

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)
SOBRE LA CALIDAD DE EFLUENTES EN PORCICULTURA**

**BIVIANA ANDREA LOPEZ GIRON
IVAN ENRIQUE MEDINA MINA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2011**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)
SOBRE LA CALIDAD DE EFLUENTES EN PORCICULTURA**

**BIVIANA ANDREA LOPEZ GIRON
IVAN ENRIQUE MEDINA MINA**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
INGENIERO AGROPECUARIO**

**DIRECTORES
M. Sc. SANDRA MORALES VELASCO
M. Sc. NELSON JOSE VIVAS QUILA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2011**

Nota de aceptación

Los directores y los jurados han revisado este documento, han asistido a la sustentación del mismo por sus autores y lo consideran satisfactorio.

Directora
SANDRA MORALES VELASCO M. Sc.

Director
NELSON JOSE VIVAS QUILA M. Sc.

Firma del jurado
CLARA INES GIRALDO

Firma del jurado
SANDRA RIVAS

Popayán, Mayo de 2011.

DEDICATORIA

A mis hermanas Johanna y Laura por su constante apoyo y motivación, un agradecimiento especial al profesor Hugo Erazo por sus enseñanzas para la vida y al profesor Felipe Teran por sus valiosas intervenciones. A mi familia y amigos con quienes compartí especiales momentos durante este proceso.

Biviana Andrea López Girón

A mi Dios, a mi madre por su esfuerzo, sacrificio y orientación para llevar a cabo este proyecto de vida; a mi hermana por su compañía, ayuda y palabras de aliento; a mis tías, tios, primos y primas porque cada uno aportó para llevar a cabo este proceso de formación.

Jván Enrique Medina Mina

AGRADECIMIENTOS

A nuestros directores Sandra Morales y Nelson Vivas por la colaboración en la realización de este trabajo de investigación, al cuerpo de profesores de la facultad de ciencias agropecuarias por su valioso aporte a nuestra formación.

Al Ingeniero Diego Zuluaga, laboratorio ambiental CRC, por su colaboración en el análisis de las muestras.

Al profesor Carlos González propietario de la finca El Madrigal, al personal encargado del Parque Temático y agroindustrial Unicauca, y al personal de la finca El Roble.

A Claudia Patricia Daza, Julieth Mina y Angélica Mostacilla por su orientación en el desarrollo de la investigación.

A nuestros compañeros y amigos por su agradable compañía en nuestro paso por la Universidad del Cauca.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1 ORIGEN DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)	17
1.2 MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)	17
1.2.1 Bacterias ácido lácticas	18
1.2.2 Bacterias fototróficas	20
1.2.3 Levaduras.	22
1.3 APLICACIONES EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL	23
1.4 LA PORCICULTURA	24
1.4.1 Sistemas de producción	25
1.4.2 Tipos de cerdos en la granja	25
1.4.3 Tipos de instalaciones	27
1.4.4 Caracterización de las excretas porcina	28
1.4.5 Parámetros físico-químicos de las excretas	29
1.5 EFECTOS SOBRE EL AGUA	29
1.5.1 Aguas superficiales	30
1.5.2 Aguas subterráneas	30
1.5.3 Problemática originada por nutrientes	31
1.6 BUENAS PRÁCTICAS AGROPECUARIAS	32

	Pag
1.6.1 Suministro de Agua y su Calidad	32
1.6.3 Manejo y Disposición de Residuos	33
1.6.4 Prevención y Control de Olores	33
1.7 ANALISIS DE AGUAS	34
1.8 PARAMETROS FISICOQUIMICOS EN EL AGUA	36
1.8.1 Sólidos (SST)	36
1.8.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	36
1.8.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	37
1.8.4 Potencial de Hidrógeno (pH)	37
1.8.5 Conductividad	37
1.8.9 Ciclo del Nitrógeno	38
2. METODOLOGÍA	39
2.1 LOCALIZACION	39
2.2DESCRIPCION DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS	39
2.3 CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE	41
2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACION DEL EFECTO DE (EM) SOBRE EFLUENTES EN PORCICULTURA	42
2.5 ANALISIS DE AGUA	43
2.6 ANALISIS DE RESULTADOS	43
2.7 PRUEBA DE OLORES	43
2.8ALTERNATIVAS DE MANEJO	43
3. ANALISIS DE RESULTADOS	44

	Pág.
3.1.1 Porcícola El Madrigal	44
3.1.2 Parque Temático Unicauca	51
3.1.3 Finca El Roble	56
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EFLUENTES MUESTRA TESTIGO	63
3.3ANALISIS DE CADA PARAMETRO POR SITIO	65
3.3.1. pH (Potencial de Hidrogeno)	65
3.3.2. Conductividad	66
3.3.3. Solido Suspendidos Totales (SST)	66
3.3.4 Demanda Química de Oxigeno (DQO) - Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO)	67
3.3.5 Ciclo del Nitrogeno	68
3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS EFLUENTES TRATADOS	72
3.5 COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS A TRAVÉS DEL TIEMPO DE MUESTREO	73
3.5.1 pH	74
3.5.2 Conductividad	74
3.5.3 Sólidos Suspendidos Totales	76
3.5.4 Demanda Bioquímica de Oxigeno	77
3.5.5. Demanda Química de Oxigeno	78
3.5.6 Ciclo Del Nitrógeno	80
3.6 PORCENTAJE DE REMOCION	83
3.7 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	84
3.8 PRUEBA DE OLORES	87

	Pág
3.9 BUENAS PRÁCTICAS AGROPECUARIAS	88
3.9.1 Reducción en el consumo de agua	88
3.9.2. Reducción en el consumo de energía eléctrica para el calentamiento de lechones	89
3.9.3 Reducción en emisiones atmosféricas	89
3.9.4. Reducción de contaminación con residuos sólidos y líquidos	91
4. CONCLUSIONES	94
5. RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	101

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. <i>Lactobacillus casei</i>	20
Figura 2. <i>Rodhospseudomonas palustris</i>	21
Figura 3. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	23
Figura 4. Mapa de localización del municipio de Santander de Quilichao	39
Figura 5. Mapa de localización La Rejoja	40
Figura 6. Colección y almacenamiento de la muestra	41
Figura 7. Esquema del diseño experimental en bloques completos al azar	42
Figura 8. Razas porcícola El Madrigal	45
Figura 9. Diseño/construcciones El Madrigal	45
Figura 10. Maternidad El Madrigal	46
Figura.11. Cunas para destetos y naves para precebos El Madrigal	46
Figura 12. Hembras vacías El Madrigal	47
Figura 13. Comederos El Madrigal	47
Figura 14. Tanque recolector El Madrigal	48
Figura 15. Tuberías de conducción de aguas residual El Madrigal	49
Figura 16. Razas Parque Temático Unicauca	51
Figura 17. Diseño/construcciones Parque Temático Unicauca	52
Figura 18. Maternidad Parque Temático Unicauca	52

	Pag
Figura 19. Destetos Parque Temático Unicauca	53
Figura 20. Comederos / Bebederos Parque Temático Unicauca	53
Figura 21. Sistema de Tratamiento de aguas Parque Temático Unicauca	54
Figura 22. Conducción de agua residual Parque Temático Unicauca	54
Figura 23. Razas Finca El Roble	56
Figura 24. Diseño / Construcción Finca El Roble	57
Figura 25. Corrales levante y ceba Finca El Roble	57
Figura 26. Gestación Finca El Roble	58
Figura 27. Maternidad Finca El Roble	58
Figura 28. Cunas lechones Finca El Roble	59
Figura 29. Hembras vacías Finca El Roble	59
Figura 30. Comederos y bebederos Finca El Roble	60
Figura 31. Sistema de tanques para tratamiento de agua Finca El Roble	60
Figura 32. Sistema de tanques Finca El Roble	61
Figura 33. Bomba para riego Finca El Roble	61
Figura 34. Cajas para potencial de hidrogeno	65
Figura 35. Diagrama de cajas para conductividad	66
Figura 36. Diagrama de cajas para sólidos suspendidos totales(SST)	67
Figuras 37. Diagrama de cajas para DQO y DBO.	68
Figura 38 Diagrama de cajas para el ciclo del nitrógeno	69
Figura 39: Potencial de hidrogeno (pH)	74

	Pag
Figura 40. Conductividad	75
Figura 41. Sólidos Suspendidos Totales (SST)	76
Figura 42. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	77
Figura 43. Demanda Química de Oxígeno (DQO)	79
Figura 44. Nitrógeno amoniacal	80
Figura 45. Nitritos	81
Figura 46. Nitratos	82
Figura 47. Porcentaje de Remoción	84
Figura 48. Prueba de olores	87

LISTA DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1. Producción de materia fecal y orina como proporción del peso vivo	28
Cuadro 2. Contaminantes de importancia en aguas residuales en aguas residuales	35
Cuadro 3. Efectos indeseables de las aguas residuales	35
Cuadro 4. Inventario porcícola y producción de excretas Finca El Madrigal	50
Cuadro 5. Inventario porcícola y producción de excretas Parque Temático Unicauca	55
Cuadro 6. Inventario Porcícola y producción de excretas Finca El Roble	63
Cuadro 7. Caracterización de los efluentes muestra testigo	63
Cuadro 8. Valores admisibles para determinar calidad de aguas corrientes UNESCO	64
Cuadro 9. Valores promedio, desviación estándar y varianza para las variables físico - químicas de los efluentes tratados	72
Cuadro 10. Resumen correlación de los parámetros evaluados vs factores ambientales	85

LISTA DE ANEXOS

	Pág
ANEXO A Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras de acuerdo con las mediciones	101
ANEXO B Protocolo para la aplicación de (EM) microorganismos eficientes	102
ANEXO C. Anova de un factor por sitio Prueba de los efectos inter –sujetos	103
ANEXO D. Comparaciones múltiples	104
ANEXO E. Anova por registro de muestras.	107
ANEXO F. Subconjuntos homogéneos	108
ANEXO G. Formato de prueba de olores en cada sitio donde se realizó el muestreo	110
ANEXO H Correlación variables ambientales vs parámetros físico-químicos	114

RESUMEN

Los desechos provenientes de porcicultura son considerados un problema para el sector debido a los efectos negativos que causan en su entorno productivo. La incorrecta disposición de las aguas de desecho puede contaminar cuerpos de agua, aguas subterráneas y producir taponamiento de poros en el suelo, sin embargo, en las unidades productivas porcícolas de pequeña escala, se hace costoso el manejo de los residuos

Es por ello y con la finalidad de buscar una alternativa medio ambiental eficiente, que el presente estudio se planteo como objetivo evaluar el Efecto de Microorganismos Eficientes (EM) como promotores de la biodegradación en aguas de residuo del lavado en porcícolas en la vereda la Rejoya, y en el municipio de Santander de Quilichao, Departamento del Cauca. En el estudio se aplicaron EM en aspersión en las porquerizas y en el tanque recolector de aguas 2 veces por semana para evaluar el efecto de EM (microorganismos eficientes), se tomó una muestra testigo sin aplicación y 4 muestras posteriores cada quince días.

Mediante la toma de las muestras, se evaluaron los cambios en el comportamiento de los parámetros pH, Conductividad, DBO5, DQO, SST, Nitritos, Nitratos y Nitrógeno amoniacal después de las aplicaciones de microorganismos eficientes (EM), también se realizó un seguimiento cualitativo de olores en las instalaciones a fin de evidenciar posibles cambios con miras al mejoramiento medioambiental de las unidades porcícolas.

Los resultados arrojaron que entre muestreos, las variables físico-químicas no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$), mientras que en el análisis por sitios (comparaciones múltiples), todas las variables fisicoquímicas a excepción de la conductividad presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$)

Palabras clave: microorganismos Eficientes (EM), Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno, Biorremediación, Eutrofización.

INTRODUCCIÓN

El gran volumen de los residuos generados en la actividad porcícola constituye uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el sector ya que los residuos de porcino contienen una elevada carga orgánica que se estima entre un 30 a 50% por los compuestos susceptibles de oxidación, que manejados inadecuadamente, se convierten en la principal fuente de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, suelo, y aire, por lo cual esta actividad requiere de una adecuada gestión medioambiental para lograr una posición competitiva y ventajosa, permitiendo que en el estudio realizado se establecieran elementos que aportaran buenas practicas agropecuarias en producción limpia en porcicultura, siguiendo criterios de sostenibilidad fundamentales para el optimo uso de los recursos.

El manejo adecuado de los desechos de la actividad porcícola pueden generar una repercusión importante logrando una mejora en el proceso productivo al rentabilizar los residuos, al convertirlos en un subproducto, disminuir costos por insumos al integrarlos con el componente agrícola y no representar costos por su eliminación para evitar sanciones

En el presente estudio se logró Evaluar el efecto de Microorganismos Eficientes (EM) como estrategia de Buenas Practicas Agropecuarias (BPA), en la calidad de efluentes en tres porcícolas en el Departamento del Cauca.

Donde se establecieron las características físico-químicas de los efluentes mediante la realización de un diagnóstico para cada sitio evaluado sin la aplicación de Microorganismos Eficientes (EM), logrando evidenciar el efecto que causa las aplicaciones de este en los efluentes de las unidades porcícolas en la disminución de los valores de pH, conductividad, sólidos suspendidos totales, DBO, DQO, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal después de las aplicaciones de microorganismos eficientes (EM), lo cual permitió encontrar soluciones de carácter integrador dentro de las unidades productivas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 ORIGEN DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)

El uso de Microorganismos Eficientes (EM) como complemento al sistema tratamiento de aguas residuales a partir de lodo activado, crea un medio más activo para la descomposición de la materia orgánica. El EM es una mezcla de bacterias fotosintéticas, bacterias ácido-lácticas, hongos nativos y levaduras, que se utilizan en procesos de descontaminación de aguas residuales. Este producto fue creado hace más de 30 años por el Dr. Teuro Higa, profesor de la Universidad Ryukyus en Japón y es usado en 51 países alrededor del mundo. Dentro de los múltiples efectos de los EM está la disminución de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos sedimentables totales (SST) y sólidos disueltos totales (SDT) del agua residual; eliminación de olores; y rápida degradación de materiales de desecho orgánico provenientes de formas solubles de plantas y animales ¹.

1.2 MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)

Los microorganismos Eficaces, del inglés Effective microorganisms (Microorganismos Eficaces), es un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros. El efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinérgica por su acción en comunidad.

Los microorganismos eficaces (EM) son una mezcla de bacterias fotosintéticas o foto tróficas (*Rhodospseudomonas sp.*), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus sp.*) y levaduras (*Saccharomyces s*)². que poseen propiedades de fermentación, producción de sustancias bioactivas, competencia y antagonismo con patógenos, todo lo cual ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos sobre la salud y bienestar del ecosistema.

¹ HIGA, PARR. Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agricultural and Environment. INFRC (International Nature Farming Research Center). 1994 Atami, JP. p 63.

² HIGA, Op. Cit., p.60.

La tecnología EM fue desarrollada en la década de los ochenta por el Doctor Teruo Higa, Profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinagua; estudiando las funciones individuales de diferentes microorganismos, encontró que el éxito de su efecto potencializador estaba en su mezcla, desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada a una multitud de usos agropecuarios y ambientales en muchos países; El Doctor Higa donó al mundo la tecnología EM y creó a EMRO (EM Research Organization), organización sin ánimo de lucro para difundir la tecnología.³

A continuación se podrá encontrar información detallada de los microorganismos presentes en el EM, su fisiología, clasificación y actividad en la naturaleza.

1.2.1 Bacterias ácido lácticas. Son bacterias Gram positivas, normalmente son inmóviles y no esporuladas, que dan lugar a ácido láctico como principal o único producto de su metabolismo fermentativo. Todas las bacterias del ácido láctico crecen anaeróbicamente. No obstante, a diferencia de muchos anaerobios, la mayoría no son sensibles al O₂, y pueden crecer en presencia o en ausencia del mismo. Por lo tanto son anaerobios aerotolerantes (pueden tolerar el oxígeno, y crecer en su presencia aun cuando no pueden utilizarlo como aceptor final de electrones). Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas (BAL) aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso.⁴

Otra característica importante de los lactobacilos es la de tener un metabolismo fermentativo, el cual es un proceso donde se oxidan compuestos orgánicos (azúcares, glucosa) para producir energía ATP, la mayoría de las especies llevan a cabo un proceso homofermentativo, tiene un solo tipo de producto fermentativo, el ácido láctico (CH₃CHOHCOOH), aunque otras pueden realizarlo de forma heterofermentativa, dando otros productos además del ácido láctico como el etanol y CO₂.

³ FUNDASES. Fundación de Asesorías para el Sector Rural, Ciudad de Dios, Año 1998. [en línea] Mayo 2005 [citado en enero de 2009]. Disponible en internet en <http://www.fundases.org/htm>, p.12.

⁴ Ibid., p.13.

La reacción de la fermentación láctica sería Glucosa -----> Ácido Láctico + energía + H₂O, su metabolismo se lleva a cabo en una atmósfera microaerofílica, es decir con una concentración entre 5 y 10% de CO₂.⁵

Normalmente, los miembros del género *Lactobacillus* resisten mejor las condiciones de acidez que las restantes bacterias del ácido láctico; pueden crecer a pH ácidos entre 5.5 a 6.2, aunque son resistentes a la medios con pH cercanos a 4.0 – 3.6, esta propiedad les permite seguir creciendo durante las fermentaciones lácticas naturales, cuando el pH ha disminuido tanto que otras BAL no pueden crecer. Por consiguiente, los lactobacilos pueden llevar a cabo las últimas fases de la mayoría de las fermentaciones ácido lácticas; estos microorganismos son capaces de producir un tipo de sustancias antimicrobianas que pueden inhibir o matar otras especies estrechamente relacionadas e incluso a cepas diferentes dentro de la misma especie siendo llamadas bacteriocinas.⁶

Existen numerosas bacteriocinas producidas por las BAL y cada una tiene espectros de inhibición particulares. Algunas bacteriocinas se utilizan en procesos que requieren la inhibición del crecimiento de bacterias indeseables como estafilococos y listerias.

Se observa por lo general en cadenas. Inmóvil, Ausencia de esporo, Microerofílico, Homofermentativo; requiere factores de crecimiento como: riboflavina, ácido fólico, niacina, tiamina, vitamina B12, entre otros. Esta especie puede ser aislada de leche, queso, productos lácteos, son organismos termófilos, que se desarrollan de manera normal a temperatura de 37 °C a 45 °C.

La especie presente en el EM *Lactobacillus casei* presenta las siguientes características.

Dominio: Bacteria

Familia: Lactobacteriaceae

Género: *Lactobacillus*

Especie: *Lactobacillus casei*

Bacilo Gram positivo de ancho 0.7 – 1.1 µm y 2.0 – 4.0 µm ancho y largo, respectivamente.

⁵ FUNDASES, Op.,cit.,p14.

⁶ Ibid ., p 15.

Figura 1: *Lactobacillus casei*



Fuente: Gkhalsa, 2009.

1.2.2 Bacterias fototróficas. El éxito evolutivo de las bacterias se debe en parte a su versatilidad metabólica, es decir, todos los mecanismos de obtención de materia (carbono) y energía que les permite sobrevivir en diferentes hábitats, según la fuente de carbono que utilizan, los microorganismos se dividen en autótrofos, cuyo principal fuente de carbono es el CO₂, y heterótrofos cuando su fuente de carbono es materia orgánica. Por otra parte, según la fuente de energía, los seres vivos pueden ser fototrófos, cuya principal fuente de energía es la luz, y los organismos quimiotrofos, cuya fuente es un compuesto químico que se oxida.⁷

La especie presente en el EM, *Rhodospseudomonas palustris*, pertenece al grupo de las bacterias púrpura no del azufre, porque originalmente se creía que no podían usar sulfuro como donador de electrones en la reducción de CO₂ a material celular, no obstante muchas bacterias pueden usar dicho compuesto, siempre que su concentración se mantenga baja; Las bacterias púrpuras no sulfúricas presentan formas variadas, se reproducen por gemación, son Gram negativos; las suspensiones microbianas se observan de color, verde, amarillo – verdoso, naranja, café, rojas y púrpuras – violetas.⁸

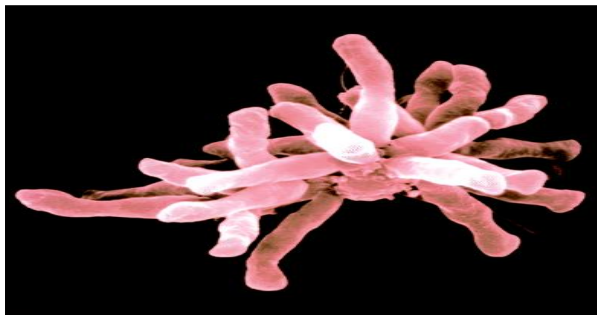
La especie *Rhodospseudomonas*, se caracterizan por ser fotótrofas, es decir, tienen la capacidad de convertir la energía lumínica en química, para producir energía (ATP), en las bacterias no existen cloroplastos y los pigmentos fotosintéticos están integrados en sistemas de membrana internos que se forman

⁷ NICE. Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa. © Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. España, Año 2001. [en línea] Enero de 2005 [citado en mayo de 2009] Disponible en internet en www.recursos.cnice.mec.es/biologia/bachillerato/segundo/biologia/ud07/02_07_04_01.html / nice.mecd.es.

⁸ FUNDASES, Op. cit., p 7.

por invaginación de la membrana citoplasmática formando lamelas, los pigmentos producidos son conocidos como bacterioclorofila a o b y varios tipos de carotenoides, bajo condiciones anaerobias y de luz, todas las especies de este género crecen fotoheterótrofas con varios sustratos orgánicos o fotoautótrofas, con moléculas de H₂, S₀, S₂O₃ como donadores de electrones y CO₂ como única fuente de carbono.

Figura 2: *Rhodopseudomonas palustris*



Fuente: Korinfo, 2005.

Dominio: Bacteria
Orden: Rhodobacteria
Familia: Ectothiorhospiraceae
Género: *Rhodopseudomonas*
Especie: *Rhodopseudomonas palustris*

Bacilo Gram negativo, posee células de un tamaño aproximado a 0.6 – 0.9 µm de ancho y 1.2 – 2.0 µm de largo, esta especie se caracteriza también por la presencia de pedúnculos que son tubos que no contienen citoplasma ni pared celular de aproximadamente 1.5 – 2.0 veces el largo de la célula original, esta estructura les permite adherirse a sustratos sólidos; el proceso de división celular se lleva a cabo por la elongación de la célula seguida de fisión, durante el cual se forma un flagelo único en el polo opuesto al pedúnculo.

Esta especie es la única en tomar el benzoato como fuente de carbono, tiene las invaginaciones citoplasmáticas donde se encuentran las bacterioclorofilas que les permiten ser fototróficas, de crecimiento mesofílico: 30 – 37°C, el color de la suspensión microbiana es de color rojo, productoras de enzimas (catalizadores biológicos para aumentar la velocidad de una reacción de degradación) como amilasas, hidrolasas, proteasas y gelatinasas. Por ende, es capaz de degradar

compuestos orgánicos e inorgánicos; Tiene la capacidad de remover H₂S, NO₃, SO₄, hidrocarburos, y nitratos y halógenos, reduciendo así la DBO (Demanda biológica de oxígeno), degradar y remover algunos compuestos tóxicos presentes en aguas residuales como son putresinas, cadaverinas, entre otros, incrementa la recuperación de metales pesados, estas son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando luz solar y el calor como fuentes de energía, las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, estos metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan también como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficientes⁹.

1.2.3 Levaduras. Es un hongo levaduriforme, presenta células alargadas, globosas a elipsoidales con gemaciones o blastoconidios multilaterales (de 3 – 10 x 4.5-1 µm), estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles a partir de aminoácidos y azúcares, las células de levadura son mucho más grandes que las bacterianas y pueden distinguirse no solo por su tamaño sino por la presencia de elementos intracelulares tales como el núcleo, ya que estas son células eucariotas, son muy parecidas a bacterias macroscópicamente pero son más cremosas y los colores que presentan son blancos, o un poco más oscuros, algunas son rosadas o rojas porque tienen carotenoides.

Algunas especies se emplean en todas las partes del mundo para la elaboración del pan y la producción de bebidas alcohólicas por fermentación, pues segregan enzimas que convierten los azúcares en alcohol y CO₂. Otras son responsables de la aparición de sabores especiales en ciertos vinos una vez que se ha realizado la fermentación principal, algunas se encuentran como contaminantes en las industrias de fermentación, donde su presencia es indeseable, ya que reducen el rendimiento de alcohol o producen sabores desagradables, hay especies que prosperan en sustratos con un porcentaje elevado de azúcar, productos que se consideran por lo regular libres del ataque de los hongos¹⁰.

Estos microorganismos son uno de los probióticos más utilizados en alimentación animal, tanto en monogástricos como en rumiantes. Los efectos reconocidos en rumiantes se atribuyen al aumento de la celulólisis ruminal y del flujo de proteína microbiana al intestino.¹¹

⁹ Ibid., p18.

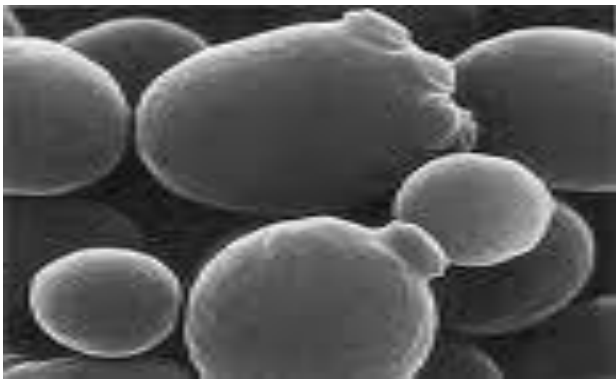
¹⁰ Ibid., p 20.

¹¹ CARRO MD; RANILLA MJ; Utilización de aditivos en el ganado ovino y caprino [en línea] Enero de 2001 [citado en enero; de 2009] Disponible en internet en www.produccion-animal.com.ar/informacion.../29-aditivos_ovinos.pdf

La especie presente en el EM es *Saccharomyces cerevisiae*, la cual es muy importante en la industria para la producción de etanol a partir de melazas o de granos previamente sacarificados, tiene las siguientes características:

Reino: Fungi
Phylum: Ascomycota
Clase: Hemiascomycetes
Orden: Saccharomycetales
Familia: Saccharomycetaceae
Género: *Saccharomyces*
Especie: *Saccharomyces cerevisiae*

Figura 3: *Saccharomyces cerevisiae*



Fuente: Migg, 2007.

1.3 APLICACIONES EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL

El objetivo de aplicar EM en las instalaciones de alojamiento de los animales, es el de reducir la acción de microorganismos perjudiciales que causan putrefacción y malos olores producidos por el amoníaco, así como las poblaciones de insectos plaga consecuencia del proceso de fermentación de las excretas *in situ*, logrando disminuir el consumo de agua de lavado con acciones como la Implementación de camas secas para colectar excretas y orina en el mantenimiento de las instalaciones, aminorando la oxidación y formación de herrumbre.

Reduce costos de producción por el uso de desinfectantes y mantenimiento, la disminución en la incidencia de enfermedades y estrés en el animal por el mejoramiento de las líneas celulares de defensa a causa de los antioxidantes

generados por los EM, baja el requerimiento de medicamentos (vitaminas, antibióticos y agentes hormonales).

Ayuda al aprovechamiento eficiente de los desechos animales como subproductos enriquecidos y seguros, eliminando microorganismos patógenos y semillas de malezas, asegura una buena fermentación evitando que las bacterias del ácido butírico actúen sobre la materia orgánica, promueven la transformación aeróbica de compuestos orgánicos evitando la descomposición de la materia orgánica por oxidación en la que se liberan gases generadores de olores molestos (sulfurosos, amoniacales y mercaptanos), se incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante acelerando el proceso de compostaje a una tercera parte del tiempo de un proceso convencional.

La Reincorporación de las aguas residuales como aguas de riego debido a la reducción de los valores de DBO y DQO lo cual incrementa los valores de oxígeno disuelto en el agua.

En el agua de bebida, la adición de EM mejora la microflora intestinal de los animales, reduciendo la incidencia de enfermedades, fortificando el sistema inmunológico.¹²

1.4 LA PORCICULTURA

Actualmente la porcicultura tecnificada en nuestro país se encuentra distribuida de la siguiente manera: casi la mitad de las granjas se encuentran ubicadas en el departamento de Antioquia con el 49.3% del total, las otras regiones tienen una participación que apenas alcanza el 5.4% en la región central (Cundinamarca, Huila y Tolima), el 13.6% en el Valle del Cauca y Cauca, 11% en la región oriental (Santander, Boyacá, Meta y Casanare) y 7% en la región cafetera (Caldas, Quindío y Risaralda). La participación más baja corresponde a la Costa Atlántica con tan sólo el 4.1% de las granjas.¹³

En la medida en que las explotaciones han ido creciendo y concentrándose en ciertas regiones del país han surgido algunos inconvenientes con el manejo de los residuos generados, pero sin lugar a dudas uno de los residuos que genera mayor

¹² FUNDASES Op. cit., p 21.

¹³ ROSET J. y DE LA TORRE. Guía para la Auto evaluación de una Adecuada Gestión Medioambiental en una Explotación Porcina. En: Medioambiente. Tratado de Ganado Porcino. Porci Aula Veterinaria. Septiembre 1997 No. 41. p. 67 – 73.

controversia es la excreta porcina debido al volumen generado y a sus características físico-químicas que dificultan su manejo.

1.4.1 Sistemas de producción. A través de los años, la porcicultura en Colombia ha venido tecnificándose y hoy en día se conocen algo más del 50%, una gran cantidad de granjas a nivel nacional.

Granja de cría. Su finalidad es producir lechones para la venta, desde su nacimiento hasta lograr un peso de 22 – 25 kilos, aproximadamente. Maneja reproductores, hembras de reemplazo, hembras en gestación, hembras en lactancia, lechones lactantes, hembras vacías, lechones en precebo y hembras de descarte.

Granja de ceba. Maneja lechones machos y hembras para su engorde y posterior sacrificio, compra lechones con un peso de 22 – 25 kilos y los engorda hasta los 95 – 105 kilos; se hace en dos etapas, Levante de los 22 – 25 kilos hasta los 50 – 60 kilos y ceba de los 50 – 60 kilos hasta los 95 – 105 kilos (sacrificio), en esta etapa no se producen residuos como placentas, fetos, momificaciones, entre otros. Tampoco se usa gran cantidad de medicamentos, puesto que las vacunaciones y tratamientos se dan en la etapa de cría.

Granja de Ciclo completo. Se realizan las dos actividades anteriormente descritas (Cría y Ceba).¹⁴

1.4.2 Tipos de cerdos en la granja. Los diferentes tipos de cerdos que se encuentran en una granja de ciclo completo son:

Reproductores. Son cerdos seleccionados especialmente de la piara o comprados en una granja genética especializada con base en su comportamiento y propiedades genéticas. El peso y edad al primer servicio es alrededor de los 130 – 140 kg y 7 ½ - 8 meses, respectivamente.

¹⁴ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Op. cit., p 41.

Hembras de reemplazo. Son hembras producto de la misma granja o provenientes de granjas genéticas especializadas. Alcanzan su madurez sexual alrededor de los siete meses de edad y un peso de 120 – 130 kg.

Hembras en gestación. Una vez las hembras entran en la etapa reproductiva comienza la gestación la cual dura 114 – 115 días (tres meses, tres semanas, tres días).

Hembras en lactancia. En el momento del parto, la hembra entra en otra etapa fisiológica denominada lactancia. En esta etapa la hembra permanece todo el tiempo con la camada hasta su destete. La duración de la lactancia varía de acuerdo al nivel tecnológico de la granja siendo en promedio de 21 días (rangos entre 18 y 28 días aproximadamente). Al finalizar esta etapa las hembras son trasladadas a la sección de montas (hembras vacías) y los lechones a los precebos.

Hembras vacías. Es cuando la hembra finalizó su lactancia y se prepara para una nueva gestación. A este periodo se le denomina días no productivos puesto que la hembra ni esta gestando ni lactando. Este periodo puede tener un rango de duración de 7 a 15 días.

Hembras de descarte. Son aquellas hembras que ya cumplieron su ciclo productivo o que por problemas fisiológicos o patológicos no entran en la etapa productiva, razón por la cual se descartan.

Lechones lactantes. Cuando nace el lechón este permanece durante un tiempo con la madre, periodo en el cual se alimenta prácticamente de la leche materna, alimento que le da los nutrientes y defensas durante sus primeros días de vida. Los lechones lactando duran aproximadamente 21 días (rangos entre 18 y 28 días aproximadamente) como se anotó anteriormente. Los lechones nacen con 1.4 kg de peso aproximadamente y se destetan con un peso de 6.5 – 7.0 kg a los 21 días de edad. Durante esta etapa se da una mortalidad de aproximadamente un 5 - 7%.

Lechones en precebo. Son lechones que han sido retirados de su madre y que permanecen en una nave de cría hasta alcanzar un peso de 22 - 25 kg. En esta etapa se dan unas condiciones ambientales, de alimentación y manejo especiales. Su duración es de aproximadamente 42 días (seis semanas). En algunas explotaciones esta etapa se divide en dos fases: precebo I y precebo II, en cada una de las etapas el animal dura alrededor de 21 días y solo se busca darle al

animal mejores condiciones de confort para su desarrollo. En esta etapa se da una mortalidad aproximadamente del 2 - 3%. Al finalizar esta etapa los lechones pasan a los corrales de levante.

Cerdos en levante. Son animales de aproximadamente dos meses de edad (63 días: 21 días en lactancia y 42 días en precebo) que pesan alrededor de 22 – 25 kg. Se les alimenta con formulaciones especiales. En esta etapa duran entre 6 a 8 semanas, lapso en el que alcanzan un peso cerca de 55 kg. La mortalidad puede ser del 0.5 - 1%.

Cerdos de engorde. Son animales que van desde los 55 kg a los 95 – 105 kg de peso de acuerdo al mercado para su beneficio. Igual que en la fase anterior la mortalidad puede ser del 0.5 - 1%. La etapa de levante y engorde se puede realizar en el mismo corral desde que se reciben los lechones de los precebos o en corrales diferentes, teniendo en cuenta las necesidades de espacio que requieren. Desde que nace el lechón hasta que sale al mercado para su beneficio transcurren entre 150 y 165 días. El área que requiere un cerdo en esta etapa de producción es de 1,0 – 1,2 m² (0.1 m² / 10 kg de peso vivo).¹⁵

1.4.3 Tipos de instalaciones. En una granja moderna de ciclo completo las principales instalaciones se encuentran en un área totalmente cercada para evitar la entrada de personas y otros animales.

Granjas de flujo continuo. Son aquellas en donde los animales están entrando y saliendo constantemente de las diferentes áreas de acuerdo a su etapa fisiológica ya sea que estén ubicadas en un mismo galpón o en diferentes galpones.

Manejo todo dentro – todo fuera. Se maneja el concepto de vacío sanitario. Son secciones pequeñas en una misma nave debidamente aisladas de las otras para que no tengan contacto, los animales entran y salen al mismo tiempo de cada una de las secciones de la nave que se tengan de acuerdo a una programación previa; durante el vacío se realiza el respectivo lavado y desinfección, esta práctica permite reducir las posibilidades de transmisión de enfermedades entre animales.¹⁶

¹⁵ Ibid., p 42.

¹⁶ Ibid., p 43.

1.4.4 Caracterización de las excretas porcina. El factor más determinante de la caracterización de la porquinaza lo constituye el sistema de manejo de la misma en cuanto a las cantidades de agua que se adicionan. La porquinaza está 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. La tasa de producción de excretas se puede ver afectada por varios factores, entre los cuales se puede señalar: Edad del animal, Madurez fisiológica, cantidad y calidad de alimento ingerido, Volumen de agua consumida, Clima.

La producción de porquinaza se cuantifica en términos de cantidades de excretas por día y por animal. También es común la expresión de algunos valores por cada 100 kilos de peso vivo.¹⁷

Cuadro 1. Producción de materia fecal y orina como proporción del peso vivo (%).

Estado	Promedio	Rango	Peso promedio Kg/animal	Estiércol Kg/cab/día
Hembra vacía	4.61	3.3 - 6.4	150	6.91
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 - 3.0	160	7.38
Lechón lactante	8.02	6.8 - 10.9	35	0.28
Precebos	7.64	6.6 - 10.6	16	1.22
Levante	6.26	5.5 - 6.6	35	2.19
Finalización	6.26	5.7 – 6.5	80	5.01

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

¹⁷ RESTREPO, L. La Porcicultura en Colombia. Corporación de Estudios Ganaderos y Agrícolas, CEGA –Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Banco Ganadero. Bogotá. 1988. p123.

La orina representa aproximadamente el 45% de la excreta y las heces el 55%. El contenido de humedad de la excreta está alrededor del 88%; el contenido de materia seca es del 12%. Cerca del 90% de los sólidos se excretan en las heces; La densidad de la excreta fresca es ligeramente menor de 1.0. La excreta porcina contiene sólidos que flotan y sólidos que se sedimentan, además de sólidos en suspensión. Los Sólidos Volátiles Totales constituyen el 80% de los STT y cerca del 10% de las heces y orina excretados por día.

1.4.5 Parámetros físico-químicos de las excretas. Diariamente se producen 0,25 kg de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y 0,75 kg de Demanda Química de Oxígeno (DQO) por cada 100 kg de peso vivo. Por lo general, la DBO es un tercio de la DQO y cerca de un tercio de los Sólidos Totales (STT) en las excretas porcinas frescas.

El pH varía entre 6 y 8, mientras más frescas sean las excretas, más neutro será su pH. La temperatura de la excreta fresca al momento de su expulsión es la misma que la del cuerpo del cerdo. Poco después, la excreta alcanza la temperatura del piso y de la instalación, adicionalmente, esta temperatura llegará a estar fuertemente determinada por la del agua con la cual se mezcla. La alcalinidad y conductividad son propiedades más del agua de lavado y de bebida que propiamente de la excreta.

El Carbón Orgánico Total (COT) es una medida de la disponibilidad inmediata de carbón por descomposición de las bacterias. Su valor estimado es de 0,30 kg por cada 100 kg de peso vivo/día.¹⁸

1.5 EFECTOS SOBRE EL AGUA

En las unidades porcícolas el recurso que se afecta de manera drástica por las descargas de las excretas es el agua, esta problemática originada por la materia orgánica en el medio acuático, el oxígeno es un elemento escaso. En su balance intervienen la fotosíntesis, la reaireación, la respiración de los organismos y los procesos de oxidación, se altera este equilibrio, introduciendo compuestos que

¹⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Op. cit., p 49.

necesitan oxígeno para su descomposición provoca una demanda de oxígeno superior a los niveles existentes y se origina una deficiencia de oxígeno disuelto en el agua que con una serie de efectos no deseados. El vertido de los residuos generados en una granja porcina puede afectar a las masas de agua tanto superficial como subterránea, con incidencias distintas según el componente de las excretas que se considere.

1.5.1 Aguas superficiales. La materia orgánica (M.O.) de los residuos ganaderos incorporada a los suelos es fácilmente retenida por éstos, pero por colmatación o por otros accidentes, entre ellos el vertido directo, la materia orgánica llega a las masas de agua superficiales, los microorganismos que se encuentran en este medio deben asimilar esta materia orgánica incrementando su biomasa, este hecho puede alterar el equilibrio de las masas de agua provocando su “eutrofización”, es decir, una excesiva presencia de materia orgánica y por ende de nutrientes que favorecen la actividad de las plantas acuáticas e incremento de la biomasa, que conlleva una disminución del oxígeno disuelto en el agua, por lo que se aumenta la turbiedad de las aguas y bloquea la luz requerida para la fotosíntesis, provocando la muerte de la vegetación. El agua eutrofizada, puede significar un elevado riesgo para la salud humana y no podrá ser utilizada para sus usos normales. El nitrógeno y otras unidades minerales pueden tener también incidencias negativas al alcanzar las aguas superficiales, provocando efectos similares a los descritos.¹⁹

1.5.2 Aguas subterráneas. La materia orgánica es retenida por el suelo y por ello difícilmente puede alcanzar las masas de agua subterráneas salvo por accidentes físicos de los suelos sobre los que se realiza el vertido; por ello, su incidencia es prácticamente nula en la calidad de esta agua. Esta situación es similar para el fósforo, potasio y gérmenes patógenos, que por sus características difícilmente alcanzan profundidades superiores a los dos metros.

La profundidad es una variable ecológica que afecta a las bacterias. En zonas templadas, casi todos estos organismos se encuentran en el primer metro de profundidad, principalmente en los primeros centímetros. En la parte más superficial de campos de cultivo, la comunidad es escasa, como resultado de una inadecuada humedad y la posible acción bactericida de la luz solar.

¹⁹ TAIGANIDES, E. Manual para el Manejo y Control de Aguas Residuales y Excretas Porcinas en México. p. 23 – 40. Consejo Mexicano de Porcicultura. México, 1996.

Los efectos del nitrógeno son distintos. Este elemento se encuentra en los residuos ganaderos en dos formas fundamentales, amoniacal o forma mineral y en forma orgánica. Una vez incorporado a los suelos se produce en medio aerobio, una mineralización de los compuestos nitrogenados hasta la forma de nitratos, asimilables por los cultivos, previo paso por la forma de nitritos, el nitrógeno es ahora soluble, y como consecuencia es arrastrado por las aguas de precipitación o riego hacia capas más profundas, llegando a alcanzar a las corrientes y masas de aguas subterráneas. En resumen se puede afirmar que el único parámetro potencialmente contaminante de las masas de aguas subterráneas en el caso de los residuos porcinos, es el nitrógeno. Su incidencia puede ser determinante para impedir el uso normal de éstas.²⁰

1.5.3 Problemática originada por nutrientes. La llegada de nutrientes al medio acuático se produce por varias vías, Agua drenada por percolación a partir de suelos tratados con exceso de estiércol, erosión de suelos y por el vertido directo de efluentes.

En el medio acuático el excedente de nutrientes acelera el proceso natural de eutrofización, los ríos suelen ser los receptores principales, pero en ellos no se manifiesta debido a la velocidad de la corriente, transfiriéndose el problema a pantanos, estuarios, zonas costeras y océanos.

El aspecto más visible de este proceso, es el aumento incontrolado de plantas acuáticas. Esta proliferación excesiva de plantas acuáticas produce, en la columna de agua, dos zonas con características muy diferentes. En la zona fótica hay un excedente de producción de biomasa y una sobresaturación de oxígeno debido a la fotosíntesis realizada por las algas, principalmente en las horas de luz, mientras que por la noche, debido a la respiración, el consumo de oxígeno y la producción de anhídrido de carbono son considerables; estas condiciones con sobresaturación de oxígeno, alteraciones de pH e incremento de turbidez limita la presencia de vida acuática y provoca una disminución de la diversidad, desaparición de especies originarias, aparición de algas con capacidad de producir toxinas y mortalidad de organismos²¹.

En la zona afótica el consumo de oxígeno es continuo, como también lo es el aporte de materia orgánica de la zona superior y su sedimentación, llegándose a crear condiciones anoxias con la consecuente producción de metano, amoníaco,

²⁰ Ibid., p 56.

²¹ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Op. cit., p 57.

sulfuro de hidrógeno y anhídrido de carbono. El aporte continuo de restos vegetales y su consecuente sedimentación originan la colmatación de las zonas afectadas, que posteriormente pueden servir de sustrato sobre el que se desarrollarán vegetales superiores, Por tanto en el desarrollo del proceso de eutrofización hay un cambio total del sistema afectado, generando problemas que van a restringir la posibilidad de utilización del agua.

La disposición incorrecta de las excretas propicia también el desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos para los mismos animales, quienes a su vez, pueden transmitir enfermedades como peste porcina clásica, rotavirus, colibacilosis, parásitos gastrointestinales, salmonella, entre otros, y la proliferación de moscas que pueden actuar como vectores mecánicos y/o biológicos.²²

1.6 BUENAS PRÁCTICAS AGROPECUARIAS

La producción porcina actual está influenciada cada vez con mayor rigor por criterios de calidad, la implementación de buenas prácticas de producción permite disminuir los riesgos para la salud animal y humana. Factores de sanidad, criterios medioambientales y normas de bienestar animal son cada vez más valorados e incluidos en los criterios de producción.

1.6.1 Suministro de Agua y su Calidad. Los cerdos de más de dos semanas tendrán acceso a un volumen suficiente de agua fresca o deberán poder satisfacer sus necesidades de líquido mediante otras bebidas.

Debe considerarse dentro de las actividades de aseo y sanitización de la granja, una limpieza frecuente de cada bebedero para mantener un suministro de agua limpia e inocua.

Al implementar un sistema de calidad basado en el cumplimiento de las Buenas Prácticas se debe hacer un análisis de riesgo previo del agua de bebida, según los resultados obtenidos, se deben efectuar los análisis correspondientes por un laboratorio competente y repetirlos una vez al año luego de haber efectuado las acciones correctivas correspondientes.²³

²² Ibid., p 58.

²³ Ibid., p 119.

1.6.2 Manejo de Purines, Guano y Lodos. Debe establecerse un Procedimiento Operacional Estandarizado para la limpieza y recolección programada de excretas.

Deben implementarse procedimientos de limpieza que minimicen el empleo de agua.

En caso de traslado de purines, su fracción líquida, guano o lodos dentro y fuera del predio, se debe emplear sistemas de transporte que eviten derrames o escurrimientos.

El productor debe disponer de la capacidad de acopio necesaria, con un manejo sanitario adecuado, para los períodos en que no sea posible aplicar, vender o distribuir guano, lodo y purín.

Las condiciones de almacenamiento, deben evitar el escurrimiento a recursos hídricos superficiales y la lixiviación a recursos hídricos subterráneos.²⁴

1.6.3 Manejo y Disposición de Residuos. Debe establecer un Procedimiento Operacional Estandarizado que considere el manejo de los residuos generados. Aspectos tales como su identificación, segregación, acopio transitorio, traslados y procesos relacionados deben ser considerados y registrados.

El almacenamiento de efluentes sólidos y líquidos, y el de los desechos de la granja deben quedar por fuera de la cerca perimétrica de la granja. Se debe cuidar el equipo y los vehículos utilizados en la disposición de los mismos, los cuales deben pertenecer a la granja; si no es así, deben lavarse y desinfectarse completamente antes de usarlos.

1.6.4 Prevención y Control de Olores. Entre los procedimientos establecidos para la limpieza y sanitización de las instalaciones, debe considerarse los techos y zonas por donde fluye aire desde o hacia los galpones y lugares que acumulan grandes cantidades de polvo que se convierten en fuentes importantes de olor.

²⁴ Ibid., p138.

El procedimiento de remoción de excretas debe considerar horarios, frecuencias y dirección predominante del viento dominante, para minimizar la posibilidad del surgimiento de olores y partículas en zonas sensibles como áreas residenciales y lugares públicos.

Se debe contar con una fosa que posea características que permitan la degradación de los cadáveres, sin que causen incidencia negativa en la unidad productiva.

Deben crearse cortinas vegetales con árboles o arbustos aromáticos para minimizar la emisión de olores hacia sectores poblados o viviendas aisladas. Las cortinas vegetales deben estar orientadas hacia las plantas de tratamiento o de almacenaje de purines y no en dirección de los pabellones, ya que las condiciones ambientales de éstos se pueden ver afectadas.²⁵

1.7 ANALISIS DE AGUAS.

Toda agua residual afecta en alguna manera la calidad del agua de la fuente o cuerpo de agua receptor, sin embargo, se dice que un agua residual causa polución solamente cuando se introducen sustancias que sobrepasan la capacidad homeostática del agua y hace al cuerpo receptor inaceptable para el uso propuesto de la misma. En los cuadros 2 y 3 se presentan, en forma muy breve y generalizada, los agentes de polución y los efectos más importantes.²⁶

²⁵ ROSET J. y DE LA TORRE, Op. cit., p.70.

²⁶ ROMERO, J. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Impreso en Bogotá, 2000. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. P 17-71.

Cuadro 2. Contaminantes de importancia en aguas residuales.

Contaminante	Parámetro	Impacto Ambiental	Causa de su importancia
Materia orgánica biodegradable	DBO, DQO	Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables.	Está compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas. Se mide el término DBO y DQO. Si no es previamente removida puede producir agotamiento del OD de la fuente receptora y desarrollo de condiciones sépticas.
Materia suspendida	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.	Pueden conducir el desarrollo de depósito de lodos y condiciones anaerobias cuando se descargan AR crudas en un medio acuático
Sales inorgánicas	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.	Algunos como el calcio, sodio y sulfatos son agregados al suministro doméstico original como resultado del uso y es posible que deben ser removidos por el uso del agua
de hidrógeno	pH Iones	Riesgo potencial para los organismos acuáticos	

Fuente: Romero, Jairo. 2000

Cuadro 3. Efectos indeseables de las aguas residuales.

CONTAMINANTE	EFEECTO
Materia orgánica biodegradable	Desoxigenación del agua, muerte de peces, olores indeseables.
Materia suspendida	Deposición en los lechos de los ríos; si es orgánica se descompone y flota mediante el empuje de los gases; cubre el fondo e interfiere con la reproducción de los peces o trastorna la cadena alimenticia.
Sustancias que causan turbiedad, temperatura, color, olor.	El incremento de la temperatura afecta los peces; el color, olor y turbiedad hacen estéticamente inaceptable el agua para el uso público.
Sustancias o factores que transforman el equilibrio biológico	Pueden causar crecimiento excesivo de hongos o plantas acuáticas, las cuales alteran el ecosistema acuático, causan olores, etc.
Constituyentes minerales	Aumentan la dureza, limitan los usos industriales sin tratamiento especial, incrementan el contenido de sólidos disueltos a niveles perjudiciales para los peces por la vegetación, contribuyen a la eutrofización del agua

Fuente: Romero, Jairo, 2000.

1.8 PARAMETROS FISICOQUIMICOS EN EL AGUA

La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua que pueden ser de origen natural o antropogénico define su composición física y química, es importante anotar que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso, Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo y a las unidades y terminología empleadas.

1.8.1 Sólidos (SST). Los sólidos que se presentan en el agua residual pueden ser de tipo orgánico y/o inorgánico y provienen de las diferentes actividades industriales. Los sólidos se clasifican como: sólidos totales, sólidos en suspensión, sólidos totales disueltos, sólidos totales volátiles y sólidos volátiles en suspensión.

El contenido de sólidos de un agua afecta directamente la cantidad de lodos que se produce en el sistema de tratamiento o disposición, los sólidos disueltos representan el material soluble y coloidal, el cual requiere usualmente para su remoción, oxidación biológica o coagulación y sedimentación, los sólidos suspendidos o no disueltos constituyen la diferencia entre los sólidos totales de la muestra no filtrada y los sólidos de la muestra filtrada.²⁷

1.8.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO). La Demanda Química de Oxígeno es la medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica susceptible de oxidación por medio de un agente químico oxidante fuerte; En otros términos, es la cantidad de oxígeno que requiere el agua para descomponer toda la materia orgánica que contiene. Se utiliza además como parámetros de referencia para las pruebas de DBO.

Este parámetro requiere de unas condiciones de análisis específicas, un tiempo mínimo de reacción de dos horas y una serie de sustancias analíticas específicas, como:

Dicromato de potasio y ácido sulfúrico, como agentes oxidantes.

Ferroina, como sustancia indicadora.

Sulfato de plata/mercurio para destruir los compuestos alifáticos lineales.

²⁷ CLAIR N.S, PERRY L, McCARTY G F, Química para ingeniería ambiental, cuarta edición 2001, Mac Graw Hill, Bogotá DC.p 618.

Ácido sulfámico para eliminar la interferencia debida a los nitratos.
Amonio y hierro sulfato, solución valorante.²⁸

1.8.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Es una prueba empírica que cuantifica la cantidad de oxígeno requerido para que las sustancias biodegradables presentes en el agua sean destruidas, durante un tiempo de incubación, Esta prueba requiere de pruebas de laboratorio, con tratamiento químico especial para cierto tipo de interferencias.

Neutralización para eliminar interferencia de ácidos o bases.

Aireación y reposo para eliminar presencia de cloro.

Tratamiento específico para muestras tóxicas que contengan metales como plomo, plata o cromo.

Calentamiento y agitación para eliminar la sobresaturación de oxígeno.

La DBO y la DQO constituyen las pruebas más representativas del análisis de aguas residuales.²⁹

1.8.4 Potencial de Hidrógeno (pH). El valor de pH o potencial de Hidrógeno es una medida fundamental en prácticamente todas las etapas de un proceso de tratamiento de aguas (neutralización, suavización, coagulación, desinfección y control de corrosión). Es, como la anterior, una prueba de campo por excelencia, que se recomienda determinarla por medio de un pH-metro con escala mínima de 0,1 de graduación; Cuando se precisa medir niveles de pH inferiores a 1 es necesario utilizar un electrodo de membrana líquida, mientras que para niveles superiores a 10 se recomienda un electrodo con (bajo error de sodio).³⁰

1.8.5 Conductividad. La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas así como de la temperatura de medición. Cuanto mayor sea la concentración de iones mayor será la conductividad. En aguas naturales la medida de la conductividad tiene varias aplicaciones, tal vez la más importante sea la evaluación de las variaciones de la concentración de minerales disueltos en aguas naturales y residuales. La conductividad se puede expresar en microhmios por centímetro ($\mu\text{mhos/cm}$) o en el sistema internacional en micro siemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$).³¹

²⁸ Ibid., p.590.

²⁹ Ibid., p.570.

³⁰ Ibid., p.495.

³¹ Ibid., p.509.

1.8.9 Ciclo del Nitrógeno. El nitrógeno que proviene de la descomposición de vegetales, animales y excrementos pasa por una serie de transformaciones. En el caso de los vegetales y animales, el nitrógeno se encuentra en forma orgánica. Al llegar al agua, es rápidamente transformado en nitrógeno amoniacal, pasando después para nitritos y finalmente a nitratos. Esas dos últimas transformaciones solamente ocurren en las aguas que contengan bastante oxígeno disuelto, pues son efectuadas por bacterias de naturaleza aerobia- llamadas nitrobacterias, de esa forma, cuando encontramos mucho nitrógeno amoniacal en el agua, estamos en presencia de materiales orgánicos en descomposición y por lo tanto en un medio pobre en oxígeno.³²

³² GRANT WD. Microbiología ambiental. tercera edición 1999. Bogotá DC. p 131.

2. METODOLOGÍA

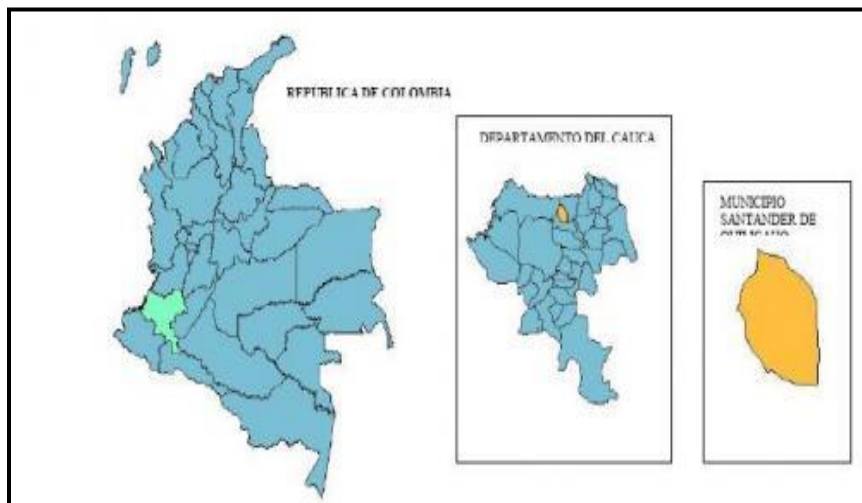
Los lugares de trabajo se seleccionaron de acuerdo a la facilidad y la disponibilidad de acceso, las fincas fueron escogidas en áreas de clima templado y clima cálido, con el fin de determinar posteriormente el comportamiento de los EM en estas condiciones. Se realizaron visitas a cada una de las fincas, se describió el subsistema porcícola y se realizó una caracterización físico química de los efluentes.

Se utilizó el protocolo suministrado por el proveedor de EM para las actividades necesarias en las aplicaciones realizadas por el personal de la unidad productiva, las muestras se recolectaron cada 2 semanas durante dos meses y se llevaron al laboratorio de análisis aguas de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC).

2.1 LOCALIZACION

El Departamento del Cauca se encuentra en la parte sur occidental de Colombia, entre las regiones andina y pacífica. La superficie del departamento comprende una extensión de 29.308 Km² (2% del territorio nacional).

Figura 4. Mapa de localización del municipio de Santander de Quilichao.



Fuente: Atlas de Colombia, 2005.

El Municipio de Santander de Quilichao, está ubicado en el sector Norte del Departamento del Cauca, a 97 Km al norte de Popayán y a 45 Km al Sur de Santiago de Cali, Su extensión es de 597 Km² su posición geográfica respecto al meridiano de Bogotá es de 3° 0' 38" Latitud Norte y 2° 23' 30" latitud Oeste su altura sobre el nivel del mar es de 1.071 metros, precipitación anual promedio de 1800 mm/año, con dos temporadas lluviosas (marzo-junio; septiembre-diciembre), humedad relativa 78% y evapotranspiración potencial de 1711 mm/año. Los suelos son profundos, con un pH de 4.5 a 4.9; de baja fertilidad natural, y están clasificados como Ultisoles, la Porcicola el Madrigal objeto de este estudio está ubicada a 1 Km de la cabecera municipal.

El estudio se desarrolló en el "Parque Temático Agroindustrial" de la Universidad del Cauca y en la finca "El Roble" en la vereda la Rejoja, a 7 kilómetros al nor-oriente de la ciudad de Popayán, con coordenadas geográficas: 2° 29' 0". Latitud norte, 76° 33' 00", longitud este (Figura.5), la altura sobre el nivel del mar es de 1.800 m.s.n.m, temperatura promedio de 18 °C y Precipitación promedio anual de 1.750 mm.

Figura 5. Mapa de localización la Rejoja



Fuente: Vivas, Morales 2005.

2.2 DESCRIPCION DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS

Se realizó un seguimiento a cada finca, específicamente al subsistema porcícola, teniendo en cuenta aspectos como instalaciones, sistema de producción, manejo sanitario, inventario porcícola y características ambientales del entorno productivo,

por medio de medición de áreas, registro fotográfico, documental y observación cualitativa y cuantitativa para obtener información sobre el estado de cada unidad porcícola.

2.3 CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE

La caracterización de los efluentes se realizó en las etapas de funcionamiento normal teniendo en cuenta los sitios de muestreo y las características de las fincas, las muestras fueron tomadas previa verificación de la no utilización de jabón, específico y químicos por parte del personal, se realizó el análisis fisicoquímico a cada muestra sin la aplicación de microorganismos eficientes (EM), para determinar los valores en los parámetros de pH, conductividad, sólidos suspendidos totales, DBO, DQO, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal.

La colección y análisis de muestras se realizó de acuerdo a la guía para el monitoreo de vertimientos en aguas superficiales y subterráneas del IDEAM las cuales se basan en la recopilación del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (IDEAM, 1997). Se utilizó recipientes plásticos, rotulados, especificando el lugar, fecha, tipo de análisis y descripción de los aspectos más relevantes del sitio de muestreo, las muestras se almacenaron en nevera de icopor, con hielo a fin de preservarla a una temperatura de 4^oC. (ver anexo A)

Figura 6: Colección y almacenamiento de la muestra.

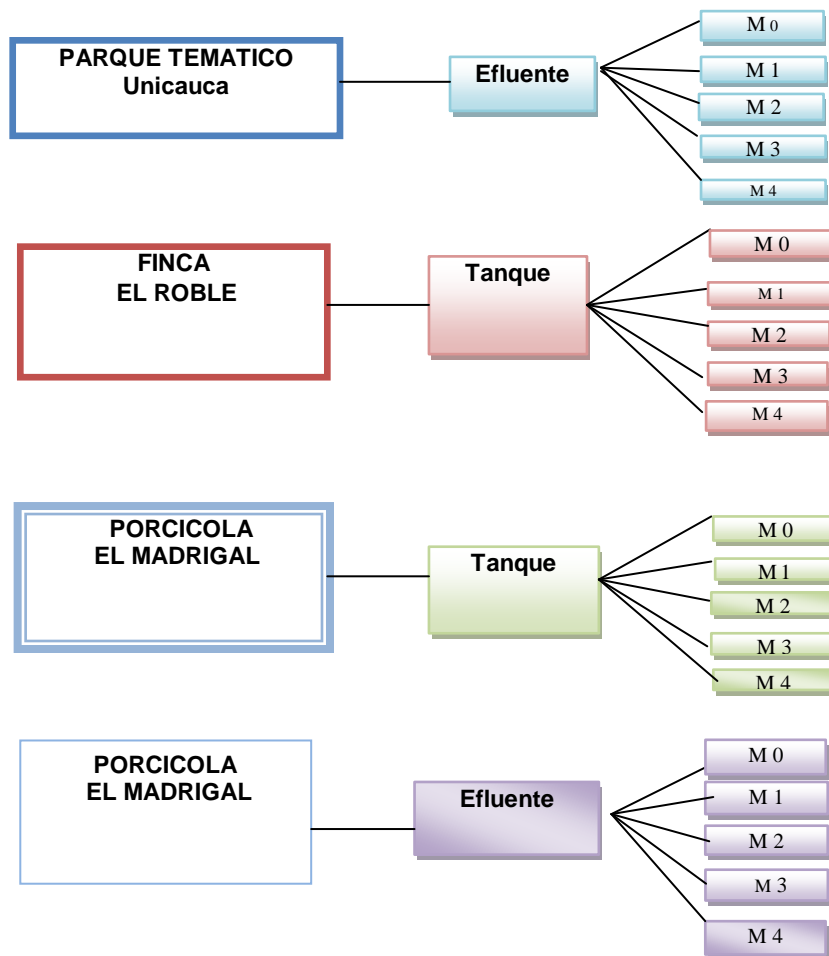


2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACION DEL EFECTO DE EM SOBRE EFLUENTES EN PORCICULTURA

Se realizaron aplicaciones de EM de acuerdo al protocolo según recomendaciones del distribuidor (ver anexo B), en aspersion con bomba (1LEM/20L de agua) a las instalaciones antes del lavado y posterior al proceso de limpieza (1LEM) en los canales de desagüe los cuales conducían al tanque receptor de las aguas.

Se utilizo un diseño en bloques completos al azar, evaluados en 4 sitios, con 4 repeticiones y una muestra testigo tomada antes de la aplicación de los EM (M₀) para un total de 20 muestras.

Figura 7: Esquema de diseño experimental en bloques completos al azar



2.5 ANALISIS DE AGUA

Para el análisis fisicoquímico de las muestras, se llevaron al laboratorio de suelos y aguas de la Corporación Autónoma Regional del Cauca-CRC, para el análisis de los parámetros pH, conductividad, sólidos suspendidos totales, DBO, DQO, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, de acuerdo a los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.³³

2.6 ANALISIS DE RESULTADOS

Los datos tomados en campo se colocaron en una matriz de Excel y se analizó a través del programa estadístico (SPSS 15) mediante un análisis de varianza (ANOVA) y las diferencias se comprobaron mediante la prueba Post Hoc de Tuckey

2.7. PRUEBA DE OLORES

Se realizó una prueba cualitativa de olores en los cuatro sitios de muestreo para determinar la intensidad de olor percibido; una persona se ubicó en cada sitio durante 30 segundos y dio la calificación de acuerdo a la escala de valores propuesta, según recomendaciones del distribuidor de Microorganismos Eficientes (Ver Anexo C).

2.8 ALTERNATIVAS DE MANEJO

Mediante el estudio de cada finca, se determina la posibilidad de aplicación de otras técnicas de Producción mas Limpia (PML), teniendo en cuenta que las características del entorno productivo influyen en gran medida en el buen desempeño de los microorganismos eficientes, definiendo el proceso más adecuado para la el tratamiento de los efluentes en porcicultura.

³³ AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th edition. Washington, DC. 2005. [en línea] Enero de 2005 [citado en enero; de 2010] Disponible en internet en www.landcareresearch.co.nz/services/laboratories/eclab/eclabmethods_waters.as

3. ANALISIS DE RESULTADOS

3.1 DESCRIPCION DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS

Es importante inventariar los recursos que se tienen e integrarlos dentro del sistema productivo para lograr el máximo rendimiento, en la caracterización de los efluentes estudiados se debe tener en cuenta aspectos como la determinación de recursos, definición de actividades, identificación de impactos para establecer de manera adecuada las medidas de prevención, control, mitigación o compensación.

Conocer los requisitos ambientales para la obtención de permisos y concesiones se hace importante para generar una herramienta administrativa que permita el mejoramiento continuo del desempeño ambiental en las diferentes condiciones donde se desarrolla la actividad porcícola.

3.1.1 Porcícola El Madrigal

Vereda: El Tajo

Municipio: Santander de Quilichao

Localización geográfica: N 3°.0'.38" W 2° 23' 30"

Distancia a la cabecera municipal: 1.5 Km vía panamericana

Área: 4000 m²

Propietario: Carlos Gonzales.

Numero de trabajadores y empleados: 2

Antecedentes: Terreno es estado de abandono, sin producción anterior y en malas condiciones para cultivos

Sistema de producción. Granja de ciclo completo; La unidad productiva no se basa en criterios de genética puros, se tiene ejemplares de varias razas y se realiza cruce entre ellos.

Figura 8. Razas porcícola El Madrigal



Diseño / Construcción. Las instalaciones están ubicadas en un área de 204 m² totalmente cercada para evitar la entrada a personas y animales, con un sistema de producción en tres sitios donde Las Naves especializadas para cada etapa fisiológica, están separadas de 3 a 5 metros, lo que permite reducir las posibilidades de transmisión de enfermedades entre animales.

Las construcciones cuentan con pisos en cemento que facilitan la limpieza y recolección de heces, muros en ladrillo recubierto con cemento a 1,40m de altura que permiten la ventilación y techos en teja que permiten mantener un ambiente fresco dentro del las naves.

Figura 9. Diseño/construcciones El Madrigal



La distribución se realiza en 6 naves, para hembras en gestación y lactación se encuentran los corrales en un área de 21,4 m², con estructuras en hierro que reducen las muertes por aplastamiento

Figura 10. Maternidad El Madrigal



Para la etapa de precebos y las cunas de los destetos se cuenta con un área de 23.2 m²

Figura.11. Cunas para destetos y naves para precebos El Madrigal



Las hembras de reemplazo y los reproductores están separados de los animales pequeños y se ubican en un área de 45 m².

Figura 12 Hembras vacías El Madrigal



Comederos / Bebederos. La unidad productiva cuenta con comederos en plástico en las naves de precebos, en la nave de gestación, cría, reproductores y finalización se utiliza comederos en cemento, el sistema de bebederos es el de chupo ubicado en la pared.

Figura 13. Comederos El Madrigal



Tipo de Sistema de manejo y/o tratamiento de las aguas residuales. La unidad cuenta con una serie de tanques en cemento para recepción del agua de lavado de las instalaciones, El tanque recolector de 2,30m X 1,60m y 0,65m de profundidad está ubicado fuera de la cerca perimetral de las naves y conduce el agua por medio de tuberías de PVC de (2 pulgadas) y luego se vierten a un sistema de trampa de grasas construido en guadua que no tiene una funcionalidad normal por el mal estado en que se encuentra, Luego de pasar la trampa el agua tiene un recorrido superficial de 30 metros aproximadamente con una pendiente de 20% y es dirigida hacia un humedal ubicado en el lindero sur del predio.

Figura 14. Tanque recolector El Madrigal



La tubería no tiene las dimensiones adecuadas para el transporte del agua residual del lavado, motivo por el cual presenta daños continuos gracias a la presión ejercida, se encuentran que los empalmes se separan continuamente causando derrames de agua con residuos por fuera del sistema.

Figura 15. Tuberías de conducción de aguas residual El Madrigal



Bioseguridad. Las instalaciones cuentan con medidas de seguridad como señalización de áreas, pocetas de desinfección en la entrada de las naves e implementos se seguridad para los obreros.

Control de ingreso.de animales A 50 metros de la cerca perimetral se encuentra el cargadero externo que permite el control a vehículos transportadores.

El control de animales. Se realiza control físico con cortinas y cubierta en polisombra para pájaros y cercas vivas o rejillas para roedores.

Manejo de la mortalidad. La unidad productiva cuenta con un área dentro del predio que permite enterrar los residuos biológicos.

Almacenamiento. La bodega se ubica Independientemente del tipo de producto, para el alimento se dispone de un espacio fuera de las naves con piso en cemento; los medicamentos se encuentran en un botiquín dentro de la nave de gestación, con su respectiva señalización así como las herramientas e implementos de aseo y desinfección

Manejo reproductivo. Primer servicio se realiza a los 7 meses y 120 kg en promedio, se maneja un promedio de peso al destete de 7 Kg. La unidad cuenta con un macho reproductor útil para la detección de celo, en el proceso de inseminación artificial.

Manejo de alimentación. La Porcícola Madrigal utiliza alimentos concentrados de marca comercial Finca, con un producto y dosificación para cada etapa fisiológica. No se utiliza subproductos como suplemento. La red de distribución del alimento es manual, el operario utiliza carretilla.

Registros. Plan de Vacunación, Mortalidad, Programación de montas, Ingreso de pie de cría.

Inventario Porcícola. La unidad productiva tiene un total de 103 animales que según la cuadro 4 muestra una producción de 256,41 Kg/día de estiércol, que equivalen a 2.009 Kg/día de nitrógeno.³⁴

Cuadro 4. Inventario porcícola y producción de excretas Finca El Madrigal

Estado	Nº cab	Peso Kg/animal	Estiércol Kg/cab/día	TOTAL Estiércol Kg /día	TOTAL Nitrógeno Kg / día	
Reproductor	2	160	7,38	14,76	0,052	0,104
Hembra vacía	4	150	6,91	27,64	0,052	0,208
Hembra gestante	4	180	5,40	21,6	0,052	0,208
Hembras Lactantes	3	190	14,67	44,01	0,133	0,399
Lechones lactantes	31	3,5	0,28	8,68	0,0543	0,058
Precebo	29	16	1,22	31,72	0,0543	0,252
Levante	15	35	2,19	32,85	0,0451	0,237
Finalización	15	80	5,01	75,15	0,0445	0,534
TOTAL	103			256,41	2,009	

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2002.

³⁴ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Op. cit., p 50.

3.1.2 Parque Temático Unicauca

Vereda: La Rejoya

Propietario: Universidad del Cauca

Administrador: Carlos Quintín

Mayordomo. Andrés Arcos

Municipio: Popayán

Localización geográfica N: 2°31'13" W: 76°35'46"

Distancia a la cabecera municipal: 1.5 Km vía panamericana

Área: 13.5 Ha

Numero de trabajadores y empleados: 2

Antecedentes. La producción pecuaria se basa en el manejo del ganado bovino, porcino, ovino, conejos y cuyes. En cuanto a lo agrícola se tiene producción de plátano, pastos, caña, forrajes, forestales, y de café, adicionalmente el parque temático cuenta con una colección de plantas ornamentales.

Sistema de producción. Granja de ciclo completo, La unidad productiva utiliza recursos genéticos de la región, implementando cruces de Landrace * Pietrain.

Figura 16. Razas Parque Temático Unicauca



Diseño / Construcción. Las instalaciones están ubicadas en un área de 307 m², a una distancia de 30 metros de la vivienda y oficinas, es un sistema de producción en un solo sitio donde Las Naves para cada etapa fisiológica están separadas por muros internos, las construcciones cuentan con pisos en cemento que facilitan la limpieza y recolección de heces, muros en ladrillo con una altura de

1,0m que permiten la ventilación y techos en teja que permiten mantener un ambiente fresco dentro de las naves.

La ubicación de las instalaciones es oriente – occidente. El diseño del techo permite una constante flujo de aire evitando la acumulación de gases dentro de la construcción.

Figura 17. Diseño/construcciones Parque Temático Unicauca



La distribución de las naves se realiza por etapa fisiológica, se cuenta con 4 naves, para hembras de reemplazo y cerdos en finalización, 2 corrales para maternidad.

Figura 18. Maternidad Parque Temático Unicauca



Para los lechones destetos se tiene dos naves de madera, cuya base a 50 cm del piso permite la limpieza y recolección de las excretas.

Figura 19. Destetos Parque Temático Unicauca



La unidad productiva cuenta con comederos en cemento, el sistema de los bebederos son de tipo chupo en la pared.

Figura 20. Comederos / Bebederos Parque Temático Unicauca



Tipo de Sistema de manejo y/o tratamiento de las aguas residuales. Básicamente es un sistema de canales por donde las aguas son conducidas hasta un tanque de (1m x1m x 1.2m) y pasa a un biodigestor que no se encuentra en

funcionamiento pues el plástico se encuentra deteriorado, las aguas pasan a un canal abierto que recorre los potreros de la finca.

Figura 21. Sistema de Tratamiento de aguas Parque Temático Unicauca



Figura 22. Conducción de agua residual Parque Temático Unicauca



Manejo de mortalidad. La unidad cuenta con un sitio destinado al manejo de los desechos biológicos.

Almacenamiento. La bodega para el almacenamiento se ubica a la entrada de la instalación, y se encuentra alejada de la humedad y luz directa, piso en cemento y completamente techada.

Manejo reproductivo, el primer servicio se realiza a los 7 meses y 120 kg en promedio, se maneja un promedio de peso al destete de 7 Kg, Se realiza inseminación y monta natural.

Registros. Plan de Vacunación, Mortalidad, Programación de montas, Ingreso de pie de cría.

Manejo de alimentación. En el parque temático se utiliza alimentos concentrados de marca comercial Solla, con un producto y dosificación para cada etapa fisiológica.

Inventario Porcícola. La unidad productiva tiene un total de 21 animales según el cuadro 5 muestra una producción de 53,5 Kg/día de estiércol, que equivalen a 0,3836 Kg/día de nitrógeno.³⁵

Cuadro 5. Inventario porcícola y producción de excretas Parque Temático Unicauca

Estado	Nº cab	Peso Kg/animal	Estiercol Kg/cab/día	TOTAL Estiercol Kg /día	TOTAL Nitrógeno Kg / día	
Reproductor	1	160	7,38	7,38	0,052	0,052
Hembra vacía	1	150	6,91	6,91	0,052	0,052
Hembra gestante	2	180	5,40	10,8	0,052	0,104
Hembras Lactantes	0	190	14,67	0,0	0,133	0,0
Lechones lactantes	0	3,5	0,28	0,0	0,0543	0,0
Precebo	12	16	1,22	14,64	0,0543	0,104
Levante	4	35	2,19	8,76	0,0451	0,036
Finalización	1	80	5,01	5,01	0,0445	0,0356
TOTAL	21			53,5	0,3836	

Fuente: Ministerio del Ambiente 2002.

³⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Op. cit., p 50.

3.1.3 Finca El Roble

Vereda: La Rejoja

Municipio: Popayán

Localización geográfica: N 3°.0'.38" W 2° 23' 30"

Distancia a la cabecera municipal: 7 Km vía panamericana

Área: 8 Ha

Numero de trabajadores y empleados. 5

Antecedentes: Finca con actividad principalmente ganadera, cabras y cerdos. El componente agrícola se compone de potreros siembra de pasto King grass, Estrella.

Sistema de producción. Granja de ciclo completo, La unidad productiva tiene ejemplares de la región y maneja el cruce Landrace X Pietrain, lo cual permite que se de una buena producción en cuanto a fijar las características deseables como son habilidad materna que la proporciona la raza landrace y la poca cantidad de grasa en la carne que la proporciona pietrain, haciendo de esta una muy buena opción para competir en el mercado regional.

Figura 23. Razas finca El Roble



Diseño y construcciones. Las instalaciones están ubicadas en un área alejada, a una distancia de 200 metros de otros subsistemas manejados en la granja, totalmente cercada para evitar la entrada a personas y animales. Paredes y muros en guadua, Piso en cemento, techo en eternit, ventanas y cortinas para ventilación.

Figura 24. Diseño / Construcción finca El Roble



La instalación para la producción es en un sitio, donde se diferencia la zona con Naves especializadas para Levante, Ceba, montas y otra bien delimitada para gestación, Lactancia y destete.

Figura. 25 Corrales levante y ceba finca El Roble



Las naves para gestación ocupan un área $24,2\text{m}^2$, las cerdas se ubican en un sistema que evita el movimiento de la cerda y el aplastamiento de los lechones.

Figura 26. Gestación finca El Roble



La distribución se realiza en 16 naves, para hembras en gestación y lactación se encuentran los corrales en un área de 42,9 m², con estructuras en hierro que reducen las muertes por aplastamiento.

Figura 27. Maternidad finca El Roble



Los corrales de maternidad cuentan con un sistema de cunas para los lechones, en un área de 20 m² adecuados para el manejo eficiente en la primera etapa de los animales, basados en el bienestar animal.

Figura 28. Cunas lechones finca El Roble



Las hembras vacías y los reproductores están separados de los animales pequeños y se ubican en un área de 40 m².

Figura 29. Hembras vacías finca El Roble



Comederos/Bebederos. Se cuenta con comederos en cemento y bebederos tipo chupo en las paredes de guadua.

Figura 30. Comederos y bebederos finca El Roble



Tipo de Sistema de manejo y/o tratamiento de las aguas residuales. La unidad cuenta con una serie de Tanques en cemento para recepción del agua de lavado de las instalaciones ,que llega a través de canales, el primer tanque de 0,9m X 1,60m y 1,20m de profundidad se conecta al siguiente de 1,60m X 1,20m mayor tamaño y 1,0 m de profundidad, y éste a su vez se conecta con un tanque de 1,60m X 3,0m y 1,5 m de profundidad, para terminar con un tanque de 3,0m X 4,40 m y 1,60m de profundidad, sistema que permite procesos de decantación, filtración y una permanencia del agua para su tratamiento a fin de ser reutilizada.
Figura 31. Sistema de tanques para tratamiento de agua finca El Roble



Por medio de una tubería de PVC de (2 pulgadas), el agua es conducida a tanques comunicados entre si. Los tanques recolectores se ubican fuera de la cerca perimetral de las naves y conduce por medio de tuberías el agua que finalmente se bombea y reutiliza en el riego de potreros.

Figura 32. Sistema de tanques finca El Roble



Desde el último tanque el agua es utilizada para el vertimiento directo en la fertilización de los pastos en los potreros aledaños.

Figura 33. Bomba para riego finca El Roble



Bioseguridad. Las instalaciones cuentan con Medidas de Seguridad como señalización de áreas, poceta de desinfección en la entrada de las naves e implementos se seguridad para los obreros.

Manejo de la mortalidad. Se cuenta con un área dentro del predio que permite enterrar los residuos biológicos.

Registros. Plan de Vacunación, Mortalidad, programación de montas, Ingreso de pie de cría.

Almacenamiento. La bodega se ubica a un lado de la instalación, con una correcta señalización y separada de los animales y protegida de la humedad, para el alimento se dispone de un espacio fuera de las naves con piso en cemento; los medicamentos se encuentran en un botiquín, con su respectiva señalización así como las herramientas e implementos de aseo y desinfección.

Manejo reproductivo. Se realiza primer servicio a 7 meses y 120 kg en promedio, se maneja en promedio 7 Kg de peso al destete, Se maneja Inseminación artificial.

Manejo de alimentación. La Finca El Roble utiliza alimentos concentrados de marca comercial Solla, con un producto y dosificación para cada etapa fisiológica.

Inventario Porcícola. La unidad productiva tiene un total de 123 animales que según el cuadro 6 muestra una producción de 337,8 Kg/día de estiércol, que equivalen a 2.65 Kg/día de nitrógeno.³⁶

³⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Op cit.,p 50.

Cuadro 6. Inventario Porcícola y producción de excretas Finca El Roble

Estado	Nº cab	Peso Kg/animal	Estiércol Kg/cab/día	TOTAL Estiércol Kg /día	TOTAL Nitrógeno Kg / día	
Reproductor	2	160	7,38	14,76	0,052	0,104
Hembra vacía	9	150	6,91	62,19	0,052	0,468
Hembra gestante	8	180	5,40	43,2	0,052	0,416
Hembras Lactantes	4	190	14,67	58,68	0,133	0,532
Lechones lactantes	36	3,5	0,28	10,8	0,0543	0,068
Precebo	15	16	1,22	18,3	0,0543	0,130
Levante	41	35	2,19	89,79	0,0451	0,65
Finalización	8	80	5,01	40,08	0,0445	0,284
TOTAL	123			337,8	2,65	

Fuente: Ministerio del Ambiente 2002.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS EFLUENTES MUESTRA TESTIGO

En el cuadro 7 se observan los resultados obtenidos para la muestra testigo, sin aplicación de microorganismos eficientes que permite confirmar el grado de contaminación que presentan los efluentes a estudiar y la necesidad de establecer sistemas de tratamiento o realizar mejoras en el entorno actual de las unidades productivas.

Cuadro 7.. Caracterización de los efluentes muestra testigo.

Parámetro	SITIO 1 Tanque	SITIO 2 Efluente	SITIO 3 Tanque	SITIO 4 Efluente
pH	8.65	8.49	7.06	7.38
Conductividad (µs/cm)	2300	8965	4650	5328
SST (mg/L)	6620	5350	1740	7340
DQO (mg/L)	3926	7190	1447	2237
DBO ₅ (mg/L)	2598	1896	854	721
Nitritos (mg/L)	2.38	2.20	1.78	1.57
Nitratos (mg/L N)	16.7	15.3	13.3	13.4
Nitrógeno amoniacal (mg/L NH ₄ -N)	1.67	1.70	0.49	0.26

Sitio 1: Finca El Roble, La Rejoja Sitio 2: Parque Temático La Rejoja Sitio 3: Finca El Madrigal (Tanque) Santander. Sitio 4: Finca El Madrigal (Efluente) Santander.

Se realizó una comparación entre los valores obtenidos con los valores admisibles para determinar calidad de agua corriente de la UNESCO³⁷, en los parámetros DBO⁵, DQO, pH, conductividad; Nitritos y Nitratos, de esta manera se puede ver que los sitios estudiados presentan niveles muy bajos de calidad por su alta carga contaminante (ver cuadro 8).

De acuerdo con el cuadro 8 se puede identificar que los efluentes provenientes de la industria porcícola no se encuentran en el rango de los valores admisibles establecidos para las aguas corrientes según la UNESCO evidenciando alta carga contaminante que provocan las actividades en las unidades productivas generando un impacto nocivo para las fuentes de agua.

Cuadro 8. Valores admisibles para determinar calidad de aguas corrientes UNESCO

PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE	Sitio 1 Tanque	Sitio 2 Efluente	Sitio 3 Tanque	Sitio 4 Efluente	GRADO DE CALIDAD
DBO ₅ (mg/L)	<2					Agua poco contaminada
	>10	X	X	X	X	Impactadas por descargas de aguas residuales
DQO	< 20					Poco contaminadas
	>20	X	X	X	X	Contaminadas
pH	6.0 - 8.5	X	X	X	X	Típico en aguas naturales
Conductividad μ s/cm	10-100					Rango típico en corrientes superficiales
Nitratos NO ₃ (mg/L)	< 0,1					Agua poco contaminada
	\approx 1					Agua con contaminación significativa
	> 5	X	X	X	X	Contaminación por actividades humanas y por escorrentía de fertilizantes

Fuente. UNESCO, 2008.

Sitio 1: Finca El Roble, La Rejoja Sitio 2: Parque Temático La Rejoja Sitio 3: Finca El Madrigal (Tanque) Santander. Sitio 4: Finca El Madrigal (Efluente) Santander.

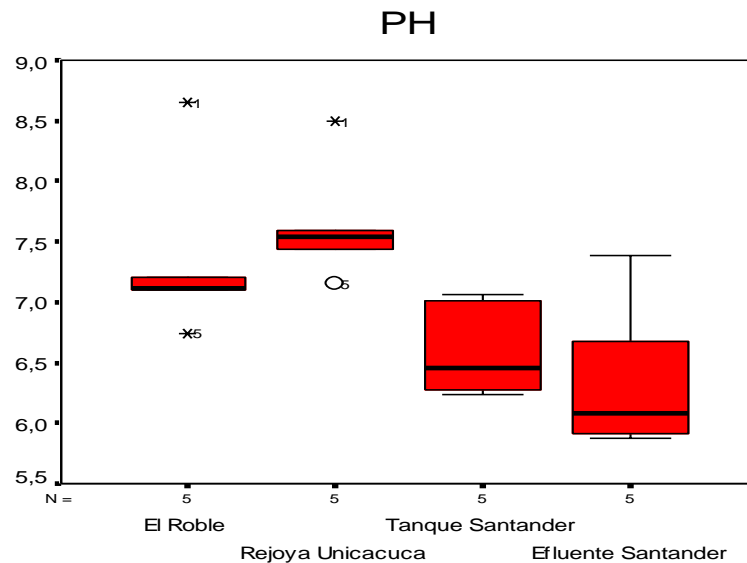
³⁷ UNESCO, OMS, PNUMA. Medidas hidrológicas. Proyecto sobre control mundial de la calidad de agua. guía operativa. Capítulo V. Gems/Agua. 1995. p 26.

3.3 ANALISIS DE CADA PARÀMETRO POR SITIO

A continuación se explica los valores en cada uno de los lugares muestreados, con respecto a los parámetros analizados por medio de un análisis de estadística descriptiva, se obtuvo lo siguiente.

3.3.1. pH (Potencial de Hidrogeno) El sitio 4 (Efluente Santander) muestra la mayor dispersión en la distribución de los datos (más larga la caja y los bigotes), presentando mas variabilidad y donde se encuentran valores menores para pH. El sitio 1 (Tanque El Roble) presenta los datos máximos para pH representado por un dato atípico, en (Efluente Rejoya) Unicauca los valores son más altos con dos datos alejados del grupo, evidenciando las diferencias en las características para este parámetro.

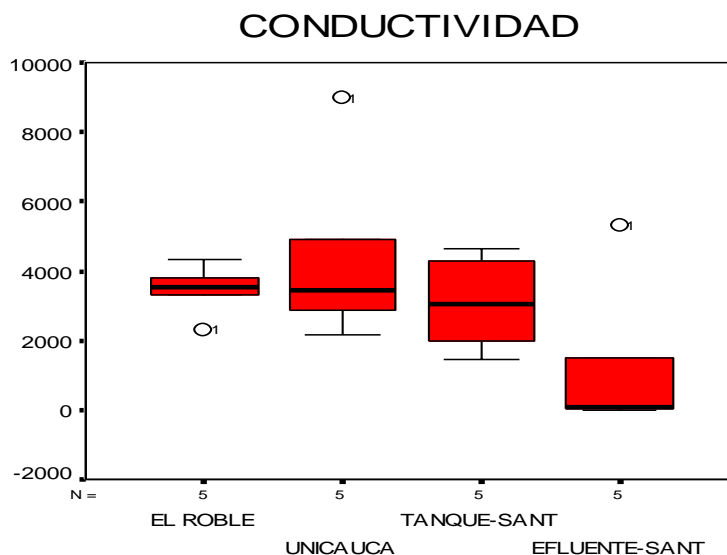
Figura 34. Cajas para Potencial de Hidrogeno.



Las variaciones entre las zonas evaluadas, representadas por los sitios 1 (Tanque El Roble) y 2 (Efluente Rejoya Unicauca) con pH de (8.65 y 8.49 respectivamente) hacen referencia a la dureza característica de las aguas de la Rejoya comparados con los datos de los sitios 3 y 4 .

3.3.2. Conductividad. La conductividad eléctrica indica la concentración de sales minerales en el agua, los resultados muestran valores iniciales desde 2.300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en sitio 1(Tanque El Roble), hasta 8695 $\mu\text{s}/\text{cm}$, muy por encima del valor admisible (cuadro 3) donde se puede inferir una gran carga de materia orgánica en descomposición y sales que se ve aumentado por la falta de un sistema primario o de separación de los residuos sólidos, o de un buen manejo de estos.

Figura 35. Diagrama de cajas para Conductividad

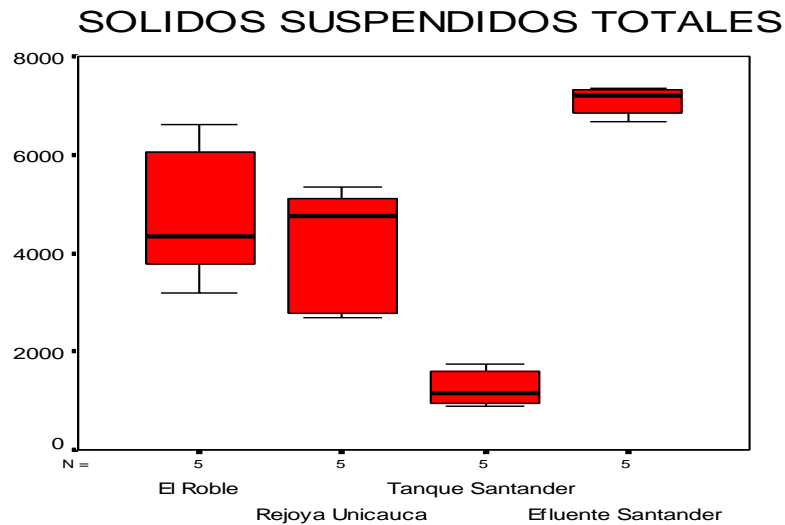


Como se observa en la figura 32, en el sitio 1 (Tanque Rejoja El Roble) una distribución homogénea de los datos, para los sitios 2 (Efluente Rejoja Unicauca) y sitio 3 (Tanque Santander) se presenta promedios similares, por la gran cantidad de materia orgánica y sales contenidas en el las excretas que arrastra el agua de lavado y el sitio 4 (Efluente Santander), presenta valores mas bajos de conductividad, que por su ubicación, no recibía directamente las aguas residuales.

3.3.3. Solido Suspendidos Totales (SST). En la figura 33 se puede ver que el sitio 1 (Tanque El Roble) presenta la mayoría de los datos por encima del promedio y la mayor variabilidad, el sitio 2 (Efluente Rejoja Unicauca) muestra la mayor parte de los datos por debajo de la media. Para el sitio 3 (Tanque Santander) se reporta la menor cantidad de sólidos y para el sitio 4 (Efluente Santander) los valores más altos para este parámetro, debido a que el efluente recorre 30 metros hasta el humedal por un canal abierto, arrastrando residuos

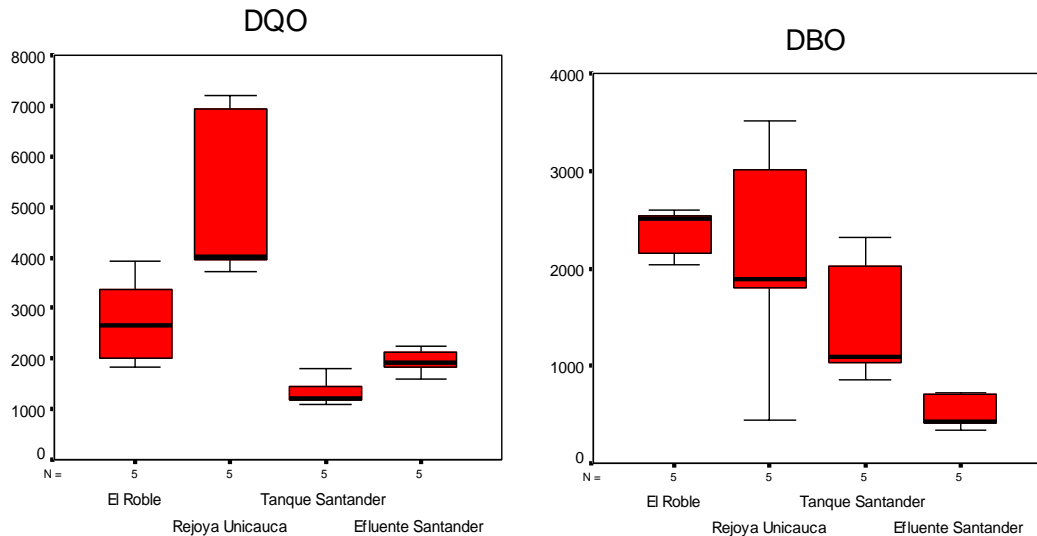
diferentes a los porcinos como hojas secas, frutos, tierra entre otros lo cual hace que este sea el valor más alto.

Figura 36. Diagrama de cajas para Solido Suspendidos Totales.



3.3.4 Demanda Química de Oxígeno (DQO) - Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Se puede ver que el sitio 1 (Tanque El Roble) presenta datos por encima y por debajo de la media y, el sitio 2 (Efluente Rejoya Unicauca) la mayor variabilidad, la mayor parte de los datos por encima de la media, siendo estos los valores mas altos para DQO. El sitio 3 (Tanque Santander) reporta los valores mas bajos para DQO, no así para DBO, donde presenta alta variabilidad y para el sitio 4 (Efluente Santander) se presentan valores bajos tanto para DQO, como para DBO, mostrando un resultado positivo en la fase anterior, pues el agua proviene del tanque y ya ha tenido un avance importante en el tratamiento.

Figuras 37. Diagrama de cajas para DQO y DBO.



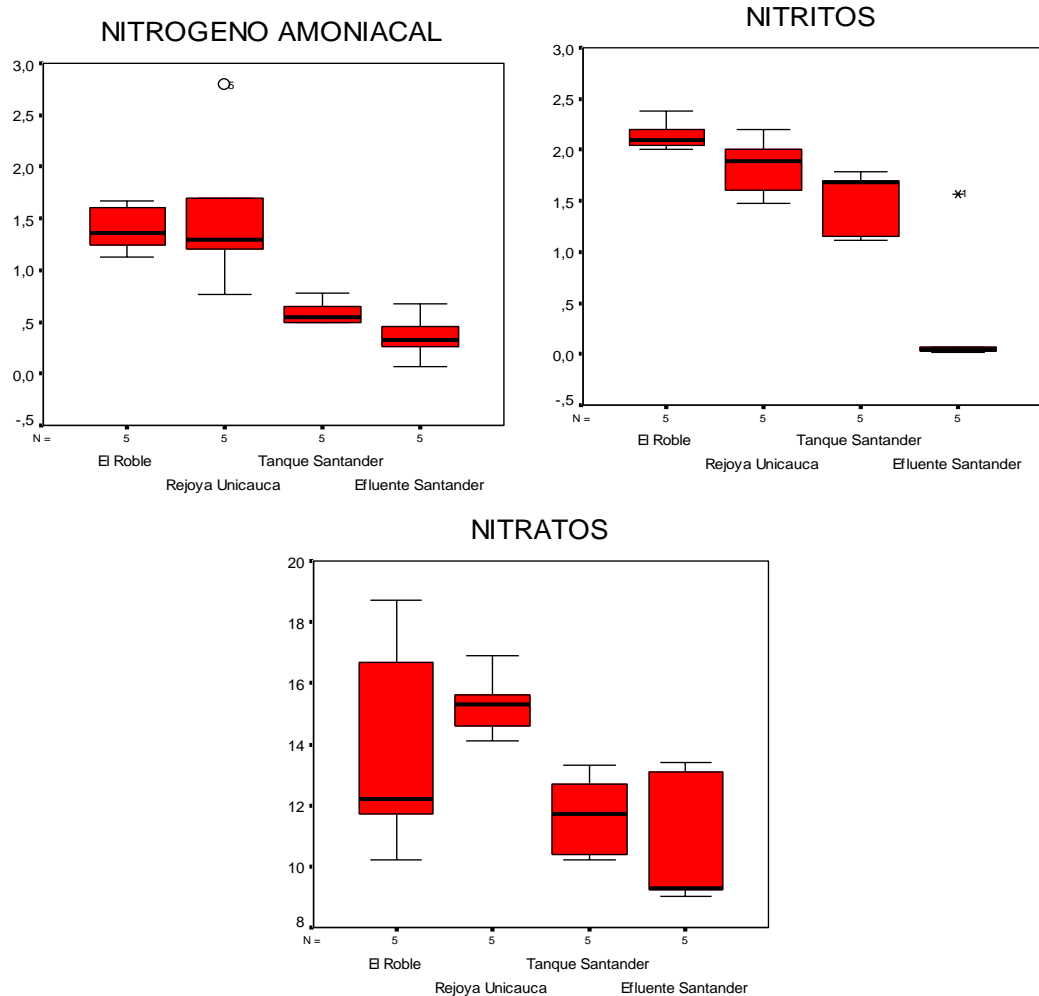
El principal problema ocasionado por las excretas es la contaminación química debida a la excreción de grandes cantidades de nitrógeno (en forma de nitratos), fósforo y potasio, se ha estimado que bajo condiciones comerciales de producción en Holanda el fósforo consumido es excretado en proporciones variables, ya que una cerda excreta alrededor del 75%, los lechones destetados el 38% y los cerdos de abasto el 63%, la vía de excreción del fósforo es principalmente fecal; en lo referente al nitrógeno la proporción excretada para las mismas categorías de animales fue de 76, 46 y 67% respectivamente y este es excretado principalmente vía urinaria.³⁸

3.3.5 Ciclo del Nitrógeno. La eliminación del nitrógeno, se da por fenómenos de nitrificación-desnitrificación y amonificación, donde el nitrógeno es transformado por bacterias en otros compuestos realizados por bacterias (microorganismos eficientes). Los niveles de amonio obtenidos fueron superiores a 0,5 mg/L, los cuales se consideran limitantes para el normal desarrollo y distribución de biota acuáticos y de la fauna y a la vez, indicadores de alteraciones drásticas en la calidad del agua por alta concentración de esta forma nitrogenada.

³⁸ HERRERA C, PERALTA J. Valorización de las excretas porcinas. [en línea] 05 de octubre del 2005 [citado en julio de 2010] Disponible en www.datoseinformacion.blog.arnet.com.ar

La Figura 38 muestra que el parámetro nitrato presentan mayor variabilidad, la mayoría de los datos se encuentran por encima de la media, podemos ver en el sitio 3 (Tanque Santander) se presenta la mayor variabilidad obteniéndose un porcentaje de remoción de 98%.

Figura 38 Diagrama de cajas para el ciclo del Nitrógeno



El nitrógeno presentó algunas variaciones dentro de su ciclo, para el nitrógeno amoniacal se pueden ver valores altos en los sitios 1 (El Roble) y 2 (Rejoja Unicauca) y menores en Santander.

Los nitritos presentan valores más altos para los sitios 1(El Roble), 2(Rejoja Unicauca) y 3 (Tanque Santander) que los de nitrógeno amoniacal con lo cual se puede ver que el ciclo del nitrógeno se está cumpliendo.

Para el sitio 4 (Efluente Santander) los datos no tienen una variación significativa, indicando un proceso mas avanzado de nitrificación.

Para las concentraciones de nitratos en el sitio 1 (El Roble) se ve la mayor parte de los datos por encima de la media indicando altas concentraciones, en La Rejota Unicauca, se encuentra la media más alta de nitratos, con un comportamiento estable;

Para el sitio 3 (Tanque Santander) se presentan datos por encima y debajo de la media, sin variaciones significativas y para el sitio 4 (Efluente Santander) se puede observar la media mas baja y la mayor parte de los datos por encima de esta, indicando un aumento en la cantidad de nitrato debido a que en la mayoría de animales se encuentran en la etapa de levante y el alimento comercial (SOLLA) que se da tiene de 18% a 20% de proteína indicando niveles mas altos de nitrógeno en las excretas formando compuestos nitrogenados no proteicos³⁹.

Los valores de nitritos, nitratos y nitrógeno amoniacal son mas altos en los sitios 1 (El Roble) debido a la cantidad de excrementos que se depositan en los tanques, por el elevado numero de animales ya que el sistema de limpieza es de arrastre hidráulico.

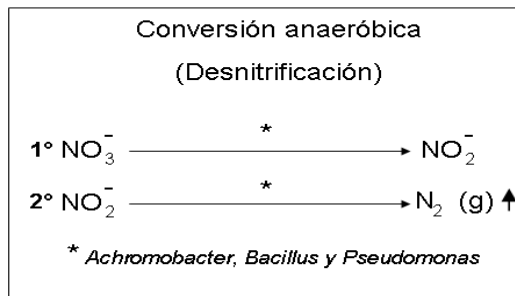
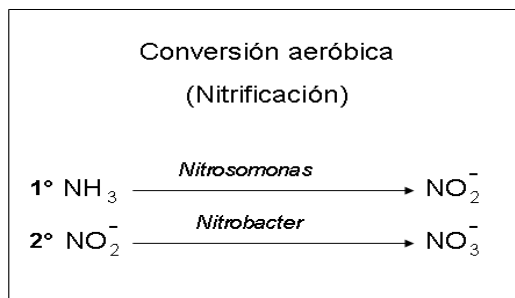
En el sitio 2 (Rejota Unicauca), esto se debe a las características de las excretas, pues la composición química de las excretas contienen niveles altos de proteína cruda, fibra cruda, cenizas y valores bajos de extractos etéreos, las excretas del cerdo en engorda contienen nitrógeno en forma de proteína cruda (23.5%) y en forma de nitrógeno proteico (66.3%)⁴⁰.

Todo el proceso que ocurre se debe a que se da el ciclo del nitrógeno por fenómenos de nitrificación-desnitrificación y amonificación, realizados por bacterias. La eliminación de amonio y nitratos por esta vía es bastante compleja. Es un proceso de tratamiento del agua que necesita conversión tanto aeróbica como anaeróbica para eliminar los contaminantes. En la fase de conversión aeróbica hay dos especies bacterianas implicadas. Primero, las bacterias Nitrosomonas convierten el amoniaco en nitrito. Segundo, las bacterias Nitrobacter convierten los nitritos en nitratos. Estos dos procesos juntos son comúnmente conocidos como el proceso de nitrificación.

³⁹ HERRERA C, PERALTA J. Valorización de las excretas porcinas. [en línea] 05 de octubre del 2005 [citado en julio de 2010] Disponible en www.datoseinformacion.blog.arnet.com.ar

⁴⁰ Ibid., p.2.

Después de eso, las bacterias anaeróbicas entran a actuar. Estas bacterias convierten los nitratos en nitrógeno gaseoso atmosférico. Este proceso se llama desnitrificación. La desnitrificación es realizada por con muchas bacterias anaeróbicas, tales como *Achromobacter*, *Bacillus* y *Pseudomonas*. La primera fase de la desnitrificación es el proceso inverso a la nitrificación, vuelve a transformar el nitrato en nitrito. La segunda fase de la desnitrificación transforma el nitrito en nitrógeno gaseoso, el cual puede ser liberado a la atmósfera sin causar daños ambientales.⁴¹A continuación se resumen el proceso de nitrificación y desnitrificación, de la siguiente manera.



⁴¹ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Op. cit., p.54.

3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS EFLUENTES TRATADOS

Después de realizar las diferentes pruebas análisis físico-químicos a los efluentes tratados con microorganismos eficientes (EM) se obtuvo los siguientes resultados los cuales se resumen en el cuadro 9.

Cuadro 9. Valores promedio, desviación estándar y varianza para las variables físico - químicas de los efluentes tratados

Sitio		T(°C)	pH (U pH)	Conductividad. μ S/cm	SST mg/L	DBO mg/L	DQO mg/L	Nitritos mg/L	Nitratos mg/L-N	NA mg/L NH4-N
1	\bar{X}	19.1	7.3	1854.6	4798	2365.4	2754	2.1	13.9	1.4
	σ	0.59	0.74	418.2	1477.5	255.8	891.6	0.15	3.61	0.25
	σ^2	0.35	0.55	174939.8	2183120	65458.8	795120	0.23	13	0.53
2	\bar{X}	19	7.6	4000.7	4135.4	2134.2	5158.4	1.8	15.3	1.5
	σ	0.25	0.50	3030.4	1302.3	1190.9	1739.2	0.29	1.07	0.76
	σ^2	0.06	0.25	90183611.3	1696030	1418398	3024904	0.86	1.14	0.59
3	\bar{X}	23.1	6.6	3283.6	1258.2	1460.4	1343.8	1.4	11.6	0.59
	σ	0.58	0.40	1073.8	391.8	658.3	283.2	0.32	1.36	0.12
	σ^2	0.33	0.16	1153168.8	153526	433470	80254.7	0.103	1.87	0.15
4	\bar{X}	23.1	6.3	4478.2	7079.4	1942.2	521.8	0.34	10.8	0.36
	σ	0.58	0.64	532.6	299.5	249.5	179.9	0.68	2.23	0.22
	σ^2	0.33	0.41	283699.7	89729.3	62253.7	32382.2	0.46	4.9	0.52

Sitio 1: Finca El Roble, La Rejoja Sitio 2: Parque Temático La Rejoja Sitio 3: Finca El Madrigal (Tanque) Santander. Sitio 4: Finca El Madrigal (Efluente) Santander. X: promedio σ : desviación estándar.

Para determinar si existían diferencias significativas entre los datos de las muestras y entre los sitios de muestreo, se realizó un ANOVA. Posteriormente, y para determinar que pares de grupos eran diferentes se aplicó una prueba de TUCKEY (SPSS 15) los resultados arrojaron que por muestras, las variables físico-químicas no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) (ver ANEXO E), mientras que en el análisis por sitios (comparaciones múltiples), los resultados muestran que todas las variables fisicoquímicas presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) a excepción de la conductividad (ver ANEXO D)

La prueba Post Hoc de TUCKEY muestra diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) para SST y Nitritos entre el sitio 3 (Tanque-Santander) y 4 (Efluente Santander) (ver ANEXO D) esto se debe a la fracción sólida del estiércol que se

queda en su gran mayoría en el tanque y es evacuada mecánicamente por el personal que labora en la unidad porcícola para ser tratada y convertida en abono orgánico lo cual evita la colmatación por parte de las excretas en el humedal (efluente), en cuanto a los nitritos se ve favorecidos por el ciclaje natural del nitrógeno en el humedal ya que se dan procesos de nitrificación por la cantidad de microorganismos presentes en este como las nitrosomonas presentando aumentos de nitritos en el efluente.

De acuerdo a la tabla 6, El pH (7.3 U pH y σ :0.74), SST (4798 mg/L y σ :1477.5), Nitratos (13,9 mg/L-N y σ :3,61), presentan mayor variabilidad en los datos en el sitio 1 (Tanque El Roble, La Rejoya) debido a que la fracción sólida del estiércol ocasiona colmatación y por ende se disminuye la cantidad de oxígeno elevando estos valores.⁴²

La Conductividad (4000,7 μ S/cm y σ : 3030,4), DQO (5158,4 mg/L y σ : 1739,2), DBO (2134,2 mg/L y σ : 1190,9), Nitrógeno Amoniacal (1.5 NH₄-N y σ : 0.76), presentaron mayor variabilidad en el sitio 2 (Rejoya, Unicauca), debido a la falta de manejo de residuos que proporcione las condiciones adecuadas y permita a los microorganismos mantenerse durante cierto tiempo en contacto con el agua residual, motivo por el cual los datos obtenidos presentan grandes variaciones.

Los SST (7079,4 y σ : 299,5), DQO (1942,2 y σ : 249,2), DBO (521,8 y σ : 179,9) presentaron una menor desviación en el sitio 4 (Efluente Santander) debido a que en este punto el agua residual se une al Humedal constituyendo la muestra en una mezcla de las dos, manteniendo homogéneos los datos obtenidos lo cual se da porque el humedal funciona como una especie de solvente donde los SST no se colmatan, se dispersan.

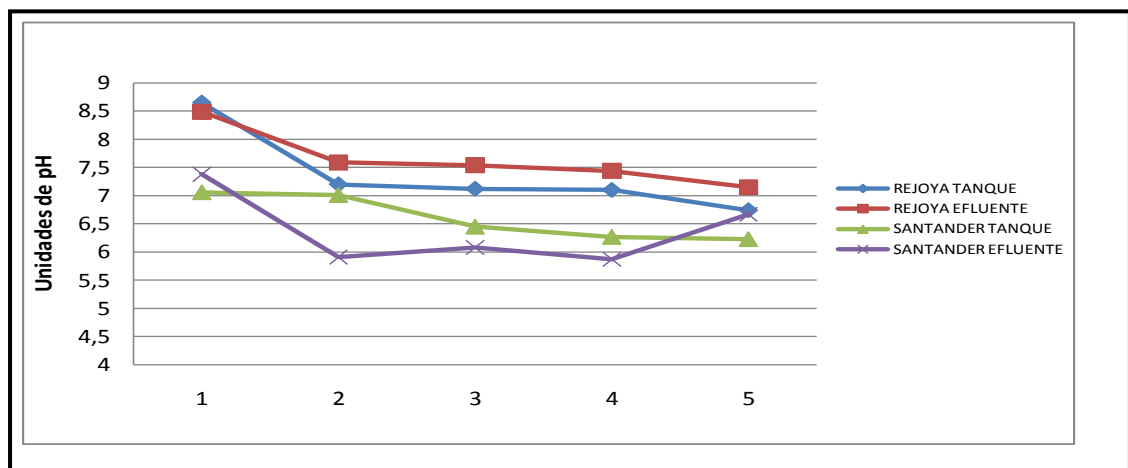
3.5 COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS A TRAVÉS DEL TIEMPO DE MUESTREO

El análisis estadístico no presentó diferencias significativas, sin embargo se pueden observar cambios a través del periodo de estudio para cada uno de los parámetros evaluados como se muestra a continuación.

⁴² MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Op. cit., p 56.

3.5.1 pH. El comportamiento en los sitios de muestreo con tendencia descendente con valores mínimos de 5.87 y máximos de 8.65, evidencia la actividad microbiana en la producción de sustancias bioactivas como el ácido láctico, generando una disminución gradual en los valores de pH, sin embargo no se presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) (ver ANOVA anexo C) y se encuentran dentro del rango permitido por la normatividad colombiana en el artículo 72 del decreto 1594 de 1984, el cual especifica que todo vertimiento deberá cumplir por lo menos con un rango de 5 a 9 unidades en cuanto a potencial de hidrogeno (Ministerio de Agricultura 1984) favoreciendo el crecimiento de los hongos que ocurre mejor en un pH que tiende a ser ácido.⁴³

Figura 39: Potencial de hidrogeno (pH)



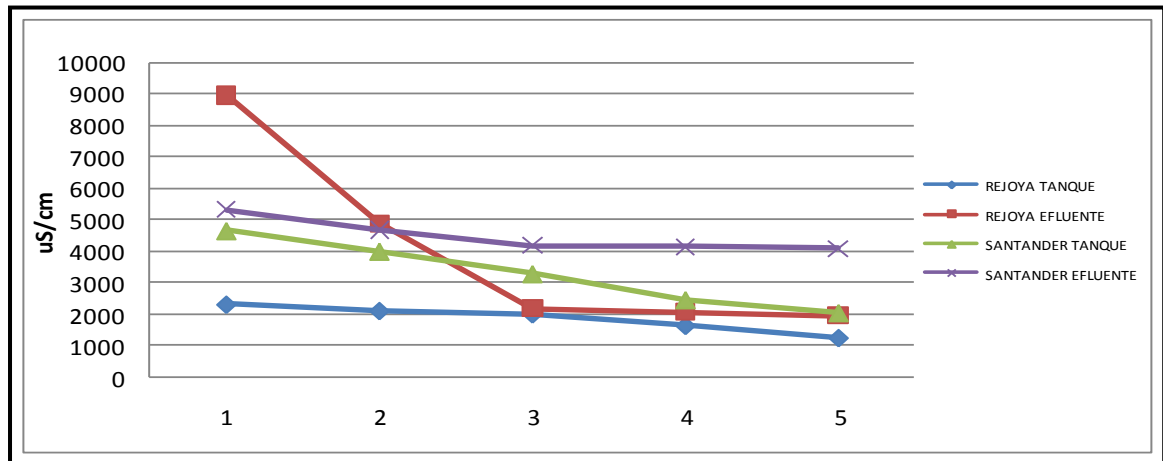
3.5.2 Conductividad. Los valores obtenidos de conductividad arrojaron un diagnóstico inicial extremadamente alto comparado con los valores admisibles para determinar calidad de aguas corrientes que indica un valor máximo de $1000 \mu S/cm$.⁴⁴ El comportamiento de la conductividad presenta una tendencia a disminuir en todos los sitios, después de las aplicaciones de Microorganismos Eficientes; La conductividad eléctrica indica la concentración de sales minerales. Como se puede observar, este parámetro se redujo al terminar el proceso de muestreo, lo cual indica que los microorganismos van consumiendo los compuestos solubles del sustrato.⁴⁵

⁴³ ORDOÑEZ A. Biodegradación de los fondos de los tanques de almacenamiento de crudo liviano. Proyecto de graduación. UCR.1996. p121.

⁴⁴ UNESCO, Op. cit., p 26

⁴⁵ LOMELI, MG; TAMAYO, R. Contaminación por materia orgánica y microorganismos. Proyecto del CCH (Colegio de Ciencias y Humanidades) y de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) Año 2004 [en línea] 27 de Octubre del 2004 [citado en mayo de 2009] Disponible en:

Figura 40. Conductividad



En la finca El Madrigal, Santander las muestras tomadas presentan un comportamiento descendente similar, arrojando valores entre 2040 μ S/cm y 4650 μ S/cm en el tanque y en el efluente 4078 μ S/cm y 5328 μ S/cm, manteniéndose en el rango que se considera de excesivo riesgo.⁴⁶

El Roble, con 1245 μ S/cm y un máximo de 2300 μ S/cm en el segundo muestreo, indica también una tendencia a disminuir, lo cual nos lleva a inferir que los microorganismos han empezado el proceso de degradación de materia orgánica.

El Parque Temático la Rejoja tuvo un comportamiento descendente, con valores de 8965 μ S/cm al inicio del estudio y un valor mínimo de 1950 μ S/cm en el tercer mes, presentando una disminución importante en el efluente durante el proceso, sin embargo tales valores están catalogados en una excesiva mineralización y de un alto riesgo en agua potable.⁴⁷ Por lo cual se espera que con un mayor tiempo de evaluación se encuentren resultados más contundentes para este parámetro.

<http://www.google.co.cr/search?q=cache:seySx2szRGUJ:www.sagangea.org>

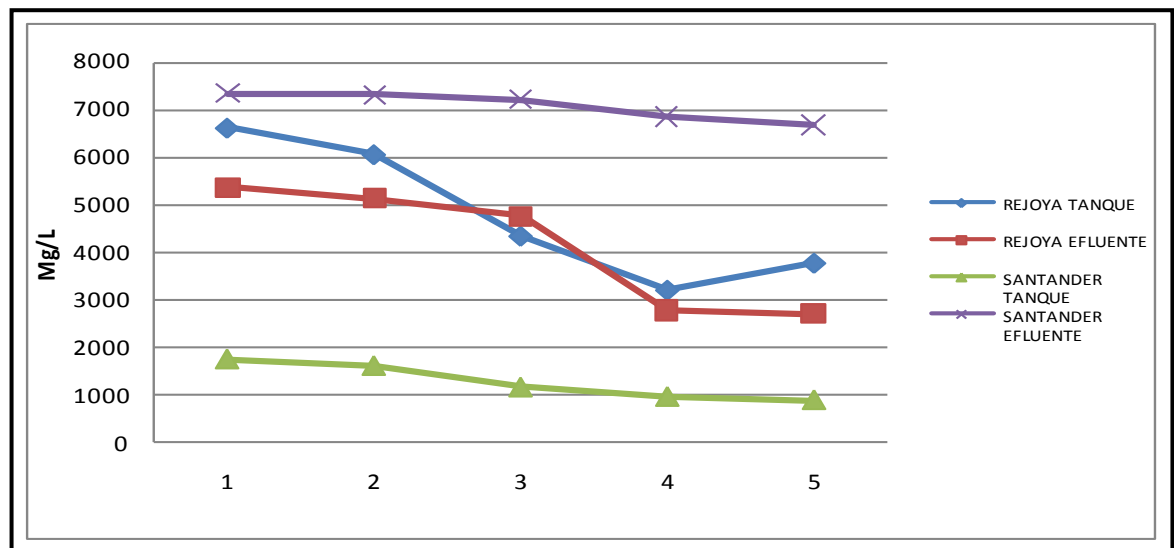
⁴⁶ MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución No 2115 de junio de 2007 [en línea] 16 de julio del 2007 [citado en agosto de 2009] Disponible en www.minambiente.gov.co/documentos/res_2115_220707.pdf

⁴⁷ Ibid., p 3.

3.5.3 Sólidos Suspendidos Totales. Debido a que la excreta de los cerdos presenta un alto grado de SST (0,60 K/100 K peso vivo/día) se ven afectas las aguas superficiales por colmatación o por otros accidentes entre ellos el vertido directo, los microorganismos que se encuentran en este medio deben asimilar la materia orgánica incrementando su biomasa. Este hecho puede alterar el equilibrio de las masas de agua provocando su “eutrofización” es decir un desarrollo de la actividad de las plantas acuáticas e incremento de la biomasa que conlleva una disminución del oxígeno disuelto en el agua.⁴⁸

En la Finca El Madrigal la concentración de SST en el Efluente fue de 7340 mg/L al iniciar el proceso y se observa un comportamiento decreciente llegando a un valor mínimo de 6675 mg/l y en el tanque se presentó un inicial de 1740 mg/l y después de las aplicaciones de microorganismos un valor final de 871 mg/l de SST, donde después de haber realizado una prueba de comparaciones múltiples (HSD de Tuckey) encontramos que hay diferencias significativas ($P > 0.05$); para este parámetro entre los sitios 3 (Finca El Madrigal Tanque Santander) y 4 (Finca El Madrigal Efluente Santander) identificando el efecto de los microorganismos eficientes para SST (ver anexo), debido al aumento en el consumo de los compuestos solubles del sustrato.⁴⁹

Figura 41. Sólidos Suspendidos Totales (SST)



⁴⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Op. cit., p.56.

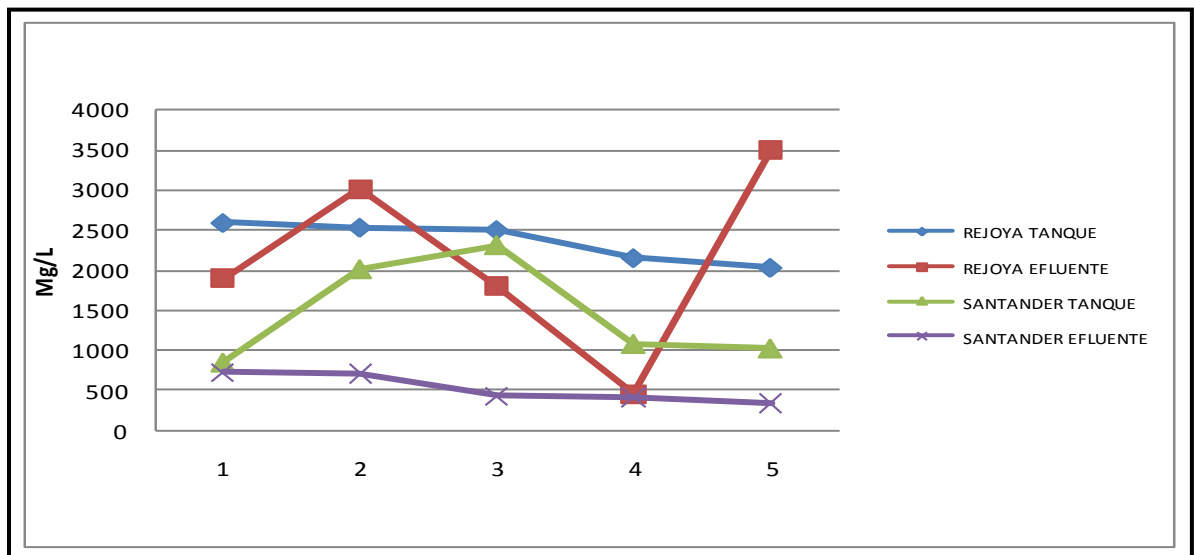
⁴⁹ LOMELI, MG; TAMAYO, R, Op. cit. p., 28.

La Finca El Roble, Rejoja presenta un comportamiento descendente, con un valor máximo de 6620 mg/L al inicio y una disminución hasta 3200 mg/L en el segundo mes y un aumento posterior hasta un valor final de 3770 mg/L esto se debe a que en el sistema de tanque se presentaba una considerable colmatación en el momento del muestreo que conlleva a eutrofización que puede significar un descenso en la actividad microbiana.

En el Parque Temático la Rejoja, Unicauca el comportamiento que presenta este parámetro es una disminución con un valor inicial de 5330 mg/L y un valor final de 2690 mg/L, aunque no presentó diferencias estadísticas significativas se puede observar una marcada tendencia a la disminución en los valores debido al consumo de los compuestos solubles presentes en el agua por parte de los microorganismos.

3.5.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno. Los valores de DBO como se puede observar en la figura, tienen una tendencia a disminuir sin embargo el comportamiento es diferente para cada sitio. Aunque no hubo diferencias significativas para este parámetro.

Figura 42: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).



En el sitio 1 (Roble Rejoja) el comportamiento no muestra variaciones significativas, con un dato inicial de 2598 mg/L y uno final de 2030 mg/L, muestra una baja actividad de los microorganismos que se atribuye a la cantidad de

materia orgánica biodegradable compuesta por carbohidratos, proteínas y residuos de lavado que permanecen almacenadas en el tanque y debido a que la fracción sólida del estiércol ocasiona colmatación y disminuye la cantidad de oxígeno.⁵⁰

El sistema de tanques no tiene un funcionamiento adecuado y no existe movimiento dentro de este, siendo importante el proceso de recirculación de la biomasa ya que crea una interacción entre los organismos y el agua residual que entra, lo cual acelera la conversión biológica en el que los microorganismos degradan los sólidos disueltos u orgánicos coloidales mediante una biooxidación.⁵¹

El sitio 2 (Rejoja Unicauca) con un valor inicial de 1896, muestra un aumento inicial en la actividad microbiana y una disminución considerable en el segundo mes de aplicación, debido a una falla por aplicación de químicos para desinfección que provocaron la inactividad de los microorganismos durante un mes, aumentando la actividad al final del muestreo.

El sitio 3 (Tanque Santander) muestra una actividad microbiana que aumenta al primer mes de muestreo, con una posterior disminución y se establece sin variar significativamente, lo cual se atribuye a fallas en el protocolo de aplicación del producto EM.

En el sitio 4 (Efluente Santander) se observan valores muy bajos de DBO respecto a los otros sitios, con un dato inicial de 720 mg/L y un final de 340 mg/L con un comportamiento descendente durante el proceso lo cual indica una baja actividad de los microorganismos en este punto, debido a que el agua ya ha pasado por previo tratamiento en el tanque y llega a este punto con concentraciones menores de microorganismos.

3.5.5. Demanda Química de Oxígeno. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.⁵²

⁵⁰ MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Op cit. p 4.

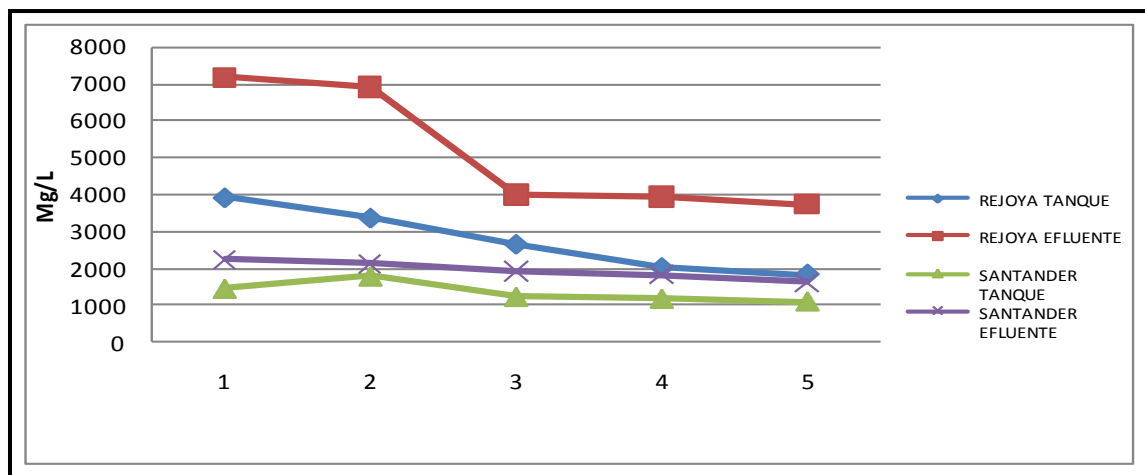
⁵¹ CAMPOS, I. Saneamiento Ambiental. EUNED. San José, Costa Rica. Año 2000. P 248.

⁵² RIGOLA M. Tratamiento de aguas industriales: aguas de procesos y residuales. Año 1998. [en línea] 25 de mayo del 2003 [citado en agosto de 2010] Disponible en <http://www.red-alimentos.com.ar/cgi-sys/suspendedpage.cgi>

En este parámetro se registran diferencias entre los sitios de muestreo presentando valores iniciales diferentes pero con una tendencia general a disminuir. En el sitio 2 (Rejoja Unicauca) se observan valores muy altos que se deben a al uso de productos químicos como específico en las tareas cotidianas, lo que inhibe la actividad microbiana, sin embargo el valor de DQO disminuyó considerablemente durante el muestreo.

El sitio 3 (Tanque Santander) presenta los valores más bajos, debido al sistema de canales cerrados para conducción de aguas, lo cual evita el arrastre de materiales o sustancias diferentes a los residuos de heces y alimento porcinos sin embargo la disminución no fue significativa por la acumulación y tiempo de permanencia de los residuos en el tanque que por la disposición para el paso del agua a través de la tubería, tiende a disminuir la velocidad y eficiencia en la depuración.

Figura 43: Demanda Química de Oxígeno (DQO)



Para el sitio 1 (El Roble,) se presentan valores intermedios debido a la gran cantidad de residuos arrojados a los tanques debido al sistema de limpieza de arrastre hidráulico generados por el alto numero de animales manejados, en su mayoría animales en etapa de gestación y ceba, que aumentan considerablemente la cantidad de materia orgánica en el agua residual, en la gráfica se nota la disminución durante el proceso de muestreo.

El efluente presenta un valor de máximo de 2237mg/L iniciando el tratamiento, un valor más alto que el tanque, lo cual se atribuye a las instalaciones donde se

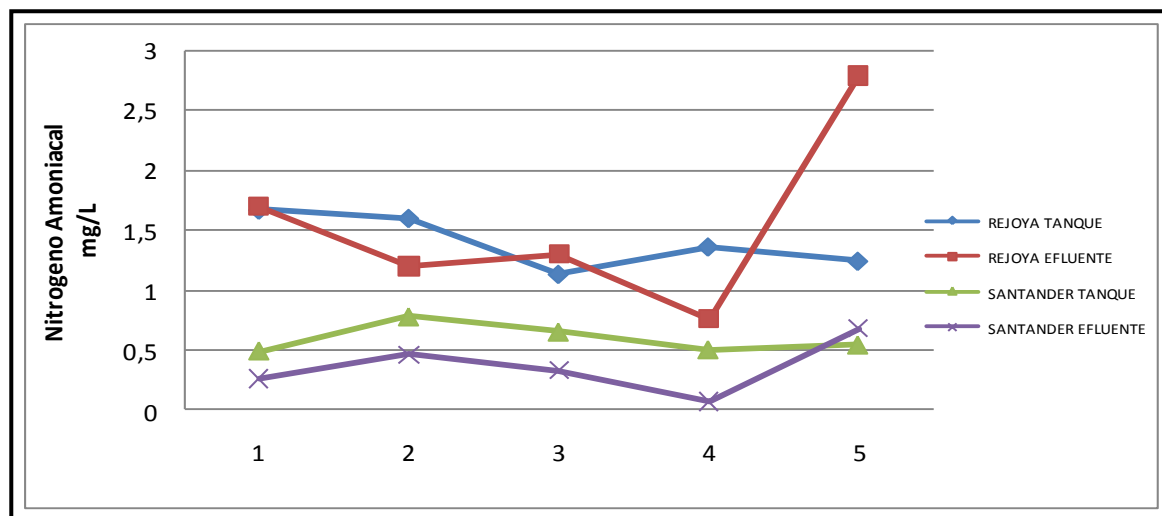
encontró una falla en la tubería por donde se filtraba el agua con residuos hacia el efluente sin pasar por el proceso de separación de sólidos en el tanque, aumentando la cantidad de materia orgánica y otros residuos en la muestra, su comportamiento según los resultados para DQO fue una tendencia a la disminución.

3.5.6 Ciclo del Nitrogeno.

Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniaco. En general, la presencia de amoniaco libre o ion amonio se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa.⁵³

Nitrógeno amoniacal. En La finca El Madrigal estas muestras arrojaron un valor mínimo en tanque de 0.49 mg/L NH₄-N y un máximo de 1.84 mg/L NH₄-N con un posterior descenso. Y para el efluente un valor mínimo de 0.07 mg/L NH₄-N y máximo de 1.46 mg/L NH₄-N producto de la descomposición natural de los compuestos orgánicos nitrogenados.

Figura 44. Nitrógeno amoniacal



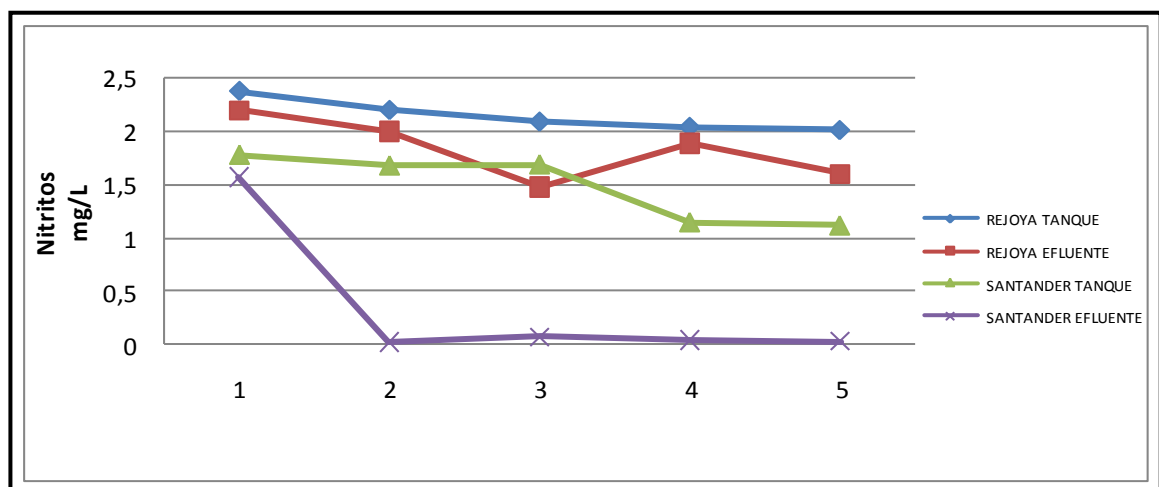
⁵³ MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1594 de 1984 [en línea] 19 de julio del 2004 [citado en agosto de 2009] Disponible en www.minambiente.gov.co/documentos/dec_1594_260684.pdf

En la finca El Roble los valores encontrados se presentan entre 2.36 mg/L NH₄-N y un valor mínimo de 1.67mg/L NH₄-N, debido a la alta actividad natural de descomposición del nitrógeno.

En el Parque Temático la Rejoja los valores que arrojan las muestras están entre un mínimo de 0.76 mg/L NH₄-N y un valor máximo de 2.79 mg/L NH₄-N que permanece por debajo del valor establecido por la normatividad para nitrógeno amoniacal en aguas residuales que catalogan este sitio como una alta actividad biológica de descomposición del nitrógeno.

Nitritos. son un buen indicador de la contaminación ambiental,⁵⁴ después de haber realizado una prueba de comparaciones múltiples (HSD de tukey) encontramos que hay diferencias significativas ($P > 0.05$); para este parámetro entre los sitios 3 (Tanque Santander) y 4 (Efluente Santander) identificando la actividad de los microorganismos en el proceso de nitrificación.

Figura 45. Nitritos



En el Tanque Santander los nitritos en un máximo de 1.78 mg/L y un mínimo de 1.68 mg/L, estos altos valores se deben a que la materia orgánica al fermentarse produce nitrógeno orgánico que se convierte en nitrógeno amoniacal y este a su vez en nitrito, proceso ocurrido por el tiempo de permanencia de los residuos en el tanque.

⁵⁴ GUEVARA L. Tratamiento de aguas residuales. Universidad nacional abierta y a distancia. Bogotá. Año 2006. p16.

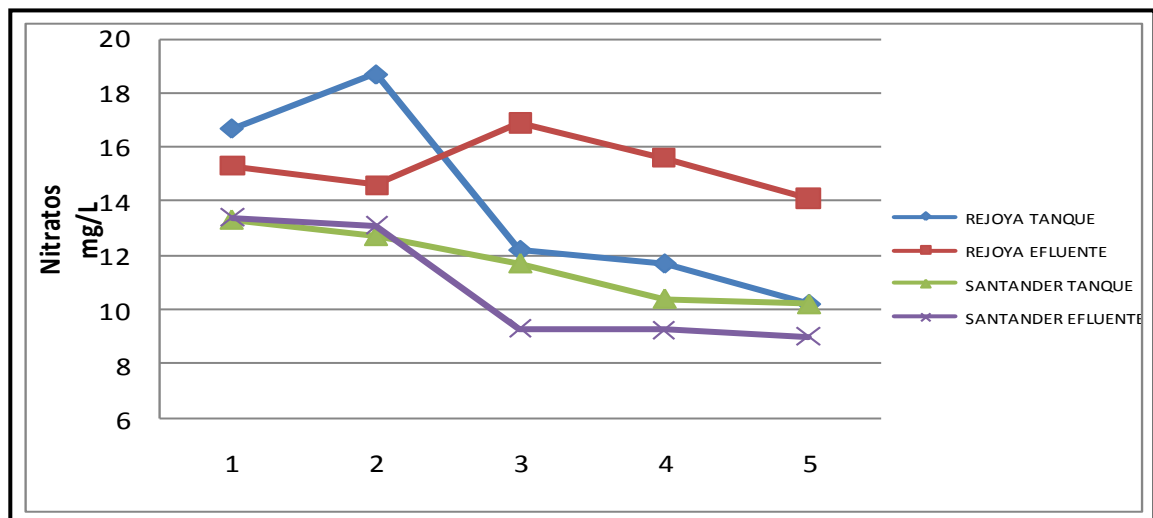
Para el efluente tenemos que el promedio fue de 0.42 mg/L encontrándose un máximo de 1.57 mg/ L y un mínimo de 0.02 mg/L, estos valores que tienden a reducir se deben a que el agua ya tienen un proceso previo en el tanque, llegando al efluente con una cantidad menor de nitritos.

En la Finca el Roble el valor promedio de nitritos fue de 2.27 mg/ L para el tanque encontrándose un máximo de 2.38 mg/L y un mínimo de 2.2 mg/L, estos valores extremadamente altos se deben a la gran cantidad de materia orgánica que se acumulaba en los tanques con un proceso lento de nitrificación.

En el Parque Temático la Rejoja el valor promedio de nitritos fue de 1.89 mg/ L para el efluente encontrándose un máximo de 2.2 mg/L y un mínimo de 1.48 mg/L, presentando una disminución durante el proceso, sin embargo, no hubo diferencias significativas.

Nitratos. En las excretas, el nitrógeno total se produce principalmente de nitrógeno orgánico por acción de las bacteria aeróbicas de los suelos es transformado en nitrógeno amoniacal este en nitritos y nitratos según Guía Ambiental,⁵⁵ por lo cual durante el periodo de muestreo se encontraron valores el alto contenido de proteína en las heces que se presentaron en el lavado de las cocheras.

Figura 46 Nitratos



⁵⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Op cit. p.16.

En la Finca El Madrigal Santander los nitratos arrojaron valores para el tanque un máximo de 13.3 mg/L-N y un mínimo de 10.3 mg/L-N, estos altos valores se deben a la carga de nitrógeno correspondiente a lo excretado vía urinaria, ya que las excretas sólidas son recogidas en seco.

Para el Efluente Santander un máximo de 13.4 mg/ L-N y un mínimo de 9.01 mg/L-N estos valores que tienden a bajar se deben al proceso previo que ocurre en el tanque, permitiendo que esta agua llegue con menores valores de nitratos al Humedal.

En la finca El Roble los nitratos 16.7 mg/ L-N al inicio y 10.2 mg/L-N evidencian una alta cantidad de nitratos resultado del ciclo del nitrógeno, debido a la alta carga de nitrógeno excretado por vía fecal y urinaria, ya que el sistema de limpieza arrastra todos los residuos sin separarlos.

En el Parque Temático La Rejoja se puede ver un aumento en nitratos hasta 16.9 mg/L para el efluente, que coinciden con el periodo de inactividad microbiana, para luego disminuir nuevamente hasta un valor mínimo de 14.1 mg/L-N indicando una leve actividad para este parámetro.

3.6 PORCENTAJE DE REMOCION

Los procesos biológicos deben ser capaces de remover la mayor cantidad de materia orgánica de forma eficiente sin importar el tipo de proceso; el porcentaje de remoción hace referencia a la capacidad del tratamiento biológico de remover nutrientes, ya que estos compuestos son capaces de estimular el crecimiento de plantas acuáticas mecanismo llamado eutrofización. El proceso de remoción debe ser eficiente para uso de agua residual en irrigación agrícola.⁵⁶

Los parámetros evaluados para el porcentaje de remoción son los que causan mayor grado de contaminación por ser causales de eutrofización según la normatividad colombiana

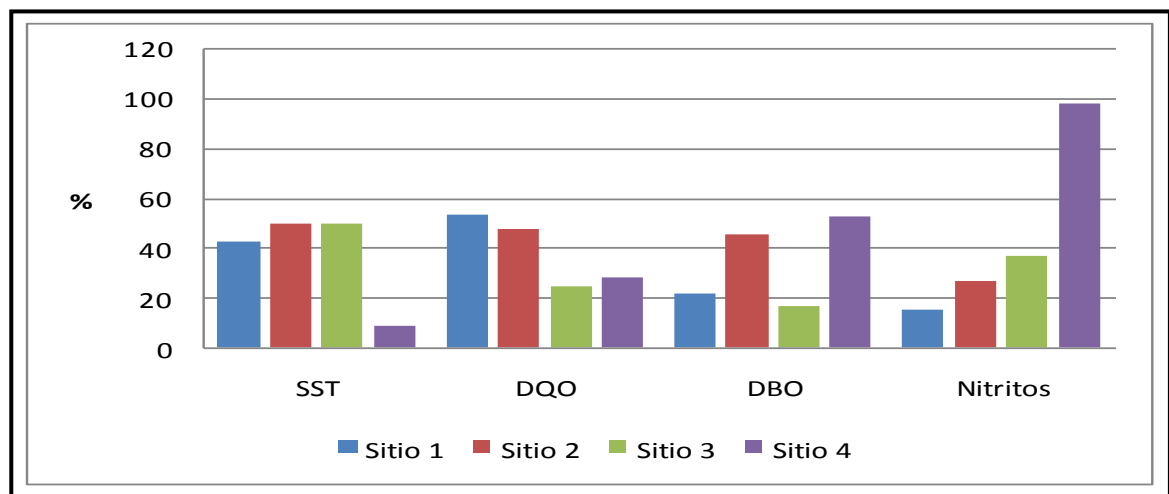
La Figura 47 muestra como fue la remoción de los diferentes parámetros evaluados, se puede indicar que para sólidos suspendidos totales el mayor porcentaje de remoción de 49,9% se dio en el sitio 3, esto se presenta gracias a

⁵⁶ ARENAS. Uso de modelos matemáticos para tratamientos biológicos de agua residual. Año 2005. [en línea] 18 de mayo de 2005 [citado en agosto de 2009] Disponible en: www.catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/meiq/arenas_1_jr/capitulo4.pdf

que se recoge la fracción sólida del estiércol y lo demás se deja sedimentar en el tanque.

El porcentaje de remoción para DQO mas alto fue 53.4% en el sitio 1 debido a que se presentan mayores reacciones oxidativas y para DBO fue 52,8% en el sitio 4 debido a que los microorganismos tienen un mayor tiempo de retención en el sistema de tanques empleado para el tratamiento de aguas. Para nitritos se presenta el porcentaje más alto de remoción 98% en el sitio 4 debido a los procesos de nitrificación que se dan por los microorganismos eficientes. Los resultados muestran que la remoción es muy buena ya que los valores esperados varían entre 70% y 80% que se dan principalmente, por fenómenos de sedimentación, floculación y adsorción.⁵⁷

Figura 47. Porcentaje de Remoción



Sitio 1: Finca El Roble, La Rejoya Sitio 2: Parque Temático La Rejoya Sitio 3: Finca El Madrigal (Instalaciones) Santander. Sitio 4: Finca El Madrigal (Humedal) Santander.

3.7 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

El análisis de correlación determina que tan intensa es la relación entre las variables, factores ambientales (temperatura y precipitación) con los parámetros evaluados (pH, conductividad, DQO, DBO, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal), el valor del coeficiente de correlación, en cualquier dirección más fuerte será la

⁵⁷ RIVAS, H. A. Lechos de plantas acuáticas (LPA) para el tratamiento de aguas residuales. Ingeniería Hidráulica en México. 1997.

asociación lineal entre las dos variables (ver anexo H). Mientras más cercano a cero es el coeficiente de correlación indicara que más débil es la asociación entre ambas variables, si es igual a cero se concluirá que no existe relación lineal alguna entre las variables. Las correlaciones que aparecen a continuación se realizaron con base en los resultados de los análisis de laboratorio (CRC), la información meteorológica de las estaciones (Aeropuerto Popayán y CENICAÑA Santander De Quilichao) la información se colocó en una matriz de Excel y se analizó a través del programa (SPSS 15) con el fin de verificar cuales factores ambientales tienen relación con la degradación que llevan a cabo los Microorganismos Eficientes (EM) en los efluentes de porcicultura. Según el cuadro 10 hay una correlación lineal altamente significativa entre las variables de temperatura y pH, Es decir que en la medida que la temperatura se incrementa la concentración de pH baja. Según Ordoñez la temperatura afecta el metabolismo de los microorganismos biodegradadores ya que son meso físicos y su máxima actividad ocurre a los 35° C.

Cuadro 10. Resumen correlación de los parámetros evaluados vs factores ambientales.

PARÁMETROS	ANÁLISIS DE CORRELACION	FACTOR AMBIENTAL
pH	Correlación de Pearson	Temperatura -,742(**)
	Sig. (bilateral)	,000
	N	20
DBO	Correlación de Pearson	Temperatura -,627(**)
	Sig. (bilateral)	,003
	N	20
DQO	Correlación de Pearson	Temperatura -,681(**)
	Sig. (bilateral)	,001
	N	20
Nitrógeno Amoniacal	Correlación de Pearson	Temperatura -,772(**)
	Sig. (bilateral)	,000
	N	20
Nitritos	Correlación de Pearson	Temperatura -,732(**)
	Sig. (bilateral)	,000.
	N	20
Nitratos	Correlación de Pearson	Temperatura -,670(**)
	Sig. (bilateral)	,001.
	N	20
Parámetro Nitritos	Correlación de Pearson	Precipitación ,506(*)
	Sig. (bilateral)	,023
	N	20
Nitratos	Correlación de Pearson	Precipitación ,512(*)
	Sig. (bilateral)	,021
	N	20

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

--* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

La disminución del pH se explica debido a los productos secundarios de los microorganismos que están dentro del coctel de (EM) como ácido láctico y antioxidantes que estos producen.⁵⁸

Según el cuadro 10 hay una alta correlación lineal negativa entre las variables de temperatura vs DBO y DQO de moderada a buena, además es altamente significativa, lo cual indica que a un aumento de temperatura se ve el aumento de la concentración de las bacterias descomponedoras que tienden a ser mesófilas (24°C) trabajan mejor, degradando la materia orgánica, disminuyendo así la DQO.⁵⁹

La temperatura por arriba de los (25°C) acelera la biodegradación, ya que la actividad bacteriana es más intensa y por lo tanto el oxígeno disuelto se utiliza con mayor rapidez por los microorganismos y en las reacciones oxidativas que se presentan disminuyendo los valores de DBO Y DQO respectivamente.⁶⁰

La correlación, negativa y altamente significativa indica que al incremento de la temperatura las concentraciones de nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos bajan, esto debido a los fenómenos de nitrificación que responden a la naturaleza de los microorganismos mesófilos y aumentan su metabolismo, degradando con mayor eficiencia estos compuestos orgánicos. En un proceso de tratamiento de agua que necesita conversión tanto aeróbica como anaeróbica para transformar los contaminantes o compuestos orgánicos en exceso, en la fase de conversión aeróbica los microorganismos convierten el amoníaco en nitrito después estos son convertidos en nitratos, este es conocido como el proceso de nitrificación.⁶¹

La precipitación y ciclo del nitrógeno indica una correlación moderada a buena, positiva y significativa lo cual nos muestra que en la medida que las precipitaciones aumentan los nitritos y nitratos aumentan su concentración en poca proporción ya que en las lluvias se encuentran proporciones de estos compuestos que afectan las fuentes de agua, según el IDEAM la composición de las precipitaciones en el suroccidente colombiano y más específicamente en el norte del Cauca y el peniplano de Popayán contienen nitritos, nitratos entre otras

⁵⁸ HIGA, Op. cit., p 6.

⁵⁹ ORDOÑEZ, Op. cit., p122.

⁶⁰ MARTINEZ C, QUINTAL F. Condiciones de carga orgánica, temperatura, precipitación, radiación solar, sulfuros y sulfatos en la estratificación de la biomasa algal en lagunas de estabilización. Facultad de ingeniería. Universidad de Yucatán. [en línea] 17 de mayo del 2001 [citado en marzo de 2010] Disponible en <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/tratagua/mexicon/R-0080.pdf>

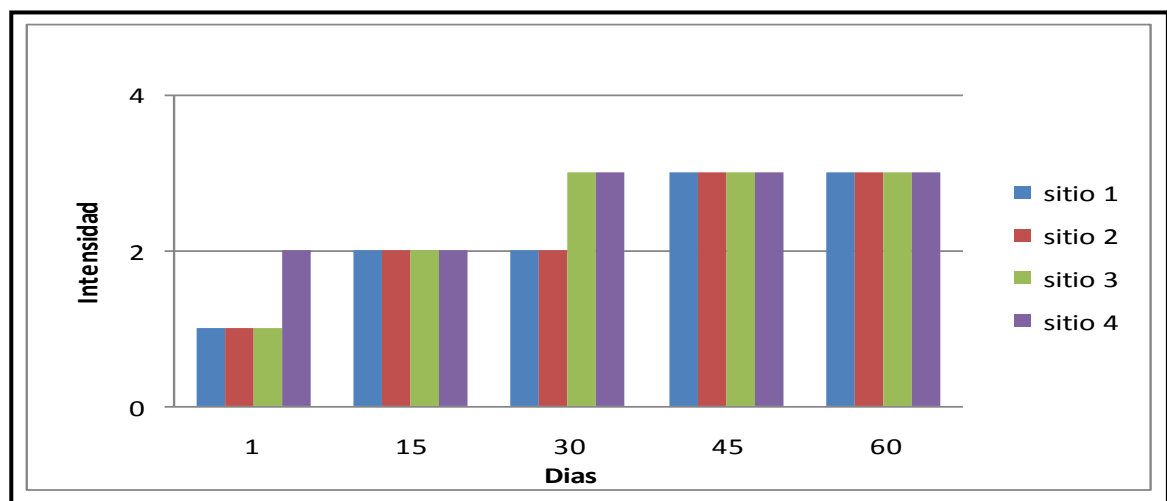
⁶¹ GRANT WD, Op. cit., p 138.

debido a las actividades agropecuarias que se realizan en esta zona y la cercanía a los grandes centros poblados.⁶²

3.8 PRUEBA DE OLORES

La contaminación generada por una granja porcina afecta al microambiente y al ambiente en general. En lo que respecta al microambiente, se ha visto que la exposición a los gases producidos (amoníaco, sulfuro de hidrógeno, metano y bióxido de carbono) representa riesgos directos a la salud de los trabajadores y de los cerdos de la explotación. Esto es debido a que el amoníaco es irritante por lo que tiende a producir malestar en los cerdos, se comprobó un decremento (del 12 al 30%) en la ganancia diaria de peso de cerdos alojados en lugares con concentraciones crecientes de amoníaco (50, 100 y 150 ppm). El amoníaco proviene del nitrógeno excretado principalmente en la orina (85%) y en las heces (15%) y su tasa de volatilización depende de la relación existente entre los iones amonio y amoníaco la cual depende del pH de la excreta⁶³ Así mismo, la producción de bióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) contribuye al efecto invernadero mundial.

Figura 48. Prueba de olores.



Sitio 1: Finca El Roble, La Rejoya Sitio 2: Parque Temático La Rejoya Sitio 3: Finca El Madrigal (Instalaciones) Santander.
Sitio 4: Finca El Madrigal (Humedal) Santander.

⁶² IDEAM. Programa nacional de caracterización de aguas lluvias. Año 2006 [en línea] 2 de enero del 2001 [citado en mayo de 2010] Disponible en www.2.ideam.gov.co/sectores/Lluvia/LLuviaAcidaEIPrograma.html#

⁶³ MARISCAL. Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de las granjas porcícolas. . [en línea] 21 de julio del 2007 [citado en agosto de 2010] Disponible en www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s08.htm

La figura 48 muestra una clara tendencia a mejorar la calidad del aire de las instalaciones, iniciando con un alto grado de malos olores (Ver Anexo G) y mejorando con los días hasta llegar a una notable mejoría en la última semana de evaluación evidenciando el efecto benéfico de los microorganismos en el ambiente.

La evaluación cualitativa para olores fue proporcionada por el proveedor comercial de EM (ver anexo G) donde se maneja una escala de valores de olor percibido (1.Fuerte, 2.Medianamente fuerte, 3.Poco, 4.Ningun olor.).

Los microorganismos se caracterizan por producir una competencia con las bacterias patógenas evitando así en gran mayoría la contaminación, recalando que el olor desagradable que tienen algunos residuos al permanecer en almacenamiento es debido al sulfuro de hidrogeno, metano, amoníaco y bióxido de carbono, gases presentes en las excretas y que son usadas como alimento por los microorganismos eficientes (EM) para la producción de metabolitos secundarios como acido láctico y antioxidantes que evitan la putrefacción.⁶⁴

Los microorganismos benéficos inhiben completamente a los microorganismos causantes de putrefacción que se da por descomposición aeróbica de algunas proteínas y aminoácidos, particularmente las que contienen azufre se convierten en aminos causantes del mal olor, las bacterias gram negativas participan en la formación de amonio, metano, sulfuro de hidrogeno y oxidantes. Los microorganismos benéficos inhiben a los que pudren y se evita este proceso dando paso a la fermentación que se traduce en reducción de los fuertes olores.⁶⁵

3.9 BUENAS PRÁCTICAS AGROPECUARIAS

El impacto ambiental generado por una unidad porcicola que se genera al ambiente en sus componentes biótico, abiótico y social que directos o indirectos pueden resultar de la acumulación de efectos menores del proyecto, que independientemente resulten despreciables, pero en conjunto, ocasionan efectos significativos, es importante generar soluciones complementarias entre los aspectos de la actividad para obtener los resultados esperados.

3.9.1 Reducción en el consumo de agua. En las prácticas anteriores a la implementación de las alternativas de mejoramiento, el estiércol en los sitios de levante era lavado con mangueras, sin ningún tipo de control y con un alto

⁶⁴ HIGA, Op., cit. p. 8.

⁶⁵ LOMELI Y TAMAYO, Op., cit. p 5.

consumo de agua. Para este factor importante, se recomienda retirar el estiércol mediante raspado en seco y disminuir así la duración y la frecuencia de lavado.

Existen varias alternativas de manejo ambiental para reducir el consumo de agua como utilización de las aguas lluvias en el sistema productivo, uso de manguera de lavado con sistema de cierre, utilización de sistemas de limpieza a presión, barrido en seco de la porcina, realizar lavados de los corrales con menor frecuencia, sin que esto afecte el sistema productivo, implementar espejos de agua en los corrales de levante y ceba, realizar las etapas de levante y ceba bajo la modalidad de camas profundas.⁶⁶

3.9.2. Reducción en el consumo de energía eléctrica para el calentamiento de lechones. En el proceso de levante de cerdos los lechones son calentados mediante bombillas eléctricas. Con la instalación del sistema de tratamiento de las aguas residuales mediante un biodigestor (proceso en el cual se genera biogás, con el objeto de aprovecharlo) se hace necesaria la instalación de bombillas de biogás.

3.9.3 Reducción en emisiones atmosféricas. El manejo encontrado en los diferentes sitios evaluados, presenta olores ofensivos y proliferación de moscas, en el caso de El parque Temático de Unicauca igualmente se favorecía en el suelo el crecimiento de microorganismos potencialmente patógenos para los animales y el hombre debido a fallas en el funcionamiento del biodigestor.

El Parque temático Unicauca presentó problemas en el funcionamiento del biodigestor, con instalación y espacio adecuados, y un mal estado de esta unidad, por lo cual el tratamiento de agua residual no presenta los resultados esperados.

El biogás es un producto de la fermentación anaeróbica, esta compuesto por una mezcla de gases principalmente de metano (CH₄) y bióxido de carbono (CO₂). Se estima que la producción de biogás a partir del estiércol de un (1) cerdo adulto es de 0.28 a 0.34 m³ de biogás.,⁶⁷

La digestión anaerobia consiste en la transformación de la materia orgánica contenida en el fango en una mezcla de gases y dióxido de carbono (CO₂) en ausencia de oxígeno. Este gas puede ser recogido y utilizado como combustible.

⁶⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Op. cit., p 72.

⁶⁷ Ibid., p 103.

De esta forma, la digestión anaerobia, como método de tratamiento de residuos, permite reducir la cantidad de materia orgánica contaminante y, al mismo tiempo, producir energía. El que uno de estos dos objetivos predomine sobre el otro depende de las necesidades de descontaminación del medio y/o de la naturaleza y origen del residuo. El proceso al igual que el compostaje se desarrolla por acción enzimática de los microorganismos que estabilizan la porción fermentable de los residuos través de las diferentes etapas. Estas fases son:

Fase hidrolítica. En la cual las bacterias descomponen los complejos orgánicos de los carbohidratos, lípidos y proteínas a compuesto más sencillos como azúcares.

Fase ácida. En la cual se forman formiatos, acetatos y propionatos, etanol, hidrógeno y gas carbónico. Durante esta fase el pH en el digestor baja a valores menores a 5.

Fase metanogénica. Las bacterias anaerobias actúan sobre el sustrato de la fase anterior formando metano y gas carbónico, mediante la reducción del metanol y ácido acético. Las bacterias metanogénicas son organismos claves en el digestor, su desarrollo es muy lento y son extraordinariamente sensibles a las variaciones que se producen en el medio que las alberga.

Para el diseño de un sistema anaerobio se deben tener en cuenta aspectos como La composición de los residuos, después de una separación previa de los materiales no fermentables se debe hacer una caracterización química de los residuos con el objeto de determinar la relación carbono – nitrógeno, la cual no debe ser mayor de 30:1.

También se debe determinar el contenido de fósforo, potasio y azufre, Se recomienda que en lo posible los residuos tengan un tamaño de partícula de 25 cm.

Tiempo de residencia. Se refiere al tiempo mínimo para lograr la estabilidad parcial o completa de la materia orgánica. Este factor depende de la temperatura del medio y de la concentración de sólidos que se quiere mantener.

La fermentación anaerobia de residuos ganaderos presenta ventajas como, Depuración y estabilización del residuos.

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 (TRH) de digestión mesofílica.⁶⁸

Valoración agronómica del efluente (fertilizante). La mitad o más del nitrógeno orgánico se convierten en amoníaco (NH₃-N). Una pequeña cantidad de fósforo (P) y potasio (K) se sedimenta como lodo en la mayoría de los digestores.

Obtención de energía (biogás). Esta producción neta de energía puede aumentar Sensiblemente la rentabilidad de las explotaciones ganaderas, especialmente las de gran tamaño. Cada 1000 kg de peso vivo de cerdo produce 4.8 kg de sólidos volátiles por día que pueden ser digeridos para producir 2 m³ de biogás que tienen el calor equivalente a 2 litros de propano, los cuales se pueden quemar en un generador para producir 3.5 kilowats/día.

El estiércol digerido es más fácil de almacenar y de bombear.

Reducción del contenido de materia orgánica. Los beneficios económicos y ambientales de la digestión anaerobia están ampliamente documentados. El proceso se configura como uno de los más idóneos para la reducción de las emisiones gaseosas de efecto invernadero, el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos, su higienización y el mantenimiento del valor fertilizante de los productos tratados.⁶⁹

3.9.4. Reducción de contaminación con residuos sólidos y líquidos. En relación con las aguas residuales, se encontró diferentes formas de contaminación en los sitios evaluados.

La finca El Roble presentó una aplicación indiscriminada del agua proveniente de los tanques de recepción sin un control adecuado, utilizada para el riego directo a potreros, lo que puede causar altas concentraciones de nitrógeno en el suelo afectando negativamente la calidad de este y de los cultivos ahí establecidos.

La aplicación de estiércol líquido al suelo es un método de disposición cómodo y de bajo costo que también puede beneficiar al suelo a través del reciclado de

⁶⁸ Ibid., p 105.

⁶⁹ Ibid., p 107.

nutrientes, los sistemas suelo y aguas, tienen límites de procesos que deben ser reconocidos y adecuados, de otra manera la tierra a la que se aplica el estiércol puede concentrar nutrientes que pueden degradar el suelo y la calidad del agua, amenazando la salud y bienestar de la población y destruir la sostenibilidad económica de los sistemas de producción de alimentos.⁷⁰

Los productores deben desarrollar un plan de manejo de los nutrientes del estiércol que, primero maximice el uso de nutrientes del estiércol, y sólo entonces suplementar con fertilizantes comerciales.⁷¹

Un plan de fertilización por consiguiente debe incluir. Conocimiento del contenido de nutrientes fertilizantes en la porquinaza producida en la explotación porcina, un programa de análisis de suelos, mantenimiento de registros exactos de los lotes estercolados y las tasas de aplicación utilizada, suficiente capacidad de almacenamiento para aplicaciones oportunas, disponibilidad de tierras para la aplicación de la porquinaza, aplicación que corresponda a las necesidades de nutrientes que son determinadas por los potenciales de producción reales.

La dosificación de materiales orgánicos debe tener como base el aporte de nitrógeno que hace el material. Esto, ya que en términos generales es el nutriente de mayor demanda por los cultivos y es el elemento que más se cuestiona por su potencial contaminación de aguas subterráneas y superficiales.⁷²

A partir del inventario de población porcina y de la caracterización de sus excretas, se calculan las cantidades diaria y anual de nitrógeno producido en la porquinaza (también puede calcularse la cantidad de nitrógeno presente en cada unidad de volumen de la porquinaza y la cantidad de unidades de volumen producidas; esto es especialmente importante cuando es necesario almacenar por varias semanas o meses el estiércol antes de aplicarlo al campo o cuando es necesario someter la porquinaza a tratamiento para reducir su contenido de nitrógeno cuando no se cuenta con tierra de cultivo suficiente.

El conocimiento de las necesidades de nitrógeno que tiene el cultivo al año por unidad de superficie, se parte de la recomendación de fertilización nitrogenada para cada cosecha o pastoreo.

Al dividir la cantidad de nitrógeno que se produce por las necesidades del cultivo (por unidad de superficie), se obtiene la superficie de cultivo que es posible

⁷⁰ Ibid., p104.

⁷¹ Ibid., p 88.

⁷² Ibid., p 89.

fertilizar con la porquinaza. Igualmente, al dividir las necesidades de nitrógeno (por unidad de superficie) por la cantidad de nitrógeno presente en cada unidad de volumen de porquinaza, se obtiene el número de unidades de porquinaza que se deben aplicar anualmente por cada unidad de superficie de cultivo.

A partir de la cantidad de nitrógeno que se debe aplicar por cada unidad de superficie y de la cantidad de nitrógeno que se produce en cada día, se calcula la superficie de cultivo que se puede fertilizar con la porquinaza producida cada día. Cualquier cantidad adicional de nitrógeno será desperdiciada y puede perderse como contaminante. Como parte del nitrógeno presente en la porquinaza está en forma orgánica, la totalidad del nitrógeno de la porquinaza no estará inmediatamente disponible para los cultivos. Este cálculo del nitrógeno residual es mucho más importante en lotes donde se tiene rotación de cultivos; ya que cada cosecha consecutiva recibirá una dosis diferente de porquinaza. No obstante, cuando se trata de praderas permanentes, los lotes recibirán recurrentemente la misma dosis de fertilización y por lo tanto, a partir del segundo año es posible trabajar con base en el nitrógeno total. Ahora bien, al iniciar la aplicación de porquinaza por primera vez a un lote, podría ser importante tener en cuenta el nitrógeno disponible; de lo contrario, al arrancar el cultivo podría ser subdosificado en nitrógeno.

El cálculo del nitrógeno disponible y del nitrógeno residual incluye elementos importantes, el 40% del nitrógeno presente en la porquinaza es orgánico, el cual tiene una disponibilidad del 40%. El 60% restante es nitrógeno amoniacal con una disponibilidad del 100%.

El nitrógeno orgánico que no es inmediatamente disponible al momento de la aplicación se hará disponible dentro del primer año de aplicación.⁷³

⁷³ Ibid., p 89.

4. CONCLUSIONES

Los análisis iniciales de los parámetros físicos y químicos de los efluentes sin aplicación de microorganismos eficientes (EM) en las unidades porcícolas muestra una alta carga de materia orgánica y altos contenidos de sólidos en las aguas residuales de la industria porcícola, evidenciando el gran impacto contaminante sobre los efluentes según los niveles permisibles exigidos por la UNESCO y la normatividad de vertimientos en Colombia (ley 2811 de 1984).

Los parámetros físicos y químicos de los efluentes evaluados indicaron que la aplicación de microorganismos eficientes (EM) redujo las concentraciones de los parámetros en promedio para conductividad de 50.8%, sólidos suspendidos totales (SST) 37.8 %, demanda química de oxígeno (DQO) en un 38.5%, nitritos 44.4% y nitratos 25.2% respecto a la muestra testigo utilizada como referencia.

La aplicación de microorganismos eficientes (EM) es una alternativa viable para el manejo de efluentes en granjas porcícolas dada su capacidad de remoción de nitritos (98%), sin embargo su implementación debe responder a una herramienta complementaria de un correcto sistema de tratamiento de aguas residuales.

Los resultados de la prueba de olores tomada como medida cualitativa logró evidenciar una disminución significativa de emisiones atmosféricas en las unidades productivas porcícolas.

5. RECOMENDACIONES

Existe suficiente evidencia de las bondades de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en los efluentes de porcicultura, por lo tanto es recomendable seguir experimentando con mayor detalle y rigurosidad, para investigaciones posteriores se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Realizar recuentos de densidad microbiana que permitan confirmar la presencia y comportamiento de las colonias de microorganismos en el agua, con el fin de verificar que la degradación corresponda a actividad microbiana.

Debido al alto contenido de sólidos en los efluentes de la industria porcícola se recomienda hacer una separación física antes de su tratamiento para obtener mejores resultados.

Para futuras investigaciones en este campo se recomienda hacer análisis de coliformes totales y coliformes fecales, ya que dichos análisis son un factor fundamental para el manejo de aguas residuales y posterior utilización.

Se recomienda evaluar el efecto de los microorganismos eficientes (EM) acompañado de otros sistemas de tratamientos de aguas residuales como sistemas primarios, biológicos, lagunas de estabilización y biodigestores para conocer que resultados arrojan y cual es el mejor sistema para trabajar en conjunto con los microorganismos eficientes (EM).

Se sugiere implementar las anotaciones tomadas de la guía ambiental, para el mejoramiento continuo que de manera integral aporta grandes beneficios que se traducen en ganancias económicas y ambientales importantes para el reconocimiento de la empresa y la calidad del producto final.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th edition. Washington, DC. 2005. [en línea] Enero de 2005 [citado en enero; de 2010] Disponible en internet en [www..landcareresearch.co.nz/services/laboratories/eclab/eclabmethods_waters.as](http://www.landcareresearch.co.nz/services/laboratories/eclab/eclabmethods_waters.as)

AMEZQUITA A.N.M Y PEREZ R.L.B. Caracterización nutricional de excretas fermentadas de porcinos. Universidad de Ciencias Ambientales Aplicadas. Bogotá.1998.Pág.152.

ARENAS. Uso de modelos matemáticos para tratamientos biológicos de agua residual. Año 2005. [en línea] 18 de mayo de 2005 [citado en agosto de 2009] Disponible en:
www.catarina.udlap.mx/udla/tales/documentos/meiq/arenas_ljr/capitulo4.pdf

ATLAS DE COLOMBIA. Departamento del cauca. Año 2005 [en línea] 25 de septiembre de 1998 [citado en agosto de 2008] Disponible en www.bundenet.com/modules.php?name=AtlasColombia&file=Atlas&op=10

BRAVO, M.; MORENO, A. Implementación y Monitoreo de la Etapa Inicial del Sistema de Tratamientos de Aguas Residuales del Laboratorio de Procesamiento de Alimentos de la Universidad EARTH. Año 2003. Proyecto de Graduación Lic. Ing. Agr.Guácimo, CR, Universidad EARTH. p 92.

CAMPOS, I. Saneamiento Ambiental. EUNED. San José, Costa Rica. Año 2000. P 248.

CARRO MD; RANILLA MJ; Utilización de aditivos en el ganado ovino y caprino [en línea] Enero de 2001 [citado en enero; de 2009] Disponible en internet en www.produccion-animal.com.ar/informacion.../29-aditivos_ovinos.pdf

CLAIR N.S, PERRY L, McCARTY G F, SAWYER. Química para ingeniería ambiental. Cuarta edición. Año 2001.Mac Graw Hill. Bogotá DC. p 410 -648.

ESTRADA, BARRIOS, SANCHEZ .Efecto de aportes superficiales de biomasa vegetal en la temperatura, humedad y dinámica de nemátodos en el suelo en

época seca en Santander de Quilichao (Departamento del Cauca). [en línea] febrero de 2001 [citado en mayo; de 2009] Disponible en internet www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/210/509.

FUNDASES. Fundación de Asesorías para el Sector Rural, Ciudad de Dios, Año 1998. [en línea] Mayo 2005 [citado en enero de 2009]. Disponible en internet en <http://www.fundases.org/.htm>

GRANT WD. Microbiología ambiental. tercera edición. Año 1999. Bogotá DC. p 131-149.

GUEVARA L. Tratamiento de aguas residuales. Universidad nacional abierta y a distancia. Bogotá. Año 2006. p16.

GKHALSA. Los probioticos reducen las infección en niños. Año 2009. [en línea] 14 de julio del 2004 [citado en julio de 2010] Disponible en www.nutritionnews.com/food/probiotics-reduce-infection-in-children/

HIGA, Parr. Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agricultural and Environment. INFRC (International Nature Farming Research Center).1994 Atami, JP. P 63.

HERRERA C, PERALTA J. Valorización de las excretas porcinas. [en línea] 05 de octubre del 2005 [citado en julio de 2010] Disponible en www.datoseinformacion.blog.arnet.com.ar

IDEAM. Programa nacional de caracterización de aguas lluvias. Año 2006 [en línea] 2 de enero del 2001 [citado en mayo de 2010] Disponible en www.2.ideam.gov.co/sectores/LLuvia/LLuviaAcidaEIPrograma.html#

KANDLER, O. Metabolismo de los carbohidratos en las bacterias del ácido láctico.1983 [en línea] Enero de 2008 [citado en enero; de 2010] Disponible en internet en www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v14n2/a14v14n02.pdf

KORINFO. enviromental information. *Rodhopseudomonas palustris* [en línea] 15 de julio del 2005 [citado en julio de 2010] Disponible en [www. http://aem.asm.org/content/vol73/issue5/cover.dtl](http://aem.asm.org/content/vol73/issue5/cover.dtl)

LOMELI, MG; TAMAYO, R. 2004. Contaminación por materia orgánica y microorganismos. Proyecto del CCH (Colegio de Ciencias y Humanidades) y de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) Año 2004 [en línea] 27 de Octubre del 2004 [citado en mayo de 2009] Disponible en: http://www.google.co.cr/search?q=cache:seySx2szRGUJ:www.sagangea.org/hojared_AGUA/paginas/16agua.html+Descomposicion+anaerobica+y+aerobica&hl=es.

MARISCAL. Tratamiento excretas de cerdo. capítulo 7. Año 2007. [en línea] 2 de julio del 2007 [citado en agosto de 2010] Disponible en www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/63-excretas_cerdos.pdf

MARISCAL. Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de las granjas porcícolas. . [en línea] 21 de julio del 2007 [citado en agosto de 2010] Disponible en www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s08.htm

MARTINEZ C, QUINTAL F. Condiciones de carga orgánica, temperatura, precipitación, radiación solar, sulfuros y sulfatos en la estratificación de la biomasa algal en lagunas de estabilización. Facultad de ingeniería. Universidad de Yucatán. [en línea] 17 de mayo del 2001 [citado en marzo de 2010] Disponible en <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/tratagua/mexicon/R-0080.pdf>

MIGG. Miggawki .¿Cuál es la diferencia entre una infección por hongos?. Año 2007. [en línea] 2 de julio del 2001 [citado en agosto de 2010] Disponible en www.migg.wordpress.com/2007/08/

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Guía ambiental del subsector Porcícola. SAC. Bogotá. Junio de 2002.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución No 2115 de junio de 2007 [en línea] 16 de julio del 2007 [citado en agosto de 2009] Disponible en www.minambiente.gov.co/documentos/res_2115_220707.pdf

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1594 de 1984 [en línea] 19 de julio del 2004 [citado en agosto de 2009] Disponible en www.minambiente.gov.co/documentos/dec_1594_260684.pdf

MONTSERRAT Batillo I COLOMINAS. La problemática atmosférica de los residuos ganaderos. p. 59 – 72. En: Residuos Ganaderos. Jornadas Técnicas. Fundación “la Caixa”. Graffric Hospital Militar. Barcelona, España, 1993.

NICE. Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa. © Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. España, Año 2001. [en línea] Enero de 2005 [citado en mayo de 2009] Disponible en internet en www.recursos.cnice.mec.es/biologia/bachillerato/segundo/biologia/ud07/02_07_04_01.html / nice.mecd.es.

ORDOÑEZ A. Biodegradación de los fondos de los tanques de almacenamiento de crudo liviano. Proyecto de graduación. UCR. Año1996. p121- 132.

RESTREPO Toro, Luis F. y col. La Porcicultura en Colombia. Corporación de Estudios Ganaderos y Agrícolas, CEGA –Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. p.123. Banco Ganadero. Bogotá. 1988.

RIGOLA M. Tratamiento de aguas industriales: aguas de procesos y residuales. Año 1998. [en línea] 25 de mayo del 2003 [citado en agosto de 2010] Disponible en <http://www.red-alimentos.com.ar/cgi-sys/suspendedpage.cgi>

RIVAS, H. A. Lechos de plantas acuáticas (LPA) para el tratamiento de aguas residuales. Ingeniería Hidráulica en México. 1997.

ROMERO P., Jaime y COL. Elementos De Planificación Para El Sector Pecuario. p. 37. Empresa Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1994.

ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Impreso en Bogotá, 2000. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. P 17-71.

ROSET J. y DE LA TORRE. Guía para la Auto evaluación de una Adecuada Gestión Medioambiental en una Explotación Porcina. En: Medioambiente. Tratado de Ganado Porcino. Porci Aula Veterinaria. Septiembre 1997 No. 41. p. 67 – 73.
TAIGANIDES, Eliseo y col. Manual para el Manejo y Control de Aguas Residuales y Excretas Porcinas en México. p. 23 – 40. Consejo Mexicano de Porcicultura. México, 1996.

TORRALLARDONA David Departamento de Nutrición Animal. IRTA - Instituto de Recerca i Tecnologia Agroalimentarias, España.

UNESCO, OMS, PNUMA. Medidas hidrológicas. Proyecto sobre control mundial de la calidad de agua. guía operativa. Capitulo V. Gems/Agua. Año 1995. p 26.

VILLAMIL, C., DUQUE, C., y CAICEDO L. Sistemas de Tratamiento para los Residuos de la Industria Porcícola: Una Forma Fácil de Entender y Aplicar Criterios.

VIVAS N, MORALES S. Evaluación Agronómica y producción grano de diez accesiones de Guandul (*Cajanus cajan*), Universidad del Cauca 2005.
<http://www2.ideam.gov.co/sectores/Lluvia/LLuviaAcidaEIPrograma.html>

ANEXO A

Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras de acuerdo con las mediciones

Parámetro	Recipiente ²	Volumen mínimo (mL)	Tipo de muestra ³	Preservación ⁴	Tiempo máx. conservación ⁵
pH	P, V	50	S	Inmediato	-
Temperatura		-	S		
Oxígeno disuelto				Inmediato	
Sólidos	P, V	200	S, C	Refrigerar	2-7 d
DBO ₅	P, V	1000	S	Refrigerar	48 h
DQO	P, V	100	S, C	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar	28 d

Fuente: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2 th, USA, 1990.

Donde:

1. Para las determinaciones no enumeradas, usar recipientes de vidrio o plástico; preferiblemente refrigerar durante el almacenamiento y analizar lo más pronto posible.
2. P = plástico (polietileno o equivalente); V = vidrio; V(A) o P(A) = enjuagado con HNO₃ 1+1; V (B) = vidrio, enjuagado con solventes orgánicos o secado en estufa.
3. s = simple o puntual; c = compuesta.
4. Refrigerar = almacenar a 4° C en ausencia de luz. La preservación de la muestra debe realizarse en el momento de la toma de muestra. Las muestras deben mantenerse a 4° C hasta que se complete la composición.
5. Las muestras deben ser analizadas lo más pronto posible después de su recolección. Los tiempos listados son los periodos máximos que pueden transcurrir antes del análisis para considerarlo válido.

ANEXO B

PROTOCOLO PARA LA APLICACION DE (EM) MICROORGANISMOS EFICIENTES

DOSIFICACION: 1 litro de **EM** +17 litros de agua por bombada.

Frecuencia de aplicación:

Primer mes

Semana 1: aplicación diaria de lunes a sábado de un litro de **Em** para un total de 6 litros por semana.

Semana 2: aplicación tres veces a la semana lunes –miércoles –viernes, de un litro de **EM** para un total de 3 litros por semana.

Semana 3: aplicación tres veces a la semana lunes –miércoles –viernes, de un litro de **EM** para un total de 3 litros por semana.

Semana 4: aplicación tres veces a la semana lunes –miércoles –viernes, de un litro de **EM** para un total de 3 litros por semana.

Segundo mes

Semana 1: aplicación dos veces a la semana martes - jueves, de un litro de **EM** para un total de 2 litros por semana.

Semana 2: aplicación tres veces a la semana lunes –miércoles –viernes, de un litro de **EM** para un total de 3 litros por semana.

Semana 3: aplicación dos veces a la semana martes - jueves, de un litro de **EM** para un total de 2 litros por semana.

Semana 4: aplicación tres veces a la semana lunes –miércoles –viernes, de un litro de **EM** para un total de 3 litros por semana.

Tercer mes

Semana 1: aplicación dos veces a la semana martes - jueves, de un litro de **EM** para un total de 2 litros por semana.

Semana 2: aplicación dos veces a la semana martes - jueves, de un litro de **EM** para un total de 2 litros por semana.

Semana 3: aplicación dos veces a la semana martes - jueves, de un litro de **EM** para un total de 2 litros por semana.

Semana 4: aplicación dos veces a la semana martes - jueves, de un litro de **EM** para un total de 2 litros por semana.

Uso:

Aplicar sobre pisos de marraneras y alrededores, sobre canales de desagüe y estercolero.

Recomendaciones:

- Aplicar después del lavado.
- No aplicar desinfectantes (yodo o cloro).
- Utilizar bomba no contaminada con desinfectante o químico.

ANEXO C

Anova de un factor por sitio Prueba de los efectos inter –sujetos.
ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PH	Inter-grupos	5,410	3	1,803	5,229	,010
	Intra-grupos	5,517	16	,345		
	Total	10,927	19			
CONDUCTI	Inter-grupos	19665592,550	3	6555197,517	2,429	,103
	Intra-grupos	43181678,400	16	2698854,900		
	Total	62847270,950	19			
SST	Inter-grupos	86257242,550	3	28752414,183	27,899	,000
	Intra-grupos	16489625,200	16	1030601,575		
	Total	102746867,750	19			
DQO	Inter-grupos	42102526,000	3	14034175,333	14,167	,000
	Intra-grupos	15850132,800	16	990633,300		
	Total	57952658,800	19			
DBO	Inter-grupos	10257686,950	3	3419228,983	7,015	,003
	Intra-grupos	7798840,000	16	487427,500		
	Total	18056526,950	19			
NITRITOS	Inter-grupos	9,245	3	3,082	18,115	,000
	Intra-grupos	2,722	16	,170		
	Total	11,967	19			
NITRATOS	Inter-grupos	63,365	3	21,122	4,007	,026
	Intra-grupos	84,339	16	5,271		
	Total	147,704	19			
NITROG_A	Inter-grupos	5,181	3	1,727	9,696	,001
	Intra-grupos	2,850	16	,178		
	Total	8,031	19			

Los resultados muestran que todas las variables fisicoquímicas presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) a excepción de la conductividad

ANEXO D

Comparaciones múltiples

Variable dependiente	(I) SITIO	(J) SITIO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
PH	1	2	-,2800	,37139	,874	-1,3426	,7826
		3	,7580	,37139	,215	-,3046	1,8206
		4	,9800	,37139	,076	-,0826	2,0426
	2	1	,2800	,37139	,874	-,7826	1,3426
		3	1,0380	,37139	,057	-,0246	2,1006
		4	1,2600(*)	,37139	,018	,1974	2,3226
	3	1	-,7580	,37139	,215	-1,8206	,3046
		2	-1,0380	,37139	,057	-2,1006	,0246
		4	,2220	,37139	,931	-,8406	1,2846
	4	1	-,9800	,37139	,076	-2,0426	,0826
		2	-1,2600(*)	,37139	,018	-2,3226	-,1974
		3	-,2220	,37139	,931	-1,2846	,8406
CONDUCTI	1	2	-2152,8000	1039,010 09	,204	-5125,4285	819,8285
		3	-1429,0000	1039,010 09	,532	-4401,6285	1543,6285
		4	-2623,6000	1039,010 09	,094	-5596,2285	349,0285
	2	1	2152,8000	1039,010 09	,204	-819,8285	5125,4285
		3	723,8000	1039,010 09	,897	-2248,8285	3696,4285
		4	-470,8000	1039,010 09	,968	-3443,4285	2501,8285
	3	1	1429,0000	1039,010 09	,532	-1543,6285	4401,6285
		2	-723,8000	1039,010 09	,897	-3696,4285	2248,8285
		4	-1194,6000	1039,010 09	,665	-4167,2285	1778,0285
	4	1	2623,6000	1039,010 09	,094	-349,0285	5596,2285
		2	470,8000	1039,010 09	,968	-2501,8285	3443,4285
		3	1194,6000	1039,010 09	,665	-1778,0285	4167,2285
SST	1	2	662,6000	642,0596 8	,734	-1174,3455	2499,5455
		3	3539,8000(*)	642,0596 8	,000	1702,8545	5376,7455
		4	-2281,4000(*)	642,0596 8	,013	-4118,3455	-444,4545
	2	1	-662,6000	642,0596 8	,734	-2499,5455	1174,3455
		3	2877,2000(*)	642,0596 8	,002	1040,2545	4714,1455

		4	-2944,0000(*)	642,0596 8	,002	-4780,9455	1107,0545	-
	3	1	-3539,8000(*)	642,0596 8	,000	-5376,7455	1702,8545	-
		2	-2877,2000(*)	642,0596 8	,002	-4714,1455	1040,2545	-
		4	-5821,2000(*)	642,0596 8	,000	-7658,1455	3984,2545	-
	4	1	2281,4000(*)	642,0596 8	,013	444,4545	4118,3455	
		2	2944,0000(*)	642,0596 8	,002	1107,0545	4780,9455	
		3	5821,2000(*)	642,0596 8	,000	3984,2545	7658,1455	
DQO	1	2	-2404,4000(*)	629,4865 5	,007	-4205,3735	-603,4265	
		3	1410,2000	629,4865 5	,155	-390,7735	3211,1735	
		4	811,8000	629,4865 5	,582	-989,1735	2612,7735	
	2	1	2404,4000(*)	629,4865 5	,007	603,4265	4205,3735	
		3	3814,6000(*)	629,4865 5	,000	2013,6265	5615,5735	
		4	3216,2000(*)	629,4865 5	,001	1415,2265	5017,1735	
	3	1	-1410,2000	629,4865 5	,155	-3211,1735	390,7735	
		2	-3814,6000(*)	629,4865 5	,000	-5615,5735	2013,6265	-
		4	-598,4000	629,4865 5	,778	-2399,3735	1202,5735	
	4	1	-811,8000	629,4865 5	,582	-2612,7735	989,1735	
		2	-3216,2000(*)	629,4865 5	,001	-5017,1735	1415,2265	-
		3	598,4000	629,4865 5	,778	-1202,5735	2399,3735	
DBO	1	2	231,2000	441,5552 1	,952	-1032,0982	1494,4982	
		3	905,0000	441,5552 1	,212	-358,2982	2168,2982	
		4	1843,6000(*)	441,5552 1	,004	580,3018	3106,8982	
	2	1	-231,2000	441,5552 1	,952	-1494,4982	1032,0982	
		3	673,8000	441,5552 1	,446	-589,4982	1937,0982	
		4	1612,4000(*)	441,5552 1	,010	349,1018	2875,6982	
	3	1	-905,0000	441,5552 1	,212	-2168,2982	358,2982	
		2	-673,8000	441,5552 1	,446	-1937,0982	589,4982	
		4	938,6000	441,5552 1	,187	-324,6982	2201,8982	
	4	1	-1843,6000(*)	441,5552 1	,004	-3106,8982	-580,3018	
		2	-1612,4000(*)	441,5552 1	,010	-2875,6982	-349,1018	

NITRITOS	1	3	-938,6000	441,5552 1	,187	-2201,8982	324,6982
		2	,3100	,26086	,642	-,4363	1,0563
		3	,6600	,26086	,093	-,0863	1,4063
		4	1,7980(*)	,26086	,000	1,0517	2,5443
	2	1	-,3100	,26086	,642	-1,0563	,4363
		3	,3500	,26086	,551	-,3963	1,0963
		4	1,4880(*)	,26086	,000	,7417	2,2343
		1	-,6600	,26086	,093	-1,4063	,0863
	3	2	-,3500	,26086	,551	-1,0963	,3963
		4	1,1380(*)	,26086	,002	,3917	1,8843
		1	-1,7980(*)	,26086	,000	-2,5443	-1,0517
		2	-1,4880(*)	,26086	,000	-2,2343	-,7417
NITRATOS	1	3	-1,1380(*)	,26086	,002	-1,8843	-,3917
		2	-1,4000	1,45206	,771	-5,5544	2,7544
		3	2,2400	1,45206	,437	-1,9144	6,3944
		4	3,0920	1,45206	,186	-1,0624	7,2464
	2	1	1,4000	1,45206	,771	-2,7544	5,5544
		3	3,6400	1,45206	,097	-,5144	7,7944
		4	4,4920(*)	1,45206	,032	,3376	8,6464
		1	-2,2400	1,45206	,437	-6,3944	1,9144
	3	2	-3,6400	1,45206	,097	-7,7944	,5144
		4	,8520	1,45206	,935	-3,3024	5,0064
		1	-3,0920	1,45206	,186	-7,2464	1,0624
		2	-4,4920(*)	1,45206	,032	-8,6464	-,3376
NITROG_A	1	3	-,8520	1,45206	,935	-5,0064	3,3024
		2	-,1500	,26692	,942	-,9137	,6137
		3	,8080(*)	,26692	,036	,0443	1,5717
		4	1,0400(*)	,26692	,006	,2763	1,8037
	2	1	,1500	,26692	,942	-,6137	,9137
		3	,9580(*)	,26692	,012	,1943	1,7217
		4	1,1900(*)	,26692	,002	,4263	1,9537
		1	-,8080(*)	,26692	,036	-1,5717	-,0443
	3	2	-,9580(*)	,26692	,012	-1,7217	-,1943
		4	,2320	,26692	,821	-,5317	,9957
		1	-1,0400(*)	,26692	,006	-1,8037	-,2763
		2	-1,1900(*)	,26692	,002	-1,9537	-,4263
4	3	-,2320	,26692	,821	-,9957	,5317	

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

HSD de Tukey

ANEXO E

Anova por registro de muestras.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PH	Inter-grupos	4,191	4	1,048	2,333	,103
	Intra-grupos	6,736	15	,449		
	Total	10,927	19			
CONDUCT	Inter-grupos	23996088,700	4	5999022,175	2,316	,105
	Intra-grupos	38851182,250	15	2590078,817		
	Total	62847270,950	19			
SST	Inter-grupos	11326453,500	4	2831613,375	,465	,761
	Intra-grupos	91420414,250	15	6094694,283		
	Total	102746867,750	19			
DQO	Inter-grupos	9456841,300	4	2364210,325	,731	,585
	Intra-grupos	48495817,500	15	3233054,500		
	Total	57952658,800	19			
DBO	Inter-grupos	2399592,700	4	599898,175	,575	,685
	Intra-grupos	15656934,250	15	1043795,617		
	Total	18056526,950	19			
NITRITO	Inter-grupos	1,578	4	,394	,570	,689
	Intra-grupos	10,389	15	,693		
	Total	11,967	19			
NITRAT	Inter-grupos	49,020	4	12,255	1,863	,169
	Intra-grupos	98,684	15	6,579		
	Total	147,704	19			
NITROGEN	Inter-grupos	,899	4	,225	,473	,755
	Intra-grupos	7,132	15	,475		
	Total	8,031	19			

Los resultados muestran que no existen diferencias significativas entre los registros $P > 0.05$

ANEXO F

Subconjuntos homogéneos

PH

HSD de Tukey

SITIO	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
4	5	6,3820	
3	5	6,6040	6,6040
1	5	7,3620	7,3620
2	5		7,6420
Sig.		,076	,057

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.

CONDUCTI

HSD de Tukey

SITIO	N	Subconjunto para alfa = .05
		1
1	5	1854,6000
3	5	3283,6000
2	5	4007,4000
4	5	4478,2000
Sig.		,094

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.

DQO

HSD de Tukey

SITIO	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
3	5	1343,8000	
4	5	1942,2000	
1	5	2754,0000	
2	5		5158,4000
Sig.		,155	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.

DBO

HSD de Tukey

SITIO	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
4	5	521,8000	
3	5	1460,4000	1460,4000
2	5		2134,2000
1	5		2365,4000
Sig.		,187	,212

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.

NITRITOS

HSD de Tukey

SITIO	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
4	5	,3460	
3	5		1,4840
2	5		1,8340
1	5		2,1440
Sig.		1,000	,093

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.

NITRATOS

HSD de Tukey

SITIO	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
4	5	10,8080	
3	5	11,6600	11,6600
1	5	13,9000	13,9000
2	5		15,3000
Sig.		,186	,097

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5,000.

ANEXO G

Formato de prueba de olores en cada sitio donde se realizo el muestreo.

Sitio 1 (el Roble, la Rejona).

MEDICIONES Y REGISTRO

Lugar: Finca, El Roble Vereda la Rejona

CONTROL DE OLORES

Con una equis, determine cual es el valor del olor percibido en el sitio, la persona se ubicara en el interior de la instalación permanecerá allí durante 30 segundos y dará la calificación de acuerdo a la siguiente escala de valores:

ESCALA DE OLORES:

1. Fuertes y muy malos olores
2. Medianamente fuertes los malos olores
3. Pocos fuertes los malos olores
4. Ningún mal olor perceptible.

Día	Fecha	ESCALA DE VALORES DE OLOR PERCIBIDO			
		1	2	3	4
1	04/05/2009	X			
15	21/05/2009		X		
30	18/06/2009		X		
45	22/06/2009			X	
60	06/07/2009			X	
75					
90					

Sitio 2 (Rejoja, Parque temático Unicauca)

MEDICIONES Y REGISTRO

Lugar: *Parque Temático La Rejoja, Unicauca.*

CONTROL DE OLORES

Con una equis, determine cual es el valor del olor percibido en el sitio, la persona se ubicara en el interior de la instalación permanecerá allí durante 30 segundos y dará la calificación de acuerdo a la siguiente escala de valores:

ESCALA DE OLORES:

1. Fuertes y muy malos olores
2. Medianamente fuertes los malos olores
3. Pocos fuertes los malos olores
4. Ningún mal olor perceptible.

Día	Fecha	ESCALA DE VALORES DE OLOR PERCIBIDO			
		1	2	3	4
1	03/04/2008	X			
15	30/04/2008		X		
30	12/05/2008		X		
45	26/05/2008			X	
60	05/06/2008			X	
75					
90					

Sitio 3 (El Madrigal, Santander, instalaciones)

MEDICIONES Y REGISTRO

Lugar: Finca El Madrigal, (Instalaciones) Santander.

CONTROL DE OLORES

Con una equis, determine cual es el valor del olor percibido en el sitio, la persona se ubicara en el interior de la instalación permanecerá allí durante 30 segundos y dará la calificación de acuerdo a la siguiente escala de valores:

ESCALA DE OLORES:

1. Fuertes y muy malos olores
2. Medianamente fuertes los malos olores
3. Pocos fuertes los malos olores
4. Ningún mal olor perceptible.

Día	Fecha	ESCALA DE VALORES DE OLOR PERCIBIDO			
		1	2	3	4
1	17/06/2009	X			
15	14/07/2009		X		
30	26/07/2009			X	
45	11/08/2009			X	
60	25/08/2009			X	
75					
90					

Sitio 4 (El Madrigal santander, Humedal).

MEDICIONES Y REGISTRO

Lugar: Finca, El Madrigal (Humedal) Santander.

CONTROL DE OLORES

Con una equis, determine cual es el valor del olor percibido en el sitio, la persona se ubicara en el interior de la instalación permanecerá allí durante 30 segundos y dará la calificación de acuerdo a la siguiente escala de valores:

ESCALA DE OLORES:

1. Fuertes y muy malos olores
2. Medianamente fuertes los malos olores
3. Pocos fuertes los malos olores
4. Ningún mal olor perceptible.

Día	Fecha	ESCALA DE VALORES DE OLOR PERCIBIDO			
		1	2	3	4
1	17/06/2009		X		
15	14/07/2009		X		
30	28/07/2009			X	
45	11/08/2009			X	
60	25/08/2009			X	
75					
90					

ANEXO I
Correlaciones parámetros evaluados vs factores ambientales.

		PH	CONDUCTI	SST	DQO	DBO	NITRITOS	NITRATOS	NITROGENO	PRECIPITACION	TEMPERATURA
PH	Correlación de Pearson	1	,202	,112	,735(*)	,492(*)	,756(**)	,730(**)	,604(**)	,794(**)	-,742(**)
	Sig. (bilateral)	.	,392	,638	,000	,028	,000	,000	,005	,000	,000
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
CONDUCTI	Correlación de Pearson	,202	1	,348	,424	-,243	-,161	,026	-,199	,087	,208
	Sig. (bilateral)	,392	.	,133	,063	,301	,499	,913	,401	,716	,380
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
SST	Correlación de Pearson	,112	,348	1	,274	-,213	-,346	,125	-,072	,120	-,057
	Sig. (bilateral)	,638	,133	.	,242	,367	,135	,600	,762	,613	,810
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DQO	Correlación de Pearson	,735(*)	,424	,274	1	,450(*)	,447(*)	,638(**)	,553(*)	,569(**)	-,681(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,063	,242	.	,047	,048	,002	,011	,009	,001
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
DBO	Correlación de Pearson	,492(*)	-,243	-,213	,450(*)	1	,693(**)	,471(*)	,821(**)	,205	-,627(**)
	Sig. (bilateral)	,028	,301	,367	,047	.	,001	,036	,000	,386	,003
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
NITRITOS	Correlación de Pearson	,756(*)	-,161	-,346	,447(*)	,693(*)	1	,626(**)	,580(**)	,506(*)	-,732(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,499	,135	,048	,001	.	,003	,007	,023	,000
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
NITRATOS	Correlación de Pearson	,730(*)	,026	,125	,638(*)	,471(*)	,626(**)	1	,549(*)	,512(*)	-,670(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,913	,600	,002	,036	,003	.	,012	,021	,001
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
NITROGENO	Correlación de Pearson	,604(*)	-,199	-,072	,553(*)	,821(*)	,580(**)	,549(*)	1	,345	-,772(**)
	Sig. (bilateral)	,005	,401	,762	,011	,000	,007	,012	.	,136	,000
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
PRECIPITACION	Correlación de Pearson	,794(*)	,087	,120	,569(*)	,205	,506(*)	,512(*)	,345	1	-,583(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,716	,613	,009	,386	,023	,021	,136	.	,007
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	-,742(*)	,208	-,057	-,681(*)	-,627(*)	-,732(**)	-,670(**)	-,772(**)	-,583(**)	1
	Sig. (bilateral)	,000	,380	,810	,001	,003	,000	,001	,000	,007	.
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). -* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilate).