidades de agua requeridas para la evapotranspiración del cultivo y otros usos especiales. Los parámetros que intervienen en el balance hídrico son la Evapotranspiración del Cultivo (*ETc*), la Precipitación Efectiva (*Pe*) durante su período de permanencia en el terreno y el agua aportada por el suelo. La diferencia entre el primer parámetro citado y los dos últimos determinan las necesidades de agua netas de cada cultivo (Rivas, 2004).

La Evapotranspiración Potencial (*ETo*) variará según las condiciones del clima (radiación, temperatura, humedad, viento, etc.) y se expresa en mm de lámina de agua por día (mm/día). Según Rivas (2004), con la fórmula de Penman – Monteith FAO, cuando la evapotranspiración se produce sin ninguna restricción de agua en el suelo se conoce como Evapotranspiración del Cultivo (*ETc*) y corresponde a la cantidad de agua que debe ser aportada al suelo estacionalmente mediante lluvia y/o riego. La *ETc* se calcula mediante la ecuación $ETc = ETo \times Kc$ donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo, en mm/día

ETo = Evapotranspiración potencial, en mm/día

Kc = Coeficiente de cultivo (según el método Penman – Monteith FAO, para pasturas es igual a 1).

La Precipitación Efectiva (*Pe*) corresponde a la fracción de lluvia almacenada en el volumen de suelo a la profundidad radicular que es consumida por la planta en el proceso de evapotranspiración. La demanda de agua o Índice Neto de Irrigación (*RNI*) corresponde según los parámetros definidos, al balance hídrico de la cuenca: $RNI = ETc - Pe$.

3. METODOLOGÍA

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

Para delimitar el área de estudio, se abordó la actividad porcícola en la cuenca del río La Vieja con base en información disponible del programa de Erradicación de Peste Porcina Clásica (PPC) suministrada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para el período 2006-2007 en el Quindío y solo 2006 en Risaralda². Las fincas reportadas en los censos, pero que por ausencia de registros en la fuente no se encontró su localización dentro del municipio, es decir, nombre de la vereda o nombre del predio, fueron descartados de la población a muestrear.

▪ Selección de las fincas evaluadas en el área de estudio

Se tomó una muestra de 36 fincas porcícolas ubicadas en el Quindío y Risaralda siendo su tamaño definido en 30 y 6 respectivamente³. Se determinó como parámetro de selección principal el *Número Total de Animales* presentes en cada municipio. En el Quindío se limitó la muestra a aquellos municipios con un porcentaje mayor al 5% del total de animales en el departamento, lo que permitió restringir su tamaño en solo seis municipios: Circasia, Filandia, Calarcá, Montenegro, Armenia y Salento (*Cuadro 6*).

Cuadro 6. Relación de fincas y No. de animales por municipio en el Quindío

MUNICIPIO	No. FINCAS	No. ANIMALES (2006-2007)	% No. ANIMALES
Circasia	731	15.567	35,00
Filandia	351	6.218	14,00
Calarcá	322	4.547	10,20
Montenegro	256	4.129	9,30
Armenia	250	3.237	7,30
Salento	213	2.600	5,90
Pijao	316	2.317	5,00
Quimbaya	207	1.976	4,50
Córdoba	159	1.426	3,20
La Tebaida	99	1.152	2,60
Buenavista	68	655	1,50
Génova	188	623	1,40
TOTAL QUINDÍO	3.160	44.447	100

Determinando un tamaño para el Quindío de $n=30$, se distribuyó la muestra en los seis municipios elegidos de acuerdo a la equivalencia del número de animales

² Zona de influencia de la cuenca en el municipio de Pereira.

³ El tamaño de la muestra fue determinado de acuerdo a criterio propio de los tesisistas con base a recursos del proyecto.

presentes en cada uno de ellos (*Cuadro 7*). Por último, dentro de cada uno de los municipios, se utilizó un **Muestreo Aleatorio Simple (MAS)** en el cual “una muestra simple aleatoria x_1, x_2, \dots, x_n se puede interpretar como un conjunto de valores de n variables aleatorias X_1, X_2, \dots, X_n independientes, cada una de las cuales tiene la misma distribución que es llamada distribución poblacional” (Lerma, 2005). En este sentido, en cada municipio la muestra fue extraída al azar de tal manera que cada finca tuvo la misma probabilidad de ser seleccionada.

Cuadro 7. Distribución de la muestra en los seis (6) municipios de Quindío

MUNICIPIO	No. FINCAS	No. ANIMALES (2006-2007)	% No. ANIMALES	TAMAÑO DE LA MUESTRA (Fincas)
Circasia	731	15.567	35,00	13
Filandia	351	6.218	14,00	5
Calarcá	322	4.547	10,20	4
Montenegro	256	4.129	9,30	3
Armenia	250	3.237	7,30	3
Salento	213	2.600	5,90	2
TOTAL QUINDÍO	3.160	44.447	100	30

Para el área de influencia de la cuenca del río La Vieja en Pereira y con la finalidad de darle uniformidad a la muestra, se distribuyó la información suministrada por el ICA (2006) en tres rangos acorde al número de animales reportados a la fecha. Posteriormente, con base en la equivalencia de número de animales presentes en cada rango se asignó el total de fincas a evaluar en cada uno de ellos y se seleccionaron en campo utilizando el Muestreo Aleatorio Simple (*Cuadro 8*).

Cuadro 8. Distribución de la muestra en el municipio de Pereira

RANGO EN LAS FINCAS	No. FINCAS	No. ANIMALES (2006)	% No. ANIMALES	TAMAÑO DE LA MUESTRA (Fincas)
Mayor a 150 Animales	3	700	9,33	1
Entre 51-150 Animales	19	1.590	21,20	1
Menor a 50 Animales	287	5.207	69,45	4
TOTAL PEREIRA	309	7.497	100,00	6

Se diseñó un formulario con base en los términos de referencia establecidos por la Guía Ambiental del Subsector Porcícola (*Anexo 1*), mediante el cual se recogió información para evaluar las 36 granjas porcícolas abarcando 27 veredas en seis municipios del Quindío y seis veredas en el área de influencia de la cuenca del río La Vieja en el municipio de Pereira (*Cuadro 9*).

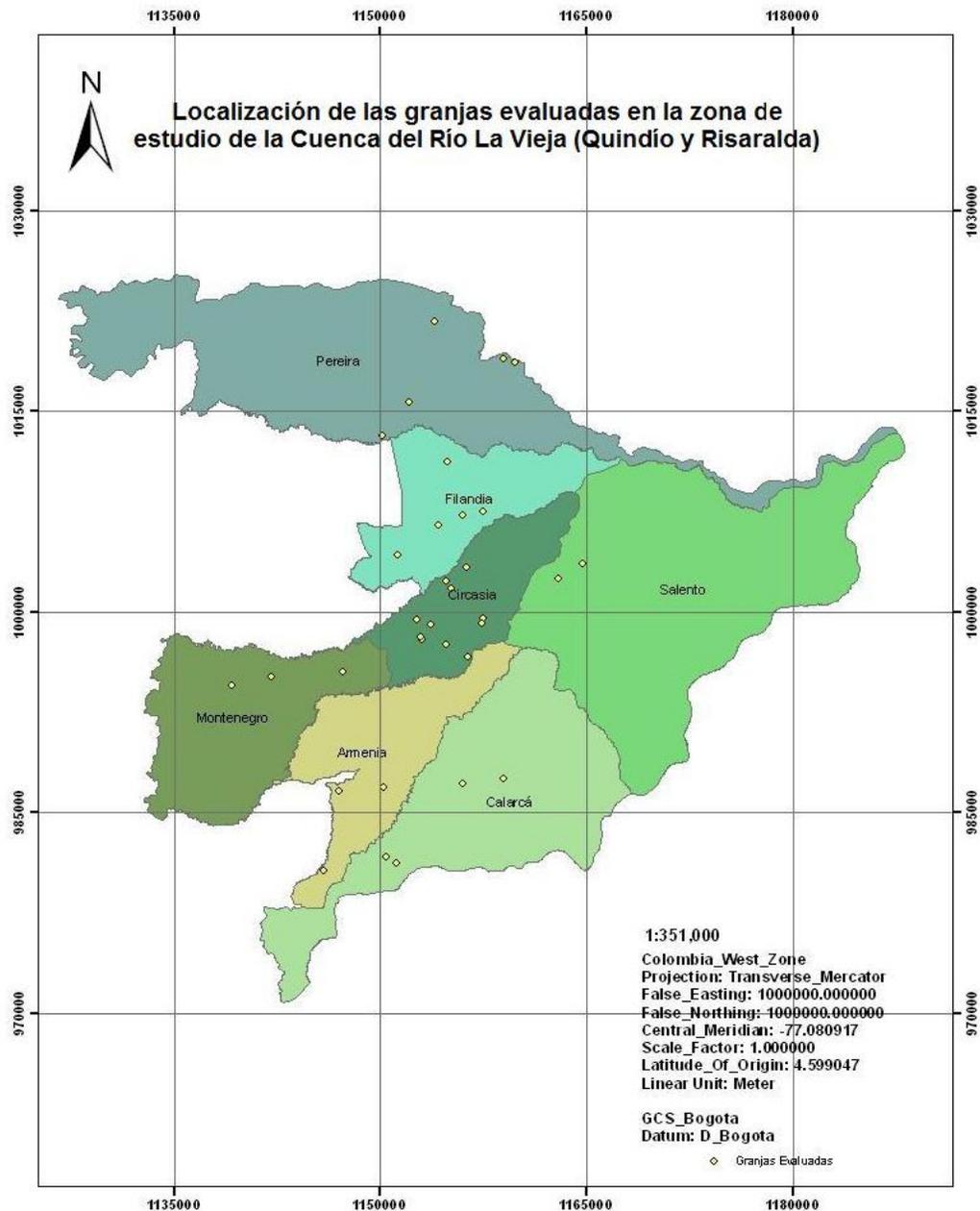
Cuadro 9. Listado de fincas evaluadas en los departamentos de Quindío y Risaralda

MUNICIPIO	VEREDA	FINCA	No. ANIMALES (día de la entrevista)
Filandia	La Julia	Berkshire	22
Filandia	Bambuco alto	La Camelia	59
Filandia	El Paraíso	Hato Grande	237
Filandia	Alto de cajones	El Placer	450
Filandia	El Vergel	Poleal	90
Salento	Palestina	El Ocaso	90
Salento	Llano Grande	Miralindo	25
Calarcá	Barcelona, Calle Larga	Agua Linda	17
Calarcá	Barcelona, Playa Rica	El Vergel	23
Calarcá	La Bella	La Vega	141
Calarcá	La Virginia	El Manzano	67
Montenegro	Macho Negro	El Jardín	150
Montenegro	El Castillo	Altacilecia	16
Montenegro	Calle Larga	El Reflejo	23
Circasia	Membrillal	Los Naranjos	176
Circasia	Barcelona Alta	Córcega	12
Circasia	Barcelona Alta	Patio Bonito	12
Circasia	Barcelona Alta	Villa Amparo	100
Circasia	La Cristalina	La Divisa	200
Circasia	Hojas Anchas	El Recreo	11
Circasia	La Cristalina	Rincón Paisa	192
Circasia	Llanadas	La Linda	333
Circasia	La Julia	La Yerba Buena	4
Circasia	La Pradera	La Pradera	38
Circasia	Pinares	Miraflores	120
Circasia	La Siria	Alhajas	26
Circasia	La Pola	La Bomba	17
Armenia	Marmato	El Paraíso	3
Armenia	El Caimo	La Germania	8
Armenia	La Primavera	Santa Inés	412
Pereira	Miralindo	La Ceja	200
Pereira	Alegría	El Violín	13
Pereira	El Chocho	La Gaviota	9
Pereira	El Chaleco	Mundo Nuevo	164
Pereira	La Bella	Fonda el Paisa	35
Pereira	Montelargo	El Píramo	330
TOTAL			3.825

La localización de las fincas evaluadas en la cuenca del río La Vieja se presenta en la *Figura 4*.⁴ El *Anexo 4* presenta el mapa de la cuenca del río La Vieja ubicando las fincas evaluadas y la red hídrica principal.

⁴ Los puntos correspondientes a las Granjas El Píramo (Pereira) y Los Naranjos (Circasia) no fueron geo-referenciados por error en campo.

Figura 4. Localización de las fincas evaluadas en la zona de estudio de la cuenca del río La Vieja (Quindío y Risaralda)



3.2. DEFINICIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Esta fase correspondió con el desarrollo del objetivo 1, que es “Realizar un diagnóstico del estado del arte de la porcicultura con relación a los usos del agua dentro de la zona de influencia de la cuenca”. En este sentido, se identificó el estado del arte de las 36 fincas porcícolas en la cuenca con base en los siguientes factores:

- Tipo de explotación y características de la actividad porcícola
- Capacidad instalada e índice de ocupación: relación del número de animales máximo a instalar en la finca con el número de animales el día de la entrevista.
- Cantidad de estiércol, DBO, DQO y SST generados al 100% de la capacidad instalada en las fincas
- Manejo y tratamiento de residuos porcinos líquidos y sólidos
- Producción y superficie necesaria en ha para el nitrógeno producido en las fincas evaluadas la cual González (2007), estima con base en la producción de nutrientes para fertilización según estado fisiológico de los animales y los requerimientos de N en pastos (50 kg ha-cosecha)
- Generación de agua residual en las fincas porcícolas evaluadas estimada de acuerdo a los consumos máximos de agua por cerdo-día según tipo de explotación: Granja de cría (35 l), ceba (20 l) y ciclo completo (30 l) como lo plantea ACP et al (1996).
- Necesidades de riego con porcínaza líquida estimada con base en el balance hídrico de la zona media de la cuenca del río La Vieja (CRQ et al, 2006) y la generación de aguas residuales en las fincas evaluadas.
- Uso del agua y relación con la actividad productiva principal en la finca y factores económicos.

3.3. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE FACTORES CRÍTICOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO

En esta etapa, se determinó el análisis situacional de las fincas evaluadas el cual consiste en procesar y analizar la información a partir de factores internos con relación al uso del agua (puntos fuertes y débiles que se encuentran bajo el control del porcicultor) y factores externos (entorno, institucional, economía y social) que influyen sobre el desarrollo de la actividad porcícola.

Según Téllez et al (2004), es indispensable identificar las fortalezas y debilidades internas de la actividad porcícola, así como las oportunidades y amenazas externas a la misma por lo cual se plantea el análisis DOFA como estructura conceptual que facilita la adecuación de las amenazas y oportunidades con las fortalezas y debilidades de la actividad porcícola, para así sintetizar la realidad del sector con relación al uso del agua e identificar las relaciones causa-efecto en los factores críticos de mayor impacto sobre el recurso hídrico en las fincas evaluadas.

3.4. IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE DESARROLLO AMBIENTAL

A partir del estado del arte y de los factores determinados como críticos, se identificaron alternativas de manejo teniendo en cuenta beneficios económicos, ambientales y actores responsables. Igualmente, la elaboración de la DOFA

condujo al desarrollo de cuatro tipos de estrategias enfocadas al uso eficiente del recurso hídrico entorno a la actividad porcícola en la cuenca del río La Vieja: Estrategias FO o estrategias de crecimiento son las resultantes de aprovechar las mejores posibilidades que da el entorno y las ventajas propias, para construir una posición que permita la expansión del sistema o su fortalecimiento para el logro de los propósitos que emprende. Estrategias DO son un tipo de estrategias de supervivencia en las que se busca superar las debilidades internas, haciendo uso de las oportunidades que ofrece el entorno. Estrategias FA son también de supervivencia y se refiere a las estrategias que buscan evadir las amenazas del entorno, aprovechando las fortalezas del sistema. Las estrategias DA permiten ver alternativas estratégicas que sugieren renunciar al logro dada una situación amenazante y débil difícilmente superable, que expone al sistema al fracaso (Parra, 2008).

Cuadro 10. Desarrollo metodológico del proyecto

OBJETIVO ESPECÍFICO	PROCESO	PROCEDIMIENTO	RESULTADOS ESPERADOS	TÉCNICA	HERRAMIENTA
1. Diagnóstico del estado del arte de la porcicultura con relación a los usos del agua.	Identificación y selección de fuentes de información	Revisión de fuentes de Información	Compilación de la información referente al sector porcícola y la gestión del agua en la cuenca	Recolección de información secundaria y primaria	Listas de chequeo/ Mapa de Actores
	-Estado el arte de la porcicultura en la cuenca. -selección de las fincas evaluadas	Diagnóstico	-Categorización de la actividad porcícola en la cuenca (Quindío-Risaralda). -Población muestra	- Diseño base de datos -Muestra Estadística	-Revisión inventarios porcícolas departamentales. -Microsoft Excel -MAS
	-Trabajo de campo		-Recopilación de información en campo -Mapa Base: geo-referenciación de las fincas evaluadas	-Visita fincas de la muestra -Sistema información geográfica	-Encuesta estructurada -Fotografía digital -Arc- View 3.2
2. Análisis relaciones causa-efecto en los factores críticos determinados como de mayor impacto sobre el recurso hídrico, ocasionado por la actividad porcícola dentro de la cuenca.	Análisis de Resultados	Evaluación del uso y manejo del agua en la actividad porcícola para la muestra	-Situación actual de las fincas evaluadas relacionada al uso del agua -Identificación de factores críticos. -Análisis situacional sector porcícola	-Análisis causa-efecto: uso y manejo del agua en la actividad porcícola	-Microsoft Excel Matriz DOFA de doble entrada
3. Identificación y propuesta de alternativas de desarrollo ambiental soportado para el diseño de estrategias enfocadas al uso eficiente del recurso hídrico entorno a la porcicultura en la cuenca.	Fase propositiva	-Revisión de fuentes de información. -Revisión de modelos porcícolas	-Identificación de opciones de alternativas de mejora para los factores críticos desde lo técnico, social, económico y ambiental	-Revisión información secundaria y primaria -Visita granjas modelo -Análisis tecnologías apropiadas de PML	-Entrevistas estructuradas -Fotografía digital

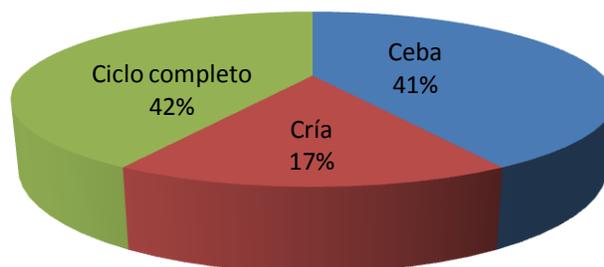
4. RESULTADOS

4.1. ESTADO DEL ARTE DE LAS FINCAS PORCÍCOLAS EVALUADAS

4.1.1. Tipo de explotación porcina

Las fincas porcícolas se clasifican según su especialización en su sistema productivo. Las fincas de *ciclo completo* representan el 42% del total de la muestra, el 41% se dedican a la *ceba* y el restante solo a la *cría* (Figura 5).

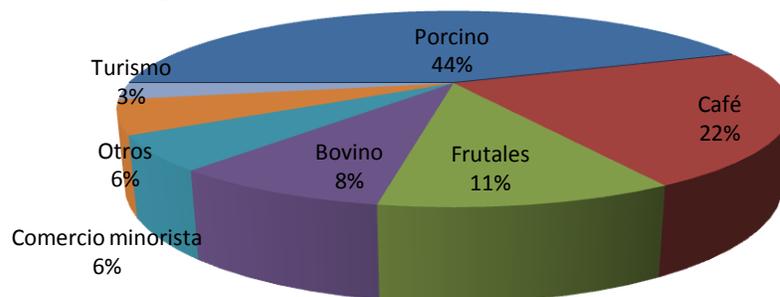
Figura 5. Tipo de explotación en las fincas evaluadas



4.1.2. Características de la actividad productiva en la finca

El 44% de las fincas evaluadas tienen como principal actividad productiva la cría de ganado porcino, seguido de cultivos de café, frutales (plátano), ganado bovino, comercio minorista (tiendas y fondas), otros cultivos y turismo (Figura 6).

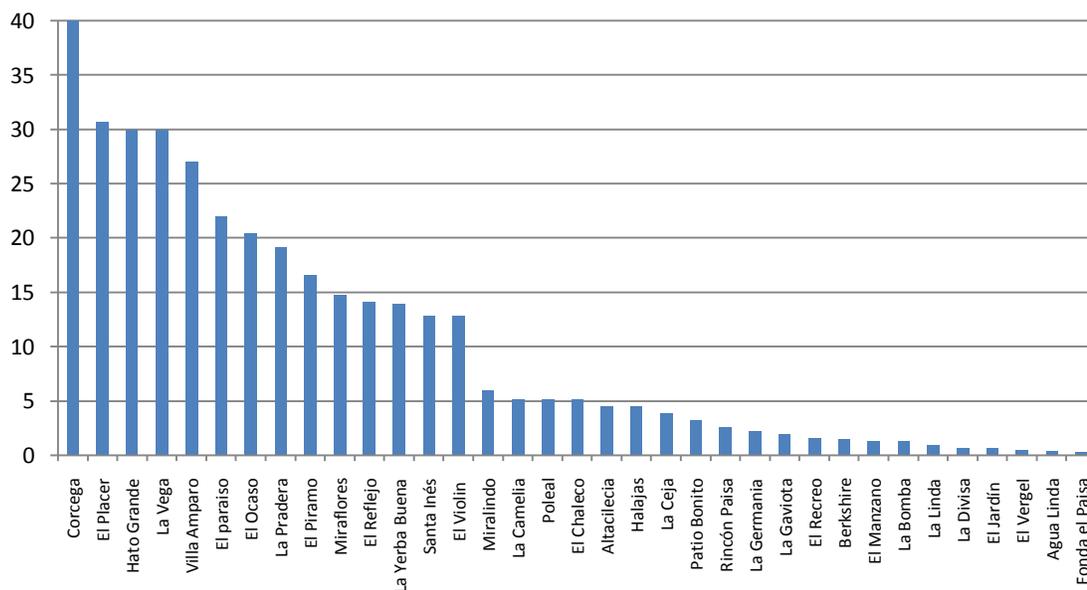
Figura 6. Principal actividad productiva en la finca



Aunque la porcicultura implica la principal actividad productiva en el 44% de la muestra, no significa que ésta se desarrolle como única actividad, es decir, la cría de ganado porcino solo es un componente importante de un sistema de producción agropecuaria. Así mismo, el tamaño de las fincas es muy variable pero la mayor proporción, cerca del 60%, son fincas menores a 6 ha; sin embargo, se

encontraron fincas hasta de 40 ha destinadas principalmente a la producción de café o ganadería en donde la actividad porcina se integra al sistema finca para el aprovechamiento de residuos o como otro renglón económico de producción (Figura 7).

Figura 7. Área de las fincas (ha)

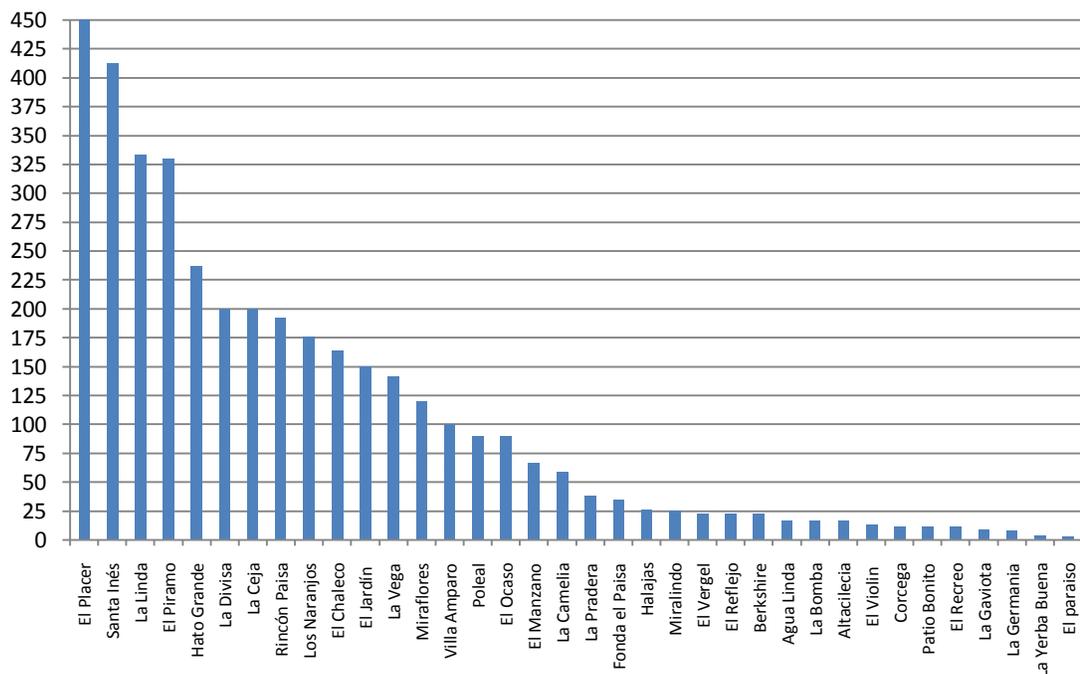


Las fincas dedican entre 20 y 100 m² a la explotación de los cerdos en confinamiento para los pequeños y medianos productores y hasta 3000 m² para granjas tecnificadas de carácter comercial (incluye áreas de bodegas de almacenamiento, pesaje, galpones de emergencia, entre otros). Los corrales son construidos en su mayoría en ladrillo, con revoque, piso en cemento, techo de eternit o materiales varios; en pequeños y medianos productores la guadua es el principal material utilizado.

Cerca del 50% de las fincas evaluadas, poseen entre 5 y 30 cerdos en fases de levante y ceba, aunque el 17% de las fincas se dedican solo a la actividad de cría. El resto tienen entre 50 y 450 animales en diferentes fases fisiológicas (Figura 8).

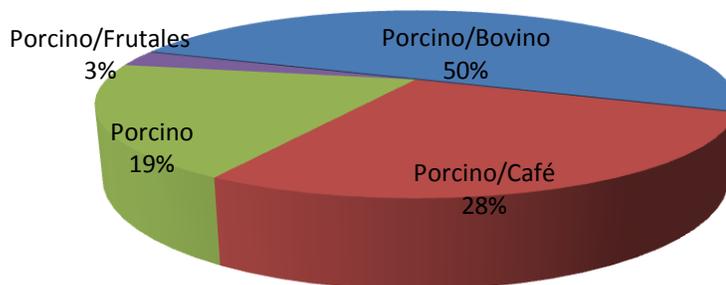
Si bien, la explotación porcícola se encuentra en el 44% de las fincas como principal actividad productiva, solo en el 19% del total de la muestra son fincas donde su único ingreso proviene de su desarrollo y en donde no hay interacción con otras actividades agropecuarias, por lo cual se encontró una marcada relación entre las actividades porcino/bovino seguido de porcino/café y porcino/frutales (Figura 9).

Figura 8. Cantidad de animales por finca



Dichas relaciones se refiere a las actividades agropecuarias desarrolladas por el productor al interior de la finca teniendo las siguientes características:

Figura 9. Relación de la actividad porcina con el resto de la finca

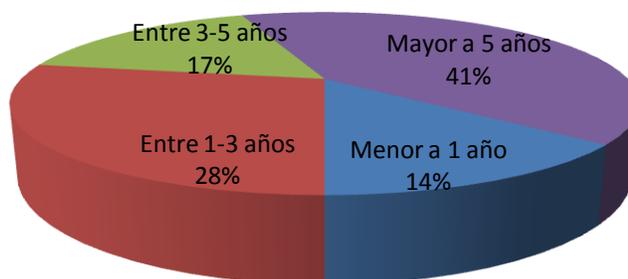


- **Porcino/Bovino:** cría de ganado porcino y bovino cuya relación se encuentra marcada especialmente por la fertilización de potreros con las excretas porcinas con o sin tratamiento.
- **Porcino/café:** cría de ganado porcino y cultivos de café donde normalmente la actividad porcícola corresponde a un renglón secundario de producción al interior de la finca, la cual actúa sobre la caficultura positiva o negativamente dependiendo del manejo dado a los subproductos.

- **Porcino:** fincas donde la única actividad productiva es la cría, levante o ceba de ganado porcino, en la cual el manejo de subproductos (excretas) se encuentra relacionado a la venta de porcinaza seca, compostada y lombricompost o a vertimientos directos a cuerpos de agua y al suelo.
- **Porcino/frutales:** cría de ganado porcino y cultivos de plátano cuya relación se encuentra marcada especialmente al compostaje de la excreta sólida para enmiendas en la fertilización del cultivo.

El desarrollo de la actividad porcina se encuentra marcada a períodos cortos de producción no mayores a cinco meses. Sin embargo, se observó que más del 50% de la muestra corresponde a fincas cuya actividad porcina es superior a 3 años convirtiéndose esta actividad en un importante renglón productivo dentro de la finca. Por tal razón, la tendencia es que a mayor tamaño de la explotación porcina y mayor continuidad en el tiempo, mejor sistema productivo debe manejar tanto en términos de rentabilidad como ambientales (*Figura 10*).

Figura 10. Continuidad de la actividad porcícola en los últimos años

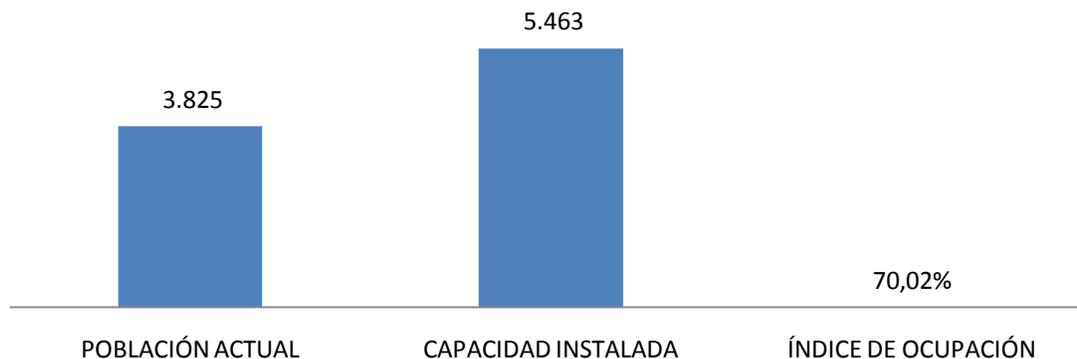


4.1.3. Capacidad instalada e índice de ocupación en las fincas evaluadas

Para determinar el índice de ocupación de las fincas evaluadas, se partió de la población actual y de la capacidad instalada promedio⁵ de las granjas por tipo de animal, siendo posible apreciar una ocupación del 70% (*Figura 11*). Los productores manifestaron que el bajo precio que tuvo el cerdo en el año anterior (2007) influyó en la reducción del número de animales, pero que dadas las condiciones favorables a la fecha ha habido un incremento paulatino en los índices de producción de las granjas buscando estar entre un 90 y 100% de su capacidad instalada.

⁵ La capacidad instalada corresponde al número máximo de animales de diferentes etapas que puede soportar una granja de acuerdo a la infraestructura instalada. En este caso, corresponde a la información suministrada por el productor el día de la entrevista y verificación en campo.

Figura 11. Índice de ocupación de las fincas evaluadas



Con los datos de la capacidad instalada se calculó la cantidad de excretas, DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y SST (sólidos suspendidos totales) que puede producir los cerdos con una ocupación del 100% (Cuadros 11 y 12).

Cuadro 11. Producción de estiércol con una capacidad instalada al 100%

Ítem	No. animales máximo a instalar	Peso promedio animales kg *	Peso total de los animales (kg peso vivo)	Producción estiércol % del peso**	Producción kg estiércol/día
Hembras de reemplazo	37	90	3.330	6,26	208
Hembras gestantes	269	180	48.420	3,00	1.453
Hembras lactantes	180	190	34.200	7,72	2.640
Hembras vacías ⁶	0	160	0	4,61	0
Lechones lactantes	1.080	3,5	3.780	8,02	303
Lechones en precebo	556	16	8.896	7,64	680
Levante	3315	58	192.270	6,26	12.036
Engorde					
Reproductores	26	200	5.200	2,81	146
TOTAL	5.463		296.096		17.466

** El peso promedio (kg) y la producción (kg) de estiércol por porcentaje de peso de los animales son constantes tomadas de la Guía ambiental del subsector porcícola (MAVDT et al, 2002)

Cuadro 12. DBO, DQO y SST producidos en las fincas evaluadas

Peso total de los animales (kg peso vivo)	DBO	Total DBO kg/día	DQO	Total DQO kg/día	SST	Total SST kg/día
296.096	0,25%	740,20	0,75%	2.220,70	0,60%	1.776,50

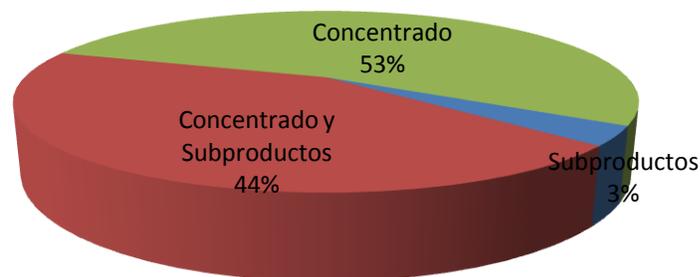
4.1.4. Manejo y tratamiento de residuos porcinos

En su mayoría, las excretas porcinas van a dar a los suelos ya sea mediante vertimiento directo o manejadas a través de planes de fertilización líquida o sólida.

⁶ No hubo diferencia entre hembras vacías y de reemplazo según la información recolectada.

En este sentido, el principal determinante de la variación de la fertilización con excreta porcina es la calidad del alimento (ricos en proteína) suministrado a los cerdos; en la muestra, se encontró que el 53% de las fincas utilizan concentrado o alimento balanceado como principal fuente de nutrición animal, otro 44% suplementan con subproductos como plátano, lavazas y salvado de maíz o trigo y solo un 3% de las fincas utilizan subproductos como única fuente de alimentos para sus cerdos (Figura 12).

Figura 12. Tipo de alimento suministrado en las fincas



Así mismo, el manejo de la excreta al interior de la finca así como el volumen de agua empleado para lavado de instalaciones depende del tipo de piso construido en los corrales. El 89% de las fincas evaluadas corresponde a corrales con piso sólido, por lo general en cemento. Sin embargo, en granjas de cría, el manejo de precebos se realiza con pisos ranurados a una altura de 1 m del suelo para evitar el contacto de los animales con las excretas, especialmente a esta edad donde su sistema inmunológico es más débil.

Los sistema de corrales con espejo de agua o fosas inundadas no se encontraron en las fincas evaluadas. Adicionalmente, se encontró que el 11% de las fincas manejan para las etapas de levante y ceba *camas profundas* o *camas blandas* utilizando como material viruta, aserrín y cascarilla de arroz destinando el material resultante para enmiendas en la fertilización de plátano y café. Sin embargo, se evidenciaron problemas con el manejo del material absorbente y generación de olores ofensivos. Dado que la mayoría de las instalaciones de las fincas tienen pisos sólidos, es necesario dar un manejo y tratamiento diferente a la excreta líquida y sólida.

4.1.4.1. Porcinaza líquida

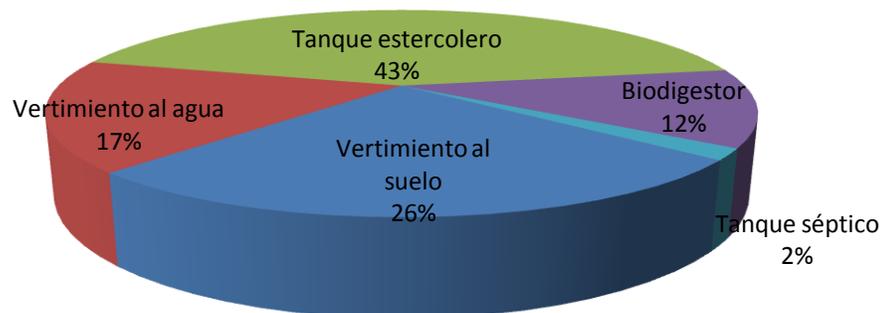
La porcinaza líquida comprende la fracción de heces y orina porcinas que son removidas o limpiadas, luego de la recolección en seco de los excrementos y que se constituyen en las aguas residuales. En la fincas evaluadas, se encontró que el porcentaje de fincas que realizan separación de sólidos (barrido en seco) es del 64%; sin embargo, este valor por sí solo, no indica que las fincas le estén dando

un buen uso o no a la porcínaza separada por lo cual solo representa una práctica de manejo ambiental relacionada con la reducción en el consumo de agua en las labores de lavado de las instalaciones.

Posterior al barrido en seco, solo el 33% de las fincas tienen tanques de sedimentación que recogen las aguas de lavado. Se encontraron de 1 a 3 tanques instalados en serie o instalaciones diseñadas con el mismo principio de los lavaderos del café o en asocio con éste. Si bien, el estudio no pudo evaluar la eficiencia de los tanques de sedimentación, su empleo facilita el manejo de la porcínaza líquida en los sistemas de tratamiento encontrados: biodigestores tubulares de flujo continuo, tanques estercoleros y fertilización directa sobre café o pastos.

Después de la separación de sólidos por barrido en seco y tanques de sedimentación, la porcínaza líquida comprende cinco (5) destinos diferentes dependiendo del tipo de manejo dado por el productor en la muestra. Estos son: tanque estercolero, vertimiento sin control al suelo, vertimiento sin control a cuerpos de agua, biodigestor y tanque séptico (*Figura 13*).

Figura 13. Destino de la porcínaza líquida



▪ **Tanque estercolero**

El 43% de las fincas evaluadas utiliza el tanque estercolero para almacenamiento de la porcínaza líquida dada su facilidad en la operación del sistema. En la muestra, los estercoleros corresponden a tanques con capacidades de 3.000 a 5.000 litros en donde no solo se recoge la excreta de la explotación porcínica, sino que en la mayoría de los casos, recoge la excreta bovina proveniente del lavado de establos para ordeño o cebas estabuladas (*Figura 14*).

Figura 14. Almacenamiento de porcinoza líquida en tanque estercolero: Circasia



Consecuentemente, dependiendo del tipo de productor y el tamaño del predio la adopción de la tecnología para su distribución a los potreros es muy versátil, por lo cual se encontraron formas de aplicación por mangueras o por acequias aprovechando la fuerza de la gravedad y otras formas más tecnificadas de aspersión por rociadores utilizando tanques captadores y motobombas que impulsan el contenido a través de tuberías de PVC hasta las partes más alejadas del corral o en donde la pendiente del terreno impide llevar el efluente directamente. Así mismo, los pastos receptores del efluente en la muestra corresponden a las especies de estrella africana (*Cynodon sp*) y diferentes tipos de *Brachiarias sp*, regados a diario en un esquema rotacional de potreros con períodos de descanso de 30 a 35 días una vez finalizado el pastoreo.

▪ Biodigestor

El sistema de tratamiento de digestión anaerobia es adoptado bajo la utilización de biodigestores plásticos de flujo continuo, en la cual se generan diferentes productos: biogás (en el caso de las fincas evaluadas utilizado para uso doméstico y calefacción en áreas de parideras dentro de la granja) y un efluente residual utilizado para fertilización de cultivos de café. Este sistema de tratamiento secundario fue encontrado en el 12% de las fincas evaluadas, correspondiente al sistema de producción porcino/café en donde la aplicación del efluente es por aspersión manual cada 20-35 días dependiendo de la edad del cultivo y por lo general a una relación de 5:1 (5 litros de agua por 1 del efluente).

- **Tanque séptico**

El *tanque séptico* para manejo de la porcinaza líquida solo se reportó en una finca (2% de la muestra) en la cual el efluente ingresa al tanque séptico y posteriormente conecta al sistema de alcantarillado del área urbana.

- **Vertimientos directos**

Por último, el 43% de las fincas evaluadas, operan sin ningún tipo de manejo para la porcinaza líquida encontrándose vertimientos sin control a cuerpos de agua (17%) y al suelo (26%). Dentro de este conjunto, aplica el 3% de las fincas con tanque estercolero el cual no le da un uso al material efluente y lo dirigen directamente a cuerpos de agua (*Figura 15*).

Los vertimientos directos que se hacen al suelo y a las fuentes de agua sin control alguno generan un impacto ambiental alto por lo cual, si se toma el porcentaje de las malas prácticas de manejo de la porcinaza (vertimiento al suelo y al agua) y se multiplica por la cantidad de DBO y SST que se pueden producir con una capacidad instalada al 100% (*Ver cuadro 10*), se puede calcular la cantidad que se estaría arrojando teniendo en cuenta que la DBO es un indicador de la materia orgánica de las excretas que puede ser biodegradada y que los SST son aproximadamente el 10% de la excreta. Por ende, entre mayor es la DBO, mayor es el poder contaminante a los cuerpos de agua.

$$\begin{aligned} \text{DBO vertido} &= 43\% \times 740,20 \text{ kg/día} = 318,20 \text{ kg/día} \\ \text{SST vertido} &= 43\% \times 1.776,50 \text{ kg/día} = 763,80 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

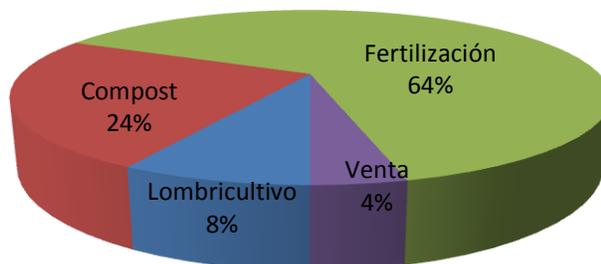
Figura 15. Vertimiento directo a cuerpos de agua: municipio de Calarcá



4.1.4.2. **Porcinaza sólida**

La porcinaza sólida corresponde al material sólido recolectado en los tanques sedimentadores, tanques sépticos, biodigestores o en los tanques estercoleros, así como los recolectados mediante barrido en seco. En el caso de estudio, el manejo de la porcinaza sólida se clasificó en uso para fertilización (secado), preparación de compost, lombricultivo y venta (*Figura 16*).

Figura 16. Uso de la porcinaza sólida en las fincas evaluadas



▪ **Secado**

La porcinaza sólida como abono se utiliza principalmente en cultivos de café, plátano y pastos, siendo la más usada la técnica de secado con aplicaciones cerca a la planta, utilizándose por lo regular mezclas de viruta, aserrín o cascarilla de arroz con las excretas para reducir la proliferación de moscas y equilibrar los contenidos de carbono y nitrógeno. Sin embargo, dependiendo de la técnica utilizada para almacenar y deshidratar la porcinaza varía la calidad del producto obtenido debido a los niveles de humedad, nutrientes y patógenos presentes en el producto final (*Figura 17*).

▪ **Compostaje**

La preparación de compost consiste en un proceso de descomposición controlada (estabilización) de desechos orgánicos (porcinaza sólida mezclada con hojas, residuos vegetales, desperdicios de cocina, material residual como placentas, mortalidad, entre otros), dando como resultado un acondicionador orgánico aprovechable en labores agrícolas; en las fincas evaluadas se encontraron entre 1 a 4 cajones construidos en ladrillo, madera o guadua, dependiendo de la cantidad de excreta producida con períodos de volteo entre 2 a 3 meses.

▪ **Lombricultura**

Las fincas evaluadas utilizan camas de lombricultivo para el manejo de la excreta sólida, realizando un pre-compostaje del material que evita la muerte de las lombrices por calentamiento del cultivo. Sin embargo, esta técnica no fue muy recurrente en la muestra por desconocimiento del productor en el manejo y operación de este sistema.

- **Venta**

El 4% de las fincas evaluadas venden la porcínaza s3lida a predios vecinos sin previo tratamiento despu3s de un secado del material durante tiempos no determinados de almacenaje, siendo vendido por bultos desiguales en peso y en diferentes 3pocas del a3o.

Figura 17. M3todos para almacenaje y secado de la porcínaza s3lida en las fincas evaluadas



Almacenaje de la porcínaza a la intemperie. Municipio de Filandia



Almacenaje en recipientes para transportarlo al sitio de aplicaci3n. Municipio Circasia



Secado bajo techo. Municipio de Calarc3

4.1.4.3. Producción de nitrógeno en las fincas evaluadas

En las fincas evaluadas hay 148 ha en pastos disponibles para fertilización con porcinaza líquida, donde el 79% corresponden a fincas ganaderas con un promedio de 17 ha en pastos cada una y aproximadamente 200 animales en inventario porcino de diferentes edades y el 21% restante corresponde a predios con 3,0 ha en potreros manejando 110 animales porcinos por finca. Se aclara que la cantidad de nitrógeno producido diariamente es la misma independiente del volumen de porcinaza empleado, debido a que lo que provoca la variación en el volumen es la cantidad de agua destinada para el lavado de instalaciones.

Con base en el área disponible en pastos y la producción total de nitrógeno estimada con el número de animales al 100% de la capacidad instalada, se determinó la superficie requerida ha año para utilizar el nitrógeno producido en las fincas evaluadas (*Cuadro 13*).

Cuadro 13. Producción de nitrógeno en las fincas evaluadas

DESCRIPCIÓN	NÚMERO ANIMALES	PESO PROM.	% N	kg. de N
Nitrógeno producido por hembras lactantes : (Inventario promedio en No.) x (0,133 k N/animal):	180		0,133	23,94
Nitrógeno producido por hembras no lactantes: (Inventario promedio en No.) x (0,052 k N/animal):	306		0,052	15,91
Nitrógeno producido por machos reproductores: (Inventario promedio en No.) x (0,052 k N/animal):	26		0,052	1,35
Nitrógeno producido por lechones precebo: [(Inventario en kilos) / 100 k] x (0,0543 k de N):	556	16	0,0543	4,83
Nitrógeno producido por cerdos de levante y engorde: [(Inventario en kilos)/ 100 k] x (0,0447 k de N):	3315	58	0,0447	85,94
TOTAL NITRÓGENO PRODUCIDO POR DÍA (Kg)				131,97
REALIZAN SEPARACIÓN DE SÓLIDOS	NO	Total N x 75%		
Fertilización recomendada en cada pastoreo.	(Kg de N / Ha-cosecha, para pasto)			50
Número de dosis recomendada por cada pastoreo				1
Número de días promedio en cada rotación				35
Número de cosechas por año	(365 días / días de rotación)			10,42
Necesidad total de N al año por hectárea de pastos	(Kg. de N/Ha-cosecha * No. Cosecha-año)			521
PRODUCCIÓN ANUAL DE NITRÓGENO EN Kg	(Producción diaria N en kg * 365 días)			49.629
SUPERFICIE NECESARIA EN HA PARA EL NITRÓGENO PRODUCIDO				95,26
(Producción anual de N en Kg / Necesidad total de N al año por Ha en pasto)				

4.1.4.4. Generación de agua residual en las fincas evaluadas

Se estimó el volumen de agua residual generada por día y por mes en las fincas evaluadas según tipo de explotación (*Cuadro 14*). Se observó que las fincas generan más agua residual en la medida en que aumenta el número de animales; sin embargo, para fines de comparación entre tipos de explotación, se dividió el total de litros de agua residual entre 100 kg de peso vivo (100 kg equivale a una **Unidad de Población Animal** o **UPA**) encontrándose a que en promedio por UPA

⁷ Incluye la camada

el agua residual generada por día corresponde a 34.48, 22.94 y 46.89 litros en granjas de ceba, cría y ciclo completo respectivamente.

Cuadro 14. Volumen de agua residual generado por día y por mes en las fincas evaluadas

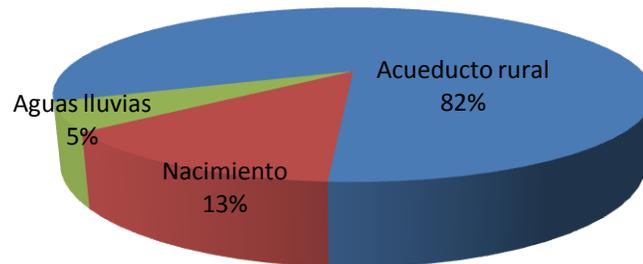
Municipio	Nombre Finca	Agua residual generada		Total peso vivo Finca (kg)	UPA 100 kg-peso vivo	Tipo de Explotación
		m ³ /día /finca	m ³ /mes /finca			
Filandia	El Placer	12,0	360,0	34.800	348,0	Ceba
Pereira	El Piramo	9,0	270,0	26.100	261,0	Ceba
Circasia	La Divisa	5,0	150,0	14.500	145,0	Ceba
Circasia	Miraflores	4,4	132,0	12.760	127,6	Ceba
Circasia	Villa Amparo	3,6	108,0	10.440	104,4	Ceba
Montenegro	El Jardín	3,2	96,0	9.280	92,8	Ceba
Circasia	La Pradera	0,8	24,0	2.320	23,2	Ceba
Pereira	F. el Paisa	0,8	24,0	2.320	23,2	Ceba
Circasia	La Bomba	0,4	12,0	1.160	11,6	Ceba
Pereira	El Violin	0,4	12,0	1.160	11,6	Ceba
Pereira	La Gaviota	0,3	9,0	870	8,7	Ceba
Circasia	La Y. Buena	0,2	6,0	580	5,8	Ceba
Armenia	El Paradise	0,1	4,8	464	4,6	Ceba
Subtotal		40,2	1.207,8	116.754	1.167,5	
Armenia	Santa Inés	15,0	450,0	27.621	276,2	Ciclo Completo
Circasia	Rincón Paisa	12,0	360,0	25.128	251,2	ciclo Completo
Pereira	La Ceja	9,0	270,0	19.065	190,6	Ciclo Completo
Circasia	Patio Bonito	6,0	180,0	18.200	182,0	Ciclo Completo
Calarcá	La Vega	6,0	180,0	12.090	120,9	Ciclo Completo
Calarcá	El Manzano	2,4	72,0	6.128	61,2	Ciclo Completo
Filandia	Berkshire	1,2	36,0	3.572	35,7	Ciclo Completo
Filandia	La Camelia	2,1	63,0	3.376	33,7	Ciclo Completo
Circasia	Halajas	1,8	54,0	2.870	28,7	Ciclo Completo
Salento	Miralindo	1,2	36,0	2.704	27,0	Ciclo Completo
Calarcá	Agua Linda	0,7	22,5	1.582	15,8	Ciclo Completo
Circasia	Corcega	0,4	13,5	1.266	12,6	Ciclo Completo
Montenegro	El Reflejo	0,7	22,5	1.204	12,0	Ciclo Completo
Montenegro	Altacilecia	0,2	7,8	830	8,3	Ciclo Completo
Subtotal		58,9	1.767,3	125.635	1.256,3	
Circasia	La Linda	4,3	129,4	16.985	169,8	Cría
Filandia	Hato Grande	2,7	83,6	12.481	124,8	Cría
Pereira	M. Nuevo	2,4	74,4	10.899	108,9	Cría
Circasia	Los Naranjos	1,3	41,5	7.385	73,8	Cría
Circasia	El Recreo	0,1	2,9	668	6,6	Cría
Armenia	La Germania	0,1	4,7	508	5,0	Cría
Subtotal		11,2	336,6	48.925	489,2	
TOTAL		110,9	3.311,8	291.315	2.913,1	

4.1.5. Uso del agua en las fincas porcícolas

El suministro de agua para la actividad porcícola en las fincas evaluadas corresponde a tres fuentes de abastecimiento: acueductos rurales con influencia de los Comités Municipales de Cafeteros (CMC), aguas lluvias y fuentes naturales o nacimientos (Figura 18).

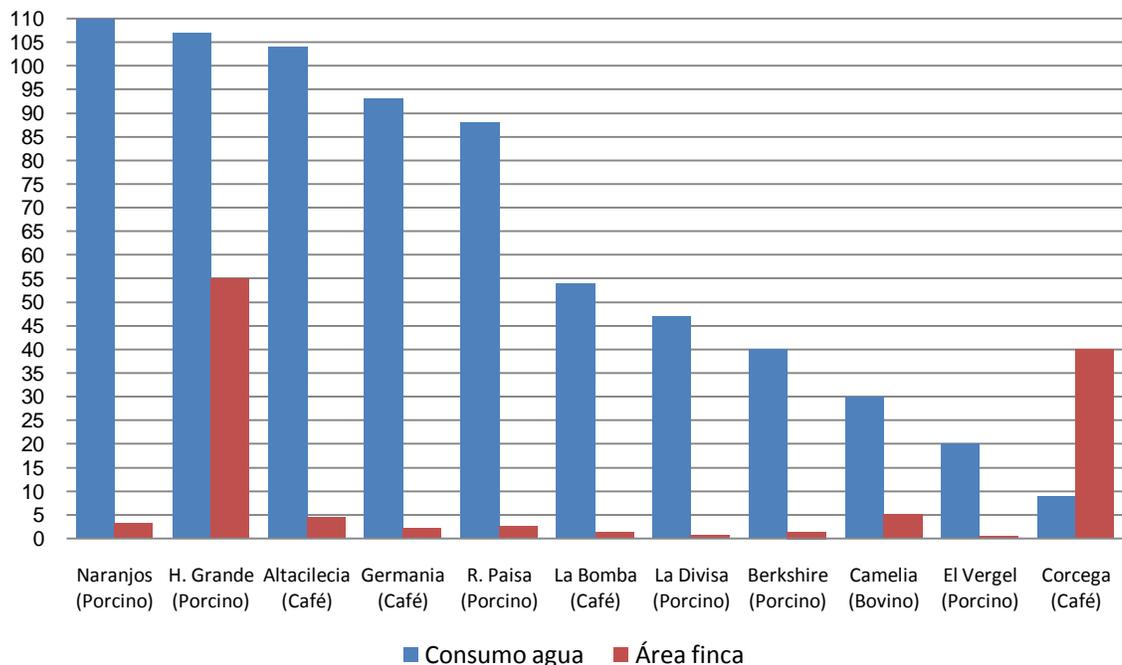
Así mismo, es insatisfactorio como índice de gestión que el 80% de los predios no cuenten con la concesión de aguas otorgada por la autoridad ambiental, lo cual reduce la capacidad de las Corporaciones Autónomas Regionales para administrar adecuadamente el recurso hídrico.

Figura 18. Suministro de agua para la actividad porcícola en las fincas evaluadas



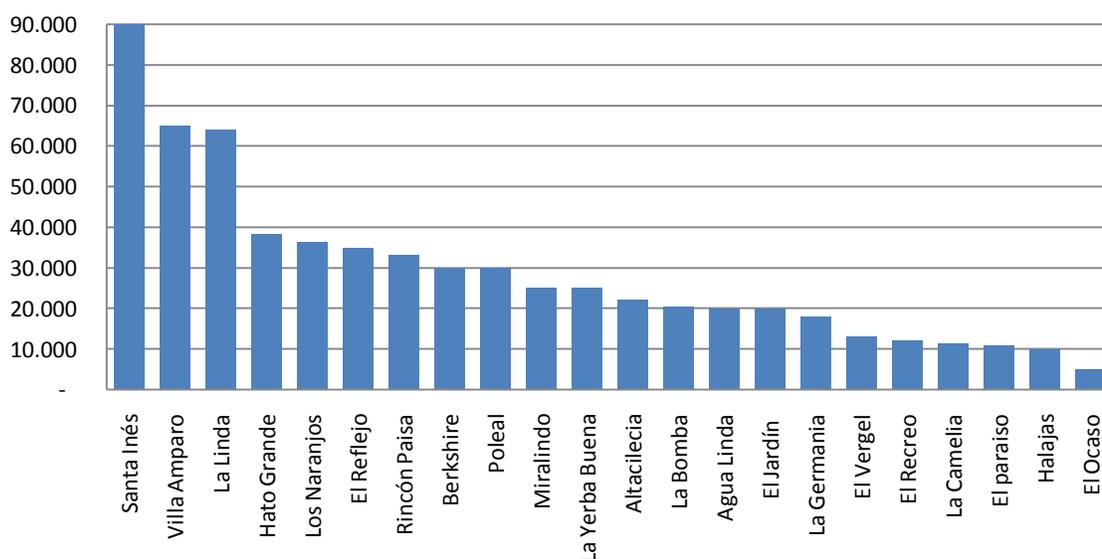
El consumo (m^3) promedio de agua en once fincas porcícolas de la muestra, representa el consumo global de agua en la finca para las diferentes actividades agropecuarias incluyendo uso doméstico, por lo que factores como la gratuidad del recurso, tarifas de acueducto fijas o por bloques y la no aplicación de micro-medidores o sistemas de monitoreo y medición para cada actividad, no permitieron determinar la cantidad de agua utilizada para la actividad porcícola (*Figura 19*).

Figura 19. Relación consumo de agua (m^3 /mes), Área (ha) y actividad principal en la finca



Consecuentemente, el pago promedio de acueducto rural de 22 fincas porcícolas evaluadas es de \$28.000 mensuales; sin embargo, el cobro de tarifas fijas dificultan el control de la autoridad ambiental en cuanto a programas de ahorro y uso eficiente del agua (*Figura 20*).

Figura 20. Costo mensual (\$) de acueducto rural en 22 fincas evaluadas

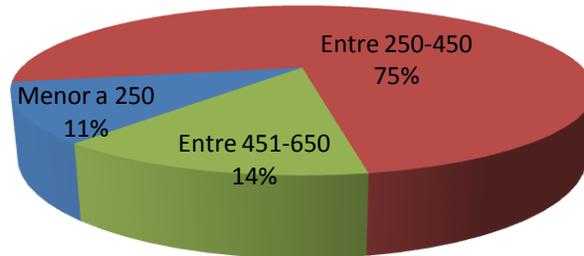


4.1.6. Economía en las fincas porcícolas

La actividad porcícola representa un sector importante en la economía de las fincas. No obstante, los empleos directos generados por esta actividad se reducen a uno en el 92% de las fincas y a un máximo de dos empleados en aquellas con más de 200 ejemplares en inventario porcino (8%). En la mayoría de los casos, a excepción del 19% de las granjas dedicadas exclusivamente a la actividad porcícola, los empleos generados corresponden a la operación total de la finca, relacionándose a todas las actividades agropecuarias presentes (ganado bovino, caficultura, frutales, otros).

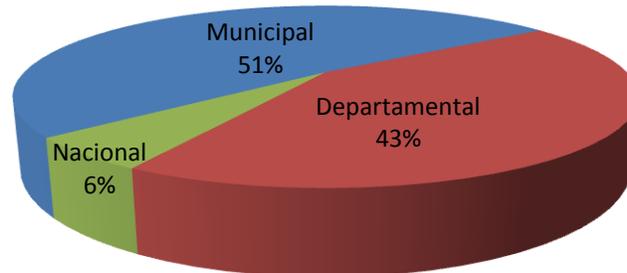
En síntesis, el rango de salarios recibidos por los empleados de la actividad porcícola, no superan los 650 mil pesos mensuales y presentan valores por debajo de los 250 mil, además que solo en un 3% de las fincas reportaron pago de prestaciones sociales a los empleados. En este sentido, el manejo de la actividad porcina se encuentra relacionado con el desarrollo económico y productivo del sistema finca en donde los costos de producción, operación y la fluctuación del mercado llevan a integrar esta actividad en el desarrollo de otras (*Figura 21*).

Figura 21. Salarios promedio (miles de pesos) en las fincas evaluadas



Por último, la comercialización del producto final (lechón, kilos en pie o en canal) corresponde casi en su totalidad al mercado municipal y centros poblados circundantes, dejando solo una minoría al mercado nacional correspondiente a grandes productores que comercializan su producto hacia el centro del país (*Figura 22*). Además, el 12% del comercio municipal se realiza en condiciones clandestinas, es decir, sacrificio ilegal de ganado porcino dentro de la finca, lo cual no solo aumenta los riesgos en la salud humana sino que genera nuevos focos de contaminación de suelos y aguas por manejo inadecuado de nuevos subproductos en la finca.

Figura 22. Comercialización del producto



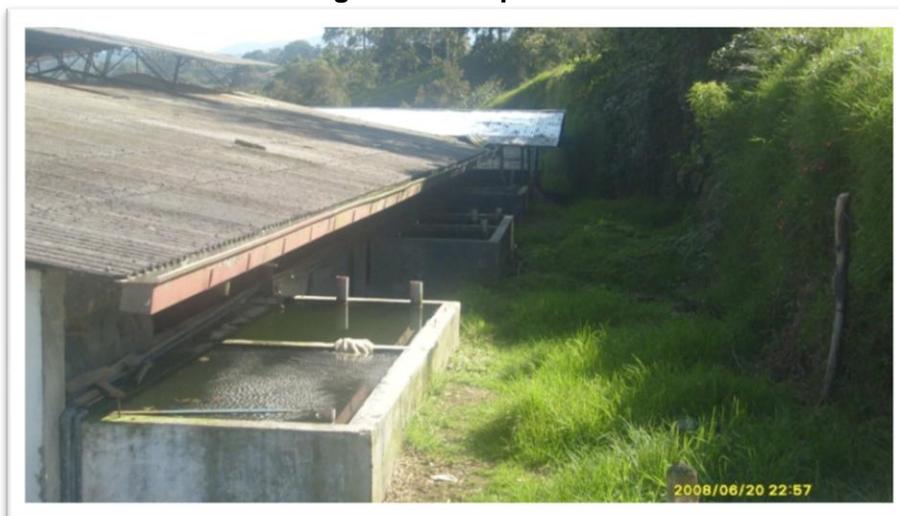
4.2. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE FACTORES CRÍTICOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO EN LAS FINCAS EVALUADAS

4.2.1. Análisis situacional

El sector porcícola se categoriza en granjas de ceba, cría y ciclo completo con un empleado promedio encargado de la operación y mantenimiento de la actividad. Las fincas porcinas están localizadas en terrenos agrícolas donde se siembra gramíneas para la explotación de ganado bovino, seguido de cultivos de café y plátano. El nivel tecnológico adoptado por las fincas es muy variado al igual que la carga animal manejada, influyendo aspectos externos como el precio del producto en el mercado y el costo de materias primas.

La mayoría de las fincas no tienen o se encuentran implementando programas de ahorro y uso eficiente del recurso agua con bajos niveles técnico - económicos, mostrándose las pequeñas y medianas explotaciones como las más críticas. En este sentido, se presenta un alto consumo de agua empleada para el lavado de galpones (dos veces al día por lo regular), lavado de los cerdos y para consumo animal. El agua es suministrada en su mayoría por acueductos rurales y nacimientos de agua, almacenándose en tanques localizados sobre el nivel de los corrales, de manera que se emplea la gravedad para su distribución; la separación de aguas lluvias de las aguas de lavado facilita los procesos de manejo de la porcínaza líquida y reduce considerablemente el impacto sobre el recurso hídrico. El uso de aguas lluvias para el consumo de la finca en las actividades de lavado de corrales es una práctica poco recurrente que debe implementarse en todas las fincas (*Figura 23*).

Figura 23. Almacenamiento de aguas lluvias para lavado de instalaciones: Filandia



Los residuos líquidos generados en las fincas consisten en agua de lavado de galpones, la cual es manejada con sistemas de digestión aeróbica o anaeróbica como tanques estercoleros o biodigestores para el uso del efluente en programas de fertilización agrícola; sin embargo, la eficiencia de estos programas depende de unas condiciones técnicas y operaciones que requieren un control estricto de la autoridad ambiental y una capacitación a los operarios de la granja, así como un grado de inversión en mejoramiento de los sistemas de tratamiento y transporte del material residual a las áreas de fertilización. En su mayoría, dicho efluente es utilizado en el riego de potreros evidenciándose problemas de sobresaturación de suelos por nutrientes y contaminación a cuerpos de agua utilizados como captación para consumo humano y animal.

Una mayor incidencia presenta aquellas fincas sin sistema de tratamiento de residuos cuyo destino son vertimientos directos al suelo o cuerpos de agua. Este

tipo de casos, se presentan con frecuencia en productores nuevos cuya actividad depende de condiciones de mercado y en las cuales no poseen instalaciones adecuadas para el manejo de la actividad porcina y pasan desapercibidos ante la autoridad ambiental. Los programas de producción alternativa como el manejo de camas profundas o camas blandas “Deep Beeding” utilizando cascarilla de arroz, viruta de madera o residuos de cosecha como material absorbente en el piso de los galpones, son mecanismos que reducen considerablemente el consumo de agua al interior de la finca; sin embargo, es un sistema que requiere capacitación de los operarios en el tema de sanidad, suministro de agua y manejo del material residual, de lo contrario puede no presentar viabilidad económica para el productor.

En este sentido, con el fin de analizar las relaciones causa-efecto de los factores críticos en la actividad porcícola para las fincas evaluadas relacionados con el uso del agua, se presenta el análisis DOFA de acuerdo a la caracterización anterior. Posteriormente, se plantean las situaciones observadas con base en los resultados obtenidos y se identifican las alternativas y oportunidades de manejo que se deben considerar para mejorar los factores críticos al interior de la granja entorno al uso del agua en la actividad porcina.

4.2.1.1. DOFA de la actividad porcícola

▪ DEBILIDADES

1. No hay cuantificación del consumo de agua utilizado en cada una de las áreas productivas de la explotación porcina para consumo animal y lavado así como registro de la cantidad de residuos generados.
2. Falta de planificación de las fincas como empresas agropecuarias; entre más pequeño es el productor mayor es el grado de desorganización de la actividad.
3. Presencia de fincas con demanda de infraestructura para el manejo de los residuos.
4. Descarga de residuos líquidos y sólidos sin tratamiento al suelo y cuerpos de agua.
5. Deficiencias operacionales en cuanto al manejo de la porcínaza sólida recolectada en los sistemas de pre-tratamiento.
6. Los sistemas de tratamiento de los residuos líquidos se encuentran operando parcialmente con presencia de fallas técnicas y de diseño.
7. Fertilización con porcínaza líquida en potreros sin conocimiento técnico de los operarios y dueños en la adopción de esta modalidad (volumen del efluente producido y área disponible para fertilizar).
8. Ausencia de sistemas de monitoreo para la caracterización de las aguas residuales; por ende, no se puede determinar si estas aguas son óptimas para utilizarse en programas de fertilización agrícola.

9. Falta de capacitación en el manejo (operación y mantenimiento) de sistemas de tratamiento como tanques sedimentadores, biodigestores y tanques estercoleros.
10. Deficiencias operacionales en sistemas alternativos de producción como el manejo de camas profundas, lo cual hace inasequible económicamente la adopción de esta tecnología de producción más limpia.
11. Alimentación de porcinos con residuos de la alimentación humana (lavazas) o con vísceras y mortalidad de la actividad avícola.
12. No hay aprovechamiento de aguas lluvias en las labores de lavado de instalaciones.
13. No hay aprovechamiento de la excreta porcina en la alimentación de rumiantes.
14. Dificultades en la integración de la actividad porcina a otras actividades agropecuarias al interior de la finca.
15. Falta capacitación de los operarios o empleados y compromiso de los dueños de los predios.

▪ **OPORTUNIDADES**

1. Declaración de la primera zona libre de peste porcina clásica PPC en el país en el territorio del eje cafetero, a partir del año 2009.
2. Posibilidad de aumentar las exportaciones en mercados de alta calidad para la zona libre.
3. Oportunidad de comercialización en el mercado de abonos orgánicos como consecuencia del alza en los precios de los fertilizantes químicos.
4. Fortalecimiento de proyectos de ganadería ecológica (bovina y porcina, especialmente).
5. Aumento del consumo de la carne de cerdo en los últimos años consecuente a un mejoramiento de la calidad del producto.
6. Nuevo marco normativo que reglamenta las condiciones sanitarias y de inocuidad en la producción primaria de ganado porcino destinado al sacrificio para consumo humano, obligando al sector porcino a trabajar bajo un programa de trazabilidad: “de la granja a la mesa”.
7. Recursos del FNP destinados para la investigación, transferencia de tecnología y capacitación de productores de la actividad porcina.
8. Iniciativas de mejoramiento del sector con respecto al uso eficiente del agua.
9. Posibilidad de utilizar recursos locales.

▪ **FORTALEZAS**

1. Disponibilidad de superficie y condiciones agroecológicas y climáticas para producción agrícola y establecimiento de praderas de alta eficiencia.
2. La mayoría de las fincas cuentan con sistemas de manejo y aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos en diferentes niveles de adopción.

3. Disponibilidad de subproductos industriales y agrícolas como fuentes de proteína, fibra y energía para la alimentación porcina.
4. Oferta hídrica para el desarrollo de la actividad (nacimientos, acueducto, aguas lluvias).
5. Presencia de instalaciones en buenas condiciones con potencial de mejora en cuanto a equipos, estructura de galpones y jaulas.
6. Generación de energías alternativas renovables (biogás) que disminuyen costos de operación en las fincas.
7. Generación de acondicionadores orgánicos para el suelo a través de la implementación de técnicas de compostaje o lombricultura.

▪ **AMENAZAS**

1. Incremento en el costo de materias primas que afectan el sector en períodos donde el precio del ganado porcino tiende a la baja debido a sobreoferta del mismo.
2. Fluctuación del precio del producto porcino en el mercado.
3. Baja cobertura de los entes de control ambiental sobre la operación de las fincas porcinas, especialmente en pequeños y medianos productores.
4. Bajo nivel de asesoramiento técnico a los productores en cuanto a sistemas alternativos de producción.
5. Bajo índice de organización o asociación de productores para poder comercializar su producto.
6. Baja información al productor sobre análisis del sector primario, mercados y sistemas de pronóstico de oferta de ganado porcino.
7. Falta de homogeneidad en los criterios ambientales aplicados por las distintas Corporaciones Ambientales Regionales para la evaluación del desempeño de las explotaciones porcícolas.
8. Falta de acople interinstitucional entre los diferentes actores del gremio.

4.2.2.2 Análisis de factores críticos identificados como de mayor impacto sobre el recurso hídrico

Para la identificación y análisis de factores críticos de mayor impacto sobre el agua por la actividad porcícola, se analizaron las debilidades identificadas en la DOFA en las 36 explotaciones porcícolas (*Cuadro 15*). La valoración tiene como fundamento situaciones observadas en las fincas las cuales presentan incidencia con el uso del agua y se encuentran al alcance del productor con la debida asistencia técnica de diferentes actores.

Cuadro 15. Debilidades de la actividad porcícola en las fincas evaluadas

No.	FINCA	DEBILIDADES														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Berkshire	x		x	x				x	x			x			
2	La Camelia	x	x			x		x	x	x			x			x
3	Hato Grande	x				x			x				x	x		x
4	El Placer	x				x		x	x					x		
5	Poleal	x	x			x		x	x	x	x		x	x	x	x
6	El Ocaso	x							x							
7	Miralindo	x	x	x	x				x	x			x		x	x
8	Agua Linda	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x		x	x
9	El Vergel	x	x			x		x	x	x			x		x	x
10	La Vega	x							x							
11	El Manzano	x	x			x			x	x		x	x		x	x
12	El Jardín	x	x	x	x				x	x		x	x		x	x
13	Altacilecia	x	x	x	x				x	x			x		x	x
14	El Reflejo	x	x	x	x				x	x		x	x	x	x	x
15	L. Naranjos	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x	x
16	Córcega	x	x	x	x	x		x	x	x			x		x	x
17	Patio Bonito	x	x	x		x	x		x	x			x	x	x	x
18	Villa Amparo	x	x	x	x	x		x	x	x			x		x	x
19	La Divisa	x	x			x			x	x		x	x	x		
20	El Recreo	x	x	x	x	x			x	x			x		x	x
21	R. Paisa	x				x		x	x				x	x		
22	La Linda	x							x							
23	Y. Buena	x	x	x	x			x	x	x			x	x	x	x
24	La Pradera	x	x			x		x	x	x			x			x
25	Miraflores	x	x	x	x		x	x	x	x			x		x	x
26	Alhajas	x	x	x	x				x	x			x		x	x
27	La Bomba	x	x	x	x				x	x			x		x	x
28	El Paraíso	x	x	x	x	x		x	x	x			x		x	x
29	La Germania	x	x					x	x	x			x		x	x
30	Santa Inés	x				x			x		x		x			
31	La Ceja	x				x	x	x	x	x			x	x		x
32	El Violín	x	x			x		x	x	x			x			x
33	La Gaviota	x	x	x	x			x	x	x			x		x	x
34	M. Nuevo	x							x	x						x
35	F. El Paisa	x	x						x							
36	El Piramo	x		x				x	x	x			x			x
TOTAL		36	25	18	16	18	4	17	36	28	3	5	30	9	20	27

Fuente: Elaboración propia

Como factores críticos de mayor incidencia se definieron primero los relacionados al uso del agua y generación de residuos en la finca; segundo, relacionados con la operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento; tercero la demanda de infraestructura y sistemas para tratamientos de residuos; y por último, factores relacionados a deficiencias en sistemas alternativos de producción adoptados por algunos productores, manejo de la alimentación animal y aprovechamiento de la excreta sólida en la alimentación de rumiantes (*Cuadro 16*).

Cuadro 16. Incidencias encontradas en las fincas evaluadas

No.	DEBILIDADES	No. FINCAS
1	No hay cuantificación del consumo de agua utilizado en cada una de las áreas productivas de la granja para consumo animal y lavado así como registro de la cantidad de residuos generados.	36
8	Ausencia de sistemas de monitoreo para la caracterización de las aguas residuales; por ende, no se puede determinar si estas aguas son óptimas para utilizarse en programas de fertilización agrícola.	36
12	No hay aprovechamiento de aguas lluvias en las labores de lavado de instalaciones.	30
9	Falta de capacitación en el manejo (operación y mantenimiento) de sistemas de tratamiento como tanques sedimentadores, biodigestores y tanques estercoleros.	28
15	Falta capacitación de los operarios o empleados y compromiso de los dueños de los predios.	27
2	Falta de planificación de las fincas como empresas agropecuarias; entre más pequeño es el productor mayor es el grado de desorganización de la actividad.	25
14	Dificultades en la integración de la actividad porcina a otras actividades agropecuarias al interior de la finca.	20
3	Presencia de fincas con demanda de infraestructura para el manejo de los residuos.	18
5	Deficiencias operacionales en cuanto al manejo de la porcina sólida recolectada en los sistemas de pre-tratamiento.	18
7	Fertilización con porcina líquida en potreros sin conocimiento técnico de los operarios y dueños en la adopción de esta modalidad (volumen del efluente producido y área disponible para fertilizar).	17
4	Descarga de residuos líquidos y sólidos sin tratamiento al suelo y cuerpos de agua.	16
13	No hay aprovechamiento de la excreta porcina en la alimentación de rumiantes.	9
11	Alimentación de porcinos con residuos de la alimentación humana (lavazas) o con vísceras y mortalidad de la actividad avícola.	5
6	Los sistemas de tratamiento de los residuos líquidos se encuentran operando parcialmente con presencia de fallas técnicas y de diseño.	4
10	Deficiencias operacionales en sistemas alternativos de producción como el manejo de camas profundas, lo cual hace inasequible económicamente la adopción de esta tecnología de producción más limpia.	3

Fuente: Elaboración propia

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. MANEJO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS PORCINOS

El manejo de las excretas porcinas está dado por dos factores principales: tipo de alimentación suministrada al animal y tipo de piso construido del corral. Según las fincas evaluadas, en donde la alimentación con concentrados comerciales se encuentra presente en un 97% y dado que en nuestro país como lo plantea el MAVDT et al (2002), unas cuantas fábricas de alimento entregan la gran mayoría del concentrado para la explotación porcina, puede decirse que no hay, desde el punto de vista de la composición del residuo factores determinantes que implique dar consideraciones particulares para estimar el potencial del residuo como fertilizante orgánico.

En el otro aspecto, el sistema convencional (piso duro) tiene prevalencia en las fincas evaluadas, por lo que requiere hacer un manejo a la excreta sólida pero en especial a la líquida dado los volúmenes de agua utilizado para lavado de instalaciones. En este sentido, el 11% que maneja cama profunda “*Deep Bedding*” y por lo cual su manejo se limita a los residuos sólidos corresponde a un sistema alternativo de producción el cual según Cuevas (2008), está basado en la producción de cerdos en una cama en proceso de compostaje; los problemas evidenciados en las fincas evaluadas se encuentran relacionados al manejo del material absorbente y al suministro de agua al interior del corral presentándose fugas que disminuyen la eficiencia del sistema. Solventar estas disfuncionalidades requiere mayor mano de obra, compromete la ganancia de peso del animal e incrementa el costo de la cama, factor limitante en la zona debido a que el principal producto utilizado es la cascarilla de arroz; aunque el sistema requiere menor inversión en equipos e infraestructura y representa un ahorro casi del 100% en agua durante el ciclo, además de generar un producto con valor agregado (compost) para acondicionar suelos, requiere fortalecer las actividades operacionales mencionadas para no afectar la rentabilidad del productor.

5.1.1. Fertilización con porcínaza líquida

- **Digestión Anaeróbica**

Según Chará et al (2004), el sistema de tratamiento de digestión anaerobia es adoptado bajo la utilización de biodigestores plásticos de flujo continuo tipo CIPAV, en la cual se generan dos productos: biogás y un efluente residual. Según Pedraza y Chará (1997), la carga contaminante se reduce en un 60 a 80%

dependiendo del tipo de retención. Como resultado, el efluente es utilizado en la fertilización directa en cultivos de café en diferentes etapas de crecimiento desde almácigos hasta lotes en producción; los lodos sobrantes son usados como complemento en la fertilización de frutales después de previa deshidratación del material y el gas obtenido que posee 66% de metano es empleado como combustible para cocción de alimentos y calefacción de instalaciones. En la adopción de esta tecnología en las fincas evaluadas se identificaron factores negativos como:

- Inconsistencia en los períodos de aplicación del efluente a las áreas de cultivo.
- Mal funcionamiento de los biodigestores por fallas de operación (tipo de mezcla, relación agua-estiércol) y técnicas como fugas o perforaciones en el plástico teniendo como resultado poca o nula producción de biogás, bajas tasas de remoción de materia orgánica y generación de malos olores (*Figura 24*).

Figura 24. Operación de biodigestores de flujo continuo con fugas. Municipio de Pereira



Como lo plantea CIPAV (1998), el biodigestor como parte de un sistema de descontaminación productiva tiene como ventajas principales su bajo costo, facilidad de instalación, manejo y mínimo mantenimiento, siendo posible ajustar su tamaño de acuerdo a la cantidad de aguas a tratar, por lo cual las situaciones negativas observadas son operacionales. Igualmente, si después del paso por el biodigestor el líquido va a disponerse en el ambiente, debe hacerse un tratamiento adicional siendo la opción recomendada la adecuación de canales con plantas acuáticas.

▪ **Tanque Estercolero**

El almacenamiento de la porcínaza líquida en estercoleros es el manejo más común teniendo en cuenta que el 50% de las fincas evaluadas corresponden a un modelo de producción porcino-bovino que opera con base en el mejoramiento de las condiciones del suelo para una producción intensiva de pastos y posterior aprovechamiento del mismo a partir del aporte de materia orgánica que hace la explotación porcina a través de las excretas. Según MAVDT et al (2002), este sistema permite almacenar las aguas residuales generadas, regular entradas discontinuas, homogeneizar y estabilizar el producto después de un período de fermentación dependiendo de la temperatura disponible, por lo cual el uso de del efluente depende de adoptar un plan de fertilización con los siguientes aspectos:

- a) Conocimiento del contenido de nutrientes fertilizantes en la porcínaza producida en la explotación porcina y un programa de análisis de suelos.
- b) Toma de registros de los lotes estercolados y las ratas de aplicación utilizadas.
- c) Suficiente capacidad de almacenamiento para aplicaciones oportunas y almacenaje del efluente en períodos de lluvias.
- d) Disponibilidad de tierras para la aplicación de la porcínaza.

Dadas las características de la excreta porcina, se toma como base el aporte de nitrógeno que hace el material efluente al suelo debido a que en términos generales es el nutriente de mayor demanda por los cultivos receptores (por lo general pastos) y además es el elemento que más se cuestiona por su potencial de contaminación de aguas subterráneas y superficiales.

▪ **Producción de nitrógeno en las granjas evaluadas**

Las fincas evaluadas con sistema porcino/bovino (50% de la muestra) realizan aplicación de la porcínaza líquida de acuerdo a las características mencionadas anteriormente; de acuerdo a González (2007) se hicieron los cálculos correspondientes tomando la muestra como una unidad de producción (ver *Cuadro 12*). En este sentido, el área requerida en pasto para recibir el nitrógeno producido por la totalidad de los cerdos de las fincas evaluadas es de 95.26 ha, área menor a la disponible por las fincas que en total tienen 148 ha en pastos, lo que puede indicar que la disposición de porcínaza líquida puede ser viable siempre y cuando esté definida bajo un programa de fertilización técnica que considere aspectos como homogenización del material, distancia a cuerpos de agua, riesgos de inundación y encharcamiento, ratas de admisión, permeabilidad y textura de suelo, clima, pendiente, entre otros (González, 2007 y ACP et al, 1996).

Asimismo, cuando no se cuenta con una superficie de tierra agrícola en capacidad de recibir las excretas producidas, es necesario recurrir a sistemas de tratamiento

diseñados para lograr un nivel de depuración tal que hagan posible su uso como fertilizante en la superficie de tierras con que se cuenta; sin embargo, las soluciones ambientales siempre son de carácter individual y se debe considerar procedimientos de aplicación del efluente de acuerdo a factores como la precipitación, evapotranspiración, escurrimiento e infiltración que definen el balance del agua en los suelos a lo largo del año.

Por consiguiente como lo plantea ACP (2004), la aplicación de excretas a suelos saturados de humedad aumenta la probabilidad de denitrificación, escorrentía y lixiviación por lo que en momentos de alta precipitación el volumen líquido de excreta aplicado debe ser menor, factor de mayor importancia en condiciones de alta pendiente y cercanía a cuerpos de agua. Por ende, el nitrógeno producido en las fincas evaluadas y su requerimiento recomendado en los cultivos, no son criterios suficientes para determinar las tasas de aplicación de la porcínaza líquida en los suelos de la cuenca del río La Vieja, debido a su dependencia a factores como el volumen de agua residual generada y el balance hídrico de cada zona.

▪ **Generación de agua residual en las fincas porcícolas evaluadas**

Para entender la magnitud del problema que representa la generación de agua residual total, es indispensable conocer la cantidad del agua descargada al suelo; el agua es un insumo básico para el consumo de los cerdos y el lavado de los corrales y su cantidad empleada depende de factores como el tamaño y tipo de granja, así como el manejo a la hora del lavado. En este sentido, el cálculo del volumen de agua residual total generado por una explotación porcina es una pieza clave para determinar el sistema de tratamiento adecuado, no sólo para alcanzar los parámetros de calidad del agua establecidos por la norma, sino también para que el productor elija el tratamiento que mejor cubra sus necesidades (Pérez, 2004).

Como lo plantea Drucker et al (2003), el agua residual total generada por las fincas proviene del: 1) agua utilizada para el lavado de los cerdos; 2) las heces y orina producidas y 3) el agua para beber que desperdician los animales, factores que a su vez, dependen del número de cerdos existentes y de su peso y del tipo de tecnología utilizada para el ahorro de agua (reciclaje del agua, utilización de rejillas o fosas de inundación, piso ranurado, barrido en seco, frecuencia de lavado, uso de hidro-lavadoras o equipos de alta presión, entre otros). Sin embargo, en la práctica se presenta dificultades para medir la cantidad de agua utilizada debido a que las fincas no llevan registro alguno ni cuentan con medidores para determinar el consumo. Por ende, los cálculos presentados en el *Cuadro 13* corresponde al agua residual generada en cada explotación porcícola con base en valores de referencia citados por ACP et al (1996). No obstante, factores como el estado y mantenimiento del sistema de tuberías, rejillas, mangueras, válvulas, bebederos y actitud del personal pueden determinar que en la finca haya mayor eficiencia en el

uso de este recurso o por el contrario, se presenten gastos del 30% por encima de las cifras planteadas (Universidad de la Sabana, 2005).

Con base en los cálculos de la oferta hídrica a partir de los datos de precipitación, evapotranspiración y escurrimiento anual, los principales excesos de agua en la cuenca ocurren en los períodos de lluvia aún con registro de infiltración máxima de 100 mm/hora; en este sentido, los excesos superiores al 50% de la precipitación se presentan en las dos temporadas de invierno, es decir, los meses de *Marzo, Abril, Mayo y Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre*, situación que conlleva a una sobresaturación de los suelos, lavado de nutrientes (N, P, Ca, S, Na y K) y materia orgánica a cuerpos de agua⁸.

En el *Cuadro 17*, se presenta el Índice Neto de Riego mensual para la zona media de la cuenca del río La Vieja evidenciándose que dadas las condiciones (*Pe* y *ETc*), solamente en los meses de junio, julio y agosto es viable someter a los suelos a programas de riego con porcínaza líquida correspondiente a los meses donde *RNI > 0*.

Cuadro 17. Índice Neto de Riego mensual en la zona media de la cuenca del río La Vieja⁹

MES	Po* (mm)	Pe** (mm)	ETo* (mm)	ETc (mm)	RNI (mm)	Apto para Riego
Enero	188,30	125,64	76,53	76,53	-49,11	NO
Febrero	171,90	112,52	69,38	69,38	- 43,14	NO
Marzo	218,80	150,04	75,95	75,95	- 74,09	NO
Abril	243,20	169,56	75,39	75,39	- 94,17	NO
Mayo	230,70	159,56	78,37	78,37	- 81,19	NO
Junio	121,00	71,80	75,75	75,75	3,95	SI
Julio	88,90	46,12	80,01	80,01	33,89	SI
Agosto	103,30	57,64	86,17	86,17	28,53	SI
Septiembre	199,80	134,84	74,09	74,09	-60,75	NO
Octubre	281,20	196,84	70,29	70,29	-126,55	NO
Noviembre	323,90	226,73	65,89	65,89	-160,84	NO
Diciembre	255,60	178,92	68,04	68,04	-110,88	NO

* *Po* y *ETo*: Variables reportadas en el balance hídrico de la zona media de la cuenca del río La Vieja. Fuente: CRQ et al (2006). Anexo 3

***Pe*: corresponde a la extrapolación de la *Po* con base en los valores de referencia reportados por la FAO. Anexo 3.

Posteriormente, con base en la relación del volumen promedio de agua residual generada en las fincas evaluadas según *Cuadro 13* (3.311,84 m³/promedio-mes), se estimó el área neta a irrigar con porcínaza líquida y la sobresaturación de los suelos en los meses que no es recomendable su uso (*Cuadro 18*).

⁸ Ver Anexo 2. Balance hídrico zona baja, media y alta de la cuenca del río La Vieja.

⁹ Para mayor exactitud en los cálculos, es recomendable utilizar información de precipitación diaria (mm) debido a las condiciones climáticas e hidrológicas de la zona de estudio, lo cual reduciría el rango de error en las aproximaciones presentadas.

Cuadro 18. Relación volumen agua residual generada y área apta para riego.

MES	Índice Neto de Irrigación (m)	Área para irrigar (m ² /mes)	Área neta para irrigar (ha/mes)
Enero	-0,49	-6743,72	-0,67
Febrero	-0,43	-7676,96	-0,77
Marzo	-0,74	-4470,02	-0,45
Abril	-0,94	-3516,87	-0,35
Mayo	-0,81	-4079,12	-0,41
Junio	0,04	83844,05	8,38
Julio	0,34	9772,32	0,98
Agosto	0,29	11608,27	1,16
Septiembre	-0,61	-5451,59	-0,55
Octubre	-1,27	-2617,02	-0,26
Noviembre	-1,61	-2059,09	-0,21
Diciembre	-1,11	-2986,87	-0,30

Fuente: Elaboración propia

En este sentido y como se mencionó anteriormente, en las fincas evaluadas se reportaron 148 ha en pastos (fincas con el modelo porcino/bovino) contempladas en planes de fertilización con porcínaza líquida, lo cual desde el punto de vista de producción total de nitrógeno en las fincas evaluadas bastaría un área en pasto de 95.26 ha para el manejo de la excreta líquida sin afectar el ambiente. Sin embargo como se estableció en el balance hídrico de la zona de estudio, en nueve meses del año (75%) los suelos se encuentran saturados de agua por lo que ningún tipo de riego es asimilado por el cultivo perdiéndose en escorrentía hacia cuerpos de agua. Además, en los meses de junio, julio y agosto el área disponible para riego corresponde a 8.38, 0.98 y 1.16 ha respectivamente, valor que solo representa el 5.6, 0.7 y 0.8% del área total en pastos fertilizada (148 ha) en la muestra, por lo cual el *sistema de almacenamiento y riego con porcínaza líquida* para disposición en pasturas no representa viabilidad en la zona de estudio requiriendo estimar otros tipos de manejo desde la fuente que disminuya la carga orgánica, nutrientes, el volumen generado y defina tipos de tratamiento (primario, secundario y terciarios).

Por último, según Cárdenas (2002) algunos suelos al Norte del Cauca, Antioquia y Caldas, presentan una infiltración entre 5 y 10 mm luego de tres horas cuando se aplican estiércoles no tratados adecuadamente, presentándose incrementos en la intoxicación por nitratos en bovinos y contaminación de cuerpos de agua. Igualmente Cárdenas y Castro (2005), plantean como punto de referencia a nivel mundial evitar aplicar más de 170 kg de nitrógeno por hectárea por año en pasturas con el fin de aportar en la mitigación del impacto ambiental.

5.1.2. Manejo de la porcínaza sólida

En las fincas evaluadas la técnica más usada es el secado de la porcínaza (64%), la cual es retirada y puesta en sitios de secado para su posterior aplicación,

identificándose problemas técnicos y operacionales. El primero, corresponde al secado de la porcínaza o material de camas profundas a la intemperie, permitiendo la proliferación de la mosca y aumentando la lixiviación de nutrientes del material; el segundo corresponde al manejo del sistema donde el productor almacena y aplica la porcínaza sin llevar registros de cantidad o tiempo de estabilización del material. Esta técnica corresponde a un proceso necesario cuando la porcínaza debe transportarse a grandes distancias, o cuando ella debe almacenarse por un período largo antes de su utilización final, ya que el secado disminuye los costos de transporte y los problemas adicionales como olores y moscas cuando se maneja en instalaciones o condiciones aptas. Además, según Ramírez (2008), la porcínaza tras un proceso de secado puede utilizarse como elemento en la alimentación animal de rumiantes ya sea sola o en combinación con otros materiales.

En segunda instancia, la preparación de compost según ACP et al (2004), consiste en un proceso de estabilización de residuos orgánicos, el cual requiere un tiempo entre 3 a 4,5 meses en donde la falta de madurez puede ser responsable de efectos depresivos sobre los cultivos a los que se adicione; por ende, la calidad del producto depende del manejo dado durante este período teniendo en cuenta la humedad, flujo del aire, contenido de carbono y nitrógeno del material. En las fincas evaluadas, su uso se encuentra relacionado a cultivos de plátano y almácigos de café.

La lombricultura como lo plantea Corpoboyacá (2003), es una tecnología o proceso en el cual ocurre una biodegradación acelerada de la porcínaza sólida, por parte de microorganismos que trabajan coordinadamente con las lombrices, transformándolas en humus de excelente calidad (por encima del compost), además de la producción de lombrices con un alto contenido de proteína utilizable en alimentación de peces, gallinas o pollos; aunque esta alternativa solo fue reportada en el 8% de la muestra, en comparación con el compost, puede decirse que en condiciones prácticas es más fácil lograr un adecuado procesamiento mediante lombricultura que con compostaje. Con respecto a la porcínaza sólida destinada para la venta (4%), ninguna de las fincas lleva registro de cuántos kilos de porcínaza sólida produce al año para la venta, ni cuánto material compostado, humus o porcínaza seca utiliza para sus cultivos. Igualmente, no evalúan la calidad del material producido factor fundamental para determinar ausencia o exceso de nutrientes en el suelo que se traduce en focos de contaminación a cuerpos de agua, suelos y riesgos para la salud humana y animal.

5.2. GESTIÓN DEL AGUA EN LAS EXPLOTACIONES PORCÍCOLAS

Los mayores consumos de agua registrados en las fincas evaluadas, corresponden a predios cuya principal actividad es la porcicultura seguido de la caficultura en la cual el tamaño de las fincas se encuentra entre 0,5 y 5 ha con un

promedio de 65 m³/mes cada una. Sin embargo, no fue posible establecer el consumo de agua en toda la muestra debido a la existencia de fincas con facturación fija de acueducto por lo que no se cuantifica su consumo, sumado el 13% de la muestra cuyo abastecimiento proviene de nacimientos naturales. En este sentido, las fincas no tienen en marcha un plan de medición del agua utilizada para la actividad porcina, aunque este factor se encuentre contemplado y regido por la autoridad ambiental en los planes de manejo ambiental o en la adopción de prácticas de producción más limpia.

Según el MAVDT et al (2002), las granjas porcinas deben tener un plan de seguimiento y monitoreo relacionado con la evaluación del consumo de agua por parte de la finca, por lo cual plantea que debe registrarse su consumo considerando dos factores: 1) inventario promedio en número (animal-día) durante el período y 2) promedio en kilos de población porcina en pie (kilos/día). Dicha información permite calcular el consumo diario de agua por individuo y por kilo de población porcina en pie (litro/animal y litro/kg-peso vivo) con intervalos no mayores a un mes. En este sentido, solamente una de las fincas evaluadas adelanta programas de ahorro y uso eficiente del agua, debido a que en general en la muestra no se lleva registro ni control de consumo de agua siendo difícil evaluar con efectividad medidas tendientes a disminuir o valorar este recurso.

▪ **Importancia del uso y medición del agua en las explotaciones porcícolas**

La cantidad y calidad del recurso hídrico en las explotaciones porcícolas radica en los sistemas de captación, conducción, almacenamiento y distribución del agua. Así mismo, la cantidad de agua usada en la actividad porcina depende fundamentalmente de factores como: cantidad de cerdos, tamaño y edad fisiológica; temperatura ambiental; estado y mantenimiento de sistemas de tuberías, mangueras y bebederos; actitud del personal; y los sistemas de manejo de excretas.

En términos generales como lo plantea ACP et al (1996), se requiere un máximo de 30 litros por cerdo-día en una explotación de cría, levante y ceba; 35 litros cuando la granja es de cría y levante, y 20 litros cuando solo se incluye la etapa de ceba. No obstante, el manejo de los factores anteriores pueden determinar que en la granja se mejore la eficiencia en el uso de este recurso o que se mal-utilice llegando a gastos superiores del 30% de las cifras mencionadas. En este sentido para lograr la máxima eficiencia en el uso del agua, es necesario dar un permanente mantenimiento que permita tener un funcionamiento óptimo de tuberías, canillas y bebederos en donde las mangueras usadas en el aseo deben contar con una válvula en el extremo que manipula el trabajador que evite el desperdicio en los momentos en que no haya operación del instrumento.

Así mismo, la importancia de medir el consumo de agua en una explotación porcina radica que en sí éstas no requieren grandes cantidades de agua para su

funcionamiento, por lo cual los altos consumos que se tienen en algunas explotaciones son causados por el mal funcionamiento de la red de distribución o por el mal estado de las instalaciones y principalmente por la falta de conciencia de los operarios encargados de las labores de aseo (ACP, 2004). Por ende, para lograr una racionalización en el uso del recurso hídrico por las explotaciones porcinas, es necesario instalar un contador de agua que permita conocer la cantidad de agua consumida en la explotación realizando mediciones mensuales para calcular el consumo por cerdo alojado. Igualmente, toda finca debe contar con un sistema de almacenamiento que cumpla al menos las siguientes condiciones: una capacidad equivalente a no menos de tres días de consumo; debe estar construido en material que permita el aseo y desinfección rutinarios; la conducción y distribución debe hacerse por medio de tubería (PVC o metálica).

Por último, la legislación ambiental obliga a los usuarios del recurso hídrico a solicitar una concesión de agua (Decreto 1541 de 1978) para tener derecho a su uso y además obligan a las autoridades a cobrar a los productores determinadas tasas por el uso de la misma. En este sentido, tener un plan de seguimiento y monitoreo relacionado con la evaluación del consumo de agua en la explotación, permite tomar decisiones respecto a las medidas de manejo ambiental que conlleven a mejorar la eficiencia de la explotación obteniendo beneficios como:

- 1) Disminuir los costos por consumo de agua (en el caso de productores con acueducto sin tarifa fija);
- 2) Disminuir pago por el recurso que no se está usando (tasas de uso de agua);
- 3) Evitar o disminuir cobro de tasas retributivas por vertimientos al reducir el volumen de residual a manejar.

Por consiguiente, las alternativas de manejo deben enfocarse a factores críticos relacionados con el uso del agua en la actividad y el manejo de los residuos líquidos y sólidos producidos en la misma.

5.3. MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL

Considerando que las situaciones evaluadas en la muestra involucran el recurso agua como factor determinante en el desarrollo de la actividad porcícola, es necesario apuntar hacia los objetivos del desarrollo sostenible que busca el crecimiento económico del sector y al mismo tiempo elevar la calidad de vida, pero sin agotar los recursos renovables ni deteriorar el medio ambiente. Lo anterior se consigue a través de un desarrollo tecnológico que aplique métodos limpios y con una eficaz y eficiente gestión, tanto en lo productivo como en lo ambiental.

Por ende y de acuerdo a CNPML et al (2004), las medidas de manejo ambiental deben partir de tres fases importantes: reducción en la fuente, reciclaje y re-uso, y por último tratamiento y disposición final de los residuos.

- **Reducción en la fuente**: se refiere a cambios en los procesos, los cuales pueden o no implicar costos o son reducidos; entre ellos se encuentran las buenas prácticas operacionales, mediante la optimización de los recursos como la sustitución de material primas e insumos contaminantes, la adquisición de tecnologías apropiadas y la planificación de la granja como empresa agropecuaria.
- **Reciclaje y re-uso**: corresponde a la recuperación, re-uso y reciclaje de materiales o subproductos generados de la explotación y proceso productivo los cuales pueden ser utilizados tanto dentro o fuera de la granja porcícola.
- **Tratamiento y disposición final de los residuos**: principalmente tecnologías que involucran el tratamiento y disposición final antes de ser descargados hacia un cuerpo receptor.

5.3.1. Reducción en la fuente

SITUACIÓN OBSERVADA	ALTERNATIVA DE MANEJO	BENEFICIOS ECONÓMICOS POTENCIALES	BENEFICIOS AMBIENTALES POTENCIALES	INDICADOR
Excesivo consumo de agua durante las operaciones de limpieza de los corrales y la granja en general	Realizar barrido en seco de la porcinaza sólida previo del lavado de corrales.	Adquisición de un material rico en nutrientes para fertilización o enmienda sólida de suelos agrícolas o preparación de concentrados para bovinos y especies menores. Disminución en los costos de operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento	Reducción del consumo de agua en operaciones de lavado. Menor carga orgánica	Cantidad de porcinaza recogida /día.
	Instalar pistolas de presión y sistema de cierre en las mangueras de lavado.	Reducción del consumo de agua. Reducción de mano de obra al reducir tiempos de lavado.	Se reduciría el volumen de vertido líquido a tratar.	Metros cúbicos de agua ahorrada al mes Litros agua /animal
	Mantenimiento de tuberías y sistemas de bebederos de agua.	Reducción en las pérdidas de agua. Mejor conversión alimenticia y ganancia de peso de los animales.	Disminución en la proliferación de moscas y malos olores al mantener los corrales más secos.	Litros agua /kg peso vivo Peso de material acondicionador resultante por camas
	Implementar sistemas de producción en camas blandas o profundas.	Aprovechamiento de material resultante para uso agrícola.	Reducción en el consumo de agua al interior de la granja.	No. de lotes por cama.
Manejo inadecuado de las materias primas utilizadas para alimentar a los animales	Fabricación de concentrados a partir de subproductos que reemplacen las viseras, mortalidad de aves y lavazas.	Disminución de costos de materias primas para la fabricación de concentrado Mejor calidad del producto a un mejor precio.	Reducción de problemas de salud presentes en los cerdos. Mayor homogeneidad del estiércol generado facilitando su manejo. Reducción de agua de lavado de corrales.	Consumo (kg) de alimento por animal Ganancia de peso (kg) diaria por animal

SITUACIÓN OBSERVADA	ALTERNATIVA DE MANEJO	BENEFICIOS ECONÓMICOS POTENCIALES	BENEFICIOS AMBIENTALES POTENCIALES	INDICADOR
Inadecuado control de insumos, recursos y producción de residuos líquidos y sólidos	Establecer indicadores ambientales de desempeño en cada una de las etapas de producción de cerdos	Reducción de costos fijos y variables de la empresa porcícola	Mejor control de los residuos producidos (líquidos y sólidos) ya que se mide la eficiencia en cada una de las etapas	Reducción del volumen de vertimiento en metros cúbicos al mes
Falta de segregación y aprovechamiento de las aguas lluvias	Canalización y almacenamiento de aguas lluvias en cada etapa productiva de la granja.	Reducción del volumen de vertido líquido Reducción costo de tratamiento del material residual Disminución en los costos por uso del agua lluvia en las operaciones de lavado	Reutilización de aguas lluvias dentro del proceso productivo, logrando minimización del volumen de vertido líquido a tratar.	Cantidad (l) agua lluvia captada por mes
Falta de registros de consumos de agua en las diferentes etapas de producción	Implementar un sistema de registro y monitoreo en cuanto a la cantidad de agua que se consume en la actividad	Ahorro en el consumo de agua en las diferentes etapas de producción	Reducción en el consumo del agua Reducción en el volumen de aguas residuales a manejar	Metros cúbicos de agua ahorrada al mes

5.3.2. Reciclaje y reuso

SITUACIÓN OBSERVADA	ALTERNATIVA DE MANEJO	BENEFICIOS ECONÓMICOS POTENCIALES	BENEFICIOS AMBIENTALES POTENCIALES	INDICADORES
Generación de grandes cantidades de residuos sólidos (estiércol, mortalidad, residuales del área de partos, residuos de empaques de medicamentos y concentrados)	Preparación de ensilaje para alimentación de rumiantes con la excreta porcina	Reducción de los costos de tratamiento y disposición final. Venta de subproductos	Minimización de malos olores. Reducción del residuo sólido generado.	Kilos de ensilaje producido por mes.
	Adecuación de cajones de compostaje, lombricultivos y lechos de secado.	Reducción en el costo de tratamiento y disposición de los residuos sólidos. Reducción en la compra y posibilidad de venta de fertilizantes orgánicos	Reducción del impacto ambiental al minimizar la carga orgánica vertida directamente sobre suelos	Peso de porcina tratada adecuadamente (Ton/mes)
Generación de grandes volúmenes de vertido líquido debido a los malos procedimientos de limpieza.	Producción de biogás a partir de los residuos generados por la porcicultura	Reducción en los costos de energía eléctrica, al usar el biogás en áreas de maternidad, labores de desinfección o uso doméstico	Mitigación en la contaminación de suelos, aguas y generación de olores Reducción de las emisiones de metano	Cantidad de m ³ de biogás producido día Ahorro de energía en Kwh/mes.
	Aplicación de los vertidos líquidos provenientes de las limpiezas de los corrales en tierras forestales o agrícolas de acuerdo a un estricto plan de fertilización técnica y ambiental y al Índice de Irrigación mensual	Reducción total o parcial de los costos de compra de fertilizantes especialmente las exigencias de nitrógeno en los suelos.	Reutilización de los vertidos líquidos que se generan en la producción porcina y que en algunos casos son descargados directamente a cuerpos de agua.	Volumen (l) del efluente por Área (Ha) fertilizada

5.3.3. Tratamiento y disposición final de residuos

SITUACIÓN OBSERVADA	ALTERNATIVA DE MANEJO	BENEFICIOS ECONÓMICOS POTENCIALES	BENEFICIOS AMBIENTALES POTENCIALES	INDICADORES
Se generan importantes cantidades de estiércol	Instalar trampas de sólidos previo a otros sistemas de tratamiento	Reducción en los costos de tratamiento de residuos	Segregación de los sólidos que se encuentran en el vertido líquido reduciendo DBO, DQO, SST en el agua.	Cantidad de residuos generados por día Resultados de laboratorio indicando el cumplimiento de los parámetros establecidos por la norma ambiental
	Recuperación de sólidos por medio de barrido en seco y limpieza periódica del sedimentador	Disminución en las tasas retributivas por vertimientos	Reducción en las emisiones de amoníaco, metano y sulfuro de hidrógeno, causantes de los malos olores.	
	Cuantificar la generación de residuos provenientes de las diferentes etapas de producción	Control y reducción del costo de tratamiento de residuos líquidos y sólidos	Disminución de riesgo de contaminación a cuerpos de agua.	

6. IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE DESARROLLO AMBIENTAL

Las alternativas de desarrollo se encuentran dirigidas a la implementación de medidas de producción más limpia la cual es entendida como *“la aplicación práctica y permanente de conocimientos, métodos o técnicas y tecnologías dirigidas a desarrollar medidas ambientales preventivas e integradas en los procesos y productos que redunden en un mejoramiento continuo de la actividad porcícola”* (Corpoboyacá, 2003). Por consiguiente, es importante caracterizar y evaluar el estado de adopción de estas alternativas al interior de las fincas, así como presentar los factores a tener en cuenta para mejorar su aplicación, rendimiento y productividad del sistema desde lo técnico, ambiental y social del mismo.

En este sentido, teniendo en cuenta situaciones observadas como: la falta de adopción de sistemas de tratamiento y disposición final de residuos; deficiencias en el manejo de sistemas de tratamiento en operación y mantenimiento; y el uso inadecuado de porcinaza líquida (fertilización de pastos); se plantea la caracterización de las medidas de producción más limpia adoptadas en las granjas evaluadas.

Posteriormente, se presenta el enfoque de las “Estrategias de Desarrollo Ambiental” sugerido a partir de la situación analizada.

6.1. TRATAMIENTO FÍSICO: Separación de sólidos- líquidos:

MEDIDA	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	SITUACIONES NEGATIVAS OBSERVADAS	PROCESOS A IMPLEMENTAR	RESPONSABLE ¹⁰
Barrido en seco	Retención del estiércol mediante raspado (paleo). Requiere patios de secado	Reducción en el consumo de agua. Puede usarse para alimentación animal o fertilización de suelos.	Demanda mano de obra	Capacitación al productor en los beneficios y usos de la porcínaza sólida desde lo técnico, ambiental y económico de la actividad	Productor ACP
Con base en la gravedad (Tanques de sedimentación)	Instalación de uno o varios tanques de sedimentación previos al sistema de tratamiento. Requiere patios de secado	Remueve hasta 40% de sólidos (ACP, 2004)	Problemas de malos olores o proliferación de moscas por falta de mantenimiento	Asesoría al productor en el diseño, instalación, operación y mantenimiento de tecnologías acorde al tamaño y demanda de la granja	Secretarías de agricultura municipal

¹⁰ En el Marco Teórico y estado del arte (Cuadro 4) se encuentra las áreas de participación de cada actor en el sector porcícola

6.2. TRATAMIENTO PRIMARIO

MEDIDA	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	SITUACIONES NEGATIVAS OBSERVADAS	PROCESOS A IMPLEMENTAR	RESPONSABLE
Tanque estercolero	Almacenamiento de porcinaza líquida para fertilización de cultivos, principalmente pastos	Mejoramiento de las condiciones del suelo Bajo costo en operación e instalaciones	-Contaminación de suelos y cuerpos de agua por escurrimiento del efluente (sobresaturación de suelos) -No hay consistencia en los períodos de aplicación especialmente en épocas de invierno.	-Establecimiento de planes de fertilización técnica y ambiental de acuerdo a la demanda de agua de la zona (RNI). -Adopción de sistemas de pre-tratamiento (T. sedimentador, barrido en seco) y post-tratamiento (lagunas, plantas acuáticas) para disminuir la carga orgánica y nutrientes. - Implementación de sistemas de producción alternativa en camas profundas o blandas en áreas de ceba para disminuir el volumen vertido. -Aprovechamiento de la excreta sólida en alimentación animal o fabricación de humus para disminuir el volumen y carga orgánica vertida -Capacitación al productor en programas de transferencia de tecnologías de PML	Productor Academia Secretarías de agricultura municipal ACP CAR's Asociaciones de productores

6.3. TRATAMIENTOS SECUNDARIOS Y TERCARIOS

MEDIDA	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	SITUACIONES NEGATIVAS OBSERVADAS	PROCESOS A IMPLEMENTAR	RESPONSABLE
Biodigestores plásticos de flujo continuo	Digestión anaeróbica	Producir CH ₄ (energía) Reducción hasta de 70% de materia orgánica (CIPAV, 1998) Reducir patógenos y malos olores. Mejor fertilizante para suelos agrícolas	Problemas en operación y mantenimiento de los biodigestores. No hay producción de biogás por fallas en la carga del sistema.	Revisión periódica del biodigestor y efluente resultante. Capacitación al productor y operarios de la granja en la operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento.	Productor ACP Secretaría de Agricultura municipal
Humedales artificiales	Posterior a los biodigestores, tanques de sedimentación o tanques sépticos	-Elimina contenido en nutrientes, especialmente amonio. -Facilita un entorno adecuado para la degradación de los compuestos orgánicos. Generación de subproductos para la alimentación animal	Tanto productores como operarios muestran desconocimiento en el tema	Capacitación al productor en programas de transferencia de tecnologías de PML	ACP Secretaría de Agricultura Departamental Secretaría de Agricultura Municipal
Lagunas de estabilización (facultativas)	Tratamiento natural de depuración de aguas residuales mediante la estabilización, degradación y descomposición de la excreta	Ideal después del tanque estercolero, sedimentador, séptico, biodigestor, para bajar carga contaminante y utilizarlo en fertilización de potreros	-Requiere grandes extensiones de tierra -Tanto productores como operarios muestran desconocimiento en el tema		ACP Academia

6.4. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

MEDIDA	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	SITUACIONES NEGATIVAS OBSERVADAS	PROCESOS A IMPLEMENTAR	RESPONSABLE
Compostaje	Descomposición aeróbica del compuesto	Eliminar/estabilizar materia orgánica. Reducir patógenos. Obtener abono orgánico de calidad. Factible de mercadear Eliminación de olores y moscas	Requiere disponibilidad de superficie Demanda mano de obra		ACP
Vermicomposta	Estabilización de la fracción sólida de excretas de animales a partir del cultivo de lombriz roja de California.	Generación de abono de alto valor como acondicionador del suelo. Factible de mercadear Generación proteína animal para alimentación de aves	Requiere cuidados especiales relacionado al manejo de humedad de las camas Demanda mano de obra	-Capacitación al productor en programas de transferencia de tecnologías de PML	Secretaría de Agricultura Departamental Secretaría de Agricultura Municipal
Ensilaje	Producto resultante de la preservación anaeróbica de residuos sólidos de excretas porcina	-Aceptado por el animal (bovino) -Pérdida mínima de nutrientes -Fácil almacenaje -Patógenos pueden ser eliminados después de 20 días -control de malos olores	-Requiere adición de forraje o grano molido -Incrementa la mano de obra por la recolección, transporte, tiempo de ensilaje -Requiere superficie para almacenaje		ACP Academia

6.5. ENFOQUE ESTRATEGIAS DE DESARROLLO AMBIENTAL

	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Declaración de la primera zona libre de peste porcina clásica PPC en el país. 2. Aumento de las exportaciones en mercados de alta calidad. 3. Oportunidad de comercialización en el mercado de abonos orgánicos. 4. Fortalecimiento de proyectos de ganadería ecológica. 5. Tendencia al aumento del consumo de la carne de cerdo en los últimos años. 6. Nuevo marco normativo que reglamenta las condiciones sanitarias y de inocuidad en la producción primaria de ganado porcino. 7. Recursos del FNP destinados para la investigación, transferencia de tecnología y capacitación de productores de la actividad porcina. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incremento en el costo de materias primas. 2. Fluctuación del precio del producto porcino en el mercado. 3. Baja cobertura de los entes de control ambiental sobre la operación de las granjas porcinas. 4. Bajo nivel de asesoramiento técnico a los productores en cuanto a sistemas alternativos de producción. 5. Bajo índice de organización o asociación de productores. 6. Baja información al productor sobre análisis del sector primario, mercados y sistemas de pronóstico de oferta de ganado porcino. 7. Falta de homogeneidad en los criterios ambientales aplicados por las distintas CAR's para la evaluación del desempeño de las granjas porcícolas 8. Falta de acoplo interinstitucional entre los actores del gremio.
FORTALEZAS	ESTRATEGIAS (FO) (maxi-maxi)	ESTRATEGIAS (FA) (maxi-mini)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponibilidad de superficie y condiciones agroecológicas y climáticas para producción agrícola y establecimiento de praderas de alta eficiencia. 2. Existencia de sistemas de manejo y aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos en diferentes niveles de adopción. 3. Disponibilidad de subproductos industriales y agrícolas como fuentes de proteína, fibra y energía para la alimentación porcina. 4. Oferta hídrica para el desarrollo de la actividad. 5. Presencia de instalaciones en buenas condiciones con potencial de mejora en cuanto a equipos, estructura de galpones y jaulas. 6. Generación de energías alternativas renovables (biogás) que disminuyen costos de operación en las granjas. 7. Generación de acondicionadores orgánicos para el suelo a través de la implementación de técnicas de compostaje o lombricultura. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suministrar Información, capacitación y sensibilización en la adopción de BBP, PML y transferencia de tecnologías al productor como primer eslabón de la cadena porcícola. 2. Capacitación a los productores, organismos de control y del gremio porcino sobre la implementación del nuevo marco normativo de sanidad y control ambiental. 3. Generación de canales de comercialización de subproductos (compost y humos). 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Capacitación a los productores en técnicas de fabricación de concentrados con subproductos agrícolas o industriales que no afecten la sanidad del animal ni en el ambiente. 5. Fomentar y fortalecer las asociaciones de porcicultores en nódulos o células territoriales apoyadas por la ACP. 6. Fortalecer los mecanismos de capacitación, seguimiento y control del sector porcino como medida para regular la aplicación de la normatividad.

DEBILIDADES	ESTRATEGIAS (DO) (mini-maxi)	ESTRATEGIAS (DA) (mini-mini)
<ol style="list-style-type: none"> 1. No hay cuantificación del consumo de agua utilizado en cada una de las áreas productivas de la granja para consumo animal y lavado así como registro de la cantidad de residuos generados. 2. Falta de planificación de las granjas como empresas agropecuarias; entre más pequeño es el productor mayor es el grado de desorganización de la actividad. 3. Presencia de granjas con demanda de infraestructura para el manejo de los residuos. 4. Descarga de residuos líquidos y sólidos sin tratamiento al suelo y cuerpos de agua. 5. Deficiencias operacionales en cuanto al manejo de la porcínaza sólida recolectada en los sistemas de pre-tratamiento. 6. Los sistemas de tratamiento de los residuos líquidos se encuentran operando parcialmente con presencia de fallas técnicas y de diseño. 7. Fertilización con porcínaza líquida en potreros sin conocimiento técnico de los operarios y dueños en la adopción de esta modalidad (volumen del efluente producido y área disponible para fertilizar). 8. Ausencia de sistemas de monitoreo para la caracterización de las aguas residuales; por ende, no se puede determinar si estas aguas son óptimas para utilizarse en programas de fertilización agrícola. 9. Falta de capacitación en el manejo (operación y mantenimiento) de sistemas de tratamiento como tanques sedimentadores, biodigestores y tanques estercoleros. 10. Deficiencias operacionales en sistemas alternativos de producción como el manejo de camas profundas, lo cual hace inasequible económicamente la adopción de esta tecnología de PML. 11. Alimentación de porcinos con residuos de la alimentación humana (lavazas) o con vísceras y mortalidad de la actividad avícola. 12. No hay aprovechamiento de aguas lluvias en las labores de lavado de instalaciones. 13. No hay aprovechamiento de la excreta porcina en la alimentación de rumiantes. 14. Dificultades en la integración de la actividad porcina a otras actividades agropecuarias al interior de la finca. 15. Falta capacitación de los operarios o empleados y compromiso de los dueños de los predios. 	<ol style="list-style-type: none"> 7. Fomentar la planificación estratégica en cada una de las granjas bajo un modelo de empresas agropecuarias. 8. Fortalecimiento de los programas de uso y ahorro eficiente del agua al interior de la granja. 9. Capacitación y asesoría técnica en la implementación y operación de sistemas de tratamientos de excretas líquidas y sólidas. 10. Capacitación y asistencia técnica en la adopción de infraestructura viable en cada área de producción de la granja. 	<ol style="list-style-type: none"> 11. Gestionar apoyo técnico y tecnológico a nivel departamental, regional o nacional en la adopción de estrategias de producción más limpia. 12. Fomentar el desarrollo de proyectos de índole interinstitucional enfocados a la gestión del agua en el sector porcícola. 13. Capacitación y asesoría técnica en la adopción de sistemas alternativos de producción "Deep Bedding" con énfasis en la rentabilidad del sistema por ahorro de agua y valor agregado del material resultante para fertilización orgánica.

7. CONCLUSIONES

- En primera instancia, las explotaciones porcícolas evaluadas carecen de sistemas de monitoreo para la caracterización de aguas residuales, lo cual es necesario para estimar los niveles de contaminación que serán vertidos en un cuerpo receptor (agua o suelo), elegir el tipo de tratamiento más adecuado para el manejo de los residuos o determinar su uso en riego agrícola de acuerdo a los contenidos de nutrientes permisibles para cada cultivo.
- La modalidad de producción porcino-pastos-bovino, de mayor representatividad en las fincas evaluadas, obedece a la racionalidad del productor de manejar los residuos líquidos bajo un sistema de fácil adaptación en la medida que reduce los costos en fertilización de pastos e incrementa la carga animal. Sin embargo, para este tipo de manejo es fundamental determinar el contenido de nitratos en la excreta porcina antes de su aplicación para prevenir un exceso que permita la lixiviación de contaminantes hacia cuerpos de agua.
- El tamaño y tipo de los sistemas de tratamiento se relaciona directamente con el volumen de agua residual generada, lo cual a la vez se relaciona con los costos de inversión inicial. En la práctica, se encontró que los porcicultores no llevan registro de la cantidad de agua que utilizan, dado que la mayoría de las fincas no cuentan con medidores o planes de medición que contemplen esta actividad dada la gratuidad del servicio o su bajo costo en acueductos rurales; por tal razón, es importante que los productores establezcan mecanismos para una determinación precisa de la cantidad de agua utilizada en cada uno de los procesos lo que facilitará no solo la elección óptima del sistema de tratamiento, sino las medidas a implementar para el ahorro en el uso del agua de la granja.
- En las fincas evaluadas, se encontraron deficiencias operacionales en el manejo de sistemas de tratamiento y disposición de residuos líquidos y sólidos, debido a que no se tiene conciencia ambiental o conocimiento en cuanto a la optimización de los recursos (agua y suelo) y el aprovechamiento de los residuos para la producción de energía renovable (biogás), acondicionadores de suelo a través de técnicas de compostaje y

lombricultura o el aprovechamiento de la excreta en la alimentación de rumiantes.

- La segregación de aguas lluvias y aguas residuales es un factor crítico en el desarrollo de la actividad debido a que éstas son generadas durante el proceso de limpieza de los corrales aumentando el volumen del vertido líquido a tratar y elevando los costos de tratamiento y disposición de los residuos; igualmente, debido a la falta de registros y control del consumo de agua en las explotaciones porcinas no es posible evaluar con efectividad las medidas tendientes a disminuir o valorar este recurso.
- El problema de la contaminación causada por las excretas porcinas puede convertirse en una oportunidad en cuanto dejen de considerarse como un residuo y se valore en su dimensión de acuerdo al contenido de energía, materia orgánica y nutrientes que poseen; esto se puede lograr en la medida en que la producción porcina se integre a otro tipo de producción agropecuaria que permita el uso de dichos productos adecuadamente, por lo cual los sistemas de tratamiento y los elementos que los conforman pueden ser empleados estratégicamente para cerrar ciclos, disminuir fugas y necesidad de insumos, lo que desde el punto de vista económico permitiría no solo evitar o reducir el pago de tasas retributivas, sino el generar un ingreso y/o evitar un egreso del presupuesto del productor.
- Igualmente, tener un plan de seguimiento y monitoreo relacionado con la evaluación del consumo de agua en la granja porcícola permite tomar decisiones respecto a las medidas de manejo ambiental y obtener beneficios como la disminución de cobros por uso de agua, tasas retributivas y tarifas de acueducto mejorando la rentabilidad de la actividad.
- Por último, las alternativas de manejo que deben ser planteadas a nivel del productor para el control de la contaminación en sus fincas, deben de tener un costo moderado coherente con la producción, culturalmente adoptables, de fácil operación y manejo y acorde a factores endógenos (condiciones climáticas) de cada zona; lo anterior, garantizaría mayor eficiencia en las alternativas empleadas siendo posible acoger sistemas de tratamiento de tal modo que los sólidos generados se vendan o incorporen en actividades agrícolas o pecuarias y las aguas residuales después del tratamiento pueden ser empleadas sin riesgo en la fertilización de pastos sin originar descargas a cuerpos de agua que puedan perjudicar al ambiente.

8. RECOMENDACIONES

- La medición del consumo de agua en las fincas es un factor clave en la búsqueda de alternativas de manejo, por lo cual un sondeo de la relación costo-beneficio en la implementación de la micro-medición, sería un elemento relevante en la identificación de los efectos tanto negativos como positivos en la instalación de dicha tecnología.
- Es común que en las explotaciones porcícolas se dispongan los residuos como abono directamente al suelo de manera incorrecta, sin tener en cuenta las características de los suelos, las necesidades nutricionales de los cultivos y las características físico-químicas del residuo, motivo por el cual es necesario una divulgación más efectiva de los parámetros explicados dentro de La Guía Ambiental del Sector Porcícola, tanto por los actores encargados directamente de la regulación y control, como de los relacionados con la actividad agropecuaria y la academia.
- En particular, en la cuenca del río La Vieja Se debe realizar un trabajo conjunto con las entidades gubernamentales y privadas para organizar el 100% de la actividad porcícola en forma formal y acabar con los productores informales que producen la mayor contaminación en el subsector. Esto se logra en la medida en que los programas de transferencia de tecnología e investigación, se hagan efectivos y consecuentes con la realidad del productor y de cada zona dentro de la cuenca.

14. BIBLIOGRAFÍA

Asociación Colombiana de Porcicultores; Corporación Autónoma Regional Rionegro, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. Ministerio de Medio Ambiente. 1996. Manejo de elementos de la producción porcina que pueden causar efecto ambiental. Convenio de concertación para una producción más limpia entre el sector porcícola y ambiental del departamento de Antioquia.

Asociación Colombiana de Porcicultores; Corporación Autónoma Regional del Quindío; Corporación Autónoma Regional de Risaralda; Corporación Autónoma Regional de Caldas. 2004. Manejo ambiental para granjas porcícolas de pequeños productores.

Capra, G. Echenique, A. Bauza, R. Petrocelli, H. 2003. Sistemas de producción de cerdos en Uruguay. Revista Plan Agropecuario. Homepage < <http://www.inia.org.uy/publicaciones>>. Fecha de consulta: Noviembre de 2008.

Cárdenas, E. 2002. Sistemas de producción bovina en Colombia. En: Álzate, H; Parra, L. Medicina Veterinaria y Zootecnia en Colombia. Bogotá, Colombia. Pág. 563 – 576.

Cárdenas, E; Castro, E. 2005. Adaptation, compatibility and acceptability of grass-legume pastures in the Andean region of Colombia. In: XX International Grassland Congress: Offered papers. Dublin College University. Dublín, Irel.

Castrillón, O; Jiménez, R; Bedoya, O. 2007. Porquinaza en la alimentación animal. Ingeniería Agrícola. Universidad Lasallista. Línea de Investigación Bioprocesos. Semillero de investigación sobre Materia Orgánica.

Centro Nacional de Producción Más Limpia del Salvador (CNPML); Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 2004. Diagnóstico inicial del sector porcicultor. Salvador.

Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV, 2002. Biodigestores plásticos de flujo continuo. Investigación y transferencia en países tropicales. Cali.

Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). 1998. Descontaminación de aguas servidas en la actividad agropecuaria. Cali.

Chará, J. 2004. El potencial de las excretas porcinas para uso múltiple y los sistemas de descontaminación productiva. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV).

Corporación Autónoma Regional del Quindío; Corporación Autónoma Regional del Risaralda; Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. 2006. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río La Vieja: Diagnóstico.

Corporación Autónoma Regional de Boyacá. 2003. Manejo ambiental en pequeñas explotaciones porcícolas.

Cuevas, L. (2008). Producción porcina en Deep Bedding (cama profunda). Asociación Colombiana de Porcicultores.

Drucker, A; Escalante, R; Gómez, V; Magaña, S. 2003. La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales. En: Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía. Vol. 34, núm. 135, X-XII / 2003. Págs. 106-124.

Gobernación del Quindío. 2004. Evaluaciones agropecuarias del Quindío: Sector porcícola.

Gobernación de Risaralda. 2006. Evaluaciones agropecuarias municipales, Secretaría de desarrollo agropecuario.

Guerrero, J; Monsalve, J. 2006. El compostaje como una estrategia de producción más limpia en los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda. Grupo de investigación en Producción Más Limpia. En: Scientia et Technica Año XII, No 32, diciembre de 2006. UTP. ISSN 0122-1701. Págs. 469-474.

González, L. 2007. Estudio ambiental de granjas porcícolas de la Unión Temporal de Porcicultores del Quindío. Universidad La Gran Colombia. ACP. Armenia.

GWP, 2000. Gestión Integrada del recurso hídrico. En: Universidad del Valle, Universidad Tecnológica de Pereira, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Proyecto: "Desarrollo de un modelo para la gestión integrada de recursos hídricos, que promueva la equidad, la reducción de la pobreza el desarrollo del país, bajo el concepto de desarrollo sostenible": Informe primer taller de la alianza para el aprendizaje, nodo norte. Pereira, 2007.

Heras, R. 1992. Manual de Hidrología. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid.

Herrera, C; Peralta, J. 2005. Recomendaciones técnicas para la gestión ambiental en el manejo de purines de la explotación porcina: valoración de las excretas porcinas. Capítulo 2.

Instituto Colombiano Agropecuario. 2008. Censo porcino del Quindío: período 2006-2007. Programa de erradicación de peste porcina clásica (PPC). Armenia.

Instituto Colombiano Agropecuario. 2008. Censo porcino del Risaralda del 2006. Programa de erradicación de peste porcina clásica (PPC). Pereira.

Lerma, H. 1999. Metodología de la Investigación: diseño metodológico.

Ministerio del Medio Ambiente; Sociedad de Agricultores de Colombia; Asociación Colombiana de Porcicultores. 2002. Guía Ambiental para el Subsector Porcícola.

Ministerio de Agricultura; Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 2002. Generación de información local en aplicación de purines de cerdo al suelo como apoyo a la implementación de los acuerdos de producción limpia. Informe técnico anual. Chile.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2008. Simple methods for aquaculture. Permeabilidad del suelo. Homepage FAO. <ftp://ftp.fao.org/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm>. Fecha de consulta: Julio de 2008.

Parra, J. 2008. Planeación Estratégica Territorial. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Univirtual.

Pedraza, G; CHARÁ, J. 1997. Aspectos técnicos y conceptuales en la descontaminación productiva de aguas. Memorias del V Seminario-Taller Internacional en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. CIPAV. Cali.

Peralta, J; Araya, A; Herrera, C. 2005. Recomendaciones técnicas para la gestión ambiental en el manejo de purines de la explotación porcina: Manejo de los purines porcinos y tecnologías aplicables. Capítulo 1.

Pérez, R. 2007. Porcicultura intensiva y medio ambiente en México: Situación actual y perspectivas. Universidad Nacional Autónoma de México.

Pérez, M. 2004. Política Cubana de recuperación de todo tipo de desperdicios y subproductos para la producción porcina y saneamiento ambiental. Instituto de Investigaciones Porcinas. Ciudad de la Habana. Homepage FAO <http://www.fao.org/ag/frg/APH134/cap_10.htm>. Fecha de consulta: Noviembre de 2008.

Ramírez, G. 2008. Manejo de excretas porcinas: Sistemas convencionales y alternativos. Departamento de Producción Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia –UNAM. Homepage Community of International Business Related to Animal Production. <www.engormix.com/s_articles_view.asp?AREA=POR&art=375>. Fecha de consulta: Junio de 2008.

Rivas. R. Propuesta de un modelo operativo para la estimación de la evapotranspiración. Universidad de Valencia. Penman – Monteith FAO.

Sánchez, M. 2001. Utilización agrícola del estiércol licuado de ganado porcino: método rápido de determinación del valor fertilizante. Establecimiento de las bases para el diseño de un óptimo plan de fertilización. Universidad de Valladolid: Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia.

Stanziola, M. 2008. Producción más limpia: oportunidades y alternativas. Apoyo a la República de Honduras para el cumplimiento ambiental en el DR-CAFTA. Manejo integrado de recursos ambientales. Homepage USAID/MIRA. <http://www.mirahonduras.org/pml/docs/TEMA_3_OPORTUNIDADES_DE_P+L.pdf>. Fecha de consulta: Septiembre de 2008.

Téllez, G; Cubillos, A; González, C; Moreno, F; Bustamante, C. 2004. Métodos, técnicas y herramientas para una gestión moderna de las empresas ganaderas. Grupo de investigación en gestión integral de empresas ganaderas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Universidad de La Sabana. 2005. Ventanilla Ambiental. Manual de criterios y metodologías para la formulación de metas ambientales.

Universidad del Valle; Universidad Tecnológica de Pereira; Centro Internacional de Agricultura Tropical. 2007. Proyecto: “Desarrollo de un modelo para la gestión integrada de recursos hídricos, que promueva la equidad, la reducción de la pobreza el desarrollo del país, bajo el concepto de desarrollo sostenible”: informe primer taller de la alianza para el aprendizaje, nodo norte. Pereira.

Zaror, C. 1998. Introducción a la Ingeniería Ambiental. Chile.

ANEXOS

ANEXO 1. FORMULARIO DE LA ENCUESTA REALIZADA EN LAS FINCAS EVALUADAS

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA – FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

PROGRAMA ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE “CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN Y USO DEL AGUA EN EL SUBSECTOR PORCÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA (DEPARTAMENTOS DE QUINDÍO Y RISARALDA)

Confidencialidad: Los datos que se solicitan en este formulario son confidenciales y en ningún caso tienen fines comerciales, de tributación fiscal, de investigación judicial o cualquier otro diferente del propiamente estadístico. Ley 79 del 20 de octubre de 1993. Su único fin es de índole académico.

CAPITULO I. UBICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTREO

1. Departamento: _____
2. Municipio: _____
3. Vereda / Corregimiento: _____
4. Nombre del Predio: Urbano _____ Rural _____
5. Localización del predio: _____
6. Nombre del Encuestado: _____
7. Teléfono de contacto: _____
8. E-mail: _____
9. El encuestado es: Propietario _____ Arrendatario _____
Administrador _____ Otro _____

CAPITULO II. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA (Lo encontrado el día de la entrevista)

10. Área total de la finca: _____
11. Enumere en orden de importancia sus actividades productivas:
 - Ganado porcino _____
 - Ganado bovino _____
 - Ganado ovino _____
 - Caficultura _____
 - Frutales _____
 - Otro, cual _____
12. Área destinada para la actividad porcícola (m²): _____
13. Capacidad instalada (m²): _____
14. Tipo de granja: Ceba: _____ Cría: _____ Ciclo completo: _____
15. Cantidad de animales:
 - Cerdas madre: _____
 - Cerdas de reposición: _____
 - Lechones lactantes y precebo: _____
 - Cerdos en levante: _____
 - Cerdos en ceba: _____
 - Reproductores: _____
 - TOTAL: _____
16. Capacidad instalada de la granja: _____

17. Manejo de las instalaciones dentro del proceso productivo: Piso convencional, ranurado, cama: _____
 Lavado de galpones: _____
 Barrido en seco: _____
 Espejo de agua: _____
 Otro: _____
 Observaciones: _____

18. Lleva registro del proceso productivo: Si: _____ No: _____
 Qué tipo de registro: _____

19. Alimentación de los cerdos:

Lavazas _____
 Residuos de cosecha: _____
 Subproductos industriales: _____
 Concentrado: _____

20. OBSERVACIONES: _____

CAPITULO III. USO Y GESTIÓN DEL AGUA

21. Suministro del agua:

Pozo _____
 Acueducto _____
 Corriente de agua: (Ríos, quebradas, arroyo, nacimiento) _____
 Aguas lluvias _____

ACUEDUCTO

No. Usuarios: _____
 Nombre: _____
 Cobertura: _____

22. Fuente de abastecimiento: _____

23. Nombre fuente receptora: _____

24. Problemas con la continuidad del agua: SI _____ NO _____
 Cuáles: _____

25. Tiene concesión de agua tramitado ante la CAR SI _____ NO _____

26. Permiso de vertimiento SI _____ NO _____

27. Tiene medidor SI _____ NO _____

28. Lleva registro de cuánta agua consume dentro de su proceso productivo SI _____ NO _____

Registro del medidor el día de la entrevista: _____

Registro del medidor el día siguiente a la entrevista a la misma hora: _____

29. Tratamiento de agua SI _____ NO _____

30. Paga tasa retributiva: SI _____ NO _____

Cuánto _____

Desde cuándo _____

31. Utiliza riego SI _____ NO _____

Cuánta área (Ha) _____

Tipo de riego (goteo, aspersión, gravedad, micro aspersión) _____

32. Recolección aguas lluvias en la finca SI _____ NO _____

33. Separación de aguas lluvias del agua de lavado de instalaciones SI _____ NO _____

CAPITULO IV. MANEJO DE LA PORCINAZA

34. PORCINAZA SÓLIDA:

Compostaje _____
Secado _____
Lombricultivo _____

CARACTERÍSTICAS: _____

Sin Manejo: _____ Por qué: _____
Escasos recursos: _____ Carencia de asistencia técnica: _____
Desinterés del productor: _____ Otra: _____

35. PORCINAZA LÍQUIDA:

Vertimiento al suelo _____
Vertimiento al agua _____
Fertilización: (potreros, frutales, otros) _____
Alimentación animal (rumiantes, especies menores) _____
Venta _____
Otro (especificar) _____

36. Sistema de tratamiento previsto para la porcinaza líquida:

Tanque sedimentador _____
Tanque Séptico _____
Tanque estercolero _____
Biodigestor _____
Laguna _____
Ninguno _____
Otro _____

Características: _____

Funcionamiento: _____

37. Fertilización Flujo continuo: _____ Flujo intermitente: _____

38. Área destinada para fertilización (Ha): _____

39. Tipo de cultivo que fertiliza: _____

40. Cantidad de la porcinaza utilizada para fertilización (%): _____

41. Frecuencia de la fertilización: _____

42. Sistema o modalidad para fertilizar: (Ej: Líquida por gravedad): _____

43. OBSERVACIONES: _____

CAPITULO V. COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO

44. Pertenece a una cooperativa o asociación que le ayude a comercializar su producto:

SI _____ NO _____

Especificar: _____

Hace cuánto: _____

45. A quién vende su producto:

Cooperativa _____

Asociación _____

Intermediario _____

Venta directa _____

46. En dónde comercializa su producto:

Vereda _____

Municipio _____

Departamento _____

Nacional _____

Otro: _____

CAPITULO VI. DESARROLLO RURAL

47. Número de empleos generados por la actividad: _____

48. Promedio salarios: _____

Menor a \$250.000 mensuales _____

Entre 250.000 – 450.000 mensuales _____

Entre 451.000 – 650.000 mensuales _____

Entre 651.000 – 850.000 mensuales _____

Mayor a 850.000 mensuales _____

49. Continuidad del negocio:

Más de cinco años _____

Entre tres y cinco años _____

Entre uno y tres años _____

Menor a un año _____

50. Número de empleados permanentes _____

51. Número de empleados transitorios _____

52. Otra actividad lucrativa desarrollada por el productor:

Jornales agrícolas fuera de la finca (maquinista, recolector, operario) _____

Jornales/empleo área urbana (construcción, servicios, industria, manufactura) _____

Servicios Públicos (profesores, empleados públicos, otros) _____

Ninguna _____

53. Ejerce otra actividad lucrativa en la finca diferente a la agropecuaria:

No ejerció ninguna actividad lucrativa _____

Turismo, alojamiento, y otras actividades recreativas _____

Transformación de productos agrícolas o pecuarios (elaboración de embutidos, queso, vino, conservas) _____

Transformación de maderas (aserraderos) _____

Comercio minorista (Tiendas, talleres de artesanías y costuras) _____

Otra (especificar): _____

54. Ha recibido asistencia técnica a para la actividad porcícola _____

ICA _____
Asociaciones Productivas _____
Secretaría de Desarrollo Agropecuario Departamental _____
Secretaría de Desarrollo Agropecuario Municipal _____
CAR _____
Otra, especificar: _____

55. Pertenece a algún tipo de gremio productivo diferente al sector porcícola. Especifique:

56. Que percepción tiene acerca de la finca

Comercial _____ Familiar _____
Agroecológica _____ Mixto _____

57. Qué factores externos cree usted han afectado en mayor grado su actividad económica

Competencia _____
Costo de insumos _____
Costos del producto en el mercado _____
Servicios públicos _____
Costos del uso del agua _____
Manejo de los subproductos (porcinaza, mortalidad, otros) _____
Otro, especifique: _____

CAPITULO VII. DATOS DE CONTROL DE LA ENCUESTA

Recolectores de la encuesta:

Juan Guillermo Jaramillo Correa
John Edwin Cardona Marín

OBSERVACIONES:

Firma Encuestado: _____

Fecha: _____

Hora Inicial: _____

Hora Final: _____

ANEXO 2. BALANCE HÍDRICO ZONA BAJA, MEDIA Y ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA

ZONA BAJA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Precipitación media (mm)	92.4	109.1	180.4	227.9	207.9	138.1	88.3	106.1	150.8	211.4	186.9	112.4	1811.7
Evapotranspiración (mm)	90.2	83.7	86.24	88.16	90.83	88.29	91.7	97.45	88.07	85.6	81.27	86.66	1058.2
Escurrimiento (mm)	2.20	25.38	94.12	139.72	117.10	49.77	-3.38	8.67	62.74	125.81	105.66	25.75	753.53
Infiltración (mm) (max = 100 mm)	2.20	25.38	100.00	100.00	100.00	100.00	96.92	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Exceso (mm)	0.00	0.00	19.50	139.72	117.10	49.77	0.00	5.59	62.74	125.81	105.66	25.75	651.64
ZONA MEDIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Precipitación media(mm)	188.3	171.9	218.8	243.2	230.7	121.0	88.9	103.3	199.8	281.2	323.9	255.6	2426.6
Evapotranspiración (mm)	76.53	69.38	75.95	75.39	78.37	75.75	80.01	86.17	74.09	70.29	65.89	68.04	895.86
Escurrimiento (mm)	111.7	102.5	142.8	167.8	152.3	45.3	8.9	17.2	125.7	210.9	258.0	187.6	1530.7
Infiltración (mm) (máx. = 100 mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Exceso (mm)	11.73	102.51	142.84	167.83	152.33	45.26	8.85	17.16	125.72	210.91	257.97	187.59	1430.71
ZONA ALTA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Precipitación media(mm)	134.71	104.54	166.57	181.97	200.33	140.64	137.00	95.57	136.72	238.13	265.58	176.09	1977.9
Evapotranspiración	49.46	51.61	51.55	48.91	57.68	50.4	50.03	53.38	50.53	46.95	45.53	46.91	602.94
Escurrimiento (mm)	85.25	52.93	115.02	133.06	142.65	90.24	86.97	42.19	86.19	191.18	220.05	129.18	1374.92
Infiltración (mm) (máx. = 100 mm)	85.25	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Exceso (mm)	0	38.18	115.02	133.06	142.65	90.24	86.97	42.19	86.19	191.18	220.05	129.18	1274.92

FUENTE: Fuente: Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río La Vieja. Diagnóstico (2006)

**ANEXO 3. VALORES DE REFERENCIA PARA ESTIMAR LA PRECIPITACIÓN
EFECTIVA P_e (SI NO EXISTEN VALORES LOCALES):
MÉTODO DE PENMAN – MONTEITH FAO.**

P (mm/month)	P_e (mm/month)	P (mm/month)	P_e (mm/month)
0	0	130	79
10	0	140	87
20	2	150	95
30	8	160	103
40	14	170	111
50	20	180	119
60	26	190	127
70	32	200	135
80	39	210	143
90	47	220	151
100	55	230	159
110	63	240	167
120	71	250	175

ANEXO 4. MAPA DE LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA: ZONA DE ESTUDIO Y RED HÍDRICA PRINCIPAL

