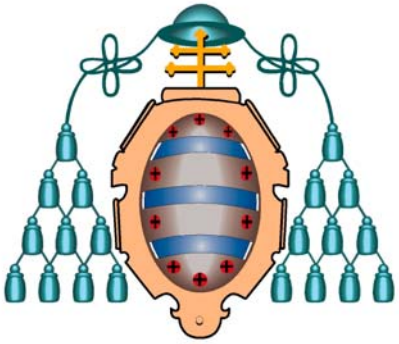
UNIVERSIDAD DE OVIEDO



Programa de doctorado de Tecnología, Diversificación,

Calidad y Ahorro Energético.

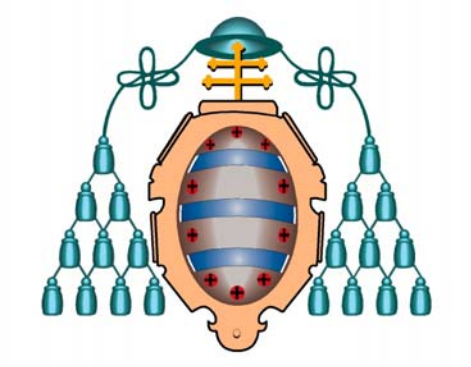
VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DEL RESIDUO AVÍCOLA. IMPACTO ECONÓMICO – AMBIENTAL Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL, EN EUROPA, DE LA REDUCCIÓN DE AMONIACO EN EXPLOTACIONES AVÍCOLAS, MEDIANTE COMPUESTO ENZIMÁTICO.

TESIS DOCTORAL

GRÉTEL BURGUET FERNÁNDEZ

2015

UNIVERSIDAD DE OVIEDO



Programa de doctorado de Tecnología, Diversificación,

Calidad y Ahorro Energético.

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DEL RESIDUO AVÍCOLA. IMPACTO ECONÓMICO – AMBIENTAL Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL, EN EUROPA, DE LA REDUCCIÓN DE AMONIACO EN EXPLOTACIONES AVÍCOLAS, MEDIANTE COMPUESTO ENZIMÁTICO.

TESIS DOCTORAL

DIRECTOR: JORGE XIBERTA BERNAT

CODIRECTOR: JOSÉ PABLO PAREDES SÁNCHEZ

AUTORA: GRÉTEL BURGUET FERNÁNDEZ

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE

INGENIEROS DE MINAS DE OVIEDO

RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DEL RESIDUO AVICOLA. IMPACTO ECONÓMICO – AMBIENTAL Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL, EN EUROPA, DE LA REDUCCIÓN DE AMONIACO EN EXPLOTACIONES AVÍCOLAS, MEDIANTE COMPUESTO ENZIMÁTICO.	Inglés: ENERGY RECOVERY OF POULTRY MANURE. ECONOMIC - ENVIRONMENTAL IMPACT AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF AMMONIA REDUCTION IN POULTRY FARMS, BY ENZYME PRODUCT, IN EUROPE.

2.- Autor	
Nombre: Grétel Burguet Fernández	DNI/Pasaporte/NIE
Programa de Doctorado: Programa de Tecnología, diversificación, calidad y ahorro energético.	
Órgano responsable: Departamento de Energía (Universidad de Oviedo)	

RESUMEN (en español)

El incremento e intensificación de la producción de alimentos, para satisfacer los requerimientos de una población mundial en continuo crecimiento, conlleva unos riesgos potenciales sobre el medio ambiente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, generadores de lluvia ácida así como otros contaminantes.
Consecuentemente las políticas europeas están enfocadas a la protección del medio ambiente, producción agrícola y ganadera, y particularmente a la salud y bienestar de los animales destinados a uso alimenticio, contribuyendo así a la calidad integral de las producciones y seguridad alimentaria. La transposición de la directiva de protección del agua (91/676/CEE) y el incremento de casos de botulismo en países como Irlanda han hecho necesaria la búsqueda de soluciones alternativas a la gestión de la gallinaza, residuo generado en el sector avícola, que tradicionalmente se ha empleado como fertilizante. El uso de este residuo como biomasa es una alternativa que se está llevando a cabo en Inglaterra, Holanda y Estados Unidos. Por otro lado, la legislación ambiental y de bienestar animal establece que las emisiones de amoniaco en las granjas avícolas deben disminuir y no superar unos niveles establecidos.
Ante este escenario, el presente proyecto tiene como objetivo el estudio de la utilización en granja del producto enzimático colombiano denominado Bioterre, utilizado en dicho país como estabilizador y acelerador de compostaje del residuo orgánico para la fabricación de fertilizantes. Con la aplicación de este producto durante el propio ciclo de producción, y por tanto a lo largo de la generación del residuo avícola se buscaban dos objetivos: por un lado reducir la humedad del residuo final, y por tanto aumentar el poder calorífico para su uso como biomasa, y por otro disminuir las emisiones de amoniaco, mejorando las condiciones ambientales en el interior de las naves, con las mismas condiciones de ventilación y climatización.
Tras realizarse pruebas experimentales de aplicación de dicho producto, en más de veinte granjas irlandesas (más de cincuenta hangares), en diferentes etapas del ciclo productivo y a lo largo de las cuatro estaciones estivales se obtuvieron los siguientes resultados:
1. El contenido medio en humedad, al final del ciclo, del residuo avícola en las naves tratadas de las diferentes granjas es de 27%, frente al 47% en las no tratadas.
2. Los registros de emisión de amoniaco en diferentes etapas del ciclo de producción en

FOR-MAT-VOA-010-BIS

las naves tratadas de las diferentes granjas no sobrepasaron las 10ppm, mientras que en naves sin tratar aquel registro siempre fue superior, superando en algunos casos las 35ppm.

RESUMEN (en Inglés)

The increase and intensification of food production to meet the demands of a continuously growing world population, entails some potential risks to the environment due to emissions of greenhouse gases, acid rain and other pollutants. Consequently European policies are focused on environmental protection, agricultural and livestock production, and particularly to the health and welfare of animals intended for human consumption, thus contributing to the overall quality of production and food security. The transposition of the directive of water protection (91/676 / EEC) and the increase in of botulism cases in countries such as Ireland have necessitated the search for alternative solutions to the management of the poultry manure, which traditionally has been used as a fertilizer. The use of this waste as biomass is an alternative that is taking place in England, Holland and the United States. On the other hand, environmental and animal welfare legislation lays down the maximum ammonia emissions levels in poultry houses.

Given this scenario, this project aims to study the use of Colombian enzyme product, called Bioterre, in European farms. This product is used in that country as a stabilizer and composting accelerator of organic waste for fertilizer production. Two objectives were sought by applying the product during the growth cycle of chickens, and therefore along residue generation: reduce the moisture of the final residue (poultry litter), and thus increase the calorific value for use as biomass, and reduce ammonia emissions, improving environmental conditions inside the buildings, with the same ventilation and acclimatization conditions.

After experimental testing application of the product made in more than twenty Irish farms (more than fifty sheds), at different stages of the production cycle and throughout the four seasons, the following results were obtained:

1. The average moisture content of the poultry litter in treated sheds of the different farms, at the end of the cycle, is 27%, versus 47% in the untreated sheds.

2. Records of ammonia emission at different stages of the production cycle in the treated sheds did not exceed 10 ppm, while in untreated sheds that record was always higher, in some cases exceeding 35ppm.

SR. DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE ENERGÍA /
SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN _____

AGRADECIMIENTOS

A don Jorge Xiberta, porque su ánimo, su paciencia, su apoyo continuo y todas sus aportaciones resultaron fundamentales para que este trabajo viera la luz.

A José Pablo Paredes, por sus correcciones.

Al ministro irlandés de Agricultura, Symon Coveney, por su tiempo, interés y apoyo demostrado hacia este proyecto en cada una de las reuniones mantenidas.

A todos los granjeros irlandeses que permitieron realizar las pruebas experimentales, soporte de esta tesis.

A mis padres y mi hermana, porque sin ellos nada sería posible.

A Pablo, por su apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RESUMEN 11

2. ABSTRACT 13

3. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE LA TESIS 14

4. EL NITRÓGENO EN EUROPA 17

4.1 Logros y limitaciones de las políticas actuales 19

4.2 Amenazas clave del exceso de nitrógeno 20

4.3 Pérdida estimada de bienestar debido a las emisiones de nitrógeno en Europa: consecuencias económicas 24

5. AMONIACO 26

5.1 Legislación ambiental europea relativa al amoniaco 28

5.2 Contribución del sector agropecuario 34

6. LA INDUSTRIA AVÍCOLA 38

6.1 Producción 38

6.2 Mercado 42

6.2.1 Previsiones de mercado 44

6.3 Mejora de aspectos medioambientales en la producción de carneavícola 49

6.4 Ciclo productivo de pollo para carne 50

6.5 El amoniaco en la industria avícola 59

6.5.1 Efectos sobre la salud animal 62

6.6 Emisiones indirectas: N_2O 64

6.7 Concentración de CO_2 en el interior de los alojamientos 65

6.8 Gallinaza 68

6.8.1 Caracterización químico-física de la gallinaza 69

6.8.2 Producción anual de gallinaza en Europa procedente del sector de carne avícola 72

7. ESTADO DEL ARTE 75

7.1 Técnicas de mitigación de emisiones de amoniaco en la industria avícola.....75
7.1.1 Técnicas nutricionales 75
7.1.2 Técnicas sobre la cama de pollo 76
7.1.3 Técnicas de ventilación y purificación del aire.....77
7.2 Alternativas energéticas al uso de la cama de pollo como fertilizante 81
7.2.1 Combustión directa.....81
7.2.2 Digestión anaeróbica 88
7.2.3 Pirólisis.....89
7.2.4 Gasificación 90
8. MÉTODO EXPERIMENTAL.....92
8.1 Producto enzimático: Bioterre.....92
8.1.1 Ficha técnica.....93
8.2 Características del bioproceso 96
8.3 Pruebas realizadas en granjas de pollos en Irlanda.....97
8.4 Metodología e instrumentación.....98
9. RESULTADOS EXPERIMENTALES 102
9.1 Resultados por granja del primer test: pollos de 15-18 días 102
9.1.1 Análisis de humedad.....103
9.1.2 Análisis de amoniaco en el interior de los alojamientos 103
9.2 Resultados por granja del segundo test: pollos de 10 días.....108
9.2.1 Análisis de humedad.....109
9.2.2 Análisis de amoniaco en el ambiente 110
9.3 Resumen de resultados de la aplicación a los 10 y 15 días.....112
9.4 Resultados por granja del tercer test: pollos de 7 días.....114
9.4.1 Análisis de humedad.....115
9.4.2 Análisis de amoniaco en el ambiente 115
9.5 Aplicación del producto antes de comenzar el ciclo 116

9.6 Valorización de la gallinaza 117

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 120

10.1 Balance de masas 122

10.2 Balance de agua y nitrógeno 124

10.3 Viabilidad económica del producto: impacto económico 125

10.4 Viabilidad económica de una central eléctrica de 40MW de biomasa usando como materia prima gallinaza 127

10.4.1 Seguridad de suministro 127

10.4.2 Precio de la electricidad 130

10.4.3 Estudio de viabilidad 133

11. CONCLUSIONES 137

12. ANEXO I: PRUEBAS REALIZADAS EN IRLANDA RECOGIDA DE DATOS 140

12.1 Pruebas realizadas en el ciclo febrero-marzo 140

12.1.1 Gran Mc Carron 140

12.1.2 Granja Mc Aree 143

12.1.3 Granja Kenny Boyd 144

12.2 Pruebas realizadas en el ciclo marzo-abril 146

12.2.1 Granja Mc Aree 146

12.2.2 Granja Paddy Reilly 148

12.2.3 Granja Meehan Scott 150

12.2.4 Granja John Reilly 152

12.2.5 Granja Mc Carron 154

12.2.6 Granja Alo Mohan 155

12.2.7 Granja Sean Mc Philips 156

12.2.8 Granja Sean Mc Kenna 157

12.2.9 Granja Peter Mc Kenna 159

12.2.10 Granja Kenny Boyd 160

12.2.11 Granja Eamon Keelaghan....162

12.3 Pruebas realizadas en el ciclo mayo - junio 164

12.3.1 Granja Mc Carron 164

12.3.2 Granja Alo Mohan....166

12.3.3 Granja Kenny Boyd....168

12.3.4 Granja Meehan Scott....168

13. ANEXO II HOJA DE CÁLCULO DEL ESTUDIO DE VIABILIDAD ESCONÓMICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA DE 40MW ALIMENTADA POR GALLINAZA Y BIOMASA DE SAUCE 170

14. ANEXO III ANÁLISIS DE PODER CALORÍFICO DE LA GALLINAZA 176

15. ABREVIATURAS Y SIGLAS....184

17. LEGISLACIÓN 186

18. BIBLIOGRAFÍA 187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo del nitrógeno 18
Figura 2 Emisiones de NH_3 procedentes de fuentes agropecuarias. 36
Figura 3 Emisiones de NH3 procedentes de fuentes agropecuarias (Monaghan, Irlanda). 37
Figura 4 Ciclo de producción de pollos de carne 50
Figura 5 Fotografía del interior de un alojamiento de pollos en Irlanda 53
Figura 6 Interior de un alojamiento de pollos en Holanda. 54
Figura 7 Detalle de ventiladores en el interior de un alojamiento 55
Figura 8 Detalle de ventilación estática en el interior de una granja de pollos 55
Figura 9 Transformación del nitrógeno en el excremento avícola 59
Figura 10 Detalle de unas patas de pollo con lesiones debido a altas concentraciones de amoniaco. 63
Figura 11 Retirada de la gallinaza una vez concluido el ciclo. 68
Figura 12 Balance de nitrógeno en el desarrollo de pollos de carne. 71
Figura 13 Esquema de funcionamiento de un depurador de aire. 78
Figura14 Central eléctrica de biomasa Eye. 83
Figura15 Central eléctrica de biomasa Glanford. 84
Figura16 Central eléctrica de biomasa Thetford. 84
Figura 17 Central eléctrica de biomasa Westfield. 85
Figura 18 Central eléctrica de biomasa BMC, Holanda. 86
Figura19 Central eléctrica de biomasa Fibrominn. 87
Figura 20 Región en la que se realizaron las pruebas: Monahan 98
Figura 21 Equipo utilizado para la aplicación del producto. 99
Figura 22 Sonda de temperatura empleada en las pruebas. 99
Figura 23 Bomba de aspiración para medición de concentraciones ambientales. 100
Figura 24 Tubo colorimétrico. 100
Figura 25 Analizador de humedad MS-70. 101
Figura 26 Formación del amoniaco 122
Figura 27 Estructura del amoniaco 122
Figura 28 Zonas apropiadas de Irlanda para el cultivo de sauce 129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Potencial de reducción de emisiones de NH_3 en agricultura y ganadería por medidas del Plan de Acción (España). 31
Tabla 2 Potencial de reducción de emisiones de NH_3 en agricultura y ganadería por las medidas del Plan de Acción en las comunidades autónomas (España). 32
Tabla 3Emisiones de NH3 según informe de estado de la Agencia Europea de Medio Ambiente (2011) 32
Tabla 4 Balance en la UE de carne de aves de corral (1.000t en peso en canal) 39
Tabla 5 Producción nacional bruta de carne avícola en la UE (1.000t en peso en canal) 40
Tabla 6 Producción de carne avícola en el resto del mundo (1.000t en peso en canal) 41
Tabla 7 Importaciones europeas de carne avícola por países (1.000t en peso en canal) 42
Tabla 8 Exportaciones europeas de carne avícola por países (1.000t) 43
Tabla 9 Comercio exterior con terceros países de carne avícola (1.000t) 44
Tabla 10 Consumo per cápita de carne avícola en la EU y en terceros países (kg) 45
Tabla 11 Requerimientos de temperatura para la cría de aves. 56
Tabla 12Humedad relativa recomendada para la cría de pollos de carne 57
Tabla 13 Caracterización químico-física de la gallinaza 70
Tabla 14 Producción estimada de gallinaza en Europa 72
Tabla 15Principales procesadores avícolas en Irlanda. 73
Tabla 16 Estimación de la cantidad de gallinaza generada en Irlanda (2012). 74
Tabla 17 Resultado del primer test: aplicación a los 15-18 días del ciclo. 102
Tabla 18 Reducción de la concentración de amoniaco en granjas con la aplicación de Bioterre a los 15 días del ciclo. 107
Tabla 19 Resultado del segundo test: aplicación a los 10 días del ciclo. 108
Tabla 20 Reducción de la concentración de amoniaco en granjas con la aplicación de Bioterre a los 10 días del ciclo. 112
Tabla 21 Resultado del tercer test: aplicación a los 7 días del ciclo. 114
Tabla 22Poder calorífico de la gallinaza (resultado de las pruebas). 117
Tabla 23 Precio de la electricidad según REFIT 3 131
Tabla 24 IPC Irlanda (2010-2014) 131
Tabla 25 Actualización del precio de electricidad fijado por REFIT 3, según IPC. 132
Tabla 26 Estimación del precio de la electricidad para el modelo (2015-2026). 132
Tabla 27Estimación del precio de la electricidad para el modelo (2027-2041). 133
Tabla 28 Datos de partida para el estudio de viabilidad de la central de biomasa. 133
Tabla 29 Datos económicos para el estudio de viabilidad de la central de biomasa. 134
Tabla 30 Cálculos del estudio de viabilidad de la central de biomasa. 134

Tabla 31 Inversión estimada para el estudio de viabilidad de la central de biomasa..... 135

Tabla 32 Necesidades financieras para el estudio de viabilidad de la central de biomasa..... 135

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1Tendencias europeas estimadas del Nr entre los años 1900 y 2000 (UE-27)_____ 20

Gráfica 2Costos ambientales estimados debido a las emisiones de nitrógeno_____ 24

Gráfica 3Emisiones de NH_3 – AEMA-32 2009 (Total: 3.862 kt)_____ 26

Gráfica 4 Proyección de las emisiones de NH_3 (España) _____ 31

Gráfica 5 Variación porcentual de las emisiones de amoniaco entre 1990 y 2011, por sectores (UE). _____ 34

Gráfica 6 Contribución por sectores a la variación total de emisiones de amoniaco entre 1990 y 2011 (UE). __ 35

Gráfica 7Incremento de la demanda de carne entre 2012-2021_____ 39

Gráfica 8 Incrementos del consumo de carne per cápita en el mundo (2013-2022), _____ 46

Gráfica 9 Evolución de exportaciones de carne pronosticada para 2020._____ 47

Gráfica 10Incremento de precios de carne (2013-2022), según OECD-FAO _____ 48

Gráfica 11 Concentración de CO_2 (ppm) en naves a lo largo de todo el ciclo entre abril y mayo. (López Asensio, 2009)_____ 66

Gráfica 12Concentración de CO2 (ppm) en naves a lo largo de todo el ciclo entre febrero y abril. (López Asensio, 2009) _____ 67

Gráfica 13Concentración de CO2 (ppm) en naves a lo largo de todo el ciclo entre noviembre y enero. (López Asensio, 2009) _____ 67

Gráfica 14 Humedad. Aplicación a los 15-18 días del ciclo. _____ 103

Gráfica 15 NH_3 Granja Mc Carron._____ 104

Gráfica 16 NH_3 Granja Mc Aree. _____ 104

Gráfica 17 NH_3 Granja P. Reilly._____ 105

Gráfica 18 NH_3 Granja Scott. _____ 105

Gráfica 19 NH_3Granja J. Reilly._____ 106

Gráfica 20 NH_3 Granja Mohan. _____ 106

Gráfica 21 NH_3 Granja Keelaghan._____ 107

Gráfica 22 Humedad. Aplicación a los 10 días. _____ 109

Gráfica 23 NH_3 Granja Mc Philips._____ 110

Gráfica 24NH_3 Granja S. Mc Kenna 1. _____ 110

Gráfica 25 NH3 Granja S. Mc Kenna 2._____ 111

Gráfica 26 NH3 Granja P. Mc Kenna. _____ 111

Gráfica 27 Humedad. Aplicación a los 15 y 10 días del ciclo. _____ 112

Gráfica 28 Humedad promedio de la gallinaza. Aplicación a los 15 y 10 días del ciclo. _____ *113*

*Gráfica 29 Humedad. Aplicación a los 7días del ciclo.*_____ *115*

Gráfica 30 Humedad. Aplicación antes de comenzar el ciclo. _____ *116*

Gráfica 31 Humedad de la gallinaza de todas las aplicaciones realizadas. _____ *120*

Gráfica 32 Humedad promedio de la gallinaza de todas las aplicaciones. _____ *121*

1. RESUMEN

El incremento e intensificación de la producción de alimentos, para satisfacer los requerimientos de una población mundial en continuo crecimiento, conlleva unos riesgos potenciales sobre el medio ambiente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, generadores de lluvia ácida así como otros contaminantes. Consecuentemente las políticas europeas están enfocadas a la protección del medio ambiente, producción agrícola y ganadera sostenible, y particularmente a la salud y bienestar de los animales destinados a uso alimenticio, contribuyendo así a la calidad integral de las producciones y seguridad alimentaria. La transposición de la Directiva de protección del agua (91/676/CEE) y el incremento de casos de botulismo en países como Irlanda han hecho necesaria la búsqueda de soluciones alternativas a la gestión de la gallinaza, residuo generado en el sector avícola, que tradicionalmente se ha empleado como fertilizante. El uso de este residuo como biomasa es una alternativa que se está llevando a cabo en Inglaterra, Holanda y Estados Unidos. Por otro lado, la legislación ambiental y de bienestar animal establece que las emisiones de amoniaco en las granjas avícolas deben disminuir y no superar unos niveles establecidos. La novedad de la presente tesis radica en el uso de aditivos de carácter enzimático para la mejora de las propiedades como combustible de biomasa, que además mejora las condiciones ambientales en el interior de los alojamientos.

Ante este escenario, el presente trabajo tiene como objetivo el estudio de la utilización en granja del producto enzimático colombiano denominado Bioterre, utilizado en dicho país como estabilizador y acelerador de compostaje del residuo orgánico para la fabricación de fertilizantes. Con la aplicación de este producto durante el propio ciclo de producción, y por tanto a lo largo de la generación del residuo avícola, se buscaban dos objetivos: por un lado reducir la humedad del residuo final, y por tanto aumentar el poder calorífico para su uso como biomasa, y por otro disminuir las emisiones de amoniaco, mejorando las condiciones ambientales en el interior de las naves, con las mismas condiciones de ventilación y climatización.

Tras realizarse pruebas experimentales de aplicación de dicho producto, en más de veinte granjas irlandesas (más de cincuenta hangares), en diferentes etapas del ciclo productivo y a lo largo de las cuatro estaciones estivales los resultados muestran que el contenido medio en humedad, al final del ciclo, del residuo avícola en las naves tratadas de

las diferentes granjas es de 27%, frente al 47% en las no tratadas. Los registros de emisión de amoniaco en diferentes etapas del ciclo de producción en las naves tratadas de las diferentes granjas no sobrepasaron las 10ppm, mientras que en naves sin tratar aquel registro siempre fue superior, superando en algunos casos las 35ppm.

Palabras clave: Gallinaza – Biomasa - Producto Enzimático - Humedad – Amoniaco.

2. ABSTRACT

The increase and intensification of food production to meet the demands of a continuously growing world population, entails some potential risks to the environment due to emissions of greenhouse gases, acid rain and other pollutants. Consequently European policies are focused on environmental protection, sustainable agricultural and livestock production, and particularly to the health and welfare of animals intended for human consumption, thus contributing to the overall quality of production and food security. The transposition of the directive of water protection (91/676 / EEC) and the increase in of botulism cases in countries such as Ireland have necessitated the search for alternative solutions to the management of the poultry manure, which traditionally has been used as a fertilizer. The use of this waste as biomass is an alternative that is taking place in England, Holland and the United States. On the other hand, environmental and animal welfare legislation lays down the maximum ammonia emissions levels in poultry houses. The novelty of this thesis is the use of enzymatic additives for improving the properties of biomass as fuel, and also improves the environmental conditions inside the housings.

Given this scenario, this work aims to study the use of Colombian enzyme product, called Bioterre, in European farms. This product is used in that country as a stabilizer and composting accelerator of organic waste for fertilizer production. Two objectives were sought by applying the product during the growth cycle of chickens, and therefore along residue generation: reduce the moisture of the final residue (poultry litter), and thus increase the calorific value for use as biomass, and reduce ammonia emissions, improving environmental conditions inside the buildings, with the same ventilation and acclimatization conditions.

After experimental testing application of the product made in more than twenty Irish farms(more than fifty sheds), at different stages of the production cycle and throughout the four seasons, the results show that the average moisture content of the poultry litter in treated sheds of the different farms, at the end of the cycle, is 27%, versus 47% in the untreated sheds. Records of ammonia emission at different stages of the production cycle in the treated sheds did not exceed 10ppm, while in untreated sheds that record was always higher, in some cases exceeding 35ppm.

Keywords: poultry litter-biomass -enzyme product-humidity–ammonia.

3. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE LA TESIS

El sector avícola presenta una tendencia de crecimiento positiva y sostenible en muchos países, fruto del incremento de la población mundial, lo que conlleva un crecimiento del volumen generado de residuos y de emisiones. Esto supone nuevos retos de gestión y tratamiento.

Los residuos de la industria avícola incluyen una mezcla de excrementos (estiércol), material de cama (virutas de madera, paja…), restos de alimento, aves muertas, huevos rotos y plumas, entre otros, denominada comúnmente cama de pollo o gallinaza. Esta cama de pollo tiene un alto valor en nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), y se ha utilizado a lo largo de décadas como fertilizante orgánico, mediante técnicas de vertido directo sobre las tierras. Sin embargo, la aplicación excesiva de este material puede dar lugar a un enriquecimiento demasiado elevado de nutrientes en el agua, lo que origina eutrofización, propagación de agentes patógenos, generación de sustancias tóxicas, contaminación del aire y emisiones de gases de efecto invernadero. La eutrofización ha sido identificada como la principal causa de disminución de recursos hídricos superficiales. Por otro lado, altos niveles de nitratos en el agua potable pueden causar diversas enfermedades en animales y humanos.

La Unión Europea (UE) ha intensificado, a lo largo de los últimos años, la legislación relativa al cuidado del medio ambiente, con reglamentación relativa a la protección del agua y a la calidad del aire, como son la Directiva 91/676/CEE, o la Directiva 2001/81/CE. De manera particular, también se han reforzado las leyes europeas con respecto a la gestión de los residuos de la industria avícola, lo que hace que este sector y los gobiernos busquen nuevas alternativas para permitir la continuidad de esta industria.

En algunos países como Holanda ya se están aplicando medidas para la reducción de las emisiones en los ciclos de producción, así como tratamientos térmicos de esterilización de la gallinaza o usos alternativos, para cumplir con los techos de emisiones, la normativa de bienestar animal y legislación sobre nitratos o protección de aguas. En otros países europeos como Irlanda se enfrentan en la actualidad a estos nuevos retos al retrasarse la implementación de dichas leyes. El sector avícola en Irlanda factura unos 500

millones de euros al año, emplea alrededor de 2.000personas en la industria de procesado y cuenta con más de 350 granjas.(IFA, 2013)

Una de las alternativas de la gallinaza es su uso como biomasa, ya que sus características químico-físicas así lo permiten, como se verá a lo largo del desarrollo de la presente tesis.(Kirubakaran, 2012) Además, las políticas comunitarias e irlandesa incentivan la generación de energía a partir de este tipo de combustibles, tal como se pone de manifiesto en los siguientes documentos:

Government White Paper – Delivering a Sustainable Energy Future for Ireland, 2007

- Establece los objetivos en materia de energías renovables para 2020.
- Establece un 30% de co-combustión con biomasa en sus tres centrales térmicas.
- Marca el objetivo de generar 800 MW en plantas de cogeneración en 2020. ([j], 2007)

National Bioenergy Action Plan 2007

- Contiene 50 acciones entre las que se incluyen las encaminadas a cumplir los objetivos en materia de biomasa. ([k], 2007)

National action plans, 2009

- La Directiva sobre energías renovables exige que cada Estado Miembro elabore un plan de acción que muestre de qué forma va a cumplir con sus compromisos comunitarios en esta área energética. ([m], 2009)

Además, dada la necesidad de encontrar nuevos usos de la tierra rentables para los agricultores, este trabajo propone el cultivo energético de sauce como una fuente de energía renovable complementaria.

Esta alternativa a gran escala se presenta como una opción viable desde el punto de vista técnico, medioambiental y económico.

En un análisis más profundo acerca de este tipo de biomasa o “bio-producto”, a nivel mundial, se encontró un producto enzimático elaborado y usado en Colombia como acelerador del compostaje, con el fin de producir un fertilizante de mayor valor añadido.

Dadas sus propiedades se decidió realizar un estudio experimental en Europa, con el fin de obtener una biomasa con mayor poder calorífico y a su vez mejorar las condiciones ambientales de las granjas y reducir, por tanto, las emisiones. Esto ha dado lugar al desarrollo de la presente tesis que tiene los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

- Determinar la viabilidad de uso del producto enzimático en el interior de granjas avícolas en Irlanda.
- Determinar el día óptimo de aplicación del producto durante el ciclo de producción avícola.
- Conseguir una biomasa de mayor poder calorífico, por reducción de humedad de la gallinaza.
- Reducir las emisiones de amoniaco en el interior de las granjas avícolas en Irlanda.
- Analizar la viabilidad económica del producto enzimático en Europa.
- Realizar una valorización energética de la biomasa tratada con el producto enzimático.
- Analizar la viabilidad económica de una central eléctrica de biomasa en Irlanda usando como combustible la gallinaza, previamente tratada con el producto enzimático, y biomasa forestal (caso concreto de biomasa procedente del cultivo energético del sauce)

4. EL NITRÓGENO EN EUROPA

El nitrógeno es un elemento abundante en la Tierra, que representa casi un 80% de la atmósfera, y es, además, un nutriente esencial en la naturaleza.

El nitrógeno atmosférico (N_2) no es reactivo, y no puede ser asimilado por la mayoría de los organismos. Sin embargo, existen diferentes formas de nitrógeno reactivo (N_r) que resultan esenciales para la vida, por ejemplo para la formación de proteínas, que de forma natural son difíciles de encontrar. Hasta mediados del siglo XIX hubo una gran escasez de estos compuestos de nitrógeno reactivo, lo que supuso una limitación de la producción agrícola e industrial en Europa.

Con el aumento de la población a finales del siglo XIX, las tasas de fijación de nitrógeno biológico no fueron suficientes para satisfacer las necesidades de los cultivos, lo que provocó que Europa fuese cada vez más dependiente de las limitadas fuentes de N_r (como por ejemplo guano o salitre). A comienzos del siglo XX, se desarrollaron varios procesos industriales para fijar N_2 en N_r, como por ejemplo el proceso de Haber-Bosch, que fue el de mayor éxito para producir amoniaco (NH_3).

Desde la década de los cincuenta, la producción de N_r ha aumentado considerablemente, representando quizás el mayor experimento en geo-ingeniería, único en el mundo. Ello permitió atender las necesidades europeas de fertilizantes y N_r en los ámbitos industrial y militar.

Sin embargo, mientras que la escasez del nitrógeno reactivo del pasado ha sido resuelta, Europa ha almacenado una herencia de nitrógeno, con unos impactos medioambientales inesperados, claramente visibles y bien estudiados.

La complejidad y alcance del conocimiento científico ha determinado que éste se haya subdividido y centrado en distintos sectores. Esta fragmentación se puede observar, de forma paralela, en las políticas ambientales relacionadas con el nitrógeno, que normalmente están separadas por el medio (aire, tierra, agua, etc.), y el sector (clima, biodiversidad, residuos, etc.) en que inciden, y por el tipo de compuesto nitrogenado.

Quizás esa especialización científica y política en materia de nitrógeno ha hecho que se perdiera la perspectiva del panorama general. Las distintas formas del nitrógeno reactivo, así como sus diferentes medios hacen necesaria una visión general e integradora del problema y una comprensión del ciclo del nitrógeno, para minimizar sus efectos adversos en el medio ambiente, y así optimizar la producción de alimentos y uso de la energía.

La Figura 1 muestra de forma simplificada el ciclo de nitrógeno destacando su captura de la atmósfera (N_2) para formar nitrógeno reactivo (N_r) por el proceso Haber-Bosch - la fuente más grande de N_r en Europa. En ella se resumen las principales formas contaminantes de N_r (recuadros naranjas) y las cinco principales preocupaciones ambientales (marcos azules). Las flechas azules representan los flujos antropogénicos de Nr, y el resto de flechas representan flujos no deseados.

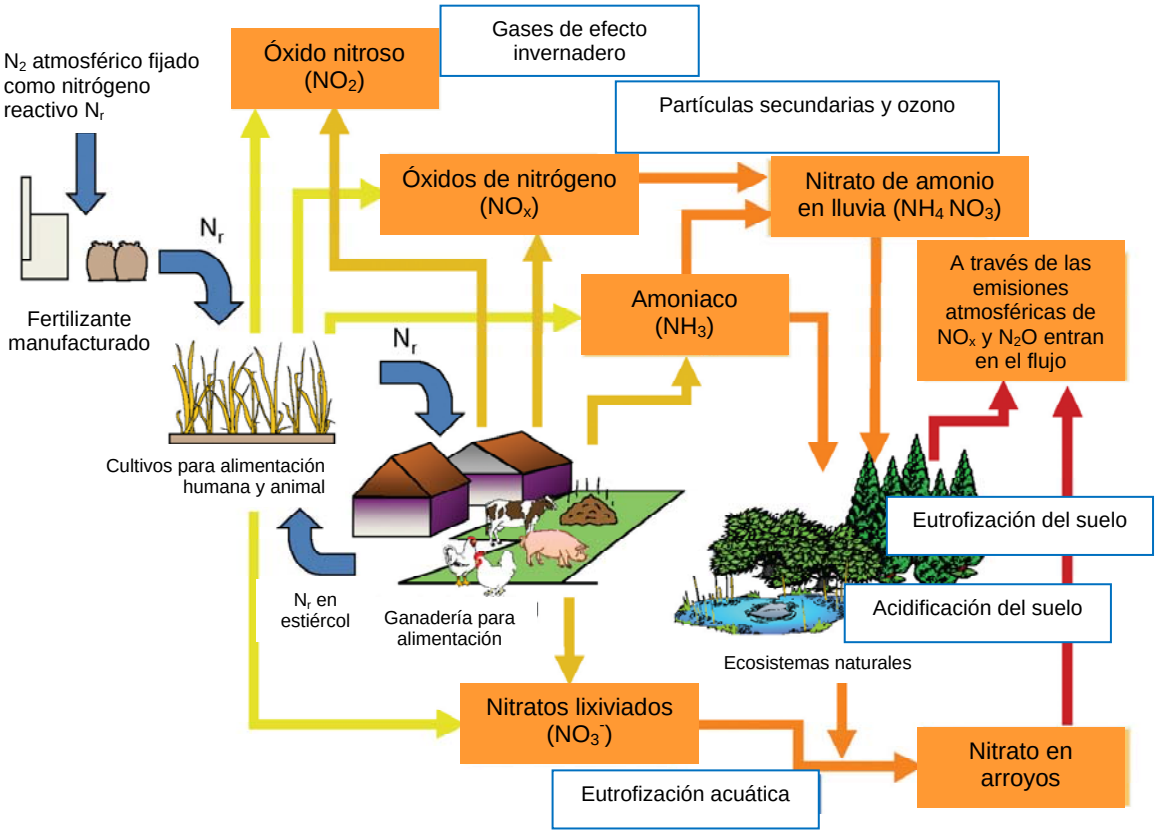


Figura 1 Ciclo del nitrógeno

Fuente: *The European Nitrogen Assessment (Sutton, y otros, 2011)*

El desafío clave ha sido sintetizar la ciencia y el entendimiento de nitrógeno en una forma que fuese útil para los gobiernos y para la sociedad. En respuesta a estas necesidades se estableció la European Nitrogen Assessment (ENA). Su principal audiencia política fue la Convención de Ginebra sobre la "Long-range Transboundary Air Pollution" (CLRTAP), que se gestó bajo los auspicios de la Comisión Económica para Europa (CEPE).

Además de apoyar el CLRTAP, la ENA presta apoyo científico y político a la Unión Europea y sus Estados miembros, así como a otros acuerdos ambientales multilaterales, incluyendo la Alianza Mundial en Manejo de Nutrientes que forma parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

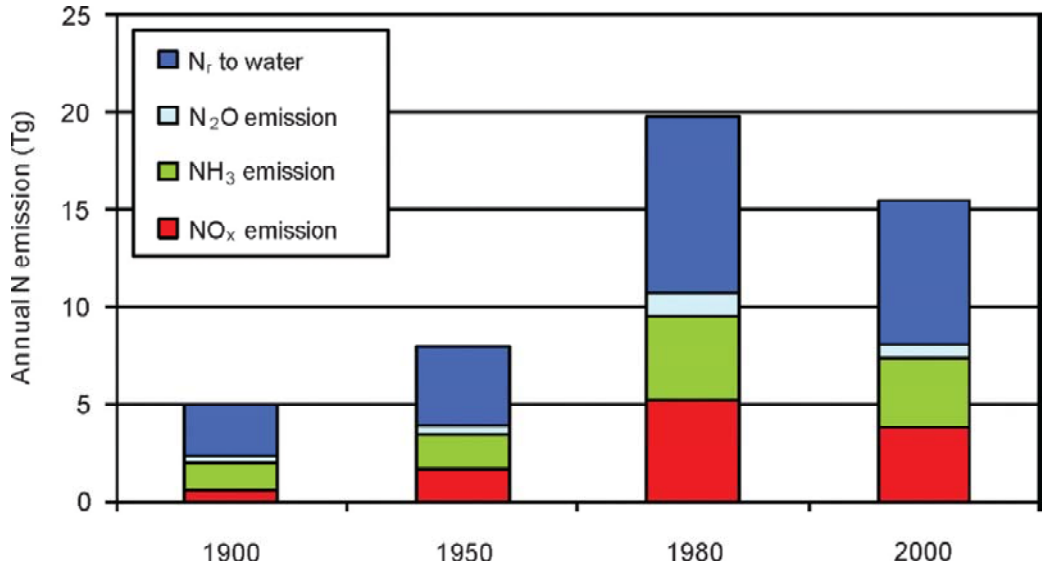
4.1 LOGROS Y LIMITACIONES DE LAS POLÍTICAS ACTUALES

El pico de producción de N_r en Europa se produjo en la década de 1980 y fue vinculado a los excedentes agrarios y a la falta de normativas sobre emisiones. Desde ese momento, la introducción de políticas y otros cambios que afectaron a la agricultura (incluida la Política Agrícola Común, la Directiva sobre Nitratos(91/676/CEE) y la reestructuración de Europa del Este después de 1989), así como estrictos controles de emisiones, como por ejemplo la de las grandes instalaciones de combustión (CE Directiva de grandes instalaciones de combustión, protocolo de Sofía por los Estados miembros de la CEPE, el Protocolo de Gotemburgo, etc.) y las normas EURO de los vehículos de transporte por carretera, han llevado a la disminución de emisiones.

Si nos centramos en las medidas agrícolas, éstas consiguieron una modesta reducción del nitrógenos reactivo de este origen en la UE-27 (15%, según la publicación del European Nitrogen Assessment).

Esta pequeña reducción general se refleja en las tendencias de las emisiones de NH_3. (Sutton, y otros, 2011)

En la Gráfica 1 se muestran las tendencias europeas de emisiones de N_r entre los años 1900 y 2000.



Gráfica 1Tendencias europeas estimadas del Nr entre los años 1900 y 2000 (UE-27)

Fuente: *The European Nitrogen Assessment (Sutton, y otros, 2011)*

La mayoría de las reducciones que se han logrado pueden atribuirse al menor uso de fertilizantes nitrogenados y a la eliminación del número de cabezas de ganado, sobre todo en Europa del Este desde 1989. Aunque las mejoras de gestión habrán contribuido a la reducción de emisiones (por ejemplo, lixiviación de nitratos y pérdida de áreas marinas), estas medidas no han conseguido aún una reducción cuantitativa de emisiones de NO_2 y NH_3, procedentes de la agricultura, a nivel europeo.

La razón de que las políticas de reducción de emisiones de N_r actuales en la agricultura hayan tenido sólo un limitado progreso puede deberse, en parte, a la gran cantidad y diversidad de "actores" (incluyendo el gran número de granjas de pequeño tamaño), la naturaleza difusa de las fuentes de emisión de N_r y al desafío de repercutir costes a los consumidores. Como consecuencia, la agricultura es el sector con mayor potencial de reducción de emisiones.

4.2 AMENAZAS CLAVE DEL EXCESO DE NITRÓGENO

De una larga lista de diferentes problemas y consecuencias relacionadas con el exceso de N_r en el ambiente, la Comisión Europea ha identificado cinco amenazas fundamentales: la calidad del agua, la calidad del aire, el efecto invernadero, la calidad del suelo y los efectos nocivos sobre los ecosistemas y la biodiversidad. Se identifican por sus

siglas en inglés “WAGES”. Estas cinco amenazas proporcionan un marco que incorpora casi todas las cuestiones relacionadas con el exceso de nitrógeno reactivo.

Nitrógeno como una amenaza para la calidad del agua en Europa

La contaminación del agua por N_r provoca la eutrofización y la acidificación en aguas dulces. También se ven afectados por esta eutrofización los estuarios, las costas y los mares interiores. La pérdida de biodiversidad, así como la proliferación de algas tóxicas y zonas no aptas para la vida piscícola son ejemplos de efectos de altas concentraciones de este contaminante. Los niveles de nitratos en aguas dulces en la mayor parte de Europa superan el umbral de 1,5 a 2 mg de N_r por litro (Sutton, y otros, 2011) (chap. 17), por encima del cual puede sufrirse pérdida de biodiversidad.

El agua potable con altas concentraciones de nitrato es peligrosa para la salud humana, ya que podría causar cáncer y, aunque de forma poco habitual, metahemoglobinemia infantil. Alrededor de un 3% de la población en la UE-15 está potencialmente expuesta a un consumo de agua potable que supera los 50 mg de NO_3^- por litro (11,2 mg de N_r por litro) y un 6% a concentraciones que rebasan los 25 mg NO_3^- por litro. Esto puede hacer que aumenten en un 3% los casos de cáncer de colon(Sutton, y otros, 2011) (chap. 17). Sin embargo, también se considera que el nitrato es beneficioso para la salud cardiovascular.

Aunque la eutrofización acuática se ha reducido desde la década de 1980, las políticas internacionales acordadas no se han aplicado plenamente. Además, el aumento de nitratos en aguas subterráneas amenaza la calidad a largo plazo de los recursos hídricos, debido a sus dilatados períodos de permanencia en los acuíferos. Lograr avances sustanciales en el ámbito europeo requiere la integración de las políticas sectoriales, reduciendo los inputs totales de N_r.

Nitrógeno como una amenaza para la calidad del aire en Europa

La contaminación del aire por óxidos de nitrógeno (NO_x) y amoníaco (NH_3) provoca la formación de partículas secundarias (PM, del inglés “particulate matter”), mientras que las emisiones de NO_x también aumentan los niveles de dióxido de nitrógeno (NO_2) y el ozono troposférico (O_3). Ello produce problemas respiratorios y cáncer en humanos; además, el ozono daña cultivos y otros tipos de vegetación, así como a edificios y otros elementos del

patrimonio cultural. Existen modelos que estiman que las PM contribuyen anualmente a entre 300 y 400 mil muertes prematuras en Europa, lo que supone un acortamiento de la esperanza de vida de unos 6 a 12 meses en la mayor parte de Europa central. Aunque la disminución de las emisiones de NO_x ha reducido los picos de concentración de O_3, el ozono del fondo troposférico continúa aumentando. En comparación con el limitado progreso en la reducción de NO_x, está el todavía menos exitoso control de las emisiones de NH_3 en la agricultura, las cuales contribuyen, por tanto, al incremento de la carga contaminante del aire en el continente.(Sutton, y otros, 2011) (chap. 18).

Nitrógeno como una amenaza para el efecto invernadero en Europa

Las emisiones de nitrógeno reactivo tienen un doble efecto sobre el clima: calentamiento y enfriamiento. Los responsables principales del calentamiento son el aumento de las concentraciones de NO_2y del ozono troposférico, que son gases de efecto invernadero. Los responsables principales del enfriamiento son la deposición atmosférica del N_r, la eliminación de CO_2 de la atmósfera por los bosques, y la formación de N_r debido a los aerosoles, que dispersa la luz y favorece la formación de nubes.

En general, se estima que las emisiones de nitrógeno reactivo tienen un efecto neto de enfriamiento sobre el clima de 16mW por m^2(Sutton, y otros, 2011) (chap. 19). La mayor preocupación reside en los efectos de los aerosoles y de los fertilizantes y sus contribuciones europeas en un contexto global. La estimación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las emisiones indirectas de NO_2debidas a la deposición de nitrógeno reactivo considera que están subestimadas por lo menos en un factor de 2. . (Sutton, y otros, 2011) (chap. 19).

Nitrógeno como una amenaza para los ecosistemas terrestres y la biodiversidad en Europa

La liberación atmosférica del nitrógeno reactivo modifica la biodiversidad de las especies vegetales en Europa, al hacer que sobrevivan aquellas plantas que necesitan mayores contenidos en nitrógeno y desaparezcan especies más sensibles. Los hábitats más vulnerables son aquellos con especies adaptadas a los bajos niveles de nutrientes o escasas defensas contra la acidificación. Además de la eutrofización, El N_r atmosférico causa daño foliar directo, acidificación y aumento de la susceptibilidad a enfermedades.

Aunque existen incertidumbres en los efectos relativos de nitrato atmosférico (NO_3^-) frente a amonio (NH_4^+), el amoniaco gaseoso (NH_3) puede ser particularmente perjudicial para la vegetación, causando daño foliar, especialmente en plantas próximas al nivel del suelo. Esto enfatiza la amenaza a los hábitats semi-naturales propios de los cultivos agrícolas. La deposición de N_r se espera que actúe de forma sinérgica con el cambio climático y el ozono a nivel de suelo.

Los umbrales de las concentraciones atmosféricas y deposición de los componentes de nitrógeno reactivo se superan en los hábitats semi-naturales en gran parte de Europa, situación que se mantendrá en el futuro de acuerdo a las proyecciones actuales de emisiones de N_r. Para lograr una recuperación de los ecosistemas son necesarias nuevas reducciones de las emisiones de NH_3 y NO_x. . (Sutton, y otros, 2011) (chap 20).

Nitrógeno como una amenaza para la calidad del suelo en Europa

Los principales riesgos del N_r sobre la calidad del suelo son la acidificación, cambios en el contenido de materia orgánica y pérdida de biodiversidad. La acidificación del suelo puede ocurrir a partir de la deposición del N_r resultante de las emisiones de NO_x, lo que supone una reducción del crecimiento del bosque y una mayor lixiviación de metales pesados.

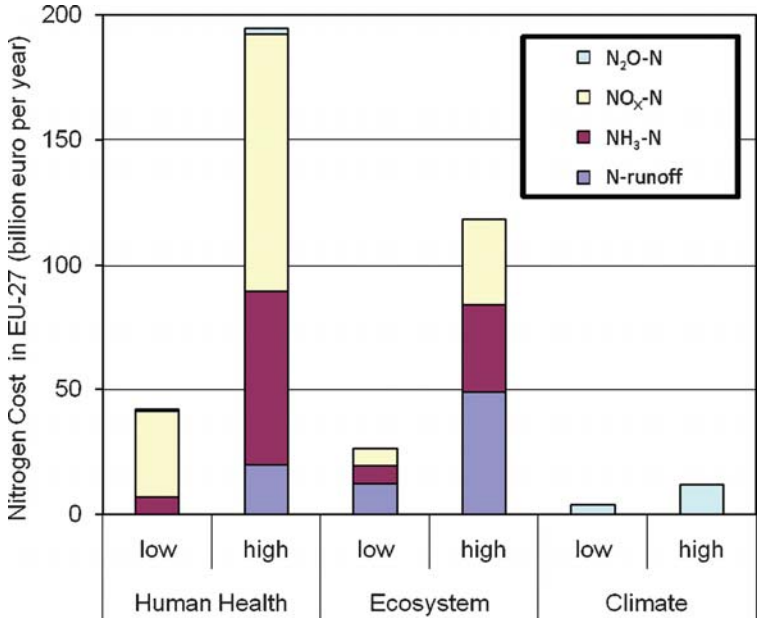
La adición de N_r normalmente tiene un efecto beneficioso en los suelos agrícolas, ya que mejora su fertilidad y el contenido orgánico. Sin embargo, se produce un aumento de las pérdidas de nitrógeno reactivo, ya que algunos hongos del suelo y bacterias fijadoras de este gas se reducen con altas concentraciones de N_r. Las interacciones entre N_r y biodiversidad y fertilidad del suelo, y las emisiones de N_r no se conocen bien.

Se espera que los bosques europeos sean menos ácidos en unas décadas, principalmente como consecuencia de la reducción de emisiones de SO_2 y NO_x. . (Sutton, y otros, 2011) (chap 21).

4.3 PÉRDIDA ESTIMADA DE BIENESTAR DEBIDO A LAS EMISIONES DE NITRÓGENO EN EUROPA: CONSECUENCIAS ECONÓMICAS

Se ha publicado en el European Nitrogen Assessment la estimación del coste que le supone a Europa el impacto de las emisiones de nitrógeno reactivo sobre el medio ambiente.(Sutton, y otros, 2011) (chap. 22) Expresado en €/kg de N_r, el coste más elevado está asociado a los efectos que la contaminación del aire debido a los NO_x tiene sobre la salud humana (10-30 €/kg); le sigue el debido a las pérdidas de N_r en el agua, que afecta a ecosistemas acuáticos, (5-20 €/kg), y finalmente el generado por el NH_3 a través de partículas secundarias (2-20 €/kg). Se estima que el menor coste por su incidencia en la salud humana, corresponde a los efectos de los nitratos en el agua potable (0-4 €/kg), y a la acción del NO_2en la reducción de la capa de ozono (1-3 €/kg).

Combinando estos costes con la cantidad total de emisiones de nitrógeno reactivo, en cada una de sus formas, se obtiene la primera estimación económica de los daños anuales relativos al N_r en la UE-27, tal y como se muestra en la gráfica 2.



Gráfica 2Costos ambientales estimados debido a las emisiones de nitrógeno reactivo al aire y al agua, en la UE-27 en el 2000

Fuente: *The European Nitrogen Assessment (Sutton, y otros, 2011)*

El coste total estimado es de entre 70 y 320 billones de euros al año, de los cuales el 75% corresponde a los efectos sobre el aire (contaminación ambiental) y el 60% a los efectos sobre la salud humana. El coste equivalente global es de entre 150 -750 euros por persona, (el 1-4% de la renta media europea), y es aproximadamente el doble que la actual "voluntad de pago" para controlar el calentamiento global mediante el comercio de emisiones de carbono.

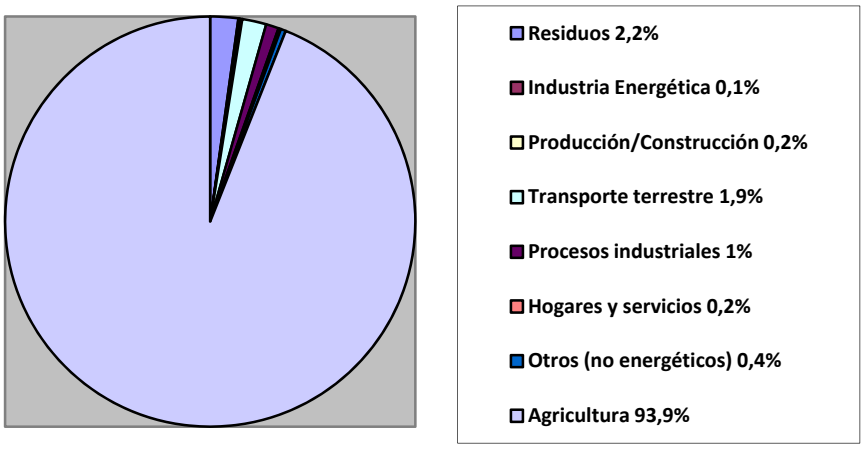
El coste ambiental relativo a los efectos de las emisiones de N_r procedentes del sector agrícola en la Europa de los 27 se ha estimado en unos 20-150 billones de euros al año.

5. AMONIACO

El amoniaco (NH_3), es un compuesto nitrogenado volátil, que en concentraciones muy altas es cáustico y daña las vías respiratorias.

La "lluvia ácida" se forma cuando el aire contiene altos niveles de óxidos de azufre y nitrógeno. La reducción masiva de las emisiones de dióxido de azufre ha sido uno de los grandes éxitos de las políticas en materia de contaminación atmosférica de las últimas décadas. Los 32 países miembros de la AEMA, Agencia Europea de Medio Ambiente, redujeron las emisiones de azufre en un 70 % entre 1990 y 2006. El problema del nitrógeno, en cambio, no se ha abordado con la misma eficacia.

Al disminuir las emisiones de azufre, el nitrógeno es ahora el principal componente acidificante en nuestra atmósfera. La agricultura y el transporte son las principales fuentes de contaminación por nitrógeno. La agricultura por sí sola es responsable de más del 90 % de emisiones de amoníaco (NH_3).Ver gráfica 3.



Gráfica 3Emisiones de NH_3 – AEMA-32 2009 (Total: 3.862 kt)

Fuente: (European Environment Agency , 2012)

Como se ha visto, el amoniaco contribuye a la formación de partículas secundarias (PM) que, junto a la capa de ozono, es el contaminante con mayor impacto estimado sobre

la salud humana. Durante el período 2001-2012, no se ha visto una disminución significativa en la Unión Europea de las concentraciones de partículas secundarias. Altas concentraciones de ozono y PM son responsables de casi medio millón de muertes prematuras anuales en Europa, así como importantes problemas de salud.

El amoniaco contribuye también a la deposición básica y a la eutrofización. Las consecuencias de la deposición básica pueden ser significativas, incluyendo efectos adversos sobre los ecosistemas acuáticos en ríos y lagos, afectando como consecuencia bosques, cultivos y todo tipo de vegetación. La eutrofización puede conducir a una severa reducción en la calidad del agua con posteriores consecuencias, incluida la disminución de la biodiversidad, cambios en las especies, además de los efectos tóxicos. En una parte importante de la UE, la deposición de nitrógeno procedente del amoniaco es de dos a cinco veces mayor que la deposición por óxidos de nitrógeno y puede atribuirse, en gran parte, a la agricultura intensiva.

Los objetivos medioambientales establecidos para 2020 por TSAP (Thematic Strategy on Air Pollution) en 2005 para los impactos en la salud debidos a las PM y la eutrofización no se alcanzará en 2020, según publica en marzo de 2013 un informe de la European Environmental Bureau, Client Earth y The Air Pollution & Climate Secretariat. Sin embargo, en el estudio TSAP-2012, BaselineHealth and Environmental Impacts elaborado por el International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) para la Comisión Europea, en 2020, los nuevos controles sobre las emisiones de amoniaco en el sector agrícola podrían proteger unos 200.000km^2 contra el exceso de deposiciones de nitrógeno. Según el mismo estudio, tales controles de emisión de amoniaco contribuirán, probablemente, a que las concentraciones de PM10 (partículas finas con un diámetro aerodinámico de menos de 10 micras) de los antiguos Estados miembros no sobrepasen los valores límite de calidad del aire.(Thematic Strategy on Air Pollution. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament., 2005).

La reducción de emisiones de amoníaco en el sector agrícola podría reducir los niveles de PM y, por tanto, mejorar la salud de las personas y salvar vidas. Dado que las concentraciones de PM (a las que las emisiones de amoniaco contribuyen) no se pueden controlar en las ciudades, que por otro lado es donde más daño producen, la UE tiene un importante papel que desempeñar para garantizar el control de las emisiones en la fuente.

5.1 LEGISLACIÓN AMBIENTAL EUROPEA RELATIVA AL AMONIACO

A continuación se recogen los principales marcos reguladores en materia de legislación ambiental sobre el amoniaco:

Directiva 91/676/EEC

La Directiva 91/676/CEE (en vigor) tiene como objetivos fundamentales establecer las medidas necesarias para prevenir y corregir la contaminación de las aguas, continentales y litorales, causada por los nitratos de origen agrario y actuar de forma preventiva contra nuevas contaminaciones de dicha clase.([a], 1991)

La Directiva sobre nitratos ha contribuido a que algunos Estados miembros comenzaran a abordar los impactos del amoniaco en el agua a través de la legislación nacional. Sin embargo, los requisitos de esta Directiva abordan sólo parte de las emisiones de amoniaco.

Las medidas puestas en marcha a nivel nacional varían de unos Estados miembros a otros, y algunos países, como Irlanda, han conseguido prórrogas en su aplicación (hasta 2013, año a partir del cual deben cumplir los límites establecidos, coincidiendo con la revisión del *Nitrates Action Programme*).

En España esta Directiva ha sido transpuesta a la normativa española por el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias (BOE núm. 61, de 11 de marzo).([b], 1996).

Protocolo de Gotemburgo, noviembre 1999

El 30 de noviembre de 1999 se aprueba en Suecia el Protocolo de Gotemburgo para reducir la acidificación, la eutrofización y el ozono. ([c], 1999)

El Protocolo establecía límites máximos de emisión en 2010 para cuatro contaminantes: azufre, óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoniaco. Estos límites se negociaron sobre la base de evaluaciones científicas de los efectos de la contaminación y las opciones de reducción. Aquellos elementos cuyas emisiones tienen un impacto ambiental o de salud más graves y cuya reducción supone

menor esfuerzo económico serían aquellos sobre los que se debía actuar haciendo los mayores recortes. Una vez entrado en vigor el Protocolo, las emisiones de azufre en Europa debían reducirse en al menos un 63%, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) en un 41%, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) en un 40% y las emisiones de amoníaco en un 17%, en comparación con las registradas en 1990.

El Protocolo también establece valores límites ajustados en las fuentes de emisión específicas y requiere la implementación de las mejores técnicas disponibles en cada sector para limitar las emisiones. Los agricultores, además, tendrán que tomar medidas específicas para controlar las emisiones de amoniaco.

El Protocolo se modifica en el 2012 para incluir los compromisos nacionales de reducción de emisiones que deben alcanzarse en 2020. La reforma establece una reducción de las emisiones de la UE cifradas en el 60% para el azufre, el 40% para los óxidos de nitrógeno (NOx), el 30% para los compuestos orgánicos volátiles (COV), el 6% para el amoniaco y el 20% para las partículas, en comparación con los niveles de 2005.Este acuerdo implica a la Unión Europea, Noruega, Suiza y a Estados Unidos, aunque también han participado en las negociaciones otros países pertenecientes a la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas.

El Protocolo revisado también introduce flexibilidad para facilitar la adhesión de nuevas partes, principalmente los países del sur y del este de Europa, el Cáucaso y Asia Central.

Directiva 2000/60/CE

La Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua, en vigor) por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas requiere que todas las aguas alcancen un "buen estado ecológico[1]" en el año 2015.([d], 2000)

La transposición de la Directiva 2000/60/CE en España se realizó mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre.([g], 2003)

[1]Buen estado ecológico: el estado de una masa de agua superficial, que se clasifica como tal con arreglo al anexo V de la Directiva 2000/60/CE.

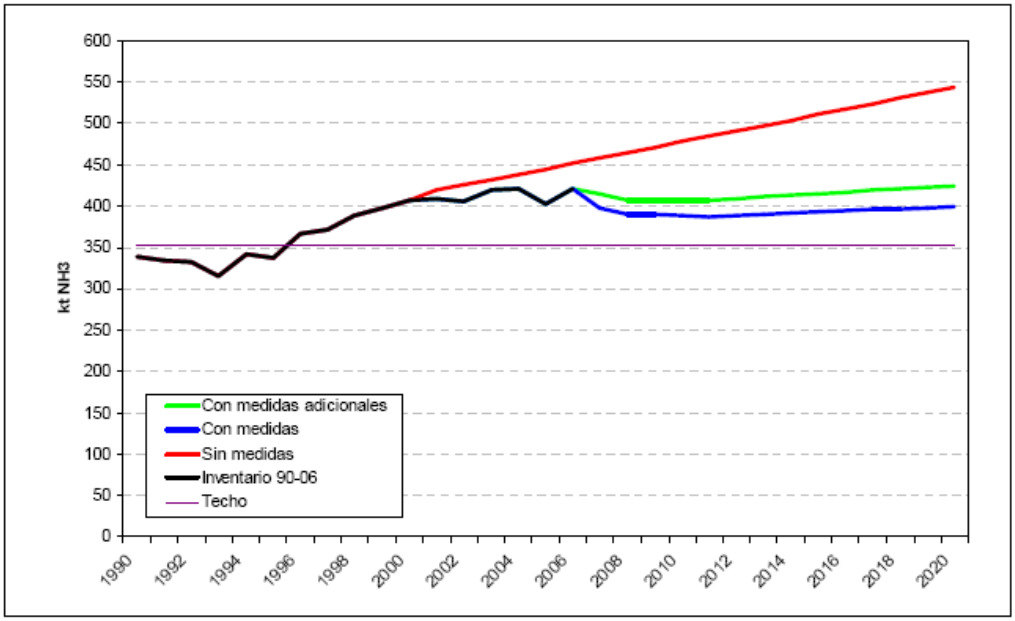
Directiva 2001/81/CE

La Directiva 2001/81/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2001 (en vigor), establece los valores máximos nacionales de emisión anual de los siguientes contaminantes: dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoníaco (NH_3), para los años 2010 y 2020.([e], 2001)

Con el fin de verificar y promover su cumplimiento, la Directiva impone a los Estados miembros la elaboración y comunicación de inventarios y proyecciones de emisiones, así como de programas nacionales de reducción progresiva de las emisiones de los contaminantes a los que se aplica. En lo que se refiere a los **Programas Nacionales de Reducción de Emisiones (PNRE)**, en España se han aprobado hasta la fecha dos, el primero en 2003, y el segundo (II PNRE) en 2007 por Acuerdo del Consejo de Ministros de 7 de diciembre.([i], 2007)

El II PNRE establece su desarrollo a través del "**Plan de Acción para la aplicación del II Programa Nacional de Reducción de Emisiones conforme a la Directiva sobre Techos Nacionales**". Este Plan de Acción, de 2009, tiene por objeto impulsar las medidas necesarias para aproximarse al cumplimiento de los Techos Nacionales de Emisión establecidos por la Directiva.

La gráfica 4, publicada en el Plan de Acción, muestra la proyección de las emisiones de amoniaco, indicando: a) la serie 1990-2006 del Inventario Nacional ("Inventario 90-06"), b) la evolución previsible de las emisiones si no se aplicaran medidas para su reducción ("sin medidas"); c) la evolución prevista para el escenario base, en el que se tienen en cuenta los planes y medidas ya aprobados ("con medidas"); y d) la evolución previsible para el escenario objetivo, que considera además, otras medidas que son necesarias para acercarse al cumplimiento de los objetivos ("con medidas adicionales").



Gráfica 4 Proyección de las emisiones de NH_3 (España)

Fuente:(Plan de acción para la aplicación del II Programa Nacional de Reducción de Emisiones conforme a la Directiva sobre Techos Nacionales, 2009)

El Plan de Acción establece una serie de medidas, acciones y esfuerzos, que complementan las medidas del Escenario Base. Dentro de ellas se encuentran las que afectan alos sectores agrícolas y ganaderos. Estas medidas consideran la inclusión de las mejoras realizadas en las estadísticas agrarias nacionales. Con el objeto de disponer de una representación más realista, se modificaron, por un lado, los censos de aves de puesta, para evitar duplicidades en la cuantificación y, por otro, el censo de pollos, que subestimaba el número real de éstos. El resultado de estas modificaciones ha dado lugar a un aumento de emisiones de NH_3, debido fundamentalmente al incremento del número de pollos censados.

En la Tabla 1 se muestra la variación de emisiones debido a esta medida.

Tabla 1 Potencial de reducción de emisiones de NH_3 en agricultura y ganadería por medidas del Plan de Acción (España).

Potencial de reducción (t)	**2010**			
MEDIDA	**NO_x**	**SO_2**	**COVNM**	**NH_3**
Mejora de estadísticas en agricultura y ganadería	-200	-	-	-18.320

COVNM: compuestos orgánicos volátiles distintos del metano.

NOTA: los valores negativos suponen un aumento de las emisiones

Fuente: (Plan de acción para la aplicación del II Programa Nacional de Reducción de Emisiones conforme a la Directiva sobre Techos Nacionales, 2009)

Si tenemos en cuenta las medidas a implantar por cada comunidad autónoma, debido a la mejora de la información base del sector agricultura y ganadería, las emisiones de amoniaco se vuelven a ver incrementadas, tal y como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Potencial de reducción de emisiones de NH_3 en agricultura y ganadería por las medidas del Plan de Acción en las comunidades autónomas (España).

Potencial de reducción (t)	2010			
MEDIDA	**NO_x**	**SO_2**	**COVNM**	**NH_3**
Medidas a implantar por las comunidades autónomas	4.202	1.261	260	-860

COVNM: compuestos orgánicos volátiles distintos del metano.

NOTA: los valores negativos suponen un aumento de las emisiones.
Fuente: (Plan de acción para la aplicación del II Programa Nacional de Reducción de Emisiones conforme a la Directiva sobre Techos Nacionales, 2009)

Este mismo Plan contempla, como acción complementaria dentro del sector agrícola, fomentar la aplicación de medidas (almacenamiento y esparcido de estiércoles) con potencial de reducción de las emisiones de amoniaco. Para ello, proponía evaluar una implantación con carácter reglamentario de las mejores técnicas disponibles con impacto sobre las emisiones en las fases de almacenamiento y esparcido de estiércoles identificadas para España en el marco de la Directiva IPPC (Ley 16/2002 de 1 de julio de Prevención y Control integrados de la Contaminación)([f], 2002)

Según el informe de 2011 de la Agencia Europea de Medio Ambiente, elaborado a partir de los informes de los Estados miembros en virtud de la Directiva 2001/81/CE, España es el único país que excede sus emisiones en tres de los cuatro techos establecidos(NO_X, COV, NH_3),seguido de Alemania, con dos, (NO_X, COV) y Finlandia, también con dos, (NO_X, NH_3)

Tabla 3Emisiones de NH3 según informe de estado de la Agencia Europea de Medio Ambiente (2011)

País	Techo de emisión NH_3 (kilotoneladas)	Emisiones, según informe de estado 2011 NH_3 (kilotoneladas)
España	353	368

Directiva 2008/50/EC

Directiva 2008/50/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008 (en vigor) relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. ([l], 2008)

Esta Directiva fija límites para la protección de la salud pública, que deben cumplirse en toda Europa. Actualmente, estos límites no se cumplen en muchos países de la UE, debido principalmente a la falta de una política de control de emisiones en los sectores clave, como sucede por ejemplo con las emisiones de amoniaco en agricultura.

Esta Directiva no es el instrumento adecuado para introducir medidas de reducción de emisiones de amoniaco agrícolas, pero su éxito depende en gran medida de la adopción de las mismas. Con el fin de acelerar su cumplimiento, la Comisión Europea no sólo debe hacer cumplir estrictamente la Directiva, sino también proponer medidas legislativas para reducir las emisiones globales de amoniaco.

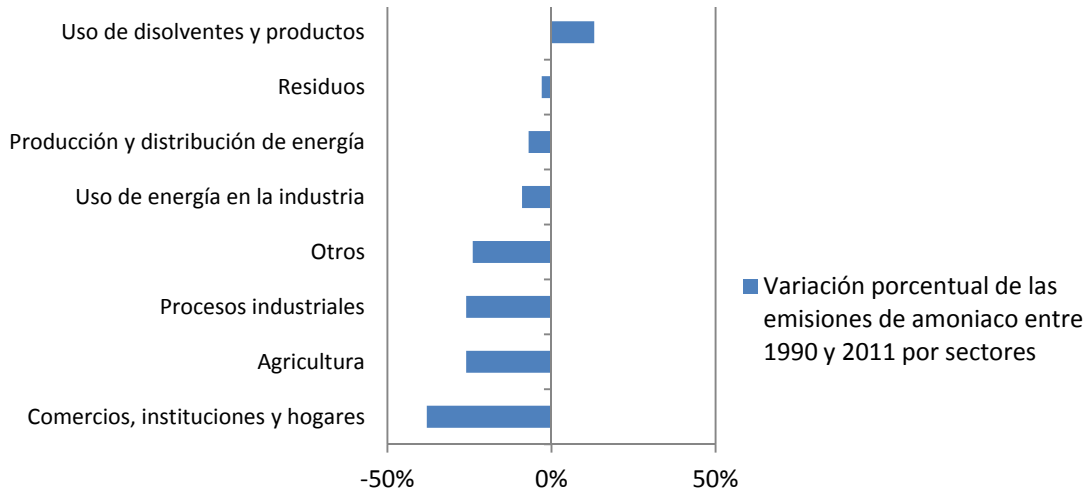
Directiva 2010/75/UE

Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 (en vigor) sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).

Establece las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para la prevención y control de contaminación de grandes instalaciones, como granjas de cerdos y aves de corral, pero no para granjas de ganado. ([ñ], 2010)

5.2 CONTRIBUCIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO

El sector agropecuario sigue siendo la principal fuente de emisiones de amoniaco, a pesar de la caída de las emisiones en un 26% desde 1990. La agricultura representó el 96% del total de emisiones en 1990, y el 94% en 2011.(Velthof G.L., 2010)En la gráfica 5 se muestra la variación porcentual de las emisiones de amoniaco por sectores entre 1990 y 2011.

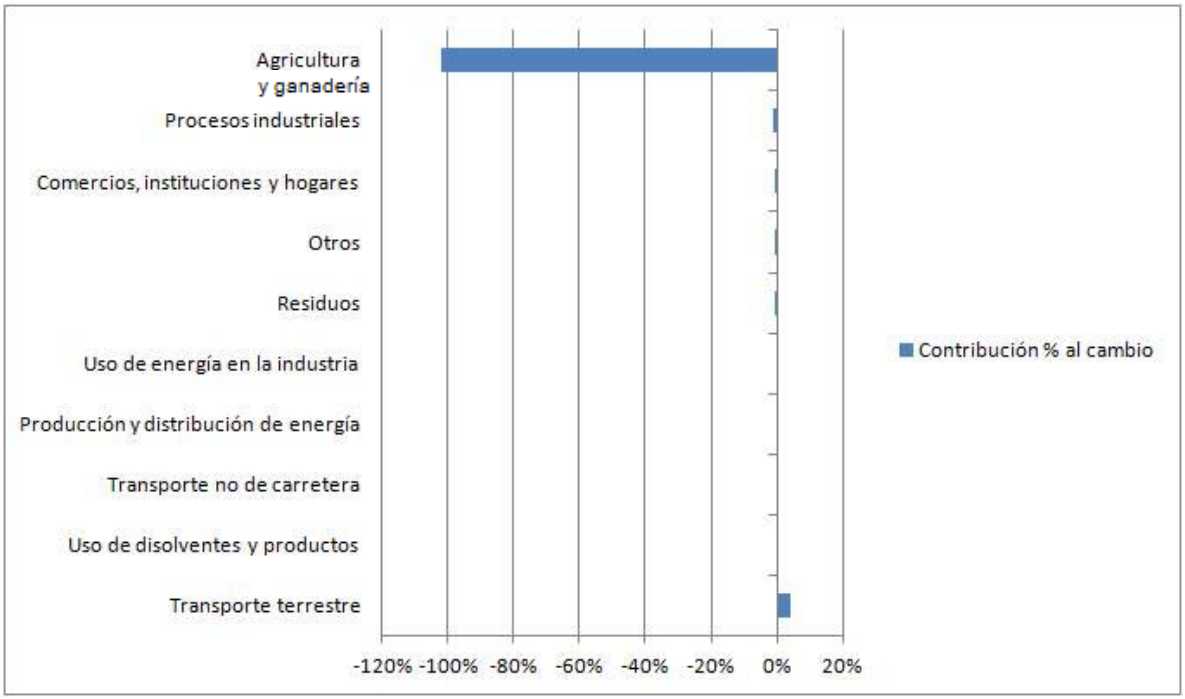


Gráfica 5 Variación porcentual de las emisiones de amoniaco entre 1990 y 2011, por sectores (UE).

Fuente: (European Environment Agency, 2013)

Estas emisiones, generadas en el sector agropecuario, provienen principalmente de la descomposición de la urea en los desechos animales y del ácido úrico en los desechos de aves de corral. Las emisiones dependen de la especie animal, la edad, el peso, la dieta, los sistemas de alojamiento, la gestión de residuos y las técnicas de almacenamiento. La mayor contribución a la reducción de las emisiones se debe a la combinación de la disminución del número de cabezas de ganado en Europa (especialmente ganado vacuno), y del menor uso de fertilizantes nitrogenados.

En la Gráfica 6 se muestra la contribución sectorial de la variación de las emisiones de amoniaco entre 1990 y 2011.



Gráfica 6 Contribución por sectores a la variación total de emisiones de amoniaco entre 1990 y 2011 (UE).

Fuente: (European Environment Agency ,2013)

A continuación (Figura 2) se muestra un mapa de emisiones a la atmósfera de amoniaco procedentes de fuentes agrarias de los países de la UE27 y EFTA4 (asociación europea de libre comercio: Islandia, Liechtenstein, Noruega y Suiza) por celdas de cuadrícula 5x5 km^2 para el año 2008, publicado en 2010. Las emisiones se expresan en toneladas por cuadrícula.

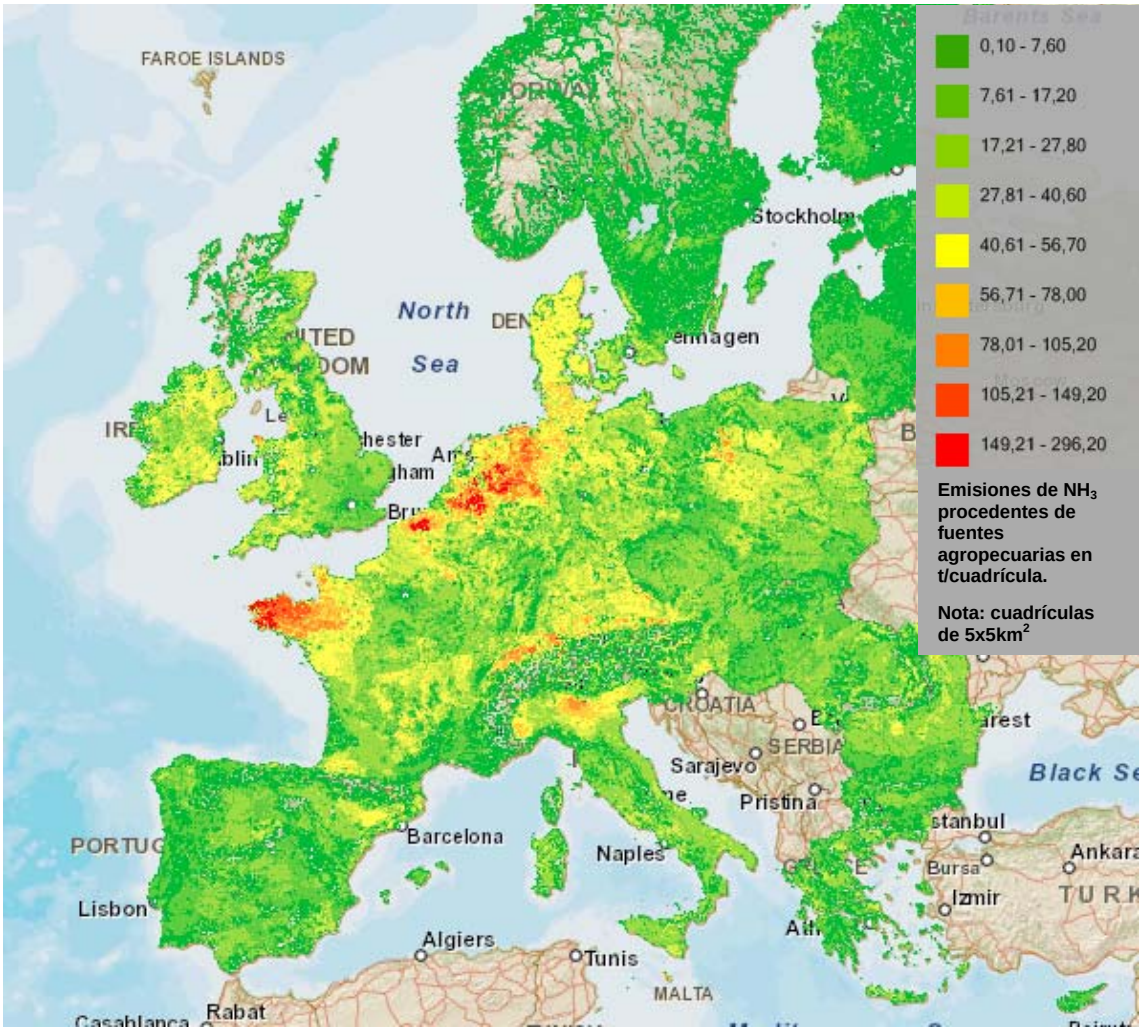


Figura 2 Emisiones de NH_3 procedentes de fuentes agropecuarias.

Fuente: The European Pollutant Release and Transfer Register. (2012)

En la Figura 3 se indican las emisiones a la atmósfera de amoniaco procedentes de fuentes agrarias en Monaghan, región irlandesa en la que se realizaron algunas de las pruebas de campo para la elaboración de esta tesis. Las emisiones se expresan igualmente en toneladas por cuadrícula, siendo éstas de 5x5km^2, y los datos corresponden al 2008 disponibles en el 2010.

Figura 3 Emisiones de NH3 procedentes de fuentes agropecuarias (Monaghan, Irlanda).

Fuente: The European Pollutant Release and Transfer Register. (2012)

6. LA INDUSTRIA AVÍCOLA

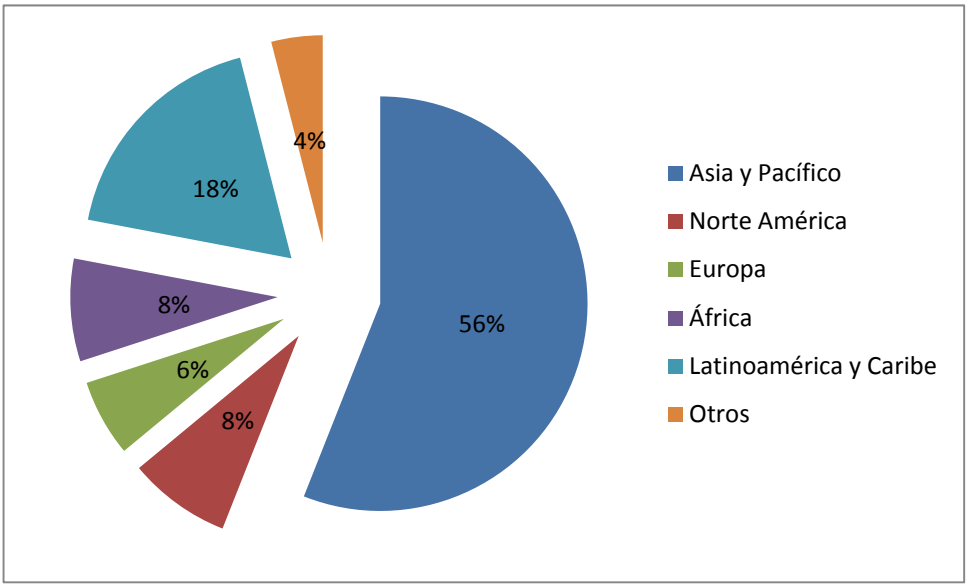
El sector ganadero es importante por su contribución a la seguridad alimentaria y suministrar los medios de vida a una gran parte de la población. El aumento de la población mundial, así como de los niveles de ingresos ha hecho que se incremente de manera más intensa la demanda de productos animales, en comparación con otros productos alimenticios. Se calcula que la producción mundial de carne aumentará en más del doble en 2050, pudiendo llegarse a alcanzar los 465 millones de toneladas.(OCDE/FAO, 2013)

Al mismo tiempo, el sector pecuario ejerce presión sobre muchos ecosistemas y contribuye a los efectos ambientales mundiales. Las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la producción pecuaria incide de forma relevante al cambio climático. La presencia diseminada del ganado afecta la biodiversidad y la calidad del agua tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo. La base de recursos naturales que soportan los procesos productivos es finita, y por consiguiente, será necesario acompañar ala continua expansión del sector pecuario mundial de avances sustanciales en la mejora de la eficiencia. Esta necesidad tiene cada vez un mayor reconocimiento entre los productores, consumidores y gobiernos.

6.1 PRODUCCIÓN

El sector avícola ha experimentado en las últimas décadas un gran crecimiento de los ratios de demanda y producción. Estos incrementos, como consecuencia del aumento de los niveles de renta, conllevan la implantación y desarrollo de sistemas ganaderos cuyas características puedan satisfacer de forma rápida esa creciente necesidad de suministro.(Annual Report AVEC, 2013)

La Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Comisión Europea establecen los incrementos de demanda mundiales de carne para el periodo 2012-2021 que se muestran en la Gráfica 7 y Tabla 4, respectivamente:



Gráfica 7Incremento de la demanda de carne entre 2012-2021

Fuente: elaboración propia a partir de datos de (OCDE/FAO, 2013)

Tabla 4 Balance en la UE de carne de aves de corral (1.000t en peso en canal)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	EU-25	EU-27				
Gross indigenous production	11.057	11.631	11.649	11.901	12.064	12.158
Export meat	811	905	928	1.149	1.287	1.352
Import of meat	829	864	848	782	801	820
Consumption	11.070	11.585	11.560	11.526	11.572	11.620
Consumption per capita, kg	22,4	23,3	23,2	23,1	23,1	23,1
Self-sufficiency%	99,9	100,4	100,8	103,3	104,3	104,6

Notes: Partial provisional or estimated.

Nota: parcialmente estimado.

Fuente: Comisión Europea.(2013)

Producción actualizada en 2013

En la Tabla 5 se muestra la producción nacional bruta de carne avícola en la Unión Europea, desde el 2007 hasta 2012. En ella se observa cómo la inmensa mayoría de los países han aumentado su producción.

Tabla 5 Producción nacional bruta de carne avícola en la UE (1.000t en peso en canal)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Austria	119	120	121	125	128	130
Belgium / Luxembourg	277	257	259	250	239	250
Denmark	176	180	180	180	180	180
Finland	95	101	95	96	101	107
France	1.862	1.762	1.719	1.749	1.864	1.849
Germany	1.273	1.391	1.460	1.623	1.681	1.676
Greece	106	191	186	186	187	180
Ireland	113	117	114	123	118	124
Italy	1.123	1.174	1.197	1.221	1.232	1.256
Netherlands	684	698	726	739	783	810
Portugal	318	321	330	337	331	324
Spain	1.149	1.172	1.178	1.281	1.278	1.251
Sweden	84	86	86	86	86	86
United Kingdom	1.464	1.462	1.458	1.573	1.558	1.610
EU-15	**8.844**	**9.032**	**9.109**	**9.568**	**9.766**	**9.834**
Bulgaria	116	99	130	115	110	105
Cyprus	29	29	29	29	29	29
Czech Republic	217	212	212	212	212	172
Estonia	11	12	14	14	16	16
Hungary	438	442	445	430	466	488
Latvia	21	23	21	22	22	23
Lithuania	62	70	70	76	78	80
Malta	4	5	5	4	4	4
Poland	1.096	1.165	1.185	1.305	1.342	1.580
Romania	304	306	316	288	265	270
Slovakia	83	75	74	88	86	86
Slovenia	53	52	57	56	58	58
EU-27	**11.279**	**11.523**	**11.666**	**12.207**	**12.453**	**12.745**

Nota: parcialmente estimado. En los países de la UE existen diferencias significativas entre los datos nacionales y los proporcionados por Eurostat. Los datos han sido revisados, y la tabla ha sido elaborada por la Association of PoultryProcessors and PoultryTrade in the EU Countries, puesto que Eurostat ya no proporciona esta información.

Fuente: Association of Poultry Processors and Poultry Trade in the EU Countries – ASBL.(2013)

Esta tendencia creciente es aún más acusada si nos fijamos en países como China, Rusia o Estados Unidos, tal y como se refleja en la Tabla 6.

Tabla 6 Producción de carne avícola en el resto del mundo (1.000t en peso en canal)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Argentina	1.287	1.444	1.545	1.643	1.694	.
Brazil *)	10.763	11.498	11.489	12.797	13.352	13.260
Chili	583	614	606	594	653	.
China	15.150	15.964	16.582	17.524	17.651	18.000
Croatia	41	40	39	30	29	.
Japan	1.365	1.368	1.412	1.416	1.381	.
Russian Federation	1.856	1.991	2.305	2.549	2.895	3.080
Saudi Arabia	559	563	567	578	583	.
Switzerland	60	64	65	69	73	76
Thailand	1.072	1.105	1.105	1.150	.	.
Turkey	1.082	1.099	1.331	1.462	1.631	.
Ukraine	606	789	766	860	900	.
USA *)	19.387	19.881	18.903	19.531	19.738	19.742
World production	**87.483**	**92.455**	**94.687**	**99.230**	**101.883**	**103.700**

(*) Sólo carne de pollos y pavos.

Nota: parcialmente estimado.

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y FAO.(2013)

6.2 MERCADO

En la Tabla 7 se muestran las importaciones europeas de carne avícola por países, también entre 2007-2012. En ella se observa una tendencia constante, o ligeramente creciente en la mayor parte de Europa.

Tabla 7 Importaciones europeas de carne avícola por países (1.000t en peso en canal)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Poultry meat 1)						
Austria	70	66	85	98	92	102
Belgium / Luxembourg	140	155	157	162	190	223
Bulgaria	48	58	68	81	102	108
Cyprus	4	5	6	7	7	8
Czech Republic	53	64	77	79	92	99
Denmark	42	47	48	58	67	84
Estonia	17	17	18	21	20	18
Finland	4	5	5	5	5	5
France	255	279	310	356	372	380
Germany	457	434	460	491	500	499
Greece	50	57	66	54	56	68
Hungary	33	47	45	38	47	50
Ireland	52	56	53	55	60	61
Italy	34	32	37	46	54	60
Latvia	29	27	26	28	28	27
Lithuania	34	31	25	20	24	30
Malta	5	4	5	5	5	4
Netherlands	408	419	396	437	470	467
Poland	59	35	39	33	33	42
Portugal	28	33	39	45	47	46
Romania	127	118	131	94	91	111
Spain	124	118	119	126	124	119
Slovakia	32	38	38	47	46	30
Slovenia	9	11	11	12	13	14
Sweden	35	38	38	40	38	42
United Kingdom	381	335	339	380	411	378
EU-27 from third countries	**214**	**213**	**199**	**167**	**175**	**173**
Salted meat 2)						
Germany	62	61	52	36	38	32
Netherlands	119	114	137	132	140	147
United Kingdom	19	24	33	36	47	44
EU from third countries	**219**	**204**	**213**	**196**	**207**	**209**
Preparations of poultry 3)						
EU from third countries 4)	**356**	**430**	**433**	**432**	**444**	**442**

Notas: 1) Sin preparativos, hígados, carne en conserva y aves de corral vivas. - 2012, preliminaren parte.

2) Arancel 0210 99 39, casi exclusivamente de aves de corral.

3) Partidas arancelarias 1602 31 (pavos), 1602 32 (de aves de corral de la especie “Gallusdomesticus”) y 1602 39 (otros)

4)De acuerdo con la forma territorial respectiva.

Fuente: Asociación avícola europea de producción y comercio (su fuente: MEG a Eurostat y estadísticas nacionales).

En cuanto a las exportaciones, Europa también experimenta una tendencia creciente, tal y como refleja la Tabla 8, incluso a terceros países.

Tabla 8 Exportaciones europeas de carne avícola por países (1.000t)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Austria	43	43	49	51	52	58
Belgium / Luxembourg	333	340	377	410	436	484
Bulgaria	17	12	29	46	47	45
Cyprus	1	1	2	2	2	1
Czech Republic	22	23	23	26	25	29
Denmark	104	105	92	106	87	85
Estonia	2	4	4	6	9	6
Finland	15	14	13	13	15	17
France	477	483	479	505	548	526
Germany	385	416	402	446	467	490
Greece	16	16	13	15	21	22
Hungary	105	124	130	150	172	189
Ireland	44	37	39	62	78	61
Italy	115	122	116	150	151	149
Latvia	3	3	4	7	8	9
Lithuania	17	15	18	24	31	39
Malta	0	0	0	0	0	0
Netherlands	873	886	875	1.076	1.217	1.240
Poland	235	280	316	412	442	518
Portugal	8	9	9	10	17	18
Romania	2	12	33	59	75	79
Slovakia	15	15	14	30	28	33
Slovenia	13	15	14	17	18	18
Spain	78	97	90	128	147	128
Sweden	46	29	30	44	44	51
United Kingdom	291	278	258	270	294	291
EU-27 to third countries2)	**757**	**857**	**886**	**1.125**	**1.265**	**1.275**
which were						
Chicken	607	711	752	960	1.083	1.091
Turkey	121	117	103	130	142	146
Ducks, geese, guinea fowls	28	29	31	35	40	37
Preparations of poultry 3)						
EU to third countries	35	44	45	45	49	50

Notas: 1) Sin preparativos, hígados, carne salada y aves de corral vivas.

2) 2012, preliminaren parte.

3) Partidas arancelarias 1602 31 (pavos), 1602 32 (de aves de corral de la especie “Gallusdomesticus”)y 1602 39 (otros)

Fuente: Asociación avícola europea de producción y comercio (su fuente: MEG a Eurostat y estadísticas nacionales)(2013).

En la Tabla 9 se muestra el balance de las importaciones y exportaciones de carne avícola en el mismo periodo, 2007-2012.

Tabla 9 Comercio exterior con terceros países de carne avícola (1.000t)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Total imports of poultrymeat						
EU	811	905	928	1.149	1.287	1.352
Total imports of poultry meat						
EU	829	864	848	782	801	820
Switzerland	41	45	44	44	46	46
Imports of chicken meat						
China	482	399	401	286	238	240
Hong Kong 1)	215	236	253	295	410	370
Japan	696	737	645	789	895	855
Russian Federation	1.229	1.166	929	656	504	515
Saudi Arabia	470	510	605	681	785	750
United Arab. Emirates	238	289	297	289	314	.
Exports of chicken meat						
Brazil	2.922	3.242	3.222	3.272	3.443	3.478
China	358	285	291	379	423	400
Thailand	296	383	379	432	467	540
USA	2.678	3.157	3.093	3.069	3.162	3.211

Notas: 1) Sin tránsito de mercancías

Fuente: Asociación avícola europea de producción y comercio (su fuente: MEG a Eurostat y estadísticas nacionales)(2013)

6.2.1 PREVISIONES DE MERCADO

Mientras que las primeras potencias mundiales se han visto afectadas por la recesión económica, otros países emergentes están experimentando extraordinarios ratios de crecimiento económico, a pesar de los efectos de la crisis. El sector avícola europeo podría encontrar grandes oportunidades en estos mercados, ya que se prevé que el 80 % del crecimiento de la producción mundial de carne se originará en los países en desarrollo(Annual Report AVEC, 2013).

La carne de aves de corral sigue siendo el producto menos costoso y más popular, y representa alrededor del 50 % del aumento del consumo de carne. El consumo per cápita de carne avícola en China es la mitad que en los países de la OECD (14kg /cápita en China, frente a los 28kg/cápita en los países de la OECD), mientras que en la India es de sólo

3kg/cápita(Annual Report AVEC, 2013). Además, la carne avícola ofrece la ventaja de que su consumo es aceptado por la mayoría de las religiones en el mundo, sin restricciones, en comparación con la carne porcina o de vacuno.

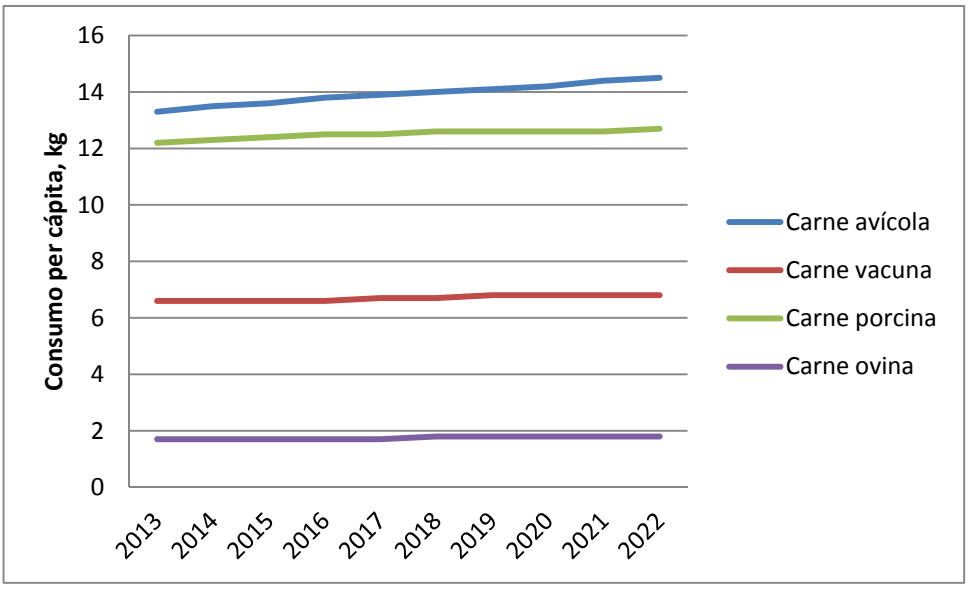
En la Tabla 10 pueden verse los consumos cápita de carne avícola en Europa, en la que se observa, de manera generalizada, la ligera tendencia creciente.

Tabla 10 Consumo per cápita de carne avícola en la EU y en terceros países (kg)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Austria	19,8	19,3	20,1	20,5	20,8	20,8
Belgium / Luxembourg	18,0	18,7	18,0	17,0	16,8	.
Bulgaria	19,0	.	22,0	.	.	.
Cyprus	.	.	.	.	.	.
Czech Republic	24,0	23,8	23,9	23,5	24,0	23,0
Denmark	22,5	24,0	24,4	23,8	24,1	.
Estonia	18,0	19,0	21,0	.	.	.
Finland	16,5	17,0	16,6	16,7	16,9	17,4
France	24,7	24,5	24,4	24,7	25,2	25,5
Germany	17,8	18,3	18,8	18,7	19,1	18,5
Greece	20,0	20,5	21,0	20,7	20,5	.
Hungary	29,0	30,0	29,0	28,8	29,0	29,3
Ireland	32,0	32,2	31,0	30,5	29,5	30,0
Italy	17,0	17,5	18,2	18,5	18,7	18,5
Latvia	21,2	20,2	20,0	19,5	19,7	19,5
Lithuania	23,3	23,3	23,0	22,2	22,5	22,7
Malta	.	.	.	.	.	.
Netherlands	22,5	22,6	23,1	22,8	22,3	22,3
Poland	24,0	24,6	25,6	26,3	27,4	27,6
Portugal	31,5	32,5	34,0	34,1	39,8	39,7
Romania	19,0	18,0	19,0	.	.	.
Spain	30,5	30,5	30,5	30,2	30,5	30,0
Slovakia	19,0	19,0	20,0	20,1	20,0	19,8
Slovenia	26,0	27,0	.	.	.	.
Sweden	12,5	13,0	12,8	12,0	11,8	11,6
United Kingdom	26,9	26,0	26,4	28,6	28,5	28,7
EU 27	22,4	23,3	23,2	23,1	23,1	23,1
Switzerland	15,9	17,0	16,8	17,2	17,8	17,7

Fuente: Asociación avícola europea de producción y comercio.(2013)

Las perspectivas de consumo de carne, per cápita, pueden verse representadas en la Gráfica 8.



Gráfica 8 Incrementos del consumo de carne per cápita en el mundo (2013-2022), según OECD-FAO.

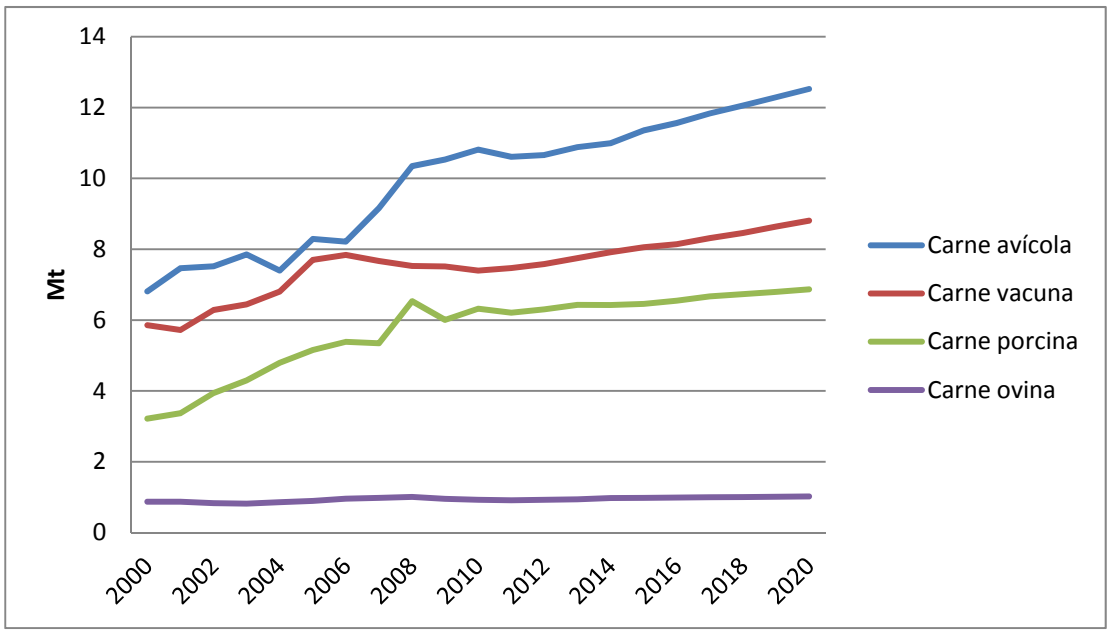
Fuente: elaboración propia a partir de datos de(OCDE/FAO, 2013)

El consumo mundial de carne sigue disfrutando de una de las mayores tasas de crecimiento entre los principales productos ganaderos (Gráfica 8). Pero en algunas partes del mundo la demanda per cápita parece estar alcanzando niveles de saturación, lo que lleva a una desaceleración en el crecimiento. Esta tendencia puede verse reforzada en la próxima década. Aunque también se espera una desaceleración del crecimiento de la demanda de carne avícola en los próximos años, este sector seguirá siendo el líder en la industria cárnica, debido a su estatus como fuente de proteína más barata y accesible. Por tanto, se prevé que suponga casi el 50% del incremento de consumo de carne en 2022, en relación con el período base (valor promedio de 2010-12). En los países en desarrollo, el consumo anual per cápita de carne se incrementará en 2,6 kg durante el período, siendo la carne avícola la responsable del 60 % de este incremento. (OCDE/FAO, 2013).

Se espera que la producción mundial de carne crezca a un ritmo moderado en esta década, limitada por los mayores costos de los insumos y a una mayor competencia por la tierra y el agua de los cultivos alternativos. Esta desaceleración llevará a unas tasas de crecimiento del 1,6% anual, frente al 2,3% en la década anterior.

En las exportaciones de carne a nivel mundial se prevé que aumenten en un 19% en el año 2022, es decir un aumento anual del 1,6%, El motor de este crecimiento de las

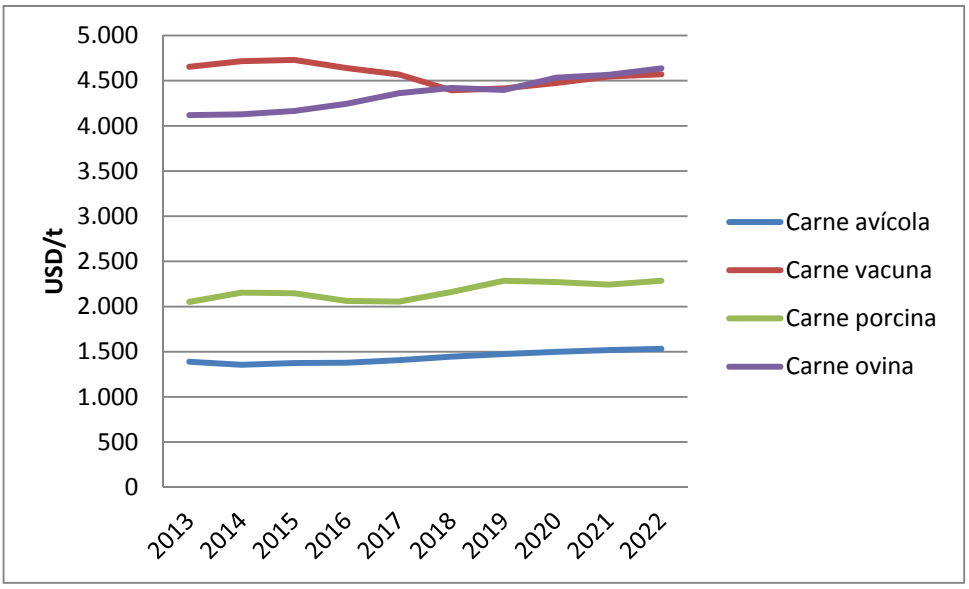
exportaciones será la carne avícola y de bovino, que en conjunto representan el 80% del incremento.(OCDE/FAO, 2013). En la Gráfica 9 se representa la previsión de exportaciones de carne hasta 2020.



Gráfica 9 Evolución de exportaciones de carne pronosticada para 2020.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de (OCDE/FAO, 2013).

En cuanto a los precios de la carne, se prevé que se mantengan altos durante la próxima década debido a las características del mercado, condicionado por un lento crecimiento de la producción y una mayor demanda (Gráfica 10). Los altos precios de los cereales en los últimos seis años han reducido los márgenes de los productores de ganado y, como consecuencia, los censos de ganado en algunos de los principales países productores de carne. Al mismo tiempo, la demanda se mantiene firme por el aumento de los ingresos y el crecimiento de la población, sobre todo en las economías emergentes de los BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica) y en muchos otros países en desarrollo.



Gráfica 10Incremento de precios de carne (2013-2022), según OECD-FAO

Fuente: elaboración propia a partir de datos de (OCDE/FAO, 2013).

6.3 MEJORA DE ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES EN LA PRODUCCIÓN DE CARNEAVÍCOLA

La producción de carne avícola es una de las más eficientes, en cuanto a conversión proteína vegetal en peso animal se refiere, en comparación con la producción de otros tipos de carne consumidas tradicionalmente en Europa. Sin embargo, a pesar de esta ventaja, el sector tiene que analizar las posibilidades de reducir su impacto ambiental a lo largo de la cadena alimentaria.

En el año 2009 se pone en marcha en la Unión Europea un plan de acción para un consumo, producción e industria sostenibles. La Comisión propuso la aplicación de una serie de medidas dirigidas a mejorar el comportamiento energético y medioambiental de los productos a lo largo de su vida útil, y a fomentar la demanda y el consumo de productos de mejor calidad. Esta iniciativa agrupó a 24 organizaciones de distintos ámbitos que representaban a productores, consumidores y entidades medioambientales.

Se desarrolló una guía, “protocolo ENVIFOOD" para la evaluación del comportamiento medioambiental y para trabajar en la implementación de herramientas de comunicación que informen a los consumidores sobre el comportamiento medioambiental de un producto.

Tras la reunión en 2009 del Consejo Internacional Avícola (IPC, International Poultry Council), que representa al 90% de la producción y procesamiento mundial de carne avícola, la Association of Poultry Processors and Poultry Trade in the EU countries (Asociación avícola europea de producción y comercio) y la FAO, se comprometieron a trabajar conjuntamente con organismos gubernamentales y no gubernamentales en la mejora de las técnicas y métodos de evaluación ambiental de las cadenas de suministro de ganado.

El proyecto de evaluación ambiental y desempeño ecológico de la ganadería (Livestock Environmental Assessment and Performance: LEAP), analiza cómo se ha medido el impacto medioambiental de la industria ganadera, como primer paso imprescindible en la mejora de la sostenibilidad de este importante sector en la producción de alimentos (Gerber, y otros, 2013).

Todas estas actividades y proyectos demuestran que el sector avícola entiende la necesidad de mejorar su eficiencia ambiental para cumplir con las expectativas del consumidor en términos de desarrollo sostenible.

6.4 CICLO PRODUCTIVO DE POLLO PARA CARNE

En la industria avícola de producción intensiva, que se rige por un alto grado de organización y especialización, cabe distinguir los tipos de explotaciones siguientes:

- De puesta (de huevos comerciales y de huevos fecundados para incubación)
- De producción de pollos para carne. Son los denominados broilers.
- De pollitas de recría (futuras ponedoras)
- De huevos comerciales: codornices y avestruces.
- De carne: pavos, patos, codornices, perdices y avestruces

Las pruebas de campo realizadas en esta tesis, han sido en explotaciones de broilers, y es por este motivo que en este punto se desarrolla el ciclo productivo de los pollos para carne (Figura 4). Se trata de naves, generalmente de hormigón y madera para el alojamiento de pollos (entre 20.000 y 40.000), con una superficie media de 1.700m^2. Estas instalaciones están dedicadas a la cría y engorde de pollos, desde su entrada con apenas 1 ó 2 días de vida, hasta que alcanzan el peso deseado para su venta.

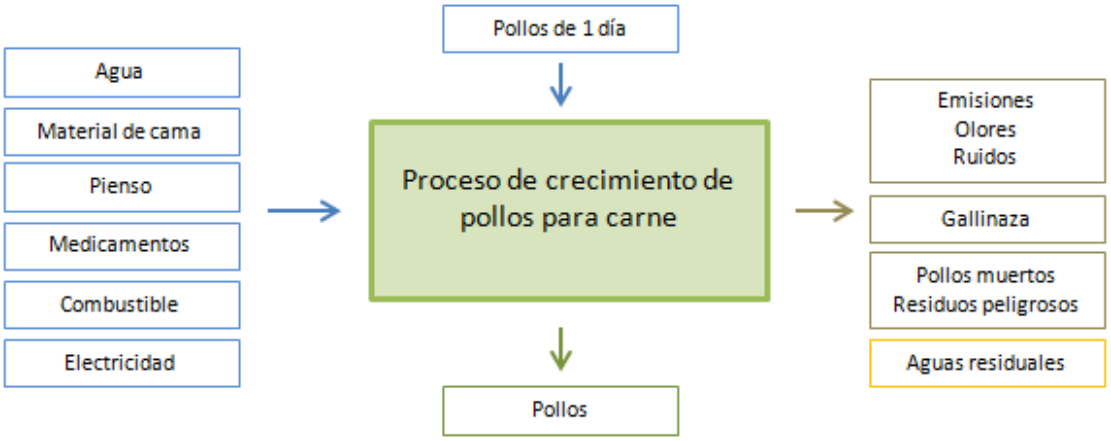
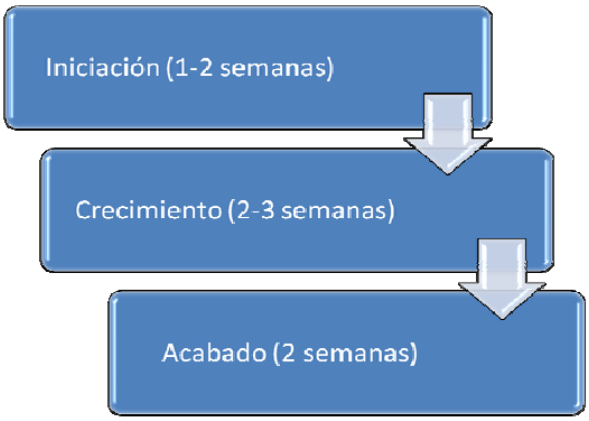


Figura 4 Ciclo de producción de pollos de carne

Fuente: elaboración propia.

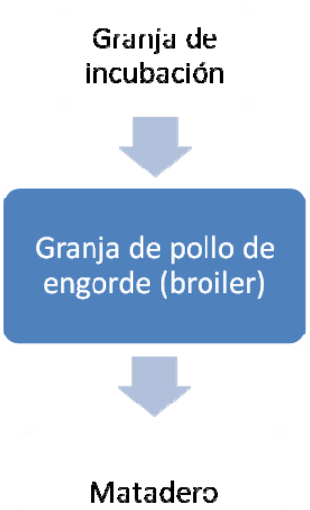
A continuación se recoge brevemente la estructura y condiciones operativas de las explotaciones tipo broilers:

Fases del ciclo de producción de broilers



En Irlanda los ciclos más habituales son de entre 35 y 42 días.

Los granjeros reciben los pollos con apenas un día de vida y una vez alcanzado el peso de 1,8 - 3 kg por ave se llevan al matadero. En ese momento se procede al vaciado sanitario, en el que se retira la gallinaza y se limpian y desinfectan las instalaciones. Este trabajo dura entre 1 y 2 semanas. Anualmente se consiguen entre 4-7 ciclos de producción por alojamiento.



Instalaciones

- Naves para el alojamiento de los animales
- El equipo necesario para la climatización de la granja (calentadores y ventiladores)
- El sistema de distribución del alimento y abrevadero de los animales
- Sistemas de automatización para control de iluminación, temperatura y ventilación
- Almacenamiento de pienso y aditivos
- Almacenamiento exterior de la gallinaza, si existe
- Almacenamiento de animales muertos
- Almacenamiento de residuos peligrosos

Alojamiento

Los alojamientos son naves diáfanas, con solera continua de hormigón sobre la que se extiende el material de "cama". La densidad de aves varía entre 12-25 aves/m^2, por lo que las dimensiones de las naves varían en función del número de aves a contener durante el ciclo, que, por lo general, oscila entre 15.000 y 40.000. En grandes explotaciones se pueden encontrar naves con hasta 60.000 pollos. Como referencia, un alojamiento de 40.000 aves tiene unas dimensiones de 150m de longitud por 15 m de ancho.

Cada granja tiene generalmente más de un alojamiento. Las granjas visitadas en Irlanda variaban entre 2 y 7 naves. A continuación, la fotografía de la Figura 5 muestra el interior de un alojamiento en Irlanda, con pollos de 4 días en su interior.

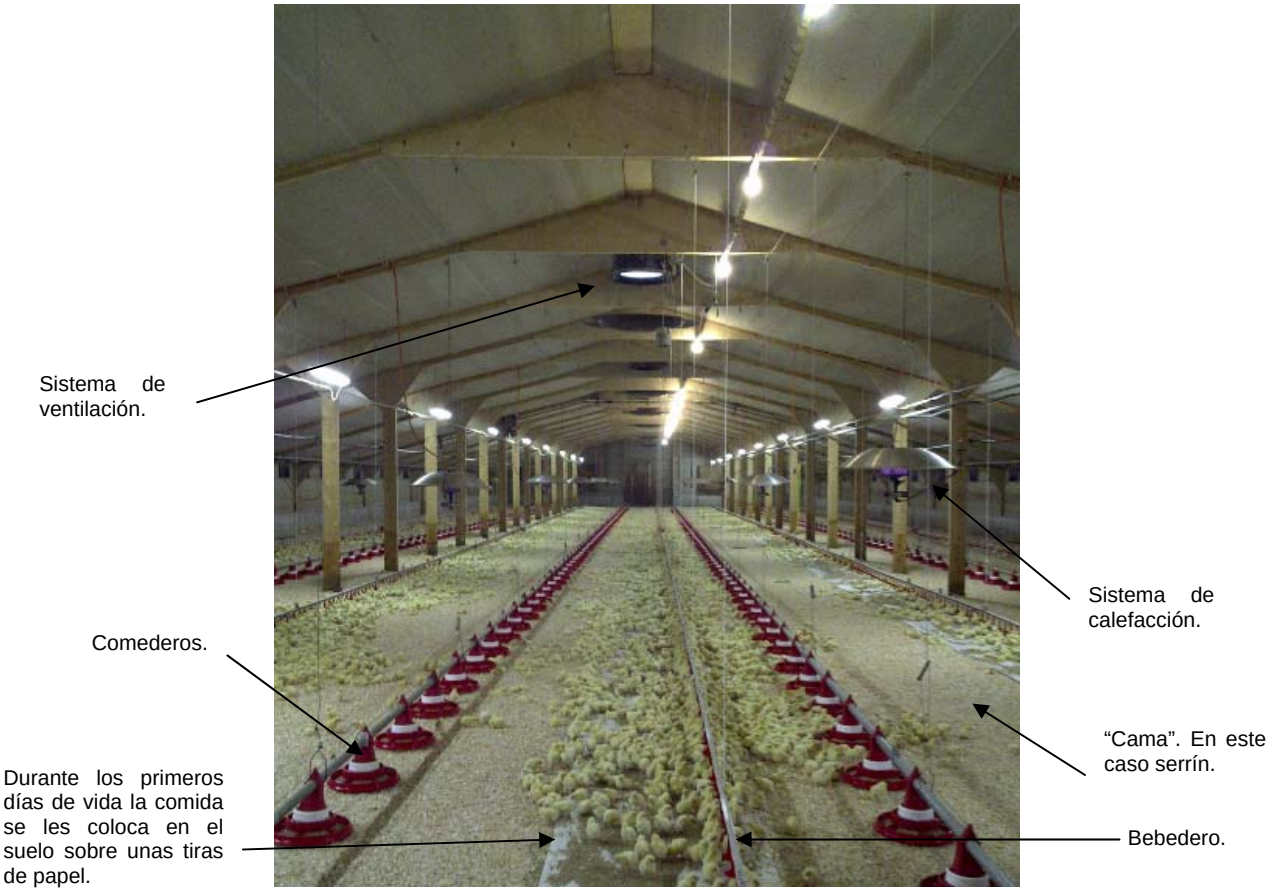


Figura 5 Fotografía del interior de un alojamiento de pollos en Irlanda

Fuente: fotografía propia.

Los pollos disponen del alimento y agua las 24 horas de día, aunque algunos productores programan una serie de “horas de comida” al día, en función de la edad.

Las naves cuentan con diferentes mecanismos de calefacción, empleando distintos combustibles: gasóleo, gas, biomasa, etc. Hoy en día las naves están dotadas, mayoritariamente, de sistemas de ventilación dinámica, ya que la densidades de aves que permite son mucho mayores que si se emplea ventilación natural. Aun así, en Irlanda aún quedan granjas en las que se emplea ventilación natural o combinada.

La fotografía de la Figura 10 muestra de una de las de instalaciones más modernas, ubicada en Holanda.

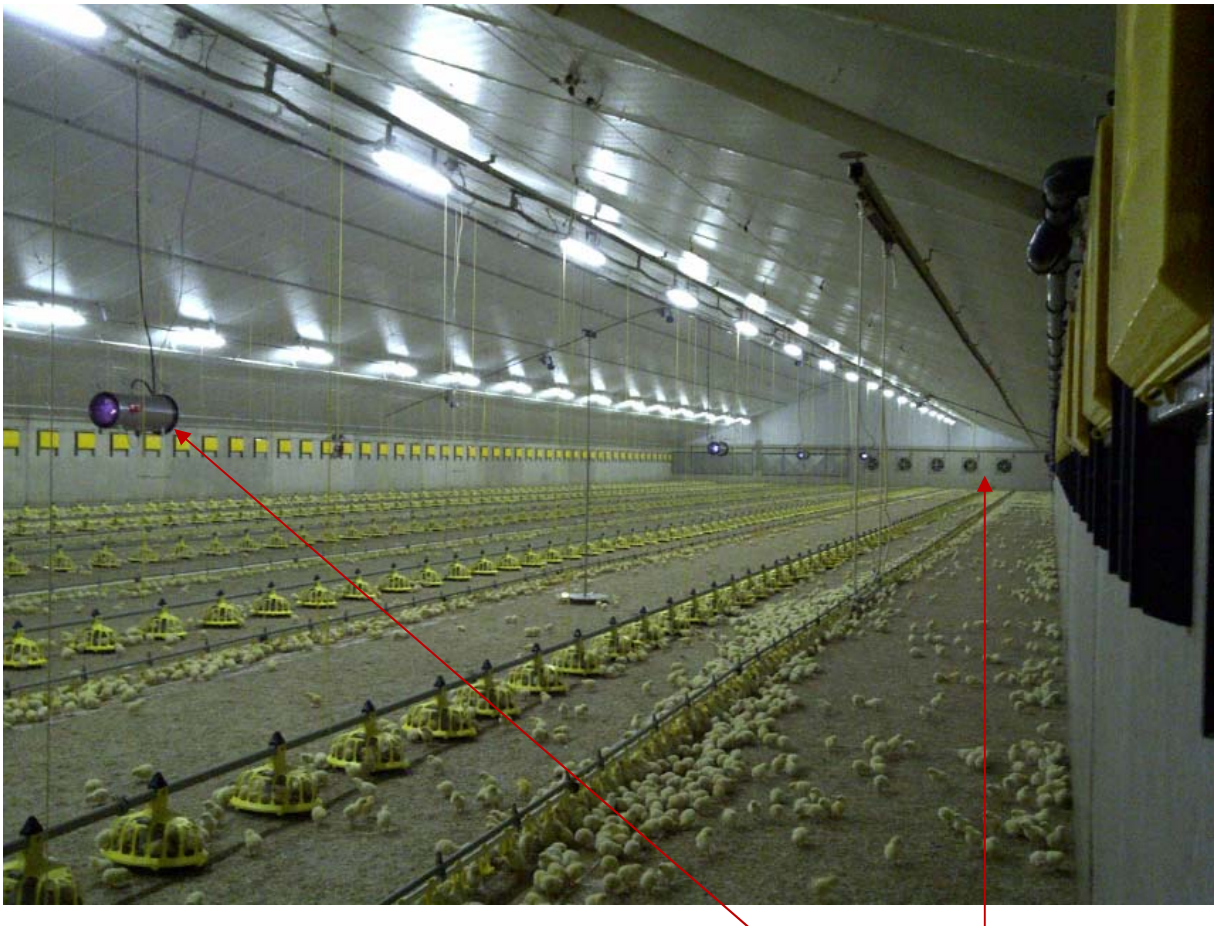


Figura 6 Interior de un alojamiento de pollos en Holanda.

Fuente: fotografía propia.

En la fotografía de la Figura 7 pueden verse un tipo de ventiladores utilizados en Holanda, colocados en el frontal enfrentado a las puertas.

Figura 7 Detalle de ventiladores en el interior de un alojamiento de pollos(fotografía tomada en Holanda).

Fuente: fotografía propia.

En la fotografía de la figura 8 se puede ver el detalle de la ventilación estática, en el interior de una nave irlandesa.

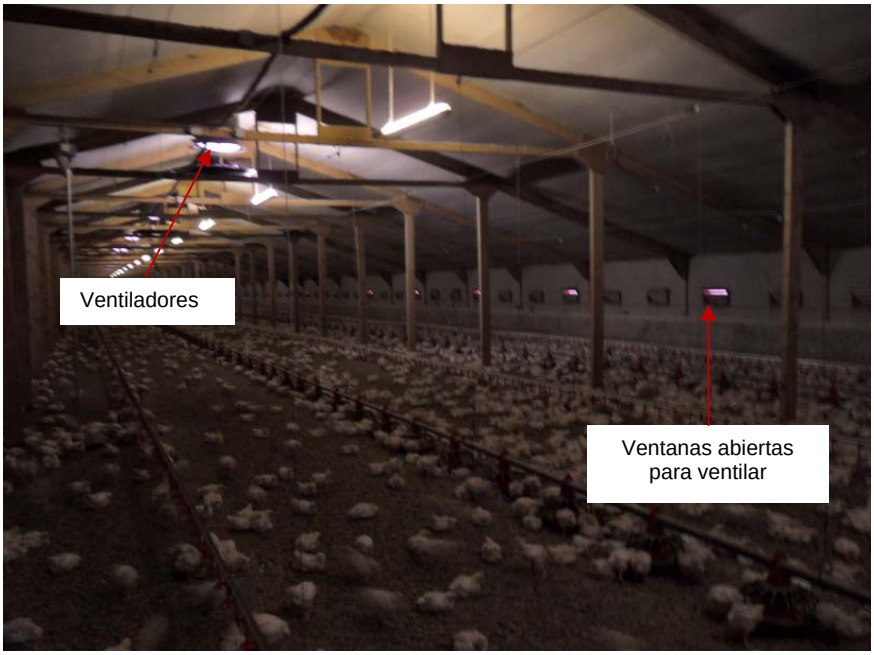


Figura 8 Detalle de ventilación estática en el interior de una granja de pollos (fotografía tomada en Irlanda).

Fuente: fotografía propia.

Condiciones ambientales de los alojamientos

Las condiciones ambientales en el interior de los alojamientos tienen una gran influencia en la productividad de las aves. Los pollos son muy sensibles a la temperatura, humedad y calidad del aire, especialmente en las primeras semanas de crecimiento. Por este motivo se hacen controles periódicos en cada nave, y en muchas granjas estos parámetros se ajustan de forma automática con sistemas programados.

- Temperatura

Las aves deben mantener su temperatura corporal constante para poder desarrollarse con normalidad. Altas temperaturas pueden provocarles estrés térmico al que su organismo reacciona con mecanismos que tratan de evitar el ascenso de su temperatura corporal, aumentando el consumo de agua y disminuyendo el consumo de alimento, lo que se traduce, en términos de producción, en una reducción de la ganancia de peso. Por el contrario, bajas temperaturas provocan un aumento del consumo de alimento, lo que produce una disminución de la rentabilidad.

En la Tabla 11 se recogen los requerimientos de temperatura de las aves en función de su edad.

Tabla 11 Requerimientos de temperatura para la cría de aves.

Temperatura recomendada para pollos de carne		
Edad (semanas)	Temperatura ambiental (ºC)	Temperatura focal (ºC)
1	30	34
2	28	31
3	26	28
4	23	24
5	20	22
6	20	20
7	20	17,5

Fuente: (Castelló Llobert, y otros, 2002)

- Velocidad del aire

La temperatura ambiental percibida por las aves disminuye al aumentar la velocidad del aire. La velocidad del aire tolerable varía en función de la edad de los pollos; en

la primera semana no debe superar los 0,1m/s, y a partir de entonces puede variar entre 0,2 y 0,3m/s.

- Humedad relativa (HR)

La temperatura efectiva o sensación térmica es el resultado de la combinación de la temperatura, la velocidad del aire y la humedad relativa. En las primeras semanas de vida, al necesitar temperaturas elevadas se requiere una humedad alta, para evitar deshidratación. Por otro lado, una humedad relativa alta, a altas temperaturas, provocará una sensación de calor alta, lo que influirá negativamente en su bienestar. Por el contrario, bajas humedades favorecen la acumulación de polvo. La humedad relativa idónea debe estar entre el 50 y el 70%. Los valores de humedad relativa recomendados por edad se recogen en la tabla 12.

Tabla 12Humedad relativa recomendada para la cría de pollos de carne

	Humedad relativa recomendada para pollos de carne					
	Convencional		**Temperatura ideal según HR%**			
Edad (días)	Temperatura (ºC)	Rango HR %	50	60	70	80
0	29	65-70	33	30,5	28,6	27
3	28	65-70	32	29,5	27,6	26
6	27	65-70	31	28,5	26,6	25
9	26	65-70	29,7	27,5	25,6	24
12	25	60-70	27,2	25	23,8	22,5
15	24	60-70	26,2	24	22,5	21
18	23	60-70	25	23	21,5	20
21	22	60-70	24	22	20,5	19
24	21	60-70	23	21	19,5	18
27	21	60-70	23	21	19,5	18

Fuente: (Santomá & Pontes, 2006)

- Calidad del aire

Altas concentraciones de gases contaminantes en el interior de las naves repercuten negativamente en la salud animal, lo que además provoca una disminución del rendimiento.(Ritz, 2013) El gas que se presenta en mayores concentraciones es el amoniaco (NH_3). Exposiciones prolongadas a este gas afectan al sistema respiratorio de los pollos, pudiendo producir conjuntivitis, lesiones pulmonares, etc. Como consecuencia

aumenta el índice de conversión alimenticia (feed conversion ratio), disminuyendo, por tanto el rendimiento, ya que este índice hace referencia a kilos de alimento necesarios para reponer un kilo de peso vivo.(Affairs, 2013) El valor límite de concentración de amoniaco recomendado en el interior de los alojamientos es de 20ppm.

Otros elementos contaminantes con efectos nocivos para la salud son el H_2S, que favorece la propagación de enfermedades, y las micro partículas que afectan al sistema respiratorio animal, y además su dispersión al exterior puede incidir negativamente también en la salud humana.

Otro factor a tener en cuenta son las emisiones sonoras, ya que provocan estrés en los animales y causan pérdida de la capacidad auditiva de las personas.

- Iluminación

  Las aves son animales con un marcado periodo lumínico. La iluminación en el interior de los alojamientos ha de ser la adecuada para que los animales puedan encontrar el alimento y el agua, pero también han de tener periodos de oscuridad, cada día, para que puedan descansar y evitar el pánico en caso de un apagón. La iluminación proporcionada es por lo general más tenue que la luz natural, ya que favorece a un comportamiento más calmado en los pollos.

.

6.5 EL AMONIACO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA

El amoniaco es liberado a través de la descomposición de la materia orgánica contenida en las deyecciones animales. El nitrógeno excretado por los animales lo hace principalmente en forma de urea, en la orina, y en forma de compuestos nitrogenados, en las heces.

En el caso concreto de las aves, la excreción se realiza en forma de ácido úrico mayoritariamente (más del 70% del nitrógeno total excretado), que se transforma rápidamente en urea. Por la acción de la enzima ureasa, la urea sufre una reacción química más o menos rápida, produciéndose amoniaco (figura 5).

El nitrógeno contenido en las heces experimenta una descomposición más lenta que en el caso de la urea, generando amoniaco o ion amonio (NH_4^+), en el proceso de amonificación. La mineralización es el proceso global de la transformación de nitrógeno orgánico a inorgánico y da como resultado tanto amoniaco (NH_3) como nitratos (NO_3^-), como se ve en la Figura 9.

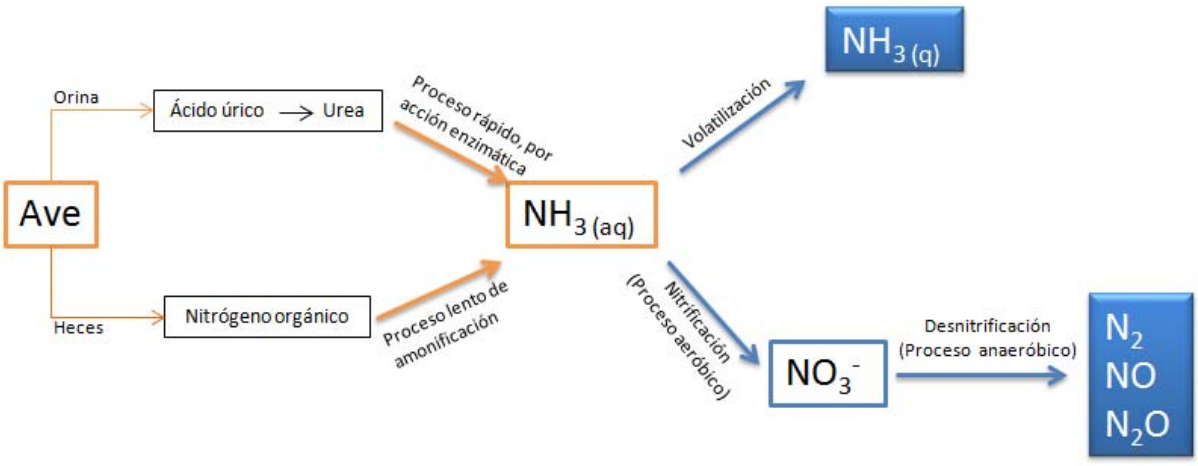


Figura 9 Transformación del nitrógeno en el excremento avícola

Fuente: elaboración propia.

La volatilización del amoniaco se produce durante todo el ciclo de la producción avícola, así como en todas las etapas de la gestión del residuo, denominado gallinaza. En su aplicación al campo como fertilizante, la volatilización se produce después de los procesos de mineralización del nitrógeno, por la acción microbiota del suelo.

Los principales efectos negativos sobre el medio ambiente son la basificación de la atmósfera y la eutrofización de las aguas. La deposición seca y húmeda del amoniaco y de las sales de amonio que de él se derivan, contaminan suelos y aguas y alteran el equilibrio de los sistemas ecológicos. También genera malos olores que afectan principalmente a los trabajadores y a la población cercana a las explotaciones.

Propiedades

- Es un gas soluble en agua y por lo tanto puede ser absorbido por las partículas de polvo y arena en ambiente húmedo, así como por las membranas mucosas.
- Es tóxico para las células animales. Los síntomas conocidos de intoxicación por amoniaco incluyen: conjuntivitis, tos, estornudos y disnea. En los animales puede producir quemaduras en la piel.

En la producción avícola, las emisiones de amoniaco dependen de los siguientes factores(Ritz, 2013):

- Contenido de nitrógeno en la alimentación, y su grado de conversión a nitrógeno en carne y nitrógeno en el excremento.
- Edad del ave.
- Sistemas de alojamiento de las aves.
- Manejo de la gallinaza.
- Condiciones climáticas.

Durante y después de la aplicación de la gallinaza en el terreno como fertilizante, las emisiones de amoniaco dependen de los factores mostrados a continuación:

- Técnica de aplicación utilizada.
- Propiedades del suelo, tales como el pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de calcio, contenido de agua, capacidad tampón y porosidad.
- Condiciones meteorológicas, como precipitación, humedad, temperatura y velocidad del viento.
- Frecuencia de aplicación.

En España, el Real Decreto 1084/2005, de 16 de septiembre, de ordenación de la avicultura de carne establece unas condiciones mínimas de bienestar de las aves de corral para producción de carne.([h], 2005) En su Anexo 1 establece lo siguiente:

1. En cada nave de la explotación no se podrá superar una densidad de 30 kilos de peso vivo de animales por metro cuadrado de superficie útil de la nave. No obstante, cuando a través de sistemas mecánicos auxiliares se pueda garantizar el control y modificación de los parámetros ambientales de temperatura, humedad relativa y renovación de aire, se podrá permitir hasta un máximo de 38 kilos de peso vivo de animales por metro cuadrado. En tal caso, la concentración de amoniaco (NH_3) en el aire no excederá de 20 ppm y la concentración de dióxido de carbono no excederá de las 3000 ppm, medidos al nivel de la cabeza de los pollos.

2. No obstante lo dispuesto en el párrafo anterior, la autoridad competente podrá modificar a la baja estas cifras máximas cuando compruebe que el bienestar de los animales se encuentre comprometido.

Las emisiones de amoniaco son una de las principales preocupaciones de la industria avícola. Altas concentraciones de amoníaco afectan al rendimiento del ave, disminuyendo la rentabilidad alimenticia además de producir ceguera y diversos problemas respiratorios, entre otros. Los límites superiores en amoniaco ambiental en el interior de las naves se establecen por el efecto que tiene sobre la producción.

Existen numerosos estudios en todo el mundo relativos a las emisiones de amoniaco en el sector avícola. Estos estudios, sin embargo, están condicionados por las distintas ubicaciones donde se han realizado, a los diversos métodos de análisis empleados y a las diferencias en la gestión de los propios animales y sus residuos, por lo que la información de la que se dispone es limitada.(Pescatore, Casey, & Gates, 2005).

Groot Koerkamp, Metz, Uenk, Phillips y Holden (1998) estudiaron las emisiones de los principales contaminantes en los alojamientos de ganado en el norte de Europa (Inglaterra, Holanda, Dinamarca, y Alemania). En lo que a emisiones de amoniaco se refiere, las mayores concentraciones se produjeron en los alojamientos de broilers. El amoniaco se determinó por quimioluminiscencia del NO_2 que genera al someterlo térmicamente a la acción de un convertidor catalítico. Los ratios de ventilación fueron calculados usando modelos de predicción basados en la generación térmica. Este estudio concluyó que las emisiones medias de amoniaco eran de0, 475, 0,268, 0,213, y 0.444 g/ave día en Inglaterra, Holanda, Dinamarca, y Alemania, respectivamente. Lacey, Redwine y Parnell (2003) midieron las emisiones de amoniaco en el interior de las granjas de broilers, en Texas, mediante analizadores químicos, obteniendo un valor medio de 0,632 g/ave. Otro estudio realizado en Maryland (Siefert, Scudlark, Potter, Simosen, & Savidge, 2004) obtuvo como valor medio 1,18 g/ave.

6.5.1 EFECTOS SOBRE LA SALUD ANIMAL

Las emisiones de amoniaco son una de las preocupaciones en el sector avícola, ya que suponen un riesgo sobre la salud de las aves y por tanto una amenaza para su bienestar.

Los principales efectos nocivos que producen según son los siguientes (Wathes, y otros, 1998):

- Reducción del consumo de alimento, con la consecuente pérdida de peso.
- Irritación de membranas.
- Enfermedades dolorosas.
- Cuando las concentraciones de amoniaco son elevadas alteran el comportamiento “normal” de las aves.

Altas concentraciones de NH_3

Las altas concentraciones de amoniaco en los alojamientos afectan a la salud de las aves, generándoles quemaduras en el corvejón problemas y problemas oculares, pudiendo llegar a provocarles incluso ceguera.(Welch, 2009), (Fairchild, 2012). Así mismo ocasionan:

- ✓ Problemas respiratorios crónicos

La exposición a altas concentraciones de amoniaco les produce lesiones en la tráquea y pulmones, asociadas con la acumulación de líquido y baja concentración de oxígeno en la sangre, lo que además conlleva a una mayor susceptibilidad a infecciones bacterianas como la del E Coli.

- ✓ Ampollas en el pecho

Las ampollas en el pecho son causadas por el hecho de que a medida que las aves ganan peso, su actividad desciende y pasan más tiempo sentadas en contacto con la cama mezclada con excrementos.

- ✓ Lesiones en las patas

En la fotografía de la Figura 10 se muestra una imagen de las patas con lesiones de un pollo típicas de altas concentraciones de amoniaco.

Figura 10 Detalle de unas patas de pollo con lesiones debido a altas concentraciones de amoniaco.

Fuente: Ammonia emissions: Poultry and human welfare issues.
Department of Animal & Food Sciences University of Delaware Georgetown, DE.

6.6 EMISIONES INDIRECTAS: N_2O

Aproximadamente un tercio de las emisiones de N_2O son de origen antropogénico. De los distintos sectores de actividad que las generan el agropecuario es el que contribuye en mayor medida y de él tan sólo el 10% se atribuye a la ganadería y, concretamente, a los procesos de gestión de la gallinaza. Por su parte, la aplicación de fertilizantes y abonos a suelos agrícolas generan el 64,6% de las emisiones totales de N_2O. (Miñana Sánchez, Giner Santonja, Torres Salvador, & Úbeda Sánchez, 2011)

En el sector avícola, el N_2O se produce como compuesto intermedio en los procesos de nitrificación y desnitrificación, tal y como se ha visto en el punto anterior.

En la nitrificación, el amonio (NH_4^+) se oxida por la acción microbiana en el suelo a nitrato (NO_3^-) en condiciones aerobias, mientras que en el proceso de desnitrificación los microorganismos anaerobios reducen los nitratos (NO_3^-) a nitrógeno molecular (N_2). El N_2O es liberado a la atmósfera en forma de gas por difusión.

La des nitrificación tiene lugar principalmente en el suelo al aplicar la gallinaza, pero también se produce, aunque en menor medida, durante su almacenamiento. Las condiciones anaeróbicas pueden darse si tras la aplicación de la gallinaza al campo, éste se riega o llueve en los días posteriores. Si la gallinaza es enterrada, la emisión de N_2O es mucho menor.

El N_2O contribuye al calentamiento global y a la destrucción de la capa de ozono. El potencial de calentamiento de una molécula de óxido nitroso (N_2O) equivale a 310 moléculas de CO_2 equivalente (IPCC, 2007).

Cualquier reducción en las emisiones de NH_3disminuirá la formación indirecta de N_2O. Sin embargo, algunas técnicas de reducción de NH_3 pueden provocar un aumento de las emisiones de N_2O en suelos e interior de las granjas. El enterramiento de estiércol en la tierra en lugar de su aplicación sobre la superficie puede reducir las emisiones de NH_3 y como consecuencia de N_2O indirecto, pero en cambio aumenta el contenido de N_2O en el suelo agrícola.

La forma más efectiva de evitar la formación de N_2O en este sector, es mediante un uso más eficiente del nitrógeno. De esta forma se reduce el aporte de nitrógeno en suelo agrícola y por tanto las emisiones de N_2O y la lixiviación.

6.7 CONCENTRACIÓN DE CO_2 EN EL INTERIOR DE LOS ALOJAMIENTOS

El dióxido de carbono se encuentra en la atmósfera de forma natural, en concentraciones de entre 310-330 ppm.

Las emisiones de dióxido de carbono en la industria avícola se generan durante la estabulación, por la calefacción y combustión de combustibles (incluido el transporte). (Fairchild, 2012)

Existen diversos estudios relativos a las emisiones de CO_2 en el sector ganