

**EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE
BIODEGRADACIÓN DE POLLINAZAS EN CAMAS
USANDO MICROORGANISMOS**



DIANA ROCÍO GÓMEZ CHACÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2006

**EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE
BIODEGRADACIÓN DE POLLINAZAS EN CAMAS
USANDO MICROORGANISMOS**

DIANA ROCÍO GÓMEZ CHACÓN

Trabajo de Grado presentado como requisito para
optar al título de Ingeniera Química



Director

CARLOS FERNANDO GUERRA

Ingeniero Químico

Codirector

LUZ HOLANDA GARCÍA

Ingeniera Química

Fundación Semilla Nueva

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2006

*A Dios y María porque me han dado
las herramientas necesarias para construir mi vida.*

*A mis padres a quienes les debo todo lo que tengo
y todo lo que soy, porque estuvieron
conmigo durante toda mi carrera,
a mis hermanos por su compañía
y a mis amigos por darme sus manos
y regalarme sus sonrisas
cuando el cielo estaba gris.*

Diana Rocío

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Carlos Fernando Guerra, director de este proyecto, por sus sabios y oportunos consejos durante el desarrollo de este proyecto.

A la Doctora Luz Holanda García, Gerente de la *FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA*, por su orientación y apoyo en la codirección de este proyecto; especialmente por su gran amistad, paciencia y confianza.

Al Doctor William González, Gerente de la Planta de Concentrados de *CAMPOLLO S.A.*, por su disposición y gestión para la realización del proyecto. A la Doctora Maria Eva Parra, Directora del Laboratorio de Campollo S.A., por la realización de los análisis microbiológicos. A los supervisores de granjas: Fernando García, Omar Ruiz, Oscar Macías y Carlos Alterio por su colaboración y atenciones. Al personal de las granjas avícolas.

A la Doctora Clara Castellanos por su orientación en la evaluación de los cultivos. A nuestro grupo de estudio: los señores Jorge Luna y Gilberto Chacón por sus aportes al análisis de resultados.

A Luis Eduardo Carreño y Wilson Eduardo Carreño, técnicos del laboratorio de operaciones unitarias de Ingeniería Química por su paciencia y disposición.

A mis amigos y compañeros: Kelly, Tatis, Claudia, Karen, Bibi, Mari, Leo, William, Luis, Carlos, Cristian, Roy, Adolfo, Laura y Angélica con quienes compartí alegrías y tristezas, preocupaciones y añoranzas.

A la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Ingeniería Química, y a todos aquellos que de una u otra forma colaboraron o hicieron parte de este proyecto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ☆ Evaluar y caracterizar el proceso de biodegradación de pollinazas en camas usando microorganismos nativos (*Bioestimulante Húmico GEM+ Avícola*), entre los cuales predominan bacterias nitrificantes, celulolíticas y fosforeductoras.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ☆ Evaluar periódicamente diferentes parámetros fisicoquímicos en las camas durante el periodo productivo del pollo de engorde.
- ☆ Identificar y cuantificar de manera periódica algunos microorganismos patógenos en las camas durante el periodo productivo del pollo de engorde.
- ☆ Identificar y cuantificar algunos microorganismos benéficos en las camas al final del periodo productivo del pollo de engorde.
- ☆ Evaluar la incidencia de las camas en los parámetros zootécnicos y su implicación económica.
- ☆ Evaluar y comparar la efectividad de las pollinazas obtenidas al final del periodo productivo en cultivos de maíz y de frijón.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEORICO	3
1.1 POLLINAZA	3
1.2 LA AVICULTURA EN SANTANDER	3
1.3 IMPACTO AMBIENTAL DE LAS POLLINAZAS	5
1.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO: EL COMPOSTAJE	6
1.4.1 Alternativas viables para la sanitización y compostación de pollinazas	7
1.5 USO DE MICROORGANISMOS EN CAMAS PARA LA BIODEGRADACIÓN DE POLLINAZAS	8
2. METODOS EXPERIMENTALES	9
2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN	10
2.1.1 Granjas de la Experimentación	10
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	11
2.2.1 Procedimiento experimental en granja	11
2.2.2 Toma de muestras, mediciones y análisis realizados	13
2.2.3 Cultivo	15
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	17
3.1 MEDICIONES EN LAS CAMAS	17
3.1.1 Presencia de Amoniaco	17
3.1.2 Temperatura	17
3.1.3 Porcentaje de Humedad	18
3.2 PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE LAS AVES	18

	Pág.
3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA POLLINAZA	20
3.3.1 Análisis Físico-Químico	20
3.3.1.1 Porcentaje de Materia Orgánica y de Carbono Orgánico Oxidable	20
3.3.1.2 Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)	20
3.3.1.3 Porcentaje de Nitrógeno, de Amonio, de Nitritos y de Nitratos	21
3.3.1.4 Capacidad de Retención de Agua (Porcentaje de Saturación)	21
3.3.1.5 pH	20
3.3.1.6 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	21
3.3.2 Análisis Microbiológico	23
3.3.2.1 Hongos Totales y Microorganismos Patógenos	23
3.3.2.2 Microorganismos Benéficos	24
3.4 EVALUACIÓN DEL CULTIVO	25
3.4.1 Desarrollo de las plantas	25
3.4.2. Cosecha	26
3.4.3. Análisis foliar	27
4. EVALUACIÓN ECONÓMICA	29
5. EVALUACIÓN AMBIENTAL	31
CONCLUSIONES	33
RECOMENDACIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXOS	37

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Precipitación mensual zona experimental	11
Tabla 2.	Galpones seleccionados para el muestreo de la experimentación	12
Tabla 3.	Comportamiento de amoniaco y temperatura en cama	17
Tabla 4.	Comportamiento de la humedad en cama (% humedad)	18
Tabla 5.	Parámetros zootécnicos de las aves (sacrificio)	19
Tabla 6.	Patas con Granuloma plantar (5ª semana)	19
Tabla 7.	Parámetros fisicoquímicos (en base húmeda)	22
Tabla 8.	Parámetros fisicoquímicos (en base seca)	22
Tabla 9.	Comportamiento de Hongos Totales en cama	23
Tabla 10.	Comportamiento de microorganismos patógenos en cama	23
Tabla 11.	Microorganismos benéficos	24
Tabla 12.	Crecimiento y estado fitosanitario de las plantas de fríjol y maíz	25
Tabla 13.	Producción de fríjol	26
Tabla 14.	Análisis foliar (Hojas de fríjol)	27
Tabla 15.	Peso de materia fresca y seca de las plantas de fríjol	28
Tabla 16.	Longitud promedio raíz principal	28
Tabla 17.	Factores de costo de producción de pollo en granja	29
Tabla 18.	Costo de producción total de pollo en granja	29

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Fig.1	Pollinaza, Granja El Tabacal. Campollo S.A.	3
Fig.2	Granja Avícola de pollo de engorde El Laguito, Campollo S.A.	4
Fig.3	Impacto Ambiental de las Pollinazas	5
Fig.4	Portada Publicación CDMB	7
Fig.5	Granjas Avícolas de Experimentación	11
Fig.6	Inoculación de las camas	12
Fig.7	Toma de muestras en cama	13
Fig.8	Medidor de Amoniaco, Medidor de Temperatura	14
Fig.9	Cultivo de fríjol y maíz	15
Fig.10	Distribución del lote cultivado	16
Fig.11	Encarchamiento de la cama	18
Fig.12	Granuloma plantar	20
Fig.13	Presencia de Actinomicetos en las camas.	24
Fig.14	Desarrollo de las plantas	26
Fig.15	Aspecto de de las hojas de fríjol	27
Fig.16	Nodulación presente en las raíces de las plantas de fríjol	28

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN COLOMBIA	38
ANEXO B. ALTERNATIVAS VIABLES PARA LA SANITIZACIÓN Y COMPOSTACIÓN DE POLLINAZAS	40
ANEXO C. EMPRESAS VINCULADAS A LA EXPERIMENTACIÓN	42
ANEXO D. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	44
ANEXO E. AMONIACO Y SUS EFECTOS	45
ANEXO F. PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS	46
ANEXO G. ANÁLISIS FOLIAR	48
ANEXO H. GRÁFICAS DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS	50
ANEXO I. ANÁLISIS DE LABORATORIO REALIZADOS	60

GLOSARIO

Abono Orgánico: Producto de origen vegetal o animal que por efecto de la descomposición microbiana e incorporación al suelo, suministran elementos útiles para el crecimiento de las plantas

Análisis foliar: Se refiere al análisis cuantitativo de los nutrientes esenciales en los tejidos de la planta.

Biodegradación: Transformación bioquímica de materiales orgánicos convirtiendo biológicamente los desechos sólidos orgánicos en materia estable con apariencia de humus.

Compostaje: Es un proceso aeróbico controlado de biotransformación en el que se encuentran involucrados organismos y microorganismos descomponedores que, empleando la energía pasiva del sol, transforman mezclas de estiércol (gallinaza, pollinaza, otros) con materiales vegetales (paja, tamo, pasto seco, cascarilla de arroz, desechos de cosechas, entre otros), en productos estabilizados, libres de patógenos larvas e insectos adultos, con características agronómicas para ser utilizados como base en la elaboración de abonos orgánicos, correctores de suelos.

Fijación de Nitrógeno: Proceso por medio del cual el nitrógeno es fijado por bacterias que viven en asociación mutualista con plantas. Las bacterias convierten el nitrógeno atmosférico a compuestos de nitrógeno que las plantas pueden utilizar directamente y gracias a su actividad el suelo se enriquece en nitrógeno

Inoculación: Introducción de microorganismos en un sustrato que reúne las características necesarias para el desarrollo de sus actividades metabólicas, su crecimiento y su reproducción.

Nodulación: Formación de nódulos radicales en una leguminosa como consecuencia de la infección de las raíces con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, las cuáles se multiplican en el interior de la célula vegetal y se convierten en unas formaciones ramificadas, hinchadas y deformes llamadas bacteroides que a su vez forman una estructura llamada simbiosoma, responsable de la fijación de nitrógeno. La nodulación es eficiente si se presentan bacteroides grandes y cercanos a la raíz principal.

Pollinaza y gallinaza: Heces de aves de corral, sin mezclas (producción en jaula) o mezcladas con la cama de aserrín, viruta, cascarilla de arroz o similares (producción en piso).

Sanitización de la gallinaza o pollinaza: Proceso u operaciones físicas (tratamiento térmico), químicas o biológicas (Compostaje) o mezcla de éstas, a los que se somete la gallinaza o pollinaza para garantizar la eliminación de agentes infectocontagiosos para las aves, otros animales y para los seres humanos, antes de ser retirada del galpón de origen.

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE BIODEGRADACIÓN DE POLLINAZAS EN CAMAS USANDO MICROORGANISMOS. *

AUTOR: DIANA ROCÍO GÓMEZ CHACÓN. **

PALABRAS CLAVES: Pollinaza, Biodegradación, Microorganismos, Inoculación, Sanitización, Compostaje, Abono Orgánico.

CONTENIDO:

El manejo de los residuos sólidos generados por la Industria Avícola está ocasionando problemas ambientales. Se destacan los altos volúmenes de pollinazas, las cuáles son contaminantes cuando son mal manejadas. Para disminuir este problema se planteó la biodegradación de pollinazas mediante el uso de microorganismos adicionados directamente en las camas de los pollos de engorde; el conglomerado de microorganismos nativos (*Bioestimulante Húmico GEM+ Avícola*) suministrado por la Fundación *SEMILLA NUEVA* fue aplicado en tres granjas pertenecientes a *CAMPOLLO S.A.* para una población total de 127.400 pollos, los galpones fueron identificados así: con aplicación (inoculado) y sin aplicación (testigo).

Se compararon las camas inoculadas frente a las testigos; para ello durante el ciclo productivo se determinaron en campo temperatura y humedad de la cama, amoníaco y apreciación de la presencia de moscas. A la salida de las aves se evaluaron los parámetros zootécnicos y se tomaron las muestras de pollinaza para los análisis microbiológicos y para los análisis fisicoquímicos establecidos en la norma NTC 5167: %Humedad, %Saturación, %C, %N, %Materia Orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico entre otros. La pollinaza obtenida se evaluó en un cultivo de fríjol y maíz, observando crecimiento, estado fitosanitario y producción del mismo; se realizó un análisis foliar al final de la cosecha.

Finalmente se realizó una evaluación ambiental y económica, concluyendo que ésta es una alternativa viable para la sanitización de las pollinazas; obteniéndose al final del proceso un material parcialmente compostado además de las siguientes ventajas en granja: mejora en el confort de las aves y trabajadores, mejora en los parámetros zootécnicos de las aves, disminución de los malos olores causados por el amoníaco, disminución de la presencia de moscas, disminución de la humedad en camas y disminución de microorganismos patógenos; a su vez la pollinaza obtenida presentó buen valor agronómico.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Ingeniería Química, Ing. Químico Carlos Fernando Guerra.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION AND CHARACTERIZATION OF MICROBIOLOGICAL BIODEGRADATION PROCESS OF POULTRY LITTERS.*

AUTOR: DIANA ROCÍO GÓMEZ CHACÓN. **

KEY WORDS: Poultry litter from broilers, Biodegradation, Microorganisms, Inoculation, Sanitization, Composting, Organic Manure.

CONTENT:

The handling of the solid remainders generated by the Bird-raising Industry usually causes environmental problems. High volumes of Poultry Litter (PL) from broilers stand out, can be polluting environment when they are handled inappropriately. In order to reduce this problem the biodegradation of PL through the use of microorganisms added directly on the bedding material of broiler chickens was considered; the aggregate of native microorganisms (*Bioestimulante Húmico GEM+ Avícola*) provided by the *SEMILLA NUEVA* Foundation was applied in three farms belonging to *CAMPOLLO S.A.* supporting 127.400 chickens. Animals were divided into two groups (groups I and II). Group I, was inoculated with microorganisms and group II was kept as a control.

Through productive cycle, bed temperature and humidity were valued, as well as, ammonia concentration and presence of flies. At the same time zootecnic parameters were evaluated. Samples of PL were taken for the microbiological analyses and physical and chemical analyses were conducted before NTC 5167 norm. Thus Humidity, saturation, C, N, Organic Matter, Cationic Interchange Capacity percentages were analyzed. PL obtained was evaluated in a cultivation of kidney bean and maize, monitoring growth, sanitary state and growth production. A foliar analysis was made at the end of the harvest.

The environmental and economic evaluation of manure management resulted on diverse advantages. It showed that this procedure is a feasible alternative for the sanitization of PL. At the end of procedure a material partially composted was obtained. Other benefits were related with the improvement in the comfort of the birds and workers, improvement in the zootecnic parameters of the chickens, diminishing of bad smells caused by ammonia, reduction of flies presence, diminution of the humidity in beds and pathogenic microorganisms; also PL obtained shown good agronomic value.

* Degree Project

** Faculty of Physical-Chemistry Engineerings, Chemical Engineer. Carlos Fernando Guerra (Chemical Engineer).

INTRODUCCIÓN

El manejo de los residuos sólidos generados por la Industria Avícola en Santander está ocasionando problemas ambientales, dando una imagen negativa a este sector.

Dentro de estos residuos se destacan los altos volúmenes generados de pollinazas, las cuáles son contaminantes cuando son mal manejadas; más aún si éstas se apilan a campo abierto o no son biodegradadas (compostadas) cuando se utilizan como abonos. Al ser excrementos de las aves mezclados con las camas, se convierten en sustratos que contienen microorganismos transmisores de enfermedades que fácilmente pueden provocar el contagio de un gran número de individuos.⁽¹⁰⁾

La política nacional ambiental, exige el manejo, tratamiento y disposición final de las pollinazas mediante la adopción de procesos agroindustriales amigables con el entorno, beneficiando al sector productivo en la región, a través de la difusión y aplicación de conceptos de ecoeficiencia, producción más limpia y tecnologías ambientales.

Según la publicación de la CDMB en el año 2005 acerca de las alternativas viables para solucionar los problemas de contaminación originados por las pollinazas, se pretende a su vez convertirlas en una fuente de bienes y servicios para los avicultores, cambiando el concepto que tienen de residuo por el de subproducto de la Industria Avícola gracias a su aprovechamiento mediante un manejo técnicamente adecuado, logrando valorizarla y obtener así un beneficio económico.

La elaboración de los abonos orgánicos ocupa un lugar muy importante en la agricultura actual, ya que contribuye al mejoramiento de las estructuras y fertilización del suelo, además con la utilización de estos se puede reducir el uso de insumos externos aumentando la eficiencia de los recursos de la comunidad y protegiendo al mismo tiempo la salud humana y el ambiente.⁽¹²⁾

Dada la necesidad de un proceso que permita disminuir la problemática de la pollinaza generando un bien como puede ser el abono orgánico, se debe tener claro que no solo se persigue un beneficio, sino evitar un perjuicio. Por ello se resalta la importancia de este proyecto en la disminución del impacto ambiental negativo que presentan la mayoría de las granjas avícolas, dando una alternativa de implementación desde el inicio del ciclo productivo del pollo de engorde y no al final del mismo, como tradicionalmente se hace; ésta opción está basada en el uso de microorganismos que mediante su metabolismo individual y sinérgico permiten mejorar el proceso de biodegradación sin afectar el desarrollo normal de las aves.

Con la realización del presente proyecto se pretendió mostrar que el desarrollo tecnológico del proceso de biodegradación de pollinazas en camas usando microorganismos, puede ser una alternativa viable principalmente desde el punto de vista ambiental y económico y aplicable a la realidad de la actividad agroindustrial en el territorio santandereano.

1. MARCO TEORICO

1.1 POLLINAZA ^(10, 13, 19)

Es la mezcla entre cama y deposiciones sólidas y líquidas (deyecciones) de las aves de engorde (Fig.1). La cama (cascarilla de arroz, viruta de madera o cascarilla de café) cumple la función de recibir estos desechos, para facilitar su secado y posterior manejo. La pollinaza se acumula en los galpones durante el ciclo productivo, que normalmente se registra cada 35 a 45 días, al término del cuál se procede a su evacuación y disposición final, que generalmente es el uso como abono orgánico.



Fig. 1 Pollinaza, Granja El Tabacal. Campollo S.A.

La pollinaza fresca es muy agresiva a causa de su elevada concentración en nitrógeno y para mejorar el producto conviene que se composte especialmente si procede de granjas intensivas. El compostaje es la degradación bioquímica de materiales orgánicos convirtiendo biológicamente los desechos sólidos orgánicos en materia estable con apariencia de humus.

1.2 LA AVICULTURA EN SANTANDER ^(2, 3, 6, 8, 9, 18)

El sector avícola ha venido evolucionando de manera favorable en los últimos años, lo que le ha permitido consolidarse dentro de la estructura actual de la economía colombiana y de manera particular en la estructura económica del departamento de Santander. Representa una de las industrias más dinámicas de la actividad agropecuaria siendo una de las más desarrolladas y con mejores perspectivas. Según la Cámara de Comercio de Bucaramanga, este renglón ha mostrado un gran desarrollo lo que le ha permitido ubicar a Santander dentro de los departamentos más importantes en el país, sus principales mercados además del departamental y nacional, lo constituyen países como Venezuela y Ecuador.

En la actualidad genera cerca de 240.000 empleos a nivel nacional, de los cuales el Departamento de Santander genera cerca de 40.800 empleos directos y 78.000 indirectos distribuidos dentro de la cadena productiva de este negocio.

De los datos obtenidos en el año 2002 del primer “*Censo Nacional de Avicultura Industrial en Colombia*” por el DANE y FENAVI ⁽²⁾ (Ver Anexo A: La industria avícola en Colombia), para el departamento de Santander se destacan los siguientes aspectos:

✓ La producción de pollo anual fue de 166.429 toneladas, aprox. el 25,6 % del total nacional y cuenta con 8 plantas de beneficio.

✓ Existen 399 granjas de pollo de engorde (Fig.2), el 26,8% del total nacional, que cubren un área de galpones (capacidad ocupada) de 784.063 m² y una capacidad instalada de 910.163 m². Santander se ubicaba en el segundo lugar después de Cundinamarca, en los dos conceptos, participando el primero con el 23,5% sobre el total de capacidad instalada en el país y el segundo, con el 24,8%, sobre el total de capacidad ocupada.



Fig.2 Granja Avícola de pollo de engorde El Laguito, Campollo S.A.

✓ En lo concerniente a la producción de pollo de engorde, se encuentran industrias con producciones diarias superiores a las 50.000 aves.

✓ Se consumen diariamente alrededor de 900 mil unidades de huevo y el consumo de carne de pollo diariamente se estima en cerca de 85 mil kilos.

✓ La contribución del sector avícola en el PIB departamental representa el 7%. (aprox. \$19.869,3 MM). El producto Interno Bruto (PIB) nominal del año 2005 ascendió a \$283.847,6 MM ⁽⁶⁾.

✓ Los sectores donde se concentra la mayor producción avícola en el departamento son: Lebrija y La Mesa de los Santos.

1.3 IMPACTO AMBIENTAL DE LAS POLLINAZAS ⁽¹⁹⁾

El impacto ambiental se puede considerar desde los siguientes aspectos (Fig.3):

✓ *Impacto ambiental en suelos*, como consecuencia de aplicarlas sin tratamiento al terreno que se quiere fertilizar, esto causa disminución de la capacidad de drenaje del mismo, desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos, dificultad en la mineralización del nitrógeno y acumulación de nitratos en las plantas.

✓ *Impacto en aguas*, por el alto contenido de materia orgánica y nutrientes causa la eutroficación y la disminución de la vida acuática. Igualmente los contenidos de amonio y nitratos son tóxicos para los organismos del ecosistema.

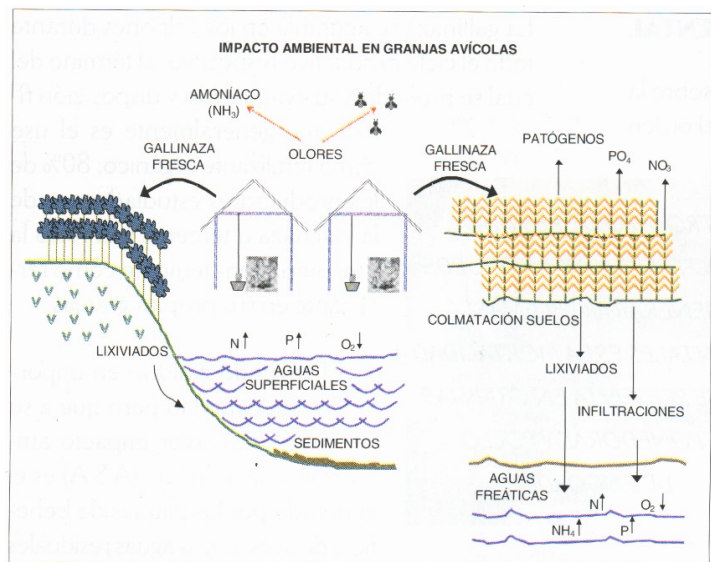


Fig.3 Impacto Ambiental de las Pollinizas.
Fuente: Bioseguridad en la industria avícola ⁽¹⁹⁾

✓ *Impacto en la salud humana y animal*, por la formación de nitratos que al mezclarse con

agua para el consumo humano pueden dar a la formación de halometanos y organoclorados dándole mal gusto al agua y en altas concentraciones son tóxicos; las enfermedades por el desarrollo de microorganismos patógenos, la proliferación de moscas como vector de enfermedades y malos olores por el amoniaco generado, a su vez este se absorbe en las vías respiratorias alterando los mecanismos de defensa, permitiendo la presencia de enfermedades respiratorias en los trabajadores y animales.

✓ *Impacto económico*, como consecuencia de los costos asociados con las medidas que se deben implantar para solucionar los problemas derivados de la contaminación por las mismas, con el control de las enfermedades que afectan a las aves y con la disminución de la productividad del suelo.

1.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO: EL COMPOSTAJE ^(14, 15, 17)

La compostación o compostado es el método de aprovechamiento de los residuos más antiguo que existe, se basa en la fermentación bacteriana de materias orgánicas en presencia de aire. Los agentes de este proceso son organismos termófilos aeróbicos. La materia se transforma en una mezcla estable de tipo húmico, lo más homogénea posible y que guarda una relación entre sus componentes que le confieren un buen valor agronómico.

Se destacan entre sus beneficios las siguientes propiedades:

- Mejora notoria en las propiedades químicas, físicas y bioquímicas del suelo.
- Incremento en la capacidad de retención de agua por parte del suelo.
- La materia orgánica que aporta, disminuye la cantidad de fertilizantes químicos requeridos y estimula el crecimiento vegetal.
- Es un sistema de reciclaje, con una útil revalorización del residuo.
- La actividad biológica acelera la descomposición de minerales insolubles como los fosfatos y el intercambio de iones.

En el proceso influyen la aireación, la humedad, la temperatura y el pH. La estabilización de la materia orgánica se consigue por la oxidación de las moléculas complejas que se transforman en otras más sencillas y estables, este proceso puede dividirse en 4 etapas:

1^{era} Etapa: La materia a biodegradar proporciona las condiciones adecuadas para la multiplicación de los microorganismos; como consecuencia de la actividad metabólica hay un ligero incremento de la temperatura y se producen ácidos orgánicos que disminuyen el pH.

2^{da} Etapa: Los microorganismos transforman el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. Aparecen los *Actinomicetos* dándole a la materia un aspecto blanquecino; éstos son microorganismos que se parecen a los hongos y a las bacterias; crecen a manera de micelio radial, forman conidias como los hongos pero las características morfológicas de sus células son similares a las de las bacterias. Descomponen las ceras, proteínas y hemicelulosas. ⁽¹⁴⁾

3^{era} Etapa: Continúa la multiplicación de microorganismos, se descompone la celulosa y el pH del medio desciende ligeramente.

4^a Etapa: Maduración y estabilización en la cuál se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus. El pH se ajusta a un valor cercano a la neutralidad (7.0) y hay una reducción de la humedad en el compost.

1.4.1 ALTERNATIVAS VIABLES PARA LA SANITIZACIÓN Y COMPOSTACIÓN DE POLLINAZAS ⁽¹⁰⁾

La Resolución ICA No 00189 del 24 de Agosto de 2005 “Por la cual se establecen las medidas sanitarias para la prevención y control de la Enfermedad de Newcastle en la zona piloto de la Mesa de Los Santos...” fue emitida debido a que ésta enfermedad infecciosa causa enormes pérdidas a la industria avícola por las altas tasas de morbilidad y letalidad que pueden presentar los lotes de aves afectados. En el ARTÍCULO OCTAVO se dispone que, entre otras acciones, sea necesario someter a estabilización (sanitización) la pollinaza generada en la explotación avícola antes de salir de la granja y/o ser utilizada como abono.

Teniendo en cuenta que el sector de la Mesa de los Santos, es un núcleo avícola de alta densidad en el departamento, en cumplimiento de la resolución mencionada, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) en conjunto con el Nodo de Producción Más Limpia de Santander y FENAVIFONAV, publicó ese mismo año el libro titulado: “*Alternativas viables para la sanitización y compostación de gallinaza y pollinaza. Evaluación técnica y económica*” (Ver Fig. 4) en el cuál se evaluaron técnica y económicamente diferentes alternativas a nivel nacional para la sanitización y compostación de pollinazas con el fin de apoyar e implementar acciones para mejorar la competitividad y el desempeño ambiental del sector avícola en el departamento. (Ver Anexo B: Alternativas viables



Fig.4 Portada Publicación CDMB

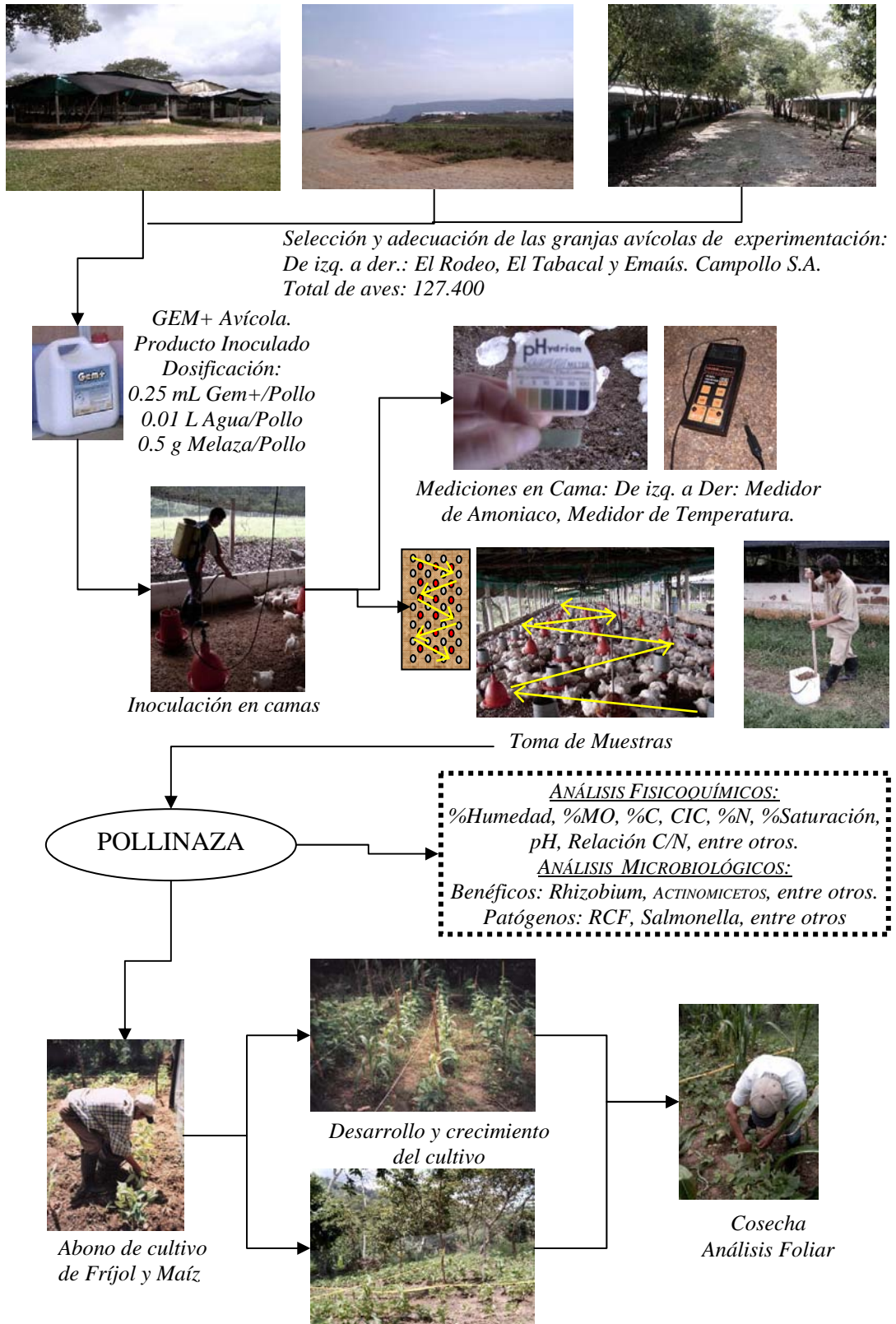
para la sanitización y compostación de pollinazas).

La sanitización de la pollinaza es el proceso u operaciones físicas (tratamiento térmico), químicas o biológicas (Compostaje) o mezcla de éstas, a los que se debe someter la pollinaza para garantizar la eliminación de agentes infectocontagiosos para las aves, otros animales y para los seres humanos, antes de ser retirada del galpón de origen.

1.5 USO DE MICROORGANISMOS EN CAMAS PARA LA BIODEGRADACIÓN DE POLLINAZAS

Hasta el momento no está avalada por FENAVI – FONAV esta alternativa para la sanitización y compostación de pollinazas. No hay referenciados estudios al respecto.

2. METODOS EXPERIMENTALES



2. METODOS EXPERIMENTALES

La experimentación se realizó mediante la aplicación en granjas de la empresa *CAMPOLLO S.A.* de un insumo especializado en la biodegradación de residuos orgánicos generados en la industria avícola, *Bioestimulante Húmico GEM+ Avícola*, producido por la *FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA*, entidad sin ánimo de lucro dedicada a la investigación en la biodegradación de residuos orgánicos y la obtención de insumos de alta calidad, para ser usados en labores agropecuarias (Ver Anexo C: Empresas vinculadas a la experimentación). La pollinaza obtenida al final del periodo productivo del pollo de engorde se evaluó en un cultivo de frijol y maíz.

2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN

2.1.1 Granjas de Experimentación (Fig. 5)

La empresa avícola Campollo S.A. ofreció tres de sus granjas para la realización de la experimentación, las cuales reunieron una población total de 127.400 aves.

Las granjas seleccionadas para la experimentación fueron las siguientes:

El Rodeo: Se encuentra ubicada en la vía Rionegro - Llano de Palmas; cuenta con 2 galpones con capacidad para 4.800 aves cada uno y un galpón con capacidad para 13.000 aves dividido en dos secciones de 6.500 aves cada una; para un total de 22.600 aves.

El Tabacal N°1: Ubicada en la Mesa de los Santos; cuenta con 4 galpones, divididos en dos secciones, tres de ellos con capacidad para 8.750 aves cada sección y uno de los galpones con capacidad para 10.000 aves en la primera sección y 7.500 aves en la segunda sección; para un total de 70.000 aves.

Emaús: Se encuentra ubicada 2 Km. antes del Playón; cuenta con 2 galpones divididos en dos secciones con capacidad para 8.700 aves cada uno; para un total de 34.800 aves.



Fig.5 Granjas Avícolas de Experimentación: De izquierda a derecha: El Rodeo, El Tabacal y Emaús. Campollo S.A. Población total: 127.400 aves

En cuanto a los aspectos meteorológicos de las zonas, la información disponible fueron los datos de precipitación mensual y el promedio de la serie histórica correspondiente al mes de Marzo de 2006, suministrados por el IDEAM, se observa que en este mes las lluvias fueron mayores que el promedio (Tabla 1). No hubo información disponible sobre humedad relativa y velocidad y dirección de los vientos.

Tabla 1. Precipitación Mensual* Zona Experimental			
Año 2006	Estación		
Mes	La Mesa	Llano de Palmas	Playón
Febrero	31	60	71
Marzo	141	172	309
Abril	65,3	200	166,9
Pro. Histórico (Marzo)	66,4 ⁱ	143,2 ⁱⁱ	132 ⁱⁱⁱ
<i>*mm Lluvia de Precipitación Categoría Pluviométrica: 1mm = 1L/m² Años: i:1973-2006, ii:1967-2006, iii:1958-2006 Fuente: IDEAM Bucaramanga</i>			

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.2.1 Procedimiento Experimental En Granja

La inoculación de los microorganismos se realizó en la mitad de los galpones de cada granja, pero se seleccionaron por sus condiciones dos galpones para el muestreo, uno de los

cuales con aplicación de GEM+ (galpón inoculado) y el otro galpón sin aplicación (galpón testigo) (Tabla 2.).

TABLA 2. Galpones Seleccionados para el Muestreo de la Experimentación						
ASPECTOS	EL RODEO		EL TABACAL		EMAÚS	
	Galpón N° 3	Galpón N° 4	Galpón N° 4 S1	Galpón N° 4 S2	Galpón N° 1	Galpón N° 2
Distinción	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
# Aves (Muestreadas)	4.800	4.800	10.000	7.500	8.700	8.700
Dimensiones	61.5m x 6.5m	61.5m x 6.5m	72m x 10m	60m x 10m	70m x 12m	70m x 12m
Densidad Poblac. (Aves / m ²)	12	12	13.9	12.5	10.36	10.36
Piso	Tierra	Tierra	Tierra	Tierra	Tierra	Tierra
Cama	Tamo	Tamo	Tamo	Tamo	Tamo	Tamo

El total de aves involucradas en la experimentación fue de 127.400, distribuidas así : El Rodeo: Inoculado: 11.300; Testigo: 11.300. El Tabacal: Inoculado: 36.250; Testigo: 33.750. Emaús: Inoculado: 17.400; Testigo: 17.400

Se inoculó la cama con GEM+ disuelto en melaza y agua, la solución se preparó teniendo en cuenta la cantidad de pollos en el galpón. Se mezclaron las sustancias en las siguientes proporciones: 0.25 ml de GEM+ / pollo, 0.01 L de agua / pollo, 0.5 g de melaza / pollo. Se realizaron 4 aplicaciones (inoculaciones) así: Día 7, 14, 21 y 28, para un periodo de producción de 40 días.

La solución se aplicó utilizando una bomba de espaldas, con la cuál se humedeció la cama en toda su área (Fig.6). A la salida de los pollos se hizo el proceso de sanitización consistente en el apilamiento de las camas durante 5 días.

En cama se evaluaron los siguientes parámetros: Amoniaco, Temperatura, Porcentaje de humedad, Olor, Apreciación de la presencia de moscas y Encarchamiento (compactación). También se evaluaron los Parámetros Zootécnicos de las aves: % mortalidad, peso promedio, consumo de alimento, conversión, eficiencia, factor de producción y granuloma plantar.



Fig. 6 Inoculación de las camas

2.2.2 Toma de Muestras, Mediciones y Análisis Realizados

Después de seleccionados los galpones para el muestreo de la pollinaza, fueron tomadas las muestras en el día 1 (tamo de la cama inicial), el día 21 (3ª inoculación) y el día 40 (salida de las aves) del periodo productivo.

♣ *Procedimiento para la Toma de Muestras*

Ya que la cama inicial para todos los galpones es la misma en sus características fisicoquímicas se tomó una muestra de tamo para estos análisis. Para los análisis de microorganismos patógenos se tomaron muestras independientes en cada galpón.

La toma de muestras de pollinaza se realizó en diferentes puntos del galpón cubriendo toda el área del mismo. Para ello se tomaron muestras aleatorias alrededor de los bebederos y comederos, lugares donde las aves permanecen la mayor parte del día, siguiendo una ruta diagonal imaginaria (Fig.7a). Se prestó especial atención a los ubicados en el centro del galpón porque al permanecer las aves dentro del círculo de crecimiento durante aproximadamente 15 días después del encasamiento, esta zona acumula una mayor cantidad de deyecciones. De cada sitio se tomó un puñado de la cama en un balde de 20 L de capacidad, al llenarlo (aprox. 14 Kg.) se mezcló toda la pollinaza recogida para homogenizarla (Fig.7b) y se tomó 1 Kg. de las muestras para los análisis correspondientes.

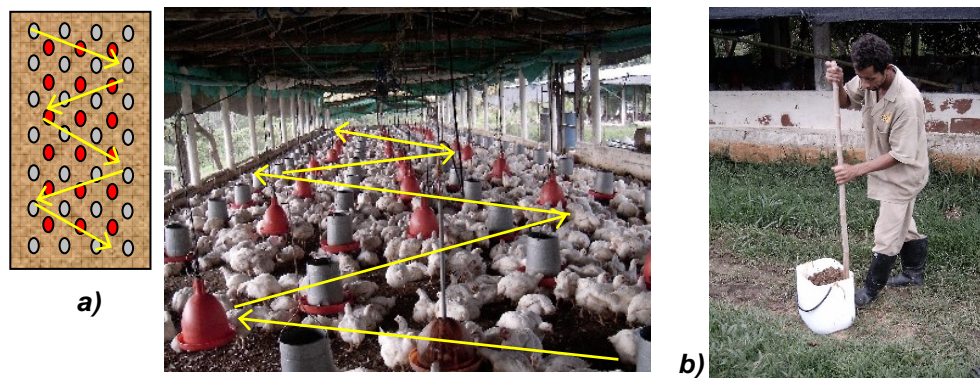


Fig. 7 a) Toma de muestras en cama; las muestras se tomaron de los lugares que recorren las flechas, los círculos rojos son los bebederos, los grises son los comederos. b) Homogenización de la muestra; para obtener un buen mezclado la muestra se agitó primero con una pala y luego manualmente.

♣ *Mediciones en cama*

Las mediciones de temperatura de la cama se realizaron en los sitios donde se tomaron las muestras utilizando un medidor electrónico marca Hanna. Para el nivel de amoníaco se utilizó el medidor pHydrión Ammonia meter de Micro Essential Laboratory (Fig. 8), el cual determina por colorimetría la presencia en partes por millón (ppm) de amoníaco con un rango de 0 – 100 ppm; para la medición se tomó una tira de papel del medidor, se humedeció con agua destilada y se expuso durante 15 segundos en contacto con el aire a una distancia de aprox. 20 cm. de la cama, finalmente se comparó el color con la carta de color del medidor.



Fig.8 De izquierda a Derecha: Medidor de Amoníaco, Medidor de Temperatura.

♣ *Análisis Realizados*

El análisis fisicoquímico de las muestras de las camas se realizó siguiendo la Norma Técnica Colombiana: NTC 5167 del 31 de Mayo de 2004: “Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo”.

Se determinaron los siguientes parámetros:

- % Humedad * °
- Densidad ^a
- Capacidad de Retención de Agua (% de Saturación)^o
- pH (Potencial)^a
- Conductividad Eléctrica *
- % de Cenizas ° y % Pérdidas por Volatilización
- % Carbonatos (%CaCO₃)^a
- % Carbono Orgánico Oxidable (% C)^a
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC.)*
- % Nitrógeno (%N)*

- % Materia Orgánica (%MO)*
- % Fosfatos (%PO₄⁻³)^a
- % Calcio (%Ca⁺)^a
- % Potasio (%K⁺)^a
- % Amonio (%NH₄⁺)*^a
- % Nitritos (%NO₂⁻)*^a
- % Nitratos (%NO₃⁻)*^a
- % Azufre (%S)*^a
- Relación C/N

* ^a Análisis realizados por el Laboratorio de Consultas Industriales de la UIS.

^o Análisis realizados en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química.

^a Análisis realizados en la Fundación Semilla Nueva utilizando el Laboratorio Portátil RQ-FLEX de Merck.

(Ver Anexo D. Materiales y equipos utilizados).

Para los análisis microbiológicos se realizó recuento en placa de los siguientes microorganismos benéficos: *NITRIFICANTES*, *Rhizobium*, *Streptomices*, *Lactobacilos*, *Azotobacter*, *Pseudomonas* y *ACTINOMICETOS*; realizados por el Centro de Innovación en Biotecnología Industrial y Biología Molecular, CINBIN (UIS-Guatiguará). Además se realizó recuento en placa de *Hongos Totales* y de los siguientes microorganismos patógenos: *Coliformes Fecales (RCF)* y *Salmonella*; realizados por el Laboratorio de Campollo S.A.

2.2.3 Cultivo

Se tomaron dos bultos de pollinaza sanitizada del galpón inoculado y del galpón testigo para abonar el lote de la experimentación, en el cual se sembraron plantas de fríjol y de maíz en poli cultivo (Fig.9), ubicado en la Finca Las Delicias (Floridablanca).

Los parámetros evaluados fueron: Altura de la planta, estado fitosanitario (como %Daño en el aspecto de la planta, por enfermedad, ataque de plagas o ambos) y productividad (considerando peso del fríjol con vaina, % Vainas, %Frutos sanos y %Frutos descartables).



Fig. 9 Cultivo de fríjol y maíz

Al final del cultivo las plantas de fríjol fueron arrancadas y pesadas para determinar la generación de biomasa; se tomaron 20 plantas de cada era midiéndose la longitud de la raíz

principal y observando la nodulación presente en las raíces. Además de las plantas se evaluaron los siguientes aspectos: Coloración de las Hojas, Peso de Materia Fresca, Peso de Materia Seca, %Humedad total*, %Cenizas*, %Grasas*, %Extractos no nitrogenados* (Carbohidratos), %Proteínas*, %Sulfitos, %Nitratos, %Potasio y %Fosfatos.

♣ Acondicionamiento del Suelo – Siembra – Abonamiento:

El terreno del cultivo, ocupó un área de 10x10 m² y fue preparado desyerbando y acomodando los surcos y los sitios de siembra de las semillas de fríjol y maíz, trabajándose un cultivo intercalado, es decir, en un surco había semillas de fríjol y en el otro, semillas de maíz. El lote fue dividido en cuatro eras e identificadas cada una según el tipo de pollinaza empleada para abonar las plantas, tratamiento 1: Inoculado y tratamiento 2: Testigo, se trabajó en cruz para obtener una mejor correlación de los datos (Ver Fig.10). Al día 20 del cultivo se abonaron las plantas ya que a esta edad se han desarrollado las raíces.

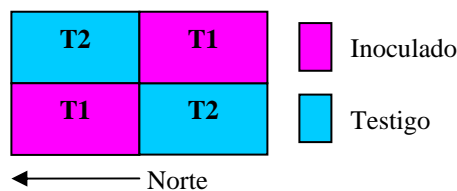


Fig. 10 Distribución del lote cultivado

♣ Recolección del Fruto

La primera recolección de Fríjol se realizó al día 85 del cultivo, la segunda al día 92. Se recolectaron todas las vainas en la segunda recolección, tanto las que contenían fruto como las vacías.

Las vainas recogidas fueron separadas según la era de la que provenían y pesadas para conocer la producción total de cada era; luego se pesaron 250 g de cada una y se desvainaron los granos de fríjol; se separaron los granos sanos de los defectuosos y se pesaron las vainas vacías y los granos por aparte para determinar la producción consumible.

* Análisis realizados por PSL Proanálisis

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 MEDICIONES EN LAS CAMAS

3.1.1 Presencia de Amoniaco

En la Tabla 3 se muestra el comportamiento de la concentración de amoniaco en el ambiente dentro del galpón. El amoniaco se produce y acumula en la cama durante el periodo productivo del pollo, este incrementa la susceptibilidad a enfermedades respiratorias (Anexo E. Amoniaco y sus efectos). En la primera semana se consideró despreciable ya que hay poca acumulación de excretas en la cama; luego fue aumentando con el transcurrir del tiempo. Al final del periodo productivo se observó una disminución entre el 27-56% en los galpones inoculados respecto a los testigos (Fig. H.1 Anexo H).

3.1.2 Temperatura

Por el crecimiento del pollo y la acumulación de excretas en la cama la temperatura en ésta aumentó gradualmente (Tabla 3).

Tabla 3. COMPORTAMIENTO DE AMONIACO Y TEMPERATURA EN CAMA							
GRANJA		EL RODEO		EL TABACAL		EMAÚS	
SEMANA	Parámetro	T1	T2	T1	T2	T1	T2
SEMANA 3	Amoniaco (ppm)	10	10	8	10	10	10
	Temperatura (°C)	28.58	28.02	25.98	26.38	28.77	29.57
	T° Ambiente (°C) Hora	25 9:45 a.m.		19.7 8:00 a.m.		30.9 11:30 a.m.	
SEMANA 4	Amoniaco (ppm)	8	15	7	10	7.5	9
	Temperatura (°C)	32.08	31.03	29.14	28.81	29.30	30.51
	T° Ambiente (°C) Hora	28.7 10:30 a.m.		24.5 11:30 a.m.		30.4 9:00 a.m.	
SEMANA 5 Salida de las aves	Amoniaco (ppm)	7	10	8	18	8	11
	Temperatura (°C)	33.83	32.95	33.32	33.42	32.22	31.52
	T° Ambiente (°C) Hora	24.7 3:40 p.m.		26.2 11:30 a.m.		26.8 9:00 a.m.	
<i>T1: Tratamiento 1, Inoculado T2: Tratamiento 2, Testigo</i>							

La presencia de los microorganismos en los galpones inoculados hizo que la temperatura en éstos fuera ligeramente mayor (aumentó 0.8 °C aprox.), esto confirma la actividad metabólica de los microorganismos inoculados y la aceleración de la biodegradación de la pollinaza (Fig. H.2 Anexo H.).

3.1.3 Porcentaje de Humedad

La humedad en la cama aumentó rápidamente en las primeras 3 semanas de experimentación, al final del periodo ésta fue entre un 7-22% menor en los galpones inoculados (Tabla 4), observándose menor encaramiento (Fig.11), es decir un aspecto más suelto de la cama, lo cuál facilitó su manipulación. Esta disminución se debe a la absorción del agua por los microorganismos inoculados para realizar sus actividades metabólicas (Fig. H.3 Anexo H.).



Fig.11 Encaramiento de la cama.

Tabla 4. COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD EN CAMA (% HUMEDAD)						
GRANJA	EL RODEO		EL TABACAL		EMAÚS	
SEMANA	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
1	10.5	9.98	10.03	9.25	10.92	10.23
3	30.96	42.78	34.99	30.42	36.87	38.05
5	41.06	52.85	35.22	37.72	40.28	43.17

Para la industria avícola es importante el control de éste parámetro porque está asociado a la calidad de la cama, considerando que a mayor humedad se presenta un incremento de: hongos patógenos en la cama, granuloma plantar y stress en las aves, presencia de amoniaco en el galpón y mayor población de moscas.

3.2 PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE LAS AVES

La Tabla 5 muestra los parámetros de % mortalidad acumulada, consumo promedio de alimento por ave, peso promedio del ave, conversión, factor de producción y eficiencia, los cuales evalúan el rendimiento del lote en la granja (Anexo F. Parámetros Zootécnicos).

Los mejores resultados se obtuvieron en los galpones inoculados, lo cual demuestra que la aplicación de GEM+ no afecta negativamente el desarrollo normal del pollo. Cabe destacar que en los galpones inoculados respecto a los testigos hubo un aumento entre el 0.5-4.5% en el peso promedio, con una disminución en el consumo acumulado de alimento entre el 1-4%, es decir, que el ave necesitó menos alimento para desarrollar un gramo de peso (esto se evidencia en la conversión); en consecuencia el IP aumentó entre el 1.76 - 9.98% equivalente a un aumento entre 1.3-6.2 puntos.

Este resultado está asociado al confort del ave en el galpón gracias a la disminución de los niveles de amoníaco y de la humedad de la cama (Fig. H.4 Anexo H).

Tabla 5. PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE LAS AVES (SACRIFICIO)												
GRANJA	% Mortalidad Acumulada		Consumo Promedio (gramos/ave)		Peso Promedio (gramos/ave)		Conversión		Factor de Producción		Eficiencia	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
El Rodeo	3,8	3,95	3493	3501	2080	2071	1,68	1,69	73,8	72,5	123,9	122,5
El Tabacal	6,09	6,03	3914,38	4091,94	2124	2112	1,84	1,94	62,5	56,26	115,3	109,01
Emaús	6,49	6,48	4356,38	4411,94	1922	1835	2,27	2,40	61,9	58,0	109,1	103,16
<i>T1: Tratamiento 1, Inoculado T2: Tratamiento 2, Testigo</i>												

Otro factor evaluado es la presencia de Granuloma Plantar en las aves (Anexo F.2 Granuloma Plantar), el cuál es un debilitamiento de la piel de la almohadilla plantar del pollo, está asociado con la humedad de la cama (Fig.12). Se observó un aumento en el porcentaje de aves con las patas limpias (nivel 1: ausencia) entre el 25-28% en los galpones inoculados frente a los testigos (Tabla 6) (Fig. H.5 Anexo H).

Tabla 6. PATAS CON GRANULOMA PLANTAR (5ª SEMANA)						
GRANJA	EL RODEO		EL TABACAL		EMAÚS	
NIVEL	T1	T2	T1	T2	T1	T2
1	0%	3%	8%	6%	25%	18%
2	73%	47%	52%	54%	52%	54%
3	20%	47%	36%	36%	23%	28%
4	7%	3%	4%	4%	0%	0%
<i>Niveles: 1: Ausencia; 2: Leve; 3: Moderado; 4: Severo T1: Tratamiento 1, Inoculado; T2: Tratamiento 2, Testigo</i>						



Fig.12 Granuloma plantar. De izquierda a derecha: Niveles 4, 3 y 1

3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA POLLINAZA

3.3.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

La Tabla 7 y la Tabla 8 muestran los parámetros fisicoquímicos analizados entre los cuales se destacan los siguientes resultados:

3.3.1.1 Porcentaje de Materia Orgánica (%MO) y Porcentaje de Carbono Orgánico Oxidable (%C).

Se presentó un incremento del %MO y del %C entre el 10-36% en la pollinaza inoculada respecto a la pollinaza testigo. En el proceso de compostación se esperaba un aumento de la materia orgánica, porque está ligada directamente a la actividad metabólica de los microorganismos inoculados y es un indicador del grado de maduración del sustrato. La materia orgánica tiene efectos agronómicos positivos en los aspectos físicos, químicos y biológicos (Fig. H.6 Anexo H).

3.3.1.2 Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)

Se observó un aumento entre un 5-30% de la C.I.C. en la pollinaza inoculada respecto a la pollinaza testigo. Ésta es la capacidad que tiene el suelo de retener, o por el contrario, tener a disposición para las plantas cationes tan importantes como K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y Na^+ principalmente, evitando que se pierdan y así mantener su fertilidad. Al utilizar la pollinaza inoculada como abono se incrementa este parámetro de gran importancia en la agricultura,

el cuál está relacionado directamente con el contenido de materia orgánica presente (Fig. H.7 Anexo H).

3.3.1.3 Porcentaje de Nitrógeno, de Amonio, de Nitritos y de Nitratos

Se presentó una disminución entre el 15-35% en el contenido de nitrógeno, entre el 15-35% en el contenido de amonio, entre el 46-78% en el contenido de nitritos y entre el 13.7-34% en el contenido de nitratos, en base seca, en las pollinazas inoculadas frente a las pollinazas testigos. Se esperaba una disminución; la cuál evidencia una mayor compostación de este sustrato y se ciñe al ciclo del nitrógeno (Fig. H. 8 Anexo H).

3.3.1.4 Capacidad de Retención de Agua (Porcentaje de Saturación)

Se observó un aumento de la capacidad de retención de agua entre un 10-21% en las pollinazas inoculadas frente a las pollinazas testigos, de importancia agronómica cuando se emplea para abonar suelos compactos o en zonas de baja pluviosidad (Fig. H.9 Anexo H).

3.3.1.5 pH

Se presentó un incremento entre el 2-11% en las pollinazas inoculadas frente a las pollinazas testigos. Éste presenta valores cercanos a la neutralidad (7.0) (Fig. H. 10 Anexo H).

3.3.1.6 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Se presenta un incremento en la relación C/N entre el 20-39% en la pollinaza inoculada respecto a la testigo. Esta relación es fundamental para tener un buen sustrato para el desarrollo de los microorganismos, lo que al final acelera el proceso de descomposición y mejora la calidad del producto final. En las pollinazas esta relación es muy baja por el exceso de N_2 presente y este último se libera por falta de estructuras de carbono que permitan retenerlo. En las camas de pollinazas inoculadas, hay una mayor liberación de N_2

lo que hace que esta relación aumente y llegue a condiciones apropiadas para acelerar la compostación (Fig. H. 11 Anexo H).

Tabla 7. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS (EN BASE HÚMEDA)								
PARAMETROS	TAMO (Prom)	CAMAS						Intervalo ^o
		R1	R2	E1	E2	T1	T2	
Densidad (g/ml) *	0,50	0,58	0,66	0,56	0,56	0,60	0,59	(-) 1-12%
pH *	5,75	7,12	6,32	6,78	6,68	6,95	6,86	(+) 2-11%
Conductividad Eléctrica (mV) *	49,00	74,00	76,00	80,00	81,00	78,00	79,00	(-) 1.2-2.6%
%Humedad	10,24	41,06	52,85	40,29	43,17	35,22	37,72	(-) 6.6-22%
%Capacidad Retención de agua (%Saturación)	116,28	113,58	89,66	123,16	102,81	120,82	109,64	(+)10-21%
%Cenizas	18,37	15,30	8,68	13,47	12,41	11,89	11,10	(+) 6.6-20%
%Perdidas Por Volatilización	71,39	43,64	38,47	46,25	44,42	52,89	51,18	(+) 4-11%
CIC (meq/100g)	-	68,00	46,00	57,62	54,67	63,60	61,21	(+) 5-30%
%Fosfatos (%PO ₄ ⁻³)	0,52	3,00	6,75	3,75	4,75	2,75	3,50	(-) 20-55%
%Calcio (%Ca ⁺⁺)	0,34	4,50	4,75	2,50	3,50	3,50	4,50	(-) 5-25%
%Potasio (%K ⁺)	0,04	1,38	1,18	1,68	0,85	2,70	1,60	(+) 15-49%
%Azufre (%S)	-	0,90	0,84	0,81	0,74	0,93	0,74	(+) 6-20%
%Carbonatos (%CaCO ₃)	-	11,25	11,88	6,25	8,75	8,75	11,25	(-) 5-25%
%Nitratos (%NO ₃ ⁻)	-	18,00	21,00	17,64	19,45	14,86	21,81	(-) 10-30%
%Nitritos (%NO ₂ ⁻)	-	0,002	0,003	0,001	0,004	0,002	0,005	(-) 33-77%
%Amonio (%NH ₄ ⁺)	-	28,00	33,00	27,44	30,56	23,12	34,27	(-) 10-32%
%Nitrógeno (%N)	-	2,00	2,05	1,82	2,03	1,54	2,28	(-) 10-32%
%Materia Orgánica	-	47,20	30,01	40,00	35,67	44,14	39,93	(+) 10-36%
%Carbono (%C)	-	27,19	17,29	23,04	20,55	25,43	23,00	(+) 10-36%
Relación C/N	-	13,59	8,43	12,64	10,12	16,55	10,10	(+) 20-39%

*Densidad (determinada con la muestra seca y molida), pH (determinada en pasta saturada), Conductividad Eléctrica (determinada en pasta saturada)

^oIntervalo de porcentaje de aumento (+) o de disminución (-) del parámetro (Inoculado vs. Testigo)

Tabla 8. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS (EN BASE SECA)							
PARAMETROS	CAMAS						Intervalo ^o
	R1	R2	E1	E2	T1	T2	
%Fosfatos (%PO ₄ ⁻³)	5,09	14,32	6,28	8,36	4,24	5,62	(-) 25-64%
%Calcio (%Ca ⁺⁺)	7,63	10,07	4,19	6,16	5,40	7,22	(-) 25-32%
%Potasio (%K ⁺)	2,34	2,50	2,81	1,50	4,17	2,57	(+) 38-47%
%Azufre (%S)	1,53	1,78	1,35	1,30	1,44	1,19	(+) 3.5-17%
%Carbonatos (%CaCO ₃)	19,09	25,19	10,47	15,40	13,51	18,06	(-) 24-32%
%Nitratos (%NO ₃ ⁻)	30,54	44,54	29,54	34,22	22,94	35,01	(-)13.7-34%
%Nitritos (%NO ₂ ⁻)	0,003	0,006	0,001	0,007	0,003	0,008	(-) 46-78%
%Amonio (%NH ₄ ⁺)	47,51	69,99	45,95	53,77	35,69	55,02	(-) 15-35%
%Nitrógeno (%N)	3,39	4,35	3,05	3,57	2,37	3,66	(-) 15-35%

^oIntervalo de porcentaje de aumento (+) o de disminución (-) del parámetro (Inoculado vs. Testigo)

3.3.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

3.3.2.1 Hongos Totales y Microorganismos Patógenos

Del análisis de hongos totales y de algunos microorganismos considerados patógenos en la pollinaza (Tabla 9 y Tabla 10) se observa una disminución en los galpones inoculados entre el 91-92% en la cantidad de hongos totales en las granjas El Tabacal y Emaús, excepto en la granja El Rodeo donde se presentó un aumento en aproximadamente igual cantidad. También se disminuyó entre un 16-17.5% la cantidad de coliformes fecales (RCF) en los galpones inoculados respecto a los testigos, además no hay presencia de salmonella en ninguno de los galpones (Fig. H.13 y Fig. H.14 Anexo H).

Se intuye la competencia entre los microorganismos inoculados y los patógenos que habitan la cama dando como resultado una disminución de los últimos.

Tabla 9. COMPORTAMIENTO DE HONGOS TOTALES EN CAMA*							
Microorganismo	GRANJA	El Rodeo		El Tabacal		Emaús	
		Semana	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo	Inoculado
HONGOS TOTALES	1	21 x10 ³	22x10 ²	28 x10 ²	31 x10 ³	36 x10 ²	29 x10 ³
	3	36 x10 ³	34 x10 ²	43 x10 ²	78 x10 ³	38 x10 ²	42 x10 ³
	5	43x10 ³	40 x10 ²	73 x10 ²	96 x10 ³	49 x10 ²	58 x10 ³

**expresados como UFC / g o mL*

Tabla 10. COMPORTAMIENTO DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS EN CAMA*							
Microorganismo	GRANJA	El Rodeo		El Tabacal		Emaús	
		Semana	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo	Inoculado
RECUENTO DE COLIFORMES FECALES (RCF)	1	31 x10 ²	33 x10 ²	21 x10 ²	26 x10 ²	48 x10 ²	71 x10 ²
	3	72 x10 ²	68 x10 ²	31 x10 ²	46 x10 ²	56 x10 ²	86 x10 ²
	5	56 x10 ²	68 x10 ²	53 x10 ²	63 x10 ²	49 x10 ²	59 x10 ²
SALMONELLA (25g)	Siempre	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

**expresados como UFC / g o mL*

Este parámetro es de gran importancia porque el manejo inadecuado de las pollinazas es un vector de riesgo biológico ya que facilita la dispersión de los diferentes patógenos para las aves; por esto entidades como el ICA, la CDMB y FENAVI exigen sanitizar las pollinazas para disminuir la carga de patógenos. Con los resultados obtenidos en éstos análisis se

vislumbra la posibilidad de que se disminuyan desde el inicio del periodo productivo otros patógenos, generadores de grandes pérdidas económicas en el sector.

3.3.2.2 Microorganismos Benéficos

La Tabla 11 muestra el análisis de algunos de los microorganismos encontrados en las pollinazas que son considerados benéficos para la agricultura. Se destaca el aumento del 95% en una bacteria nitrificante específica como *Rhizobium* y del 37.5% en un indicador de la biodegradación como los *ACTINOMICETOS* (Fig.13), en la pollinaza de los galpones inoculados respecto a los testigos (Fig. H.15 Anexo H).

Tabla 11. MICROORGANISMOS BENÉFICOS*		
GRANJA EL RODEO		
CLASE	Inoculado	Testigo
R.P. NITRIFICANTES	7×10^4	3×10^5
R.P. <i>Rhizobium</i>	4×10^6	2×10^5
R.P. <i>Streptomices</i>	1×10^8	1×10^8
R.P. <i>Lactobacilus</i>	7×10^7	4×10^8
R.P. <i>Azotobacter</i>	2×10^3	4×10^3
R.P. <i>Pseudomonas</i>	2×10^3	6×10^4
R.P. <i>ACTINOMICETOS</i>	8×10^6	5×10^6

*expresados como UFC / g o mL



Fig.13 Presencia de Actinomicetos en las camas. Izq.: cama inoculada; der.: cama testigo

Finalmente se destaca que los resultados obtenidos son una muestra de que hay un avance en el proceso de biodegradación de las pollinazas empezando desde las camas al inocular microorganismos. Esto se evidencia por el incremento de: temperatura en camas, relación C/N, capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, capacidad de retención de agua y contenido de materia orgánica (%MO), de carbono oxidable (%C) y de *ACTINOMICETOS*, dándole un valor agronómico a la pollinaza inoculada. También se evidencia por la disminución del contenido de: nitrógeno, amonio, nitritos, nitratos, humedad en camas, amoniaco en el ambiente y coliformes fecales. Estos parámetros obtenidos disminuyen el impacto ambiental negativo causado por las pollinazas.

3.4 EVALUACIÓN DEL CULTIVO

3.4.1 DESARROLLO DE LAS PLANTAS

La Tabla 12 muestra el crecimiento (Altura) y estado fitosanitario (Porcentaje de daño en el aspecto) de las plantas de fríjol y maíz en el tiempo. Se observa que las plantas de maíz de las eras abonadas con pollinaza inoculada mantuvieron un crecimiento mayor respecto a las eras abonadas con la pollinaza testigo, registrándose al final del ciclo una altura mayor en un 6%. Las plantas de fríjol abonadas con la pollinaza inoculada aunque no presentaron una altura mayor al final del ciclo si desarrollaron mayor frondosidad, es decir, mayor tamaño y número de hojas lo cual confirma la absorción de nutrientes (Fig.14).

Respecto al estado fitosanitario del cultivo, las eras abonadas con pollinaza inoculada presentaron mayor resistencia a enfermedad o al ataque de plagas respecto a las eras abonadas con pollinaza testigo, evidenciada por una disminución del Porcentaje de daño en el aspecto de la planta en un 4.3% y 11.7% en las plantas de maíz y fríjol respectivamente.

Tabla 12. CRECIMIENTO Y ESTADO FITOSANITARIO DE LAS PLANTAS DE FRÍJOL Y MAÍZ				
<i>MAIZ</i>	Altura Promedio (cm)		% Daño en el aspecto Promedio	
Día	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
Día 36	70,60	62,76	7,00	4,52
Día 50	138,52	129,68	10,81	13,45
Día 60	154,69	141,34	6,40	6,90
Día 79	216,14	204,26	9,26	9,68
<i>Número de Plantas de Maíz, Lote: Inoculado: 35; Testigo: 31</i>				
<i>FRÍJOL</i>	Altura Promedio (cm)		% Daño en el aspecto Promedio	
Día	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
Día 36	40,58	37,72	6,94	6,41
Día 60	42,28	42,72	10,58	11,99
<i>Número de Plantas de Fríjol, Lote: Inoculado: 127; Testigo: 116</i>				



Fig. 14 Desarrollo de las plantas. Nótese mayor biomasa en la era abonada con pollinaza inoculada (izq.) que en la era abonada con pollinaza testigo (der.).

3.4.2. COSECHA

La cosecha de las eras abonadas con la pollinaza inoculada, respecto a la cosecha obtenida de las eras abonadas con pollinaza testigo, aunque fue menor en cantidad en gramos por planta en un 14.7%, presentó un 4.5% más en el porcentaje de frutos sanos y una disminución del 47.7% en el porcentaje de frutos descartables (Tabla 13). Esto confirma la resistencia de la planta al deterioro en su aspecto y aunque tengan menor productividad, o su periodo productivo sea más demorado, sus frutos son de mejor calidad.

TABLA 13. PRODUCCIÓN DE FRÍJOL		
Indicadores	Inoculado	Testigo
Total Cosechado (g)	5900	6325
Peso Fríjol (g)/Planta	46,46	54,53
% Vainas*	53,8	53,5
% Frutos Sanos*	43,7	41,7
% Frutos Descartables*	2,5	4,8
* $\Sigma(\% \text{Vainas}, \% \text{Frutos sanos}, \% \text{Frutos descartables}) = 100\% \text{ Peso Fríjol}$		

En ocasiones cuando en el suelo se presenta gran disponibilidad de nitrógeno asimilable se favorece el crecimiento del follaje, es decir, se producen muchas hojas o las plantas son de mayor tamaño demorando la maduración del cultivo y la formación de frutos ⁽⁵⁾, lo cuál disminuye el rendimiento del mismo porque la planta emplea la mayor cantidad de energía y nutrientes en el crecimiento y no en el desarrollo de flores y frutos, éste fenómeno es conocido como vicio en las plantas.

3.4.2. ANÁLISIS FOLIAR

La Tabla 14 muestra el estado nutricional de las plantas de Fríjol en el momento de la cosecha para verificar que los nutrientes hayan ingresado a la planta (Anexo G. Análisis Foliar).

Tabla 14. ANÁLISIS FOLIAR (HOJAS DE FRÍJOL)		
Parámetros	Inoculado	Testigo
% Humedad Total	83	82
* % Proteína	6,9	6,4
* % Fibra Cruda	40,1	41,2
* % Ceniza	3,7	3,2
* % Extracto no nitrogenado	38,9	39,1
* % Grasa	10,4	10,1
* % Nitrógeno (%N)	1,104	1,024
% Sulfitos (%SO ₃ ⁻²)	2 %	1.9 %
% Nitratos (%NO ₃ ⁻)	2 %	1 %
% Potasio (%K ⁺)	0.86 %	0.21 %
% Fosfatos (%PO ₄ ⁻³)	6.4 %	5.9 %
<i>*Datos en Base Seca</i>		

El contenido de N₂ en las plantas de fríjol abonadas con pollinaza inoculada fue mayor en un 7.2% que en las abonadas con pollinaza testigo; esto evidencia la fijación del N₂ atmosférico a partir de los microorganismos inoculados.

Se observó además que los contenidos de sulfitos, nitratos, fosfatos y potasio fueron un 3.5%, 50%, 7.8% y 75% respectivamente mayores en las eras abonadas con pollinaza inoculada, los cuales intervienen en los procesos metabólicos e inducen un máximo desarrollo vegetativo.

El contenido de proteínas en las plantas de fríjol fue un 7.2% mayor en las eras con pollinaza inoculada, esto se debe a una mayor fijación del nitrógeno disponible, a su vez la síntesis proteica se evidencia en el crecimiento de las hojas (Fig.15), es decir, una mayor generación de biomasa expresada como peso de materia fresca, la cuál aumentó un 13% (Tabla 15). Esto proporciona una mayor área foliar disponible para la fotosíntesis ⁽¹⁶⁾, proceso por el cuál la planta produce su alimento y en el cuál el potasio también es importante porque actúa como



Fig.15 Aspecto de de las hojas de fríjol. Izq. Inoculado. Der. Testigo

cofactor o activador de muchas enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas.

Parte del nitrógeno disponible para la planta provino de la materia orgánica y de los microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico presentes en la pollinaza inoculada. Cabe recordar que el contenido de nitrógeno en la pollinaza inoculada fue menor.

Tabla 15. PESO DE MATERIA FRESCA Y SECA DE LAS PLANTAS DE FRÍJOL				
Parámetro	MATERIA FRESCA		MATERIA SECA	
	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
Peso Plantas Fríjol (g)	11971,8	10428,6	2035,2	1877,1
Peso Promedio (g/planta)	94,3	89,9	16,0	16,2

El buen contenido de fósforo en las plantas de las eras abonadas con pollinaza inoculada se evidenció en un mayor desarrollo del sistema radicular de las mismas, asociado con la longitud de la raíz principal, la cuál aumentó en un 15% su tamaño respecto a las eras abonadas con la pollinaza testigo (Tabla 16). Esto a su vez favoreció la formación de nódulos de *Rhizobium*, presentándose una mayor y más eficiente nodulación responsable de la fijación de nitrógeno atmosférico (Fig.16).

Tabla 16. Longitud Prom. Raíz Principal	
Inoculado	Testigo
18,77 cm	15,92 cm

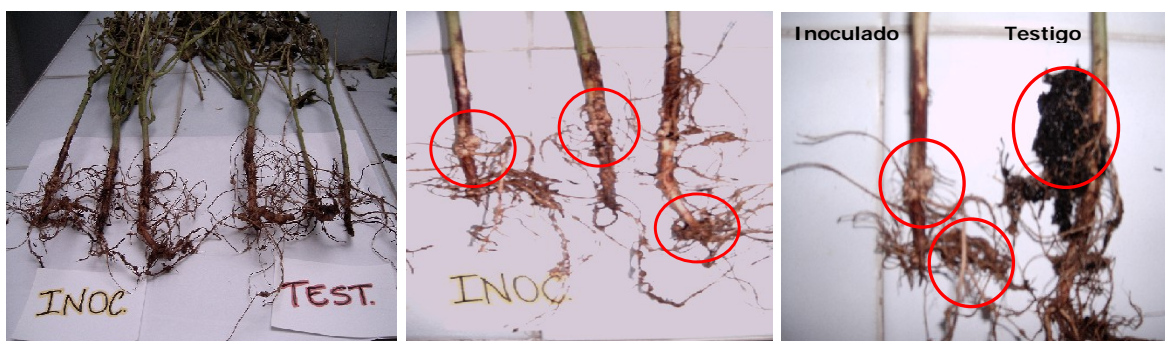


Fig.16 Nodulación presente en las raíces de las plantas de fríjol. Nótese los nódulos grandes y cerca de la raíz principal en las plantas abonadas con pollinaza inoculada y los pequeños nódulos dispersos alrededor de las raíces de las plantas abonadas con pollinaza testigo.

La mayor fijación de N_2 atmosférico en las plantas abonadas con pollinaza inoculada a pesar de que tenía menor concentración del mismo conlleva a aseverar que hay una optimización del proceso fotosintético, que se corrobora con la mayor concentración de S, P, K, entre otros, en éstas plantas.

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica de la aplicación de bioestimulante húmico Gem+ Avícola en granja se realizó teniendo en cuenta los costos de producción por pollo en granja y el precio de venta del pollo en pie, con éstos se determinó la utilidad bruta producida por cada galpón y la diferencia entre esos valores.

Los costos de producción por pollo en granja se encuentran distribuidos como se muestra en la Tabla 17, el factor más influyente es el alimento, con un 66.87%, seguido del pollito proveniente de la incubadora con un 13.61%.

Tabla 17. FACTORES DE COSTO DE PRODUCCIÓN DE POLLO EN GRANJA	
CONCEPTO	%
Alimento	66,87
Pollito	13,61
Drogas	1,52
Vacunas	1,41
Desinfectante	0,5
Tamo	1,35
Gas	1,69
Mano de Obra	2,8
Arrendamiento	2,47
Servicios	1,57
Fletes	4
Mantenimiento y reparación	1,59
Otros	0,62
TOTAL	100

La Tabla 18 muestra el costo de producción total del pollo en las granjas de la experimentación. Este valor es consolidado teniendo en cuenta la ganancia en peso del ave y es diferente para cada galpón aunque se manejen los mismos parámetros en todas las granjas, por lo tanto entre mayor sea el la ganancia en peso del ave en un galpón en particular cuesta menos producirlo.

En las tres granjas se obtuvo un costo de producción entre \$10-\$30 / Kg. menos por pollo en los galpones inoculados respecto a los testigos, considerando que aplicar el producto como tal dentro del galpón vale \$ 4 / ave alojada. Como el precio de venta es el mismo para todas las granjas, la diferencia la dio el peso promedio del ave, el cuál fue mayor entre 10-87 gramos por pollo en los galpones inoculados; entonces el precio de venta fue entre \$24-\$208 mayor por pollo.

Al hacer la diferencia entre el precio de venta total y el costo de producción total se obtuvo una utilidad bruta entre \$26.7-\$70.92 más por pollo en los galpones inoculados frente a los testigos.

Tabla 18. COSTO DE PRODUCCIÓN TOTAL DE POLLO EN GRANJA						
GRANJA	El Rodeo		El Tabacal		Emaús	
PARÁMETROS	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
Precio de Venta (\$/Kg)	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Costo de Producción (\$/Kg)	1800	1810	1770	1800	1800	1810
Peso Promedio Pollo (Kg)	2,08	2,07	2,124	2,112	1,922	1,835
Costo de Producción Total (\$)*	3744	3746,7	3759,48	3801,6	3459,6	3321,35
Precio de Venta Total (\$)*	4992	4968	5097,6	5068,8	4612,8	4404
Utilidad Bruta (\$)*	1248	1221,3	1338,12	1267,2	1153,2	1082,65
<i>DIFERENCIA (Inoculado vs. Testigo)</i>	+26,7		+70,92		+70,55	
<i>*Parámetros referidos por pollo en pie</i>						

Se concluye que aplicar el bioestimulante húmico GEM+ en las camas para la biodegradación de las pollinazas desde el inicio del periodo productivo es una alternativa viable económicamente porque al mejorar la calidad de vida del ave (menos stress y más confort) dentro del galpón se logra una ganancia en peso mayor y por lo tanto un costo de producción menor y una ganancia por ventas mayor.

5. EVALUACIÓN AMBIENTAL

La alternativa de la biodegradación de pollinazas en cama inoculando microorganismos presenta una disminución en el impacto ambiental negativo causado por el uso inadecuado de éstas, lográndose, entre otros, lo siguiente:

EN GRANJA

- ✓ La disminución en la presencia de amoníaco en el ambiente de los galpones inoculados disminuye los efectos negativos de éste en la salud humana y animal, a su vez se reducen las incomodidades causadas a la población por los malos olores presentes alrededor de las granjas.
- ✓ La disminución en el contenido de humedad en las camas inoculadas, hace que la cama sea menos atractiva para las moscas, apreciación evidenciada empíricamente, por lo tanto se disminuye la proliferación de las mismas, consideradas medio de transmisión de enfermedades, en los alrededores de las granjas.
- ✓ La disminución en la carga de patógenos (Coliformes Fecales) presentes en la pollinaza de las camas inoculadas disminuye el riesgo de transmisión de enfermedades propias de las aves.
- ✓ La disminución del contenido de nitrógeno, amonio y nitratos en la pollinaza de las camas inoculadas disminuye el impacto negativo en aguas, ya que al llover, éstos se solubilizan y al llegar a los cuerpos de agua como lagunas, causan la eutroficación y la disminución de la vida acuática.

EN SUELO

- ✓ Al aumentar la capacidad de retención de agua en la pollinaza inoculada se mejora la disponibilidad de ésta especialmente en zonas de baja pluviosidad, además se disminuye la posibilidad de pérdida de nutrientes minerales por lixiviación.

- ✓ El mayor contenido de *ACTINOMICETOS* como consecuencia de la inoculación, favorece el proceso de biodegradación de la pollinaza. Estos microorganismos son considerados como los mejores agregadores del suelo, pues son muy eficientes produciendo sustancias húmicas. Algunos *ACTINOMICETOS* (*Streptomyces*) producen antibióticos que regulan los patógenos de las plantas que están en el suelo ⁽¹⁴⁾. Además se mejora la biota del suelo.

- ✓ La fijación del nitrógeno atmosférico fue promovida en el cultivo por las pollinazas inoculadas. Cuando se presenta la simbiosis bacteria fijadora de nitrógeno – planta esta última no necesita tomar el nitrógeno de la tierra, como normalmente lo obtiene, sino que lo obtiene del que le pase la bacteria. La importancia de la fijación biológica de nitrógeno se debe a su contribución a la nutrición de las plantas y contrarresta el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados que se agregan a los cultivos.

CONCLUSIONES

Se comprobó con la ejecución de este proyecto, que es ambiental, económica y técnicamente viable usar microorganismos nativos (*Bioestimulante Húmico Gem+ Avícola*) como biodegradadores de pollinazas en camas, desde el inicio del periodo productivo de los pollos de engorde.

De la aplicación de esta alternativa se concluye que se logró:

1. Demostrar la disminución del impacto ambiental negativo causado por las pollinazas cuando son inoculadas desde las camas.
2. Mejorar las condiciones de trabajo en los galpones y menor impacto en la salud del trabajador y de las aves.
3. Mejorar los parámetros zootécnicos y por lo tanto un mayor rendimiento de la granja.
4. Beneficios económicos para los avicultores y consideración de la pollinaza no como residuo sino como subproducto del proceso productivo.
5. Considerar la pollinaza inoculada como un producto de buen valor agronómico. Ésta es ideal para abonar cultivos donde se necesite mayor producción de biomasa como es el caso de los pastos; para cultivos donde se necesite fructificación debe ser enriquecida con minerales como el fósforo.

RECOMENDACIONES

En la publicación de la CDMB “Alternativas viables para la sanitización y compostación de gallinaza y pollinaza. Evaluación técnica y económica”, no hay referencias al tratamiento con microorganismos en camas. Se debe profundizar en la evaluación de esta alternativa, pues los resultados obtenidos en este proyecto aportan información sobre los beneficios ambientales, sanitarios y económicos de aplicarla.

En la industria avícola santandereana no se hace control para disminuir los niveles de amoníaco en camas a pesar de los problemas asociados a este factor como son susceptibilidad a enfermedades respiratorias tanto de las aves como del personal asociado al manejo de ellas. Por lo tanto se considera un campo de investigación importante a seguir desarrollando.

Se recomienda estudiar el efecto de la inoculación de microorganismos en camas en la disminución de la carga de patógenos de importancia para la industria avícola. Además se debe ampliar la identificación de microorganismos benéficos ya que el CINBIN, centro de investigación biotecnológica, solo contó con la posibilidad de realizar los análisis reportados.

Se recomienda establecer los parámetros físico-químicos y microbiológicos que determinen el grado de compostación de pollinazas y gallinazas y las características que las hacen aptas para ser utilizados como abonos orgánicos, ya que en la resolución ICA No 00189 del 24 de Agosto de 2005 no fueron establecidos.

Se recomienda estudiar a mayor profundidad el valor agronómico de las pollinazas inoculadas con microorganismos en cama en lo referente a la producción de plantas con mayor contenido de nutrientes y más sanidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agroindustrias El Álamo. México. <http://www.yucca.com.mx/nh4.html>
Investigación: El Amoniaco y sus efectos.
2. Banco de la República. Ensayos sobre economía regional. Centro Regional de Estudios Económicos Bucaramanga, Características del sector avícola colombiano y su reciente evolución en el departamento de Santander (2005). www.banrep.gov.co
3. Cámara de Comercio de Bucaramanga. Estructura productiva y de comercio exterior del departamento de Santander. www.camaradirecta.com
4. Campollo S.A. <http://www.campollo.com/home.htm>
5. CELEDÓN M. Alfredo. Curso básico de agricultura para clima cálido. Tercer Mundo (TM) Editores. Colombia. 2000. Pág. 61-69.
6. Contaduría General de la Nación. Información Contable del departamento de Santander: <http://www.contaduria.gov.co/InformacionContable/Santander.pdf>
7. Corporación Autónoma Regional de Santander, CAS. Censo Avicultura Industrial: http://www.cas.gov.co/pdfs/PAT_CAS.pdf#search=%22censo%2Bavicultura%2BIndustrial%22
8. DANE. ICER: Informe de Coyuntura Económica Regional Santander (2005) www.dane.gov.co
9. Federación Nacional de Avicultores de Colombia, FENAVI. www.fenavi.org. Cuadernos Avícolas No 7. FENAVI – FENAV. 1998. Pág. 21.
10. FONSECA, José Gregorio, RUIZ, Gustavo, VASQUÉZ, Jorge Eliécer. Alternativas viables para la sanitización y compostación de gallinaza y pollinaza. Evaluación técnica y económica. Proyecto de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, desarrollado por el Nodo de Producción más Limpia de Santander. Bucaramanga, Colombia. 2005. p 16, 55-80
11. HERNÁNDEZ G. Rubén. Nutrición Mineral. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Venezuela. Versión Online: <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/>

12. MEDRANO, José. Subproductos agrícolas y su utilización en sistemas integrados de producción. Compendio de alternativas no tradicionales para la alimentación de rumiantes. CORPOICA, 1994.p.15
13. NIÑO R. Ana Bella. Compostación acelerada de la pollinaza mediante microorganismos aerobios para su utilización como abono orgánico. Trabajo de Grado. Escuela de Biología. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2005.
14. ORIUS Biotecnología. Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. Villavicencio. Colombia. www.oriusbiotecnologia.com
15. PIMIENTA R. Paola M. Formación de una cultura ecológica en la escuela: Transformación de residuos sólidos orgánicos en abonos de buena calidad, como alternativa para disminuir el impacto ambiental generado por estos residuos. Monografía de Especialización en Química Ambiental. Escuela de Química. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2004.
16. PIZARRO Manuel, ABAD Juan Carlos y CASTAÑO María. Estafilococias en aves, con especial referencia a problemas de cría. Selecciones Avícolas. España. <http://www.avicultura.com/docsav/SA2002Sep620-624.pdf>
17. POWERS, Laura E. y Mc.SORLEY Robert. Principios Ecológicos en Agricultura. Paraninfo Thomson Editores. Madrid, España. 2000. p 17-31, 59-75.
18. Red de Desarrollo Sostenible de Colombia: <http://www.rds.org.co>
19. RIVERA G, Oscar, RODRÍGUEZ, Armando, RIZO, Carlos, y otros. Bioseguridad en la Industria Avícola. 2ª Edición. Bogotá, Colombia. 2000. p 204, 215.

ANEXOS

ANEXO A. LA INDUSTRIA AVÍCOLA EN COLOMBIA ⁽⁹⁾

La industria avícola es una actividad importante dentro de la economía nacional, cuyo desarrollo se encuentra marcado por un incremento desbordante en la última década, trayendo beneficios ilimitados y un gran aporte al crecimiento económico del país.

En el año 2002 se llevó a cabo el primer “*Censo Nacional de Avicultura Industrial en Colombia*” por el DANE y FENAVI. Éste, cuantificó toda la producción avícola industrial colombiana, a través de encuestas a las granjas de avicultura existentes. Del censo realizado y según las actualizaciones suministradas por FENAVI se cuentan entre otros aspectos los siguientes:

- ✓ La avicultura tiene una participación de 10.6% en el Producto Interno Agropecuario, es decir, 1.47% en el Producto Interno Bruto nacional. Entre 1990 y el 2004 la industria avícola creció a un promedio anual de 5.8%, no superada por ninguna otra de la economía agropecuaria nacional.
- ✓ El valor de la producción avícola sobrepasa los US \$1.400 millones, y desde 1999 esta industria ocupa el segundo lugar, después de las ganaderías de carne y leche.
- ✓ Entre 1990 y el 2004 la producción de pollo pasó de 227 mil toneladas a 707 mil, y la de huevo, de 4.000 millones a 7.500 millones de unidades.
- ✓ El consumo per cápita de pollo es de 15.6 kilogramos anuales.
- ✓ La producción de pollo se concentra en la Región Central, integrada por Cundinamarca, Tolima, Huila y Boyacá (32%), seguida por los Santanderes (26%), Valle (16%) y Antioquia (9%), Costa Atlántica (9%) y Eje Cafetero (7%). La producción de huevo se desarrolla en la Región Central (32%), Santanderes (24%), Valle (24%), Antioquia (12%), Eje Cafetero (4%) y Costa Atlántica (4%).

✓ En el país existen 38 plantas de incubación, cuya producción llegó en el 2004 a 424 millones de pollitos y 25 millones de pollitas. (Ver Fig.2)



✓ Entre el 2000 y el 2004, la industria avícola consumió 13.8 millones de toneladas de alimento concentrado.

Fig.A1 Pollito 1 día de nacido

✓ Entre el 2000 y el 2004 la industria avícola demandó del sector farmacéutico veterinario (vacunas, antimicrobianos, antiparasitarios, vitaminas, bactericidas y suplementos) productos por más de \$600.000 millones.

ANEXO B. ALTERNATIVAS VIABLES PARA LA SANITIZACIÓN Y COMPOSTACIÓN DE POLLINAZAS ⁽¹⁰⁾

Del la publicación del estudio de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, desarrollado por el Nodo de Producción más Limpia de Santander en el año 2005 titulado “Alternativas viables para la sanitización y compostación de gallinaza y pollinaza. Evaluación técnica y económica”, se concluyó que las alternativas viables para el tratamiento de pollinaza basadas en la utilización de éste residuo para la obtención de mejoradores del suelo, abono orgánico o alimento para bovinos y que permiten a las granjas disminuir el impacto ambiental causado por el aprovechamiento inadecuado de ésta son las siguientes:

Compostaje Manual

En este grupo de alternativas se encuentran aquellas que no requieren aireación mecánica, el procedimiento para la estabilización del sustrato no requiere inversión en maquinaria para el manejo de la pila o trinchera.

- Método de Apilado Profundo
- Método de Trinchera con Bisolución en Invernadero con Piso en Tierra
- Método de Trinchera con Bisolución en Potrero
- Método de Trinchera Natural en Invernadero con Piso en Cemento
- Método de Trinchera Natural en Invernadero con Piso en Tierra
- Método de Trinchera Natural en Potrero

Compostaje Mecánico

En este grupo de alternativas se encuentran aquellas que requieren aireación mecánica, el procedimiento para la estabilización del sustrato exige inversión en maquinaria para la aireación del mismo.

- Compostaje Mecánico con Motocultor
- Compostaje Mecánico con MQA – 1 con 4 pits
- Compostaje Mecánico con MQA – 1 con 7 pits
- Compostaje Mecánico con MQA – 2
- Compostaje Mecánico con Rodillo
- Compostador RC – 1
- Compostaje con Volteadora / Aireadora VAX – 100

ANEXO C. EMPRESAS VINCULADAS A LA EXPERIMENTACIÓN.

C.1 FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA



Fig. C.1 Logo Fundación Semilla Nueva

Es una entidad sin ánimo de lucro dedicada a la investigación en la biodegradación de residuos orgánicos y la obtención de insumos de alta calidad, para ser usados en labores agropecuarias. Ofrece soluciones a las necesidades de manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos urbanos y de los residuos orgánicos en el área rural; capacita y transfiere tecnología.

∞ *Ficha Técnica GEM+*

Es un grupo especializado y eficiente de microorganismos benéficos y enzimas que actúan sobre pollinazas y gallinazas logrando obtener abonos de alta calidad. Contiene microorganismos nitrificantes, fosforeductores, celulolíticos, enzimas y otros microorganismos no especificados.



Fig. C.2 Presentación Gem+ Avícola

Al inocular GEM+ AVICOLA sobre camas de pollinazas y gallinazas, se logra:

- Disminución significativa en la generación de amoníaco NH_3 .
- Obtención de pre-compost.
- Reducción de la humedad en camas, a través de la actividad microbiana.
- Disminución de moscas.
- Sacos aéreos de las aves más limpios. Disminución de enfermedades respiratorias, menor mortalidad y morbilidad.

☞ Aplicación del Bioestimulante Húmico GEM+:

Se usa un litro de GEM+ para 1.000 aves durante el ciclo productivo, distribuido en 4 dosis que se aplican los días 7, 14, 21 y 28. La composición de cada dosis por ave es: 0.25cc de Gem+, 0.50 cc de melaza y 0.01 litro de agua. Se aplica con bomba de espalda limpia. Esta relación se estableció a partir de una serie de bioensayos que se hicieron con diferentes concentraciones del inóculo, para ello se midieron: pH, temperatura, recuento de microorganismos y relación C/N.

C.2 CAMPOLLO S.A. ⁽⁴⁾

Campollo S.A., se encuentra dentro de las primeras empresas avícolas del norte, centro y oriente del mercado Colombiano, siendo una organización de comercio por mayor y al detal, líder en avícolas de grandes superficies, mercados y ofertas de primer precio.



Fig. C.3 Logo Empresa Avícola Campollo S.A.

☆ *Granjas de engorde*

Las granjas de pollo de engorde están ubicadas en zona rural, en el departamento de Santander, en áreas alejadas de la comunidad y de cualquier foco de insalubridad que puedan generar problemas de tipo sanitario. Se maneja un promedio de 40 días desde que el pollo ingresa con un día de nacido hasta que cumple las condiciones de peso para su sacrificio.

Todas las granjas cuentan con programas de bioseguridad con una infraestructura adecuada que permite la aplicación de todas las actividades higiénico-sanitarias enfocadas a prevenir problemas de contaminación en las aves.

ANEXO D. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

D.1 REFLECTÓMETRO RQ-flex



El sistema Reflectoquant® es un desarrollo innovador de las bien conocidas tiras de prueba (Merckoquant®). Usando las tiras de prueba Reflectoquant®, el Reflectómetro RQ-flex hace posible la determinación cuantitativa de sustancias completamente diferentes de una manera muy fácil. Si la determinación requiere una sensibilidad de medición muy alta, Se pueden emplear los kits de prueba Reflectoquant® plus. Este laboratorio de bolsillo proporciona almacenamiento de datos en el lugar de las pruebas.

Para las mediciones es necesario preparar la muestra formando una pasta saturada, primero se determina el contenido de humedad de la muestra, luego se pesa la muestra húmeda equivalente a 10 g de muestra seca; a ésta se agrega tanta agua destilada que faltan para 10 ml. de solución (Relación 1:1). La muestra se mezcla bien y se filtra al vacío (Ver Fig. D.1). Si el filtrado queda muy oscuro se realiza su dilución o se le agrega un poco de carbón activado y se filtra nuevamente, la claridad del filtrado es importante para evitar lecturas erróneas.

Con la preparación de la pasta saturada se determina la capacidad de retención de agua de la muestra, esta se determina al observarse un brillo metálico en la superficie de la misma.



Fig. D.1 Izquierda: Pasta saturada. Derecha: Filtración al vacío

ANEXO E. AMONIACO Y SUS EFECTOS ⁽¹⁾

El amoniaco es un gas altamente irritante incoloro y muy soluble, que se absorbe en la parte superior de las vías respiratorias a través de las membranas mucosas, y su presencia altera los mecanismos de defensa de los animales, permitiendo la acumulación de bacterias patógenas en el tracto respiratorio y la presencia de enfermedades. Se ha reportado también, que el amoniaco puede reducir la captación de oxígeno por la hemoglobina debido a su impacto en el pH de la sangre. Esto podría explicar que como la tasa de oxigenación se ve reducida y no puede cumplir con la demanda metabólica para la oxigenación de los tejidos, al incrementarse, simplemente el corazón no puede ajustarse a tales demandas y aparecen patologías modernas como ascitis y fallas cardiacas como es la ruptura aórtica.

Los efectos negativos del amoniaco en las aves y los cerdos comienzan cuando las concentraciones superan las 20 ppm y se consideran sumamente dañinos, a niveles superiores a las 50 ppm.

Los síntomas de la irritación y daños causados por el amoniaco en las aves, incluyen daño ocular, sensibilidad a la luz, úlceras en conjuntiva, congestión pulmonar, edema, hemorragia, disminución de consumo de alimento, ascitis y en niveles muy elevadas puede causar la muerte.

En suma, se concluye que el amoniaco generado en las explotaciones pecuarias, incrementa la susceptibilidad a las enfermedades respiratorias de los animales, causando un deterioro general de su salud, que se refleja en forma negativa en los parámetros productivos como la ganancia de peso, la conversión y la reproducción. Además, afecta el rendimiento de los trabajadores, incrementa los costos de energía por ventilación, provoca corrosión en los equipos metálicos de las granjas y se generan olores desagradables que son objeto de quejas por los vecinos.

ANEXO F. PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS

F.1 CONVERSIÓN, FACTOR DE PRODUCCIÓN Y EFICIENCIA.

La **conversión** es la relación entre el consumo acumulado de alimento y el peso promedio del ave, entre más bajo sea su valor es mejor, ya que indica los gramos de alimento necesarios para que el ave aumente su peso en 1 gramo. Éste aumenta a medida que pasa el tiempo de las aves en el galpón.

$$\text{Conversión} = \frac{\text{Consumo}(g)}{\text{Peso promedio}(g)}$$

La **eficiencia** es la relación entre el peso promedio del ave y la conversión. Al buscar conversiones pequeñas, se requiere que el peso promedio del ave sea alto, por lo tanto la eficiencia aumenta en la medida que el ave tenga más ganancia en peso.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Peso promedio}(Kg)}{\text{Conversión}} * 100$$

El **factor de producción o IP**, es la relación entre la eficiencia y la conversión, igualmente a menores conversiones, mayores eficiencias y por lo tanto mayor IP.

$$\text{Factor de producción} = \frac{\text{Eficiencia}}{\text{Conversión}}$$

Estos parámetros se determinan para cada galpón y muestran el rendimiento del lote en la granja.

F.2 GRANULOMA PLANTAR

Este indicador se determinó tomando al azar 40 aves del galpón y revisando la sanidad de la almohadilla plantar de las mismas, se tomó esta cantidad para evitar incomodar a las aves en el galpón. Se establecieron 4 niveles para identificar el grado de afección en el pollo, identificados de la siguiente manera: Nivel 1: Ausencia de la enfermedad (Patas limpias); Nivel 2: Leve, ligera presencia de la enfermedad; Nivel 3: Moderado, presencia de la enfermedad mostrando un endurecimiento parcial de la superficie de la almohadilla plantar; Nivel 4: Severo, presencia de la enfermedad causando un endurecimiento de la almohadilla plantar que al manipularse produce sangrado en la pata.

Cuando se presenta un desarrollo mayor del problema (Ver Fig. F.1), el ave tiende a permanecer echado por la dificultad que tiene para desplazarse, aumentando el riesgo de un daño que comprometa la pechuga del ave.



Fig. F.1. Absceso crónico en la pata de una gallina, apreciándose un abultamiento muy duro en la zona plantar, con rotura de la piel.

Dentro de los factores que influyen en la presencia de esta enfermedad se encuentra la calidad de la cama ya que es muy importante que no tenga ningún tipo de material punzante -por ejemplo, la viruta de madera a veces contiene astillas que pueden producir pequeñas heridas-. Además se debe mantener seca pues cuando está muy húmeda se facilita que la piel esté blanda y se produzcan heridas, por lo que es importante tener una buena ventilación que retire toda la humedad. La cantidad de cama debe ser suficiente para que los animales no anden sobre el suelo de cemento, lo que produciría heridas en la almohadilla plantar ⁽¹⁶⁾.

ANEXO G. ANÁLISIS FOLIAR ⁽¹¹⁾

G1. NITRÓGENO (N)

Las plantas obtienen el nitrógeno principalmente del suelo, donde se encuentra bajo la forma orgánica, la que no es disponible inmediatamente para la planta, sino después de un proceso de mineralización catalizada por los microorganismos del suelo, el cual procede en la dirección siguiente: nitrógeno orgánico → amonio → nitrito → nitrato, la cantidad de nitrato producida finalmente depende de la disponibilidad de material carbonáceo descomponible. Si la relación carbono: nitrógeno (C/N) es alta aparece muy poco o casi nada de nitrógeno como nitrato

El nitrógeno, ya sea absorbido del suelo o fijado del aire, se incorpora a la planta en forma de aminoácidos, primeramente en hojas verdes. A medida que aumenta el suministro de nitrógeno, las proteínas sintetizadas a partir de los aminoácidos, se transforman en crecimiento de las hojas, aumentando la superficie fotosintética. Se ha encontrado una correlación entre la cantidad de nitrógeno suministrado y el área foliar disponible para la fotosíntesis, este efecto se puede evidenciar por el aumento de la síntesis proteica y del protoplasma.

G.2 POTASIO (K)

El potasio es uno de los elementos esenciales en la nutrición de la planta y uno de los tres que se encuentra en pequeñas cantidades en los suelos, limitando el rendimiento de los cultivos. Altas concentraciones de potasio se requieren para la conformación activa de muchas enzimas que participan en el metabolismo. Las necesidades nutricionales de K^+ se centran en dos roles bioquímicos y fisiológicos a saber: activación enzimática y procesos

de transporte a través de membranas. El potasio actúa como un cofactor o activador de muchas enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas.

G.3 FOSFORO (P)

El fósforo secundario al nitrógeno, es el elemento más limitante en los suelos. Se encuentra en la planta como un componente de carbohidratos activados. El papel central del fósforo es en la transferencia de energía. Los carbohidratos antes de ser metabolizados son fosforilados. La presencia de fósforo en la estructura molecular de los azúcares, los hace más reactivos. Es un constituyente del núcleo y es esencial para la división celular y el desarrollo de tejidos meristemáticos. El fósforo se acumula principalmente en las regiones meristemática del tallo y raíces; en donde las células en división activa pueden tener varios cientos a miles de veces más fósforo que las células que han dejado de dividirse. En deficiencia de este elemento el proceso de maduración de las plantas se retarda, mientras que las que tienen abundante fósforo maduran con más rapidez. El alto contenido de fósforo le da a las plantas la fuerza necesaria para mantenerse rígidas y poder sostener todas sus partes.

ANEXO H. GRÁFICAS DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS

H.1 MEDICIONES EN CAMA

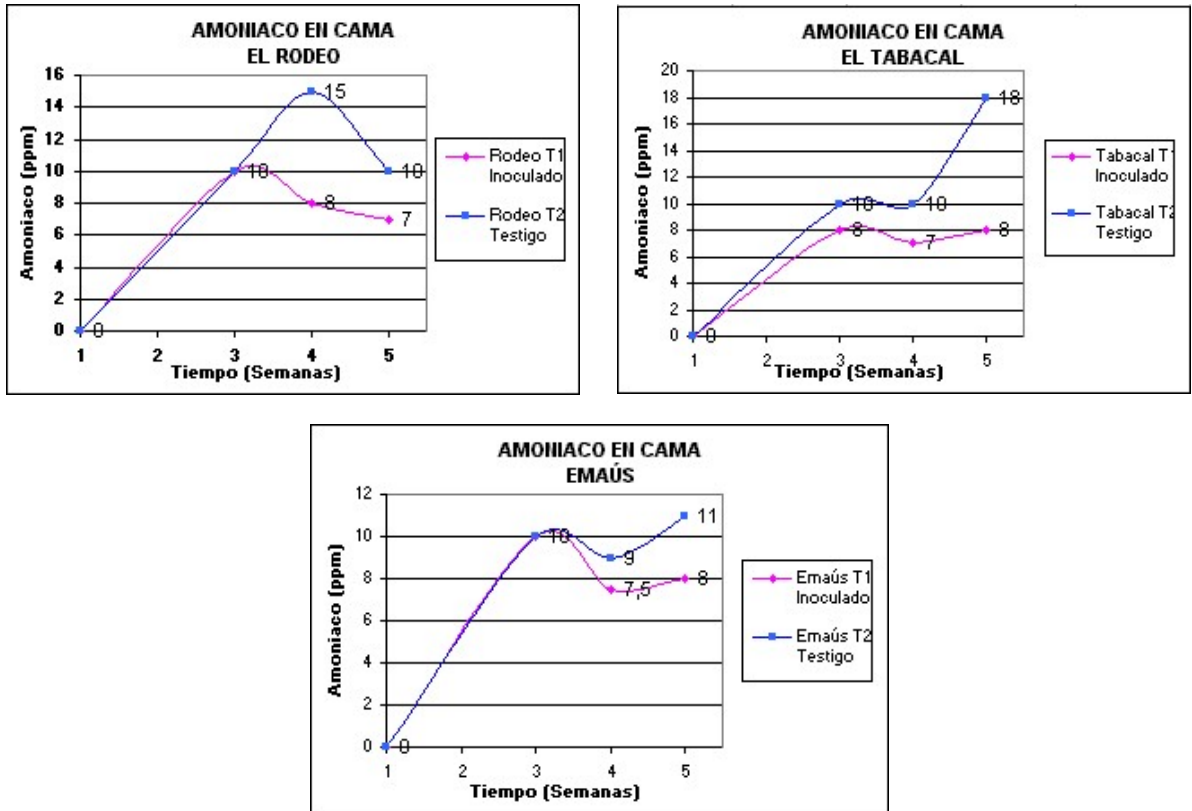
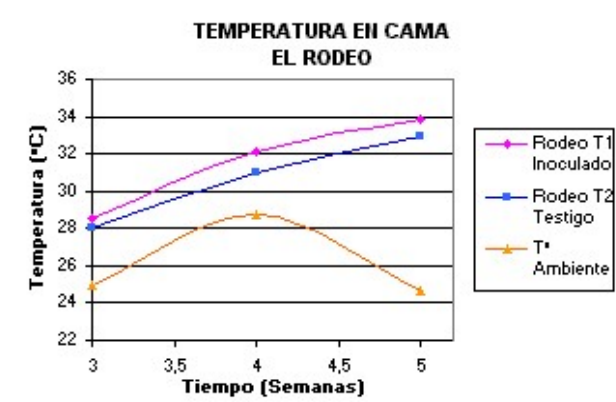


Fig. H.1 Amoniaco (ppm) vs. Tiempo (semanas)



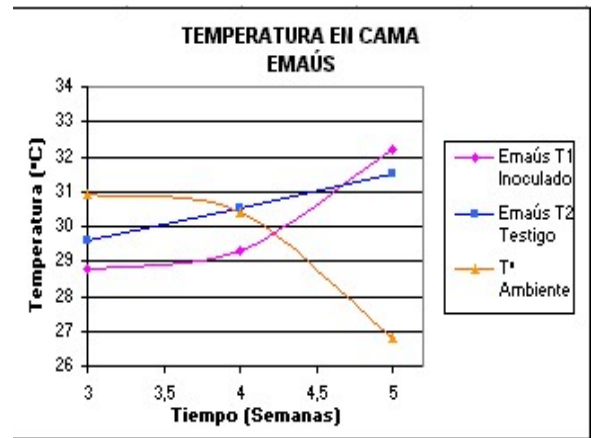
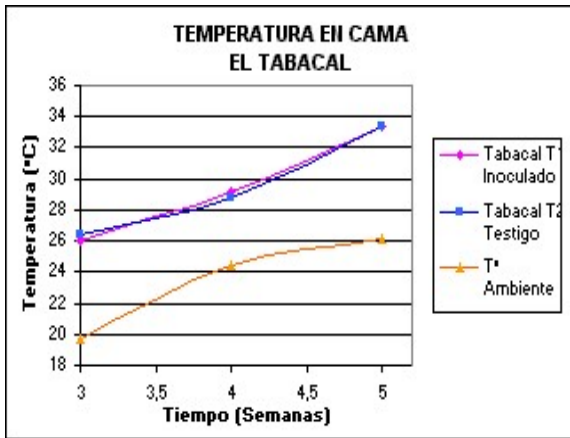


Fig. H.2 Temperatura vs. Tiempo (semanas)

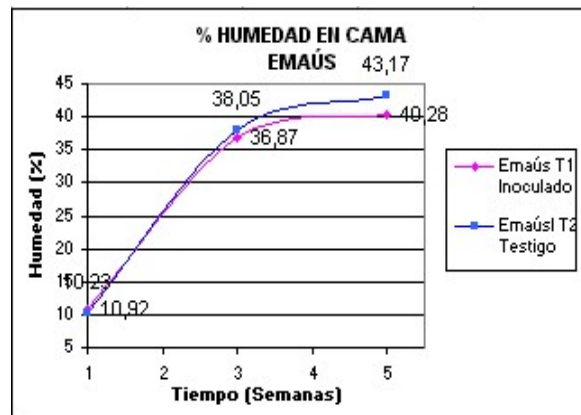
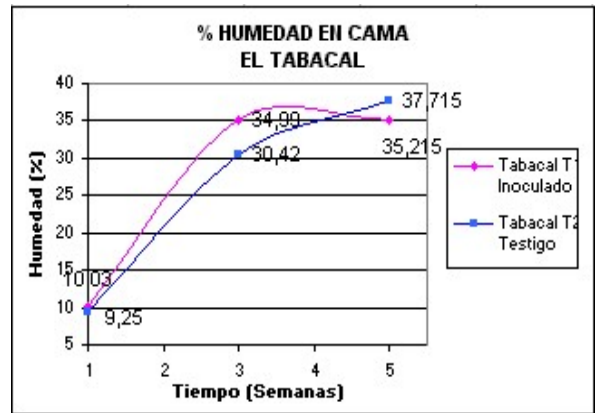
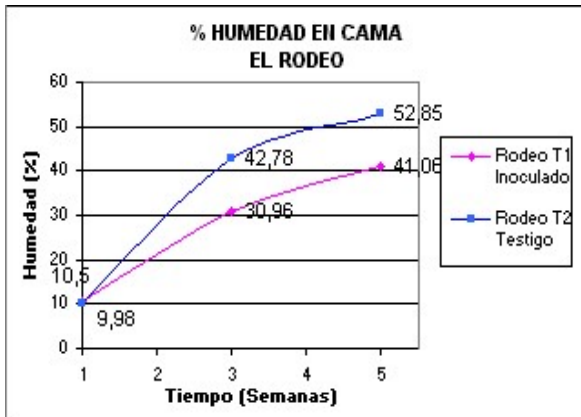


Fig. H.3 %Humedad vs. Tiempo (semanas)

H.2 PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS

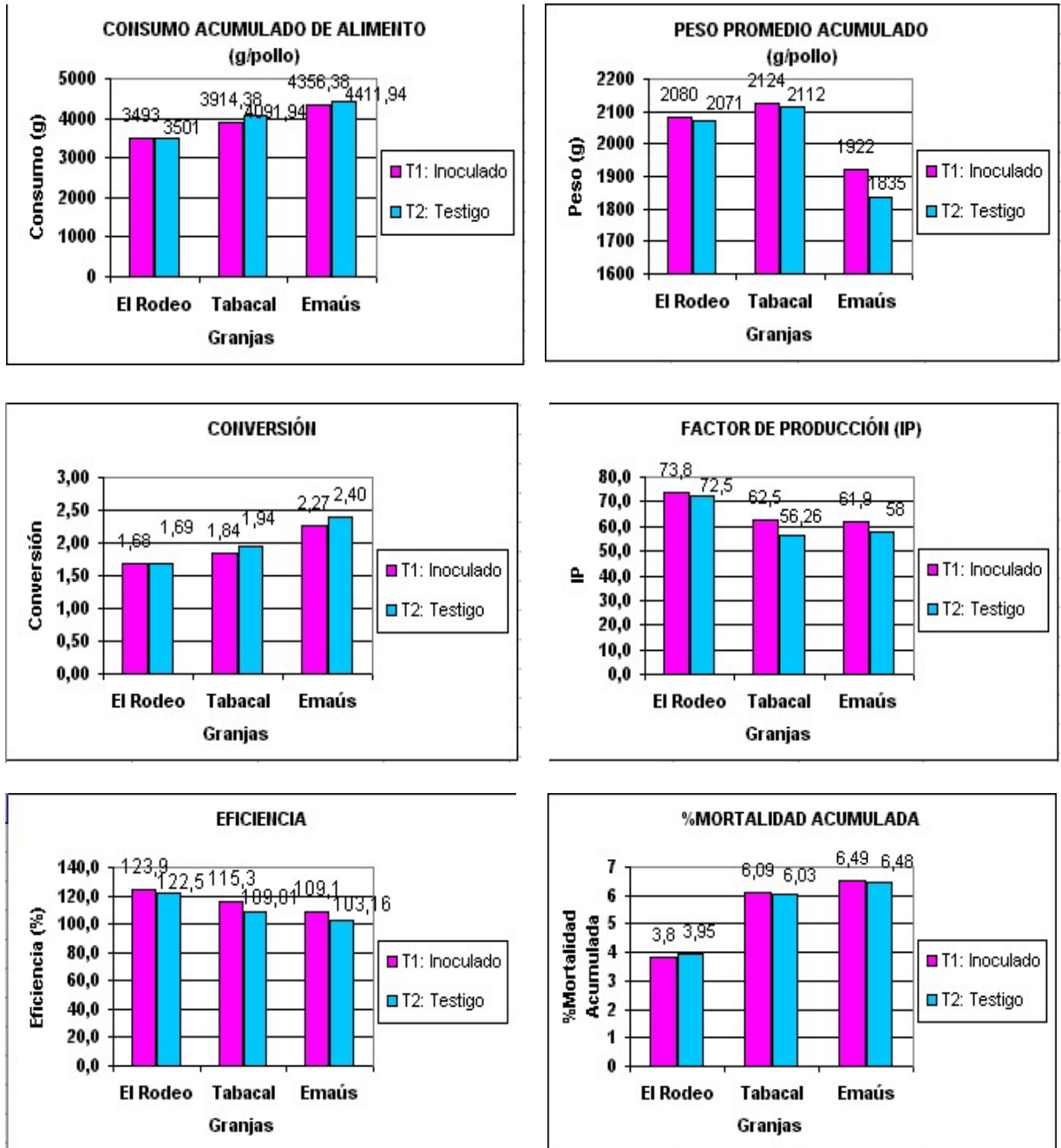


Fig. H.4 %Mortalidad Acumulada, Consumo acumulado de alimento (g), Peso promedio acumulado (g), Conversión, Factor de producción y Eficiencia por granja.

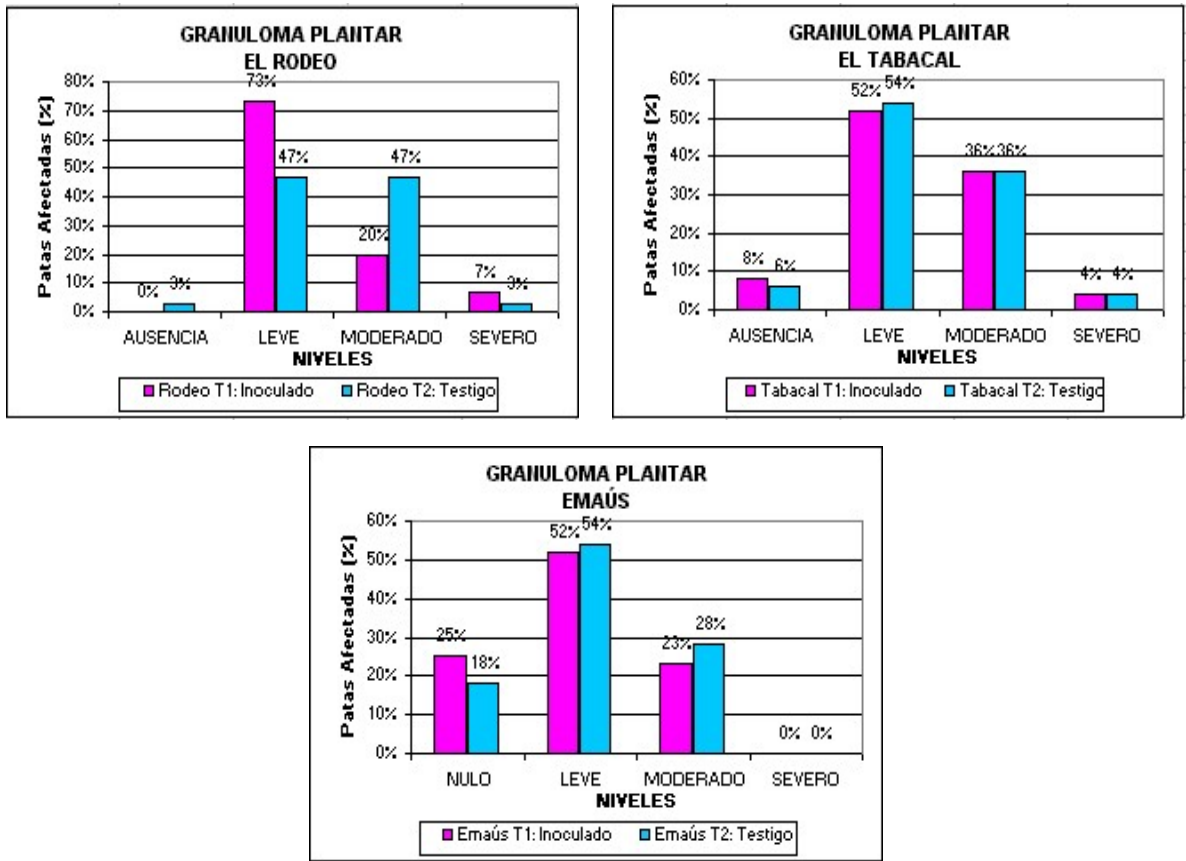


Fig. H.5 Granuloma Plantar en Aves, Porcentaje de Patas vs. Nivel

H.3 CARACTERIZACIÓN DE LA POLLINAZA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

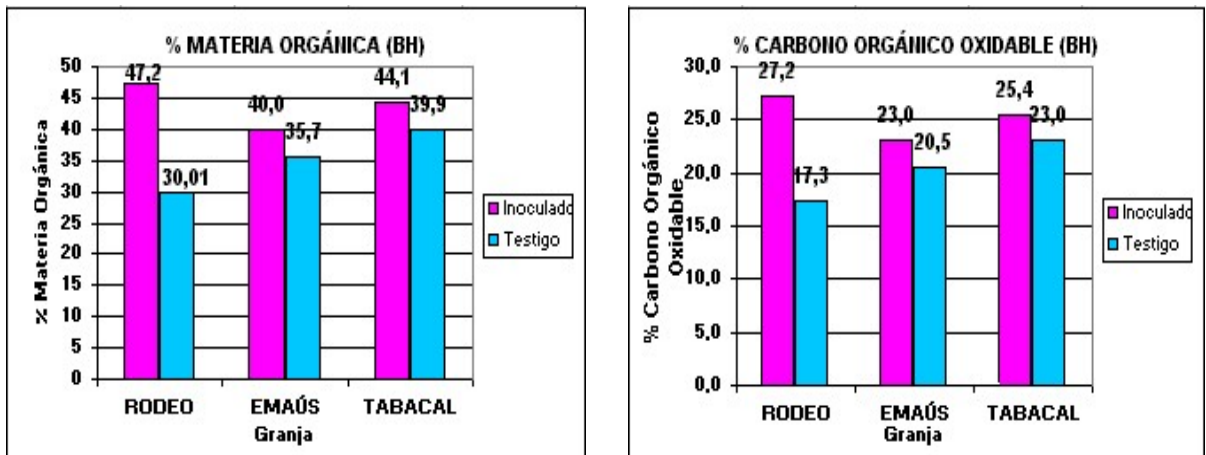


Fig. H.6 Materia Orgánica (%MO) y Carbono Orgánico Oxidable (%C) (Base Húmeda)

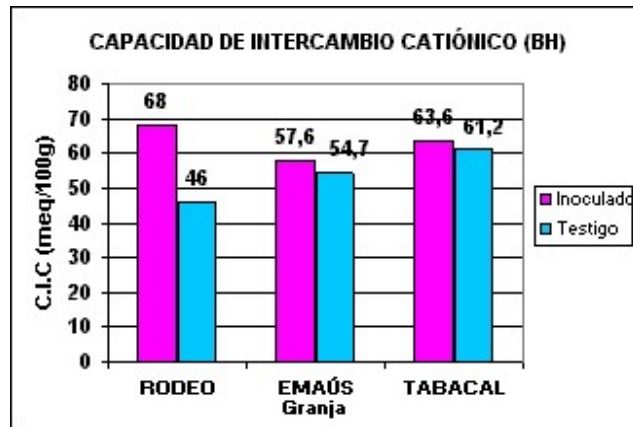


Fig. H.7 Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) (Base Húmeda)

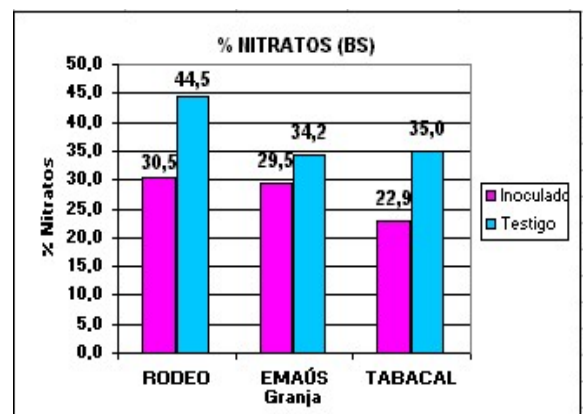
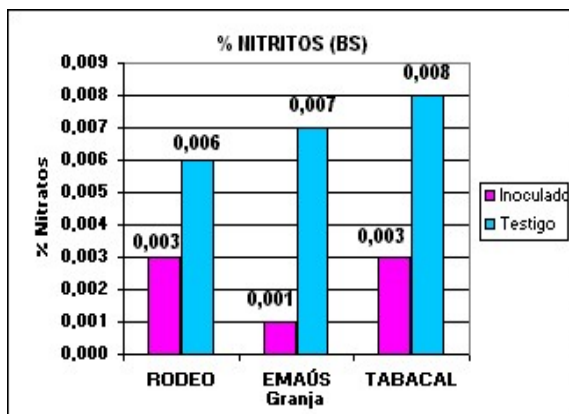
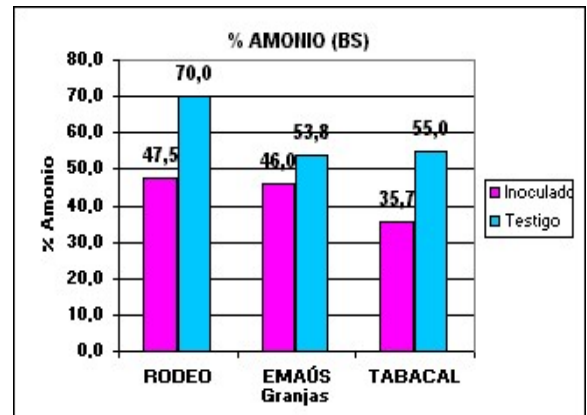
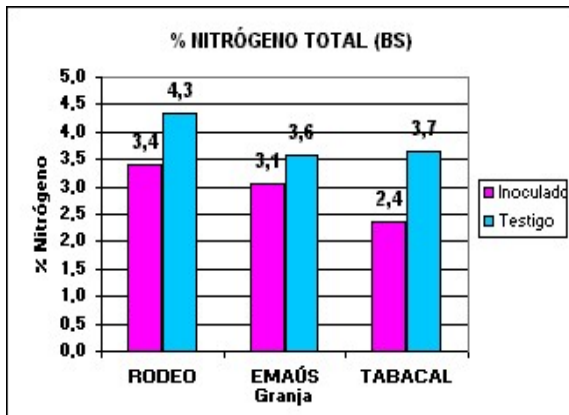


Fig. H.8 Porcentaje de Nitrógeno, de Amonio, de Nitritos y de Nitratos (Base Seca)

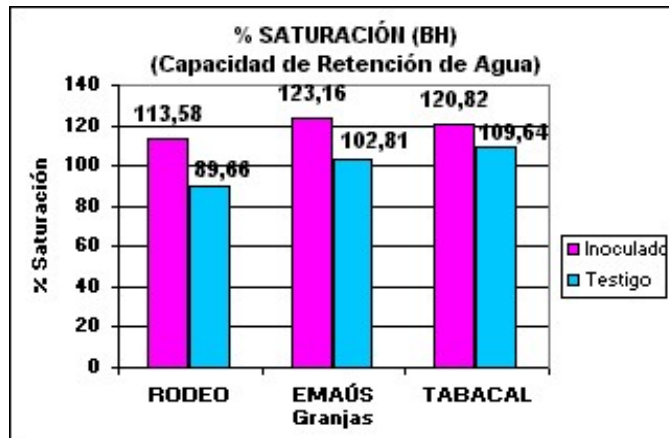


Fig. H.9 Capacidad de Retención de Agua (%Saturación)

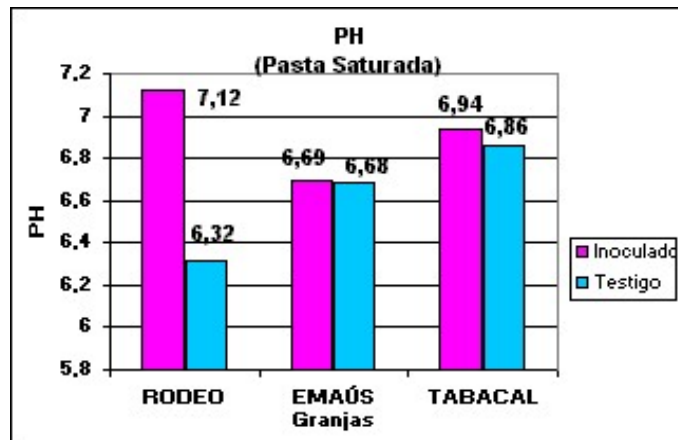


Fig. H.10 pH de la pollinaza medido en la pasta saturada

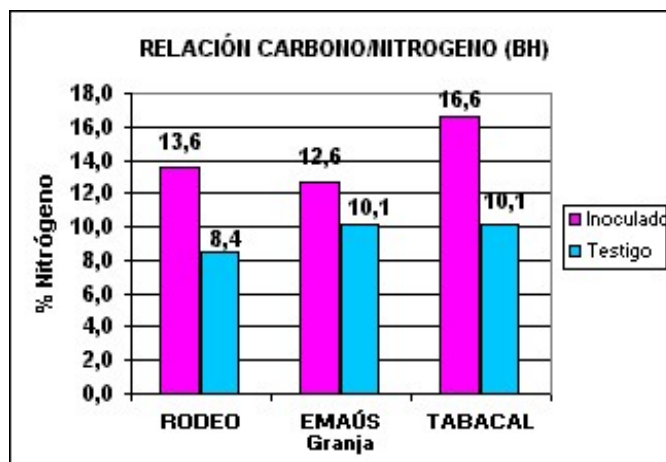


Fig. H11 Relación Carbono / Nitrógeno (C/N)

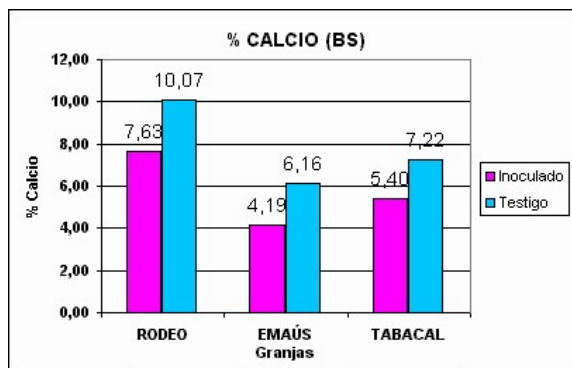
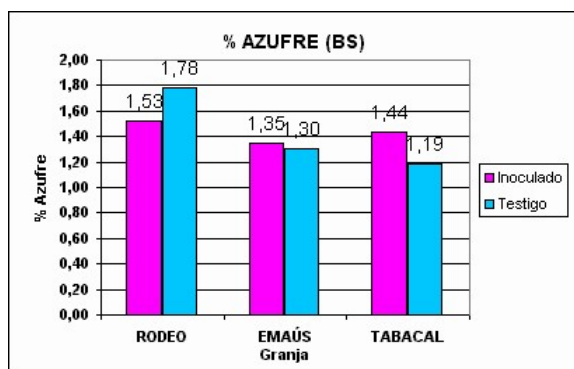
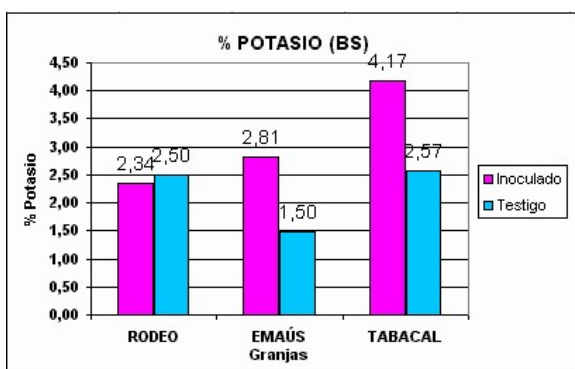
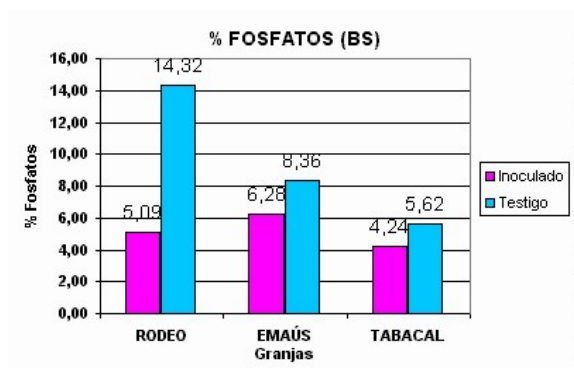
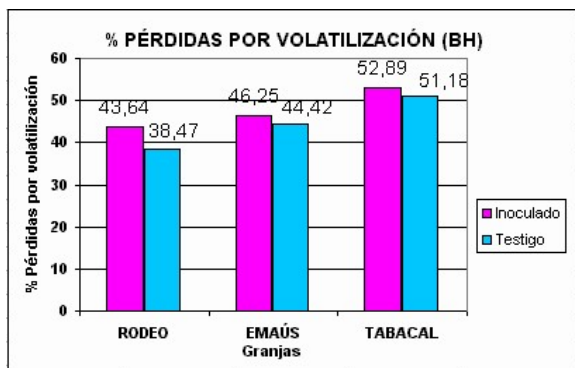
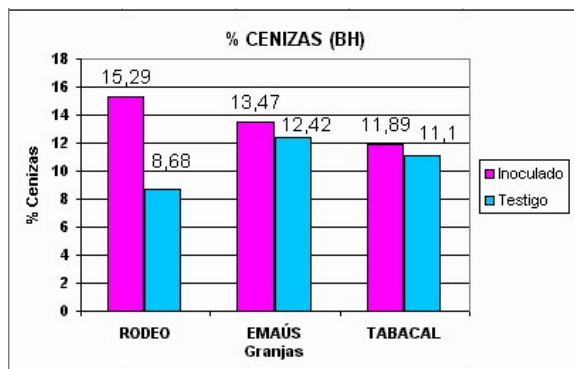
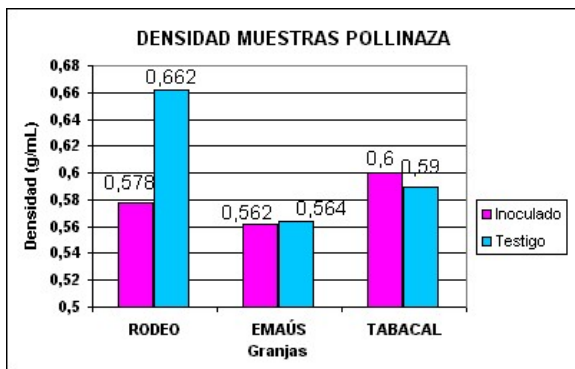


Fig. H 12. Densidad, %Cenizas, %Perdidas por volatilización, %Fosfatos, %Potasio, %Azufre y %Calcio.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Hongos Totales

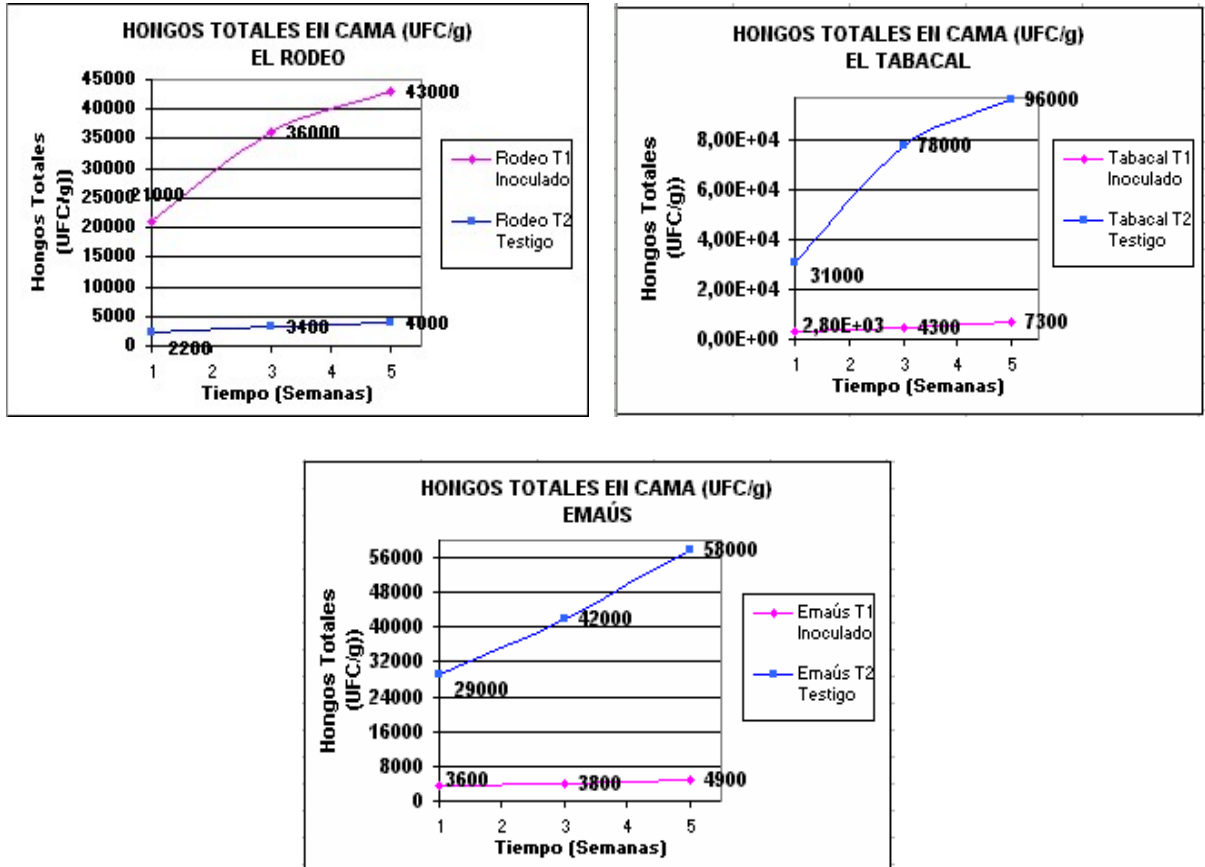
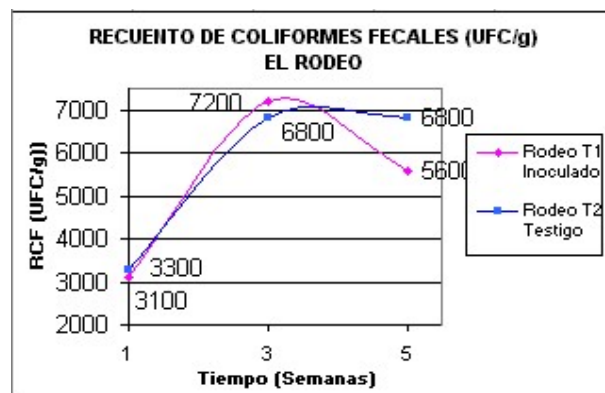


Fig H.13 Recuento de Hongos Totales (UFC/g) vs. Tiempo (semanas)

Microorganismos Patógenos



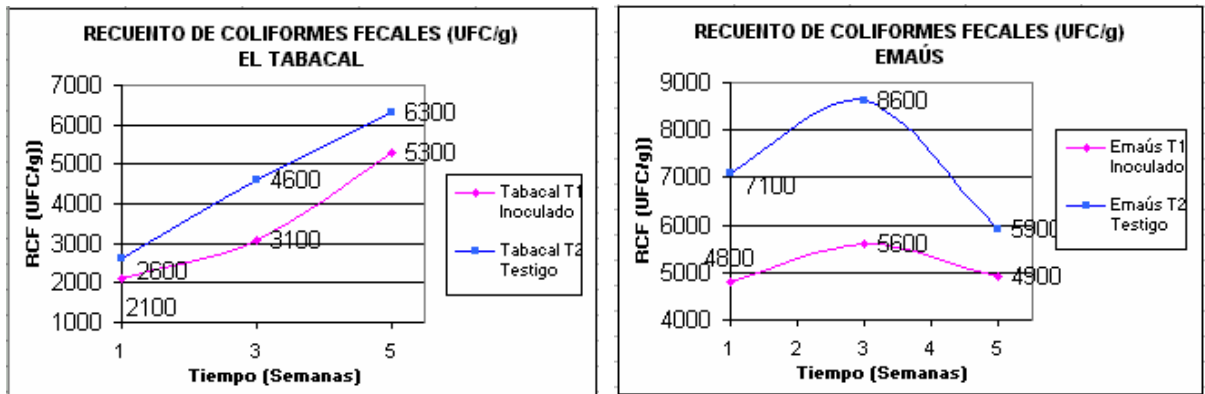


Fig. H.14 Recuento de Coliformes Fecales (UFC/g) vs. Tiempo (semanas)

Microorganismos Benéficos

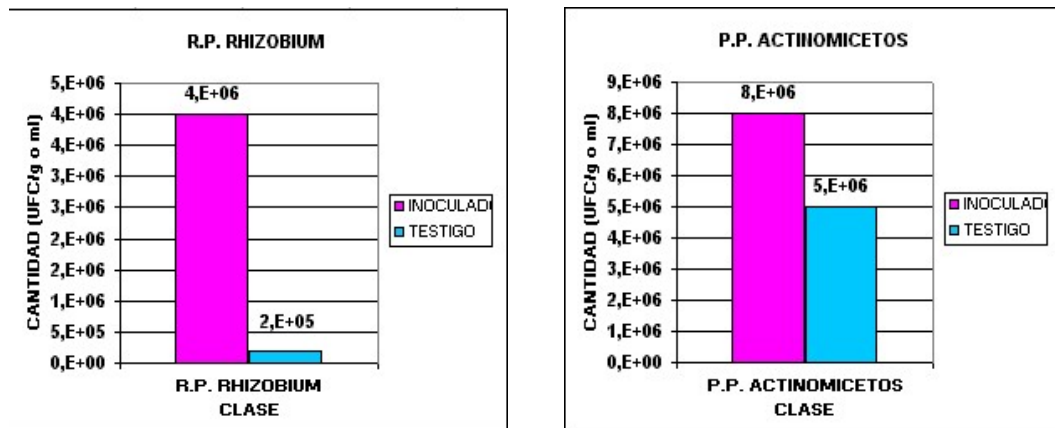


Fig. H. 15 *Rhizobium* y *ACTINOMICETOS* (UFC/g) Granja El Rodeo

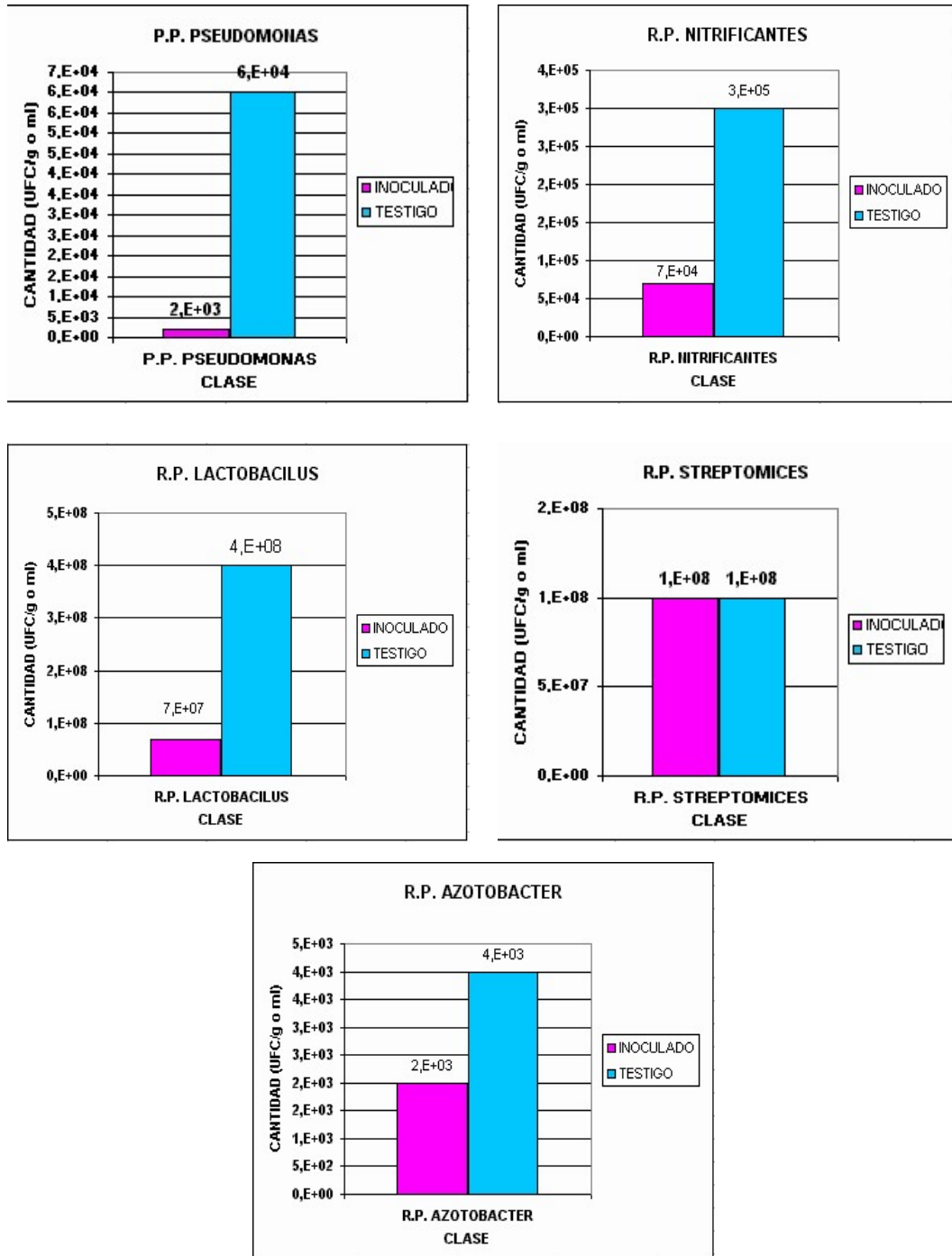


Fig. H 16. *Pseudomonas*, *NITRIFICANTES*, *Lactobacilus*, *Streptomices* y *Azotobacter*.
(UFC/g) Granja El Rodeo

ANEXO I. ANÁLISIS DE LABORATORIO REALIZADOS

I.1 Análisis de microorganismos benéficos. Pollinaza inoculada (Rodeo, Galpón 3)

I.2 Análisis de microorganismos benéficos. Pollinaza Testigo (Rodeo, Galpón 4)


I.3 Análisis de microorganismos patógenos. Pollinaza testigo e inoculada.

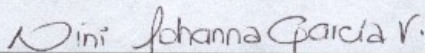
I.4. Análisis Físicoquímico. Pollinaza Inoculada y Pollinaza Testigo Granja El Rodeo.

I.5. Análisis Foliar Hojas de Fríjol

I.6 Análisis Microbiológicos y Físicoquímicos del Bioestimulante Húmico Gem+


I.1. Análisis de microorganismos benéficos. Pollinaza inoculada (El Rodeo Galpón 3)

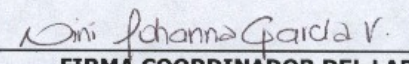
	CENTRO DE INNOVACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL Y BIOLOGÍA MOLECULAR -CINBIN-	REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO	F-5.10-01	
			Fecha: 31-08-2005	Versión: 1
			Autorizó: Coordinadora Lab. Microbiología	Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS																	
FECHA DE RECIBO: Abril 25 de 2006	FECHA DE ENTREGA: Mayo 22 de 2006																
DATOS DEL CLIENTE																	
NOMBRE/EMPRESA: FUNDACION SEMILLA NUEVA	NIT/CC: 804.009.709-0																
DIRECCIÓN: Miradores de San Lorenzo Torre 2 Apto. 401	TELÉFONO: 6 81 57 92																
DATOS GENERALES																	
CÓDIGO DE LA MUESTRA: M - 003																	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: POLLINAZA CORRAL N. 3																	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS																	
Microorganismos Benéficos Recuento en placa de Nitrificantes Recuento en placa de Rhizobium Recuento en placa de Streptomices Recuento en placa de Lactobacilus Recuento en placa de Azotobacter Recuento en placa de Pseudomonas Recuento en placa de Actinomicetos																	
RESULTADO																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. Muestra</th> <th>Nitrificantes UFC/g o ml</th> <th>Rhizobium UFC/g o ml</th> <th>Streptomices UFC/g o ml</th> <th>Lactobacilos UFC/g o ml</th> <th>Azotobacter UFC/g o ml</th> <th>Pseudomona UFC/g o ml</th> <th>Actinomicetos UFC/g o ml</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M - 003</td> <td>7x10⁴</td> <td>4x10⁶</td> <td>1x10⁸</td> <td>7x10⁷</td> <td>2x10³</td> <td>2x10³</td> <td>8x10⁶</td> </tr> </tbody> </table>	No. Muestra	Nitrificantes UFC/g o ml	Rhizobium UFC/g o ml	Streptomices UFC/g o ml	Lactobacilos UFC/g o ml	Azotobacter UFC/g o ml	Pseudomona UFC/g o ml	Actinomicetos UFC/g o ml	M - 003	7x10⁴	4x10⁶	1x10⁸	7x10⁷	2x10³	2x10³	8x10⁶	
No. Muestra	Nitrificantes UFC/g o ml	Rhizobium UFC/g o ml	Streptomices UFC/g o ml	Lactobacilos UFC/g o ml	Azotobacter UFC/g o ml	Pseudomona UFC/g o ml	Actinomicetos UFC/g o ml										
M - 003	7x10⁴	4x10⁶	1x10⁸	7x10⁷	2x10³	2x10³	8x10⁶										
OBSERVACIONES																	
La muestra nos indica que se han desarrollado notablemente los microorganismos benéficos.																	
 FIRMA COORDINADOR DEL LABORATORIO																	

KM2, VÍA REFUGIO. SEDE INVESTIGACIONES UIS-GUATIGUARA
TEL: 7-6550803, FAX: 7-6540557
PIEDRECUESTA- SANTANDER

I.2 Análisis de microorganismos benéficos. Pollinaza Testigo (El Rodeo Galpón 4)

	CENTRO DE INNOVACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL Y BIOLOGÍA MOLECULAR -CINBIN-	REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO	F-5.10-01	
			Fecha: 31-08-2005	Versión: 1
		Autorizó: Coordinadora Lab. Microbiología		Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS																	
FECHA DE RECIBO: Abril 25 de 2006	FECHA DE ENTREGA: Mayo 22 de 2006																
DATOS DEL CLIENTE																	
NOMBRE/EMPRESA: FUNDACION SEMILLA NUEVA	NIT/CC: 804.009.709-0																
DIRECCIÓN: Miradores de San Lorenzo Torre 2 Apto. 401	TELÉFONO: 6 81 57 92																
DATOS GENERALES																	
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	M - 004																
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: POLLINAZA CORRAL N. 4																	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS																	
Microorganismos Benéficos Recuento en placa de Nitrificantes Recuento en placa de Rhizobium Recuento en placa de Streptomices Recuento en placa de Lactobacilus Recuento en placa de Azotobacter Recuento en placa de Pseudomonas Recuento en placa de Actinomicetos																	
RESULTADO																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. Muestra</th> <th>Nitrificantes UFC/g o ml</th> <th>Rhizobium UFC/g o ml</th> <th>Streptomices UFC/g o ml</th> <th>Lactobacilos UFC/g o ml</th> <th>Azotobacter UFC/g o ml</th> <th>Pseudomona UFC/g o ml</th> <th>Actinomicetos UFC/g o ml</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M - 004</td> <td>3x10⁵</td> <td>2x10⁵</td> <td>1x10⁸</td> <td>4x10⁸</td> <td>4x10³</td> <td>6x10⁴</td> <td>5x10⁶</td> </tr> </tbody> </table>	No. Muestra	Nitrificantes UFC/g o ml	Rhizobium UFC/g o ml	Streptomices UFC/g o ml	Lactobacilos UFC/g o ml	Azotobacter UFC/g o ml	Pseudomona UFC/g o ml	Actinomicetos UFC/g o ml	M - 004	3x10⁵	2x10⁵	1x10⁸	4x10⁸	4x10³	6x10⁴	5x10⁶	
No. Muestra	Nitrificantes UFC/g o ml	Rhizobium UFC/g o ml	Streptomices UFC/g o ml	Lactobacilos UFC/g o ml	Azotobacter UFC/g o ml	Pseudomona UFC/g o ml	Actinomicetos UFC/g o ml										
M - 004	3x10⁵	2x10⁵	1x10⁸	4x10⁸	4x10³	6x10⁴	5x10⁶										
OBSERVACIONES																	
En la muestra analizada nos indica que tiene una alta concentración de microorganismos benéficos.																	
 FIRMA COORDINADOR DEL LABORATORIO																	

KM2, VÍA REFUGIO. SEDE INVESTIGACIONES UIS-GUATIGUARÁ
 TEL: 7-6550803, FAX: 7-6540557
 PIEDECUESTA- SANTANDER

I.3 Análisis de microorganismos patógenos. Pollinaza testigo e inoculada.

LABORATORIO CAMPOLLO S.A

Doctor
WILLIAM GONZALEZ
Pollo engorde

ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE POLLINAZA

PRODUCTO: BIOESTIMULANTE HUMICO

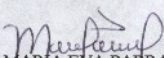
Rodeo				
Fecha	Galpón	Hongos UFC/g	RCF UFC/g	Salmonella 25g
Feb 8	Inoculado	13×10^2	3×10^2	Negativo
Marzo 1	Inoculado	21×10^3	31×10^2	Negativo
	Control	22×10^2	33×10^2	Negativo
Marzo 10	Inoculado	36×10^3	72×10^2	Negativo
	Control	34×10^2	68×10^2	Negativo
Abril 28	Inoculado	43×10^3	56×10^2	Negativo
	Control	40×10^2	68×10^2	Negativo

Emaus				
Fecha	Galpón	Hongos UFC/g	RCF UFC/g	Salmonella 25g
Marzo 6	Inoculado	36×10^2	48×10^2	Negativo
	Control	29×10^3	71×10^2	Negativo
Marzo 16	Inoculado	38×10^2	56×10^2	Negativo
	Control	42×10^3	86×10^2	Negativo
Abril 28	Inoculado	49×10^2	49×10^2	Negativo
	Control	58×10^3	59×10^2	Negativo

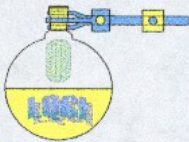


Tabacal				
Fecha	Galpón	Hongos UFC/g	RCF UFC/g	Salmonella 25g
Marzo 6	Inoculado	28×10^2	21×10^2	Negativo
	Control	31×10^3	26×10^2	Negativo
Marzo 16	Inoculado	43×10^2	31×10^2	Negativo
	Control	78×10^3	46×10^2	Negativo
Abril 28	Inoculado	73×10^2	53×10^2	Negativo
	Control	96×10^3	63×10^2	Negativo

La técnica utilizada recuento en placa.

Atentamente,


Dra. MARÍA EVA PARRA ORDUZ
BACTERIOLOGA-UIS
REG 0495

I.4 Análisis Físicoquímico. Pollinaza Inoculada y Pollinaza Testigo Granja El Rodeo

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE QUÍMICA LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES		
---	---	---	---

REPORTE DE RESULTADOS

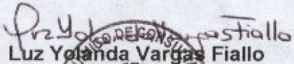
FECHA: Abril 11 de 2006 SOLICITUD No 060
NOMBRE DEL SOLICITANTE: Fundación Semilla Nueva
NOMBRE DE LA MUESTRA: Pollinaza
No DE MUESTRAS: 2
MUESTRAS TOMADAS POR: El Solicitante
FECHA DE LLEGADA AL LABORATORIO: Abril 7 de 2006

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICO

Muestras Identificadas como:

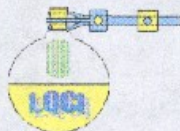
No 1. Rodeo Galpón 3
No 2. Rodeo Galpón 4

PARAMETRO	No 1	No 2	METODO
Humedad (%)	41.06	52.85	Gravimétrico / NTC 5167
Materia Orgánica (%MO)	47.2	30.01	Titrimétrico / NTC 5167
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4200	6950	Conductimétrico / NTC 5167
Capacidad de Intercambio Cationico (meq/100g)	68	46	Titrimétrico / NTC 5167
Azufre (%S)	0.90	0.84	Espectrofotométrico / NTC 5167
Nitritos ($\%\text{NO}_2^-$)	0.002	0.003	Espectrofotométrico / NTC 5167
Nitratos ($\%\text{NO}_3^-$)	18	21	Espectrofotométrico / NTC 5167
Amonio ($\%\text{NH}_3$)	28	33	Titrimétrico / NTC 5167


Luz Yolanda Vargas Fiallo
Directora Laboratorio Químico de Consultas Industriales
Matrícula Profesional/PQ.1144

NOTA: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración. COPIA DE RESULTADO ORIGINAL.

Ciudad Universitaria - Edificio Camilo Torres / Laboratorio 222
Apartado Aereo 0678 - Conmutador : 6344000 Ext. 2465. Directo : 6349009
Telefax : 6349009
E-mail : labquimco@yahoo.es
Bucaramanga - Colombia



REPORTE DE RESULTADOS

FECHA: Agosto 15 de 2006 SOLICITUD No 123
NOMBRE DEL SOLICITANTE: Fundación Semilla Nueva
NOMBRE DE LA MUESTRA: Pollinaza
No DE MUESTRAS: 2
MUESTRAS TOMADAS POR: El Solicitante
FECHA DE LLEGADA AL LABORATORIO: Julio 26 de 2006

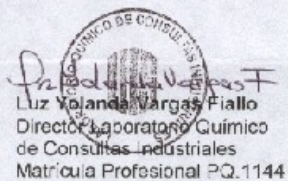
RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICO

Muestras Identificadas como:

No 1. Rodeo Galpón 3
No 2. Rodeo Galpón 4

PARAMETRO	No 1	No 2	METODO
Nitrógeno (%N)	2.0	2.05	Titrimétrico / Kjeldahl

NOTA: La determinación de nitrógeno fue realizada con las muestras tal y como llegaron al laboratorio.


Luz Yolanda Vargas Fiallo
Directora Laboratorio Químico
de Consultas Industriales
Matrícula Profesional PQ.1144

NOTA: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: COPIA DE RESULTADO ORIGINAL

I.5. Análisis Foliar Hojas de Fríjol.



**PSL
PROANALISIS
LTDA**

NIT. 800.193.010-3

Proyectos, Asesorías, Servicios, Diseños e
Ingeniería de la Industria Petrolera y Ambiental

Análisis Físico-Químico, Microbiológico y
Biológico de Aguas, Suelos y Aire

Análisis de Alimentos, Foliares, Abonos,
Fertilizantes y Afines

ANALISIS BROMATOLOGICO

MUESTRA REMITIDA POR: DIANA GOMEZ

MUESTRA REMITIDA EN : AGOSTO 5 DE 2006

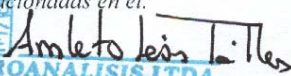
FECHA ENTREGA DE RESULTADOS: AGOSTO 14 DE 2006

PARAMETROS	NOMBRE MUESTRA		TECNICA EMPLEADA
	HOJA FRIJOL TESTIGO	HOJA FRIJOL INOCULADA	
% HUMEDAD TOTAL	82	83	NORMA ICONTEC 529
% PROTEINA BASE SECA	6.4	6.9	NORMA ICONTEC 770
% FIBRA CRUDA BASE SECA	41.2	40.1	A.O.A.C. 962.09/90
% CENIZA BASE SECA	3.2	3.7	A.O.A.C. 942.05/90
% EXTRACTO NO NITROGENADO BASE SECA	39.1	38.9	A.O.A.C. 920.151/90
% GRASA BASE SECA	10.1	10.4	NORMA ICONTEC 668

-LABORATORIO ACREDITADO POR EL INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA PARA ANALISIS FISICO QUIMICO DE ALIMENTOS Y SALES PARA CONSUMO ANIMAL. RESOLUCION 00921, MAYO/01
-LABORATORIO INSCRITO AL SISTEMA NACIONAL AMBIENTAL (SINA) DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
-LABORATORIO INSCRITO Y EN ACREDITACION (FASE FINAL-AUDITORIA) ANTE EL IDEAM. COMO LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL, PARTICIPANTE DEL PROGRAMA DE PRUEBAS DE INTERLABORATORIOS
-LABORATORIO EN ACREDITACION ANTE A SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. SIC (Rad. 04052322).
-LABORATORIO AMBIENTAL. INSCRITO Y ACEPTADO LAS CORPORACIONES AUTONOMAS REGIONALES COMO LA CDMB, CAS, CORMAGDALENA, CORPORINOQUIA ENTRE OTRAS.
-LABORATORIO INSCRITO EN LA SECRETARIA DE SALUD DEPARTAMENTAL PARA ANALISIS DE ALIMENTOS Y AGUAS PARA CONSUMO HUMANO. LABORATORIO DE SALUD PUBLICA CODIGO N° 6800109109
-LABORATORIO AUTORIZADO POR EL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD DEL MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL PARA REALIZAR ANALISIS ORGANOLEPTICOS, FISICO, QUIMICO Y MICROBIOLÓGICOS AL AGUA POTABLE RESOLUCION N°004645 DIC. 15 DE 2005, PARTICIPANTE PROGRAMA INTERLABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE. PICCAP


"Este informe de laboratorio es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él."

Revisado y Aprobado por:


PSL PROANALISIS LTDA
AMLETO LEON TELLEZ
QUÍMIC - MSc M.P 0953
Director del Laboratorio

BUCARAMANGA: CARRERA 14 No. 55 - 18 TELEFAX (097) 6444625 - 6415176 CEL: 300 2006390

I.6 Análisis Microbiológicos y Fisicoquímicos del Bioestimulante Húmico Gem+


Facultad de Salud
Departamento de Microbiología

INFORME DE LABORATORIO DE BACTERIOLOGÍA

FECHA: Junio 26 de 2001

PRODUCTO: **BIOESTIMULANTE HÚMICO**

PROCEDENCIA: FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA (Bucaramanga)

RECIBIDO: Junio 19 de 2001

EXAMEN: **ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO**

RESULTADO:

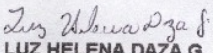
Búsqueda de Salmonella: **NEGATIVA**

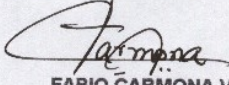
NMP de coliformes fecales: Menor de 3 bacterias/g de muestra.

Búsqueda de especies de *Clostridium tetani*, *botulinum* y *perfringens*. No se obtuvo aislamiento de ninguna de estas tres especies.

NOTA: Menor de 3 bacterias/g es equivalente a NEGATIVO

Atentamente,


LUZ HELENA DAZA G.
Bacterióloga


FABIO GARMONA V., MSc
Coordinador Sección Bacteriología

Universidad del Valle - San Fernando
Conmutador: 5542494 /96 /99 - Fax: 5542468
Virología: 5581936
Parasitología: 5581935
Cali - Valle - Colombia



Facultad de Salud
Departamento de Microbiología

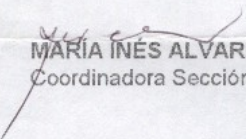
INFORME DE LABORATORIO DE MICOLOGÍA

FECHA: Junio 29 de 2001
PRODUCTO: **BIOESTIMULANTE HÚMICO**
PROCEDENCIA: Fundación Semilla Nueva (Bucaramanga)
RECIBIDO: Junio 19 de 2001
EXAMEN: Investigar *Fusarium* y *Colletotrichum*

RESULTADO

Negativo para *Fusarium*, *Colletotrichum* y otros hongos.

Atentamente


MARÍA INÉS ALVAREZ V., MSc.
Coordinadora Sección Micología

Universidad del Valle - San Fernando
Conmutador: 5542494 /96 /99 - Fax: 5542468
Virología: 5581936
Parasitología: 5581935
Cali - Valle - Colombia



Universidad del Valle

Departamento de Química

LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIALES

MÁS DE 40 AÑOS AL SERVICIO DE LA COMUNIDAD

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

N° Registro: 36901	Fecha de emisión: Julio 13 de 2001
Empresa: FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA	Solicitado por: Dra. Luz Holanda García Castaño
Dirección: Carrera 29 No 94-48	Teléfono: 097-6363791 / 6364629

Nombre de la Muestra:
Muestra No 1: Bioestimulante Húmico
Muestra No 2: Cobertura Húmica

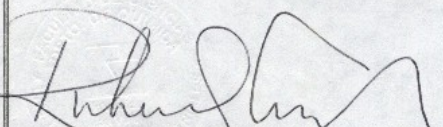
Determinación	Resultado		Método utilizado
	Muestra N°1	Muestra N°2	
Cadmio como Cd, en ppm	ND < 1,11	ND < 1,02	Absorción Atómica, llama
Plomo como Pb, en ppm	ND < 9,39	ND < 8,67	Absorción Atómica, llama
Mercurio como Hg, en ppm	0,12	0,11	Absorción Atómica, vapor frío

Observación: N.D. Significa No se detecta, su valor estaría por debajo del valor indicado

Los anteriores análisis fueron elaborados por la Tecnóloga Química Jenny Patricia Angel C. Para cualquier información adicional sírvase citar el N° 36901 correspondiente a su muestra.

Nota: Resultados válidos únicamente para la(s) muestra(s) analizada(s) y no para otro(s) material(es) de la misma procedencia. La(s) muestra(s) analizada(s) se guardará(n) por el tiempo de dos meses a partir de la emisión de este informe, transcurrido este tiempo se desechará(n) o se devolverá(n) al cliente si éste lo solicita.

El presente documento no posee validez alguna sin el sello del laboratorio y las firmas respectivas. Se prohíbe su reproducción total o parcial, excepto con aprobación de la Universidad del Valle.


RUBEN A. SANCHEZ ANDICA- PQ1330
Jefe
Laboratorio de Análisis Industriales

P/ Nancy Garcia Rodriguez.
JENNY PATRICIA ANGEL C.
Tecnóloga Química

Universidad del Valle
Ciudad Universitaria Meléndez
Teléfono. 2 - 333 4920 - Telefax 2 - 321 2145
E-mail: labind@quimica.univalle.edu.co
Apartado Aéreo 25360
Cali - Colombia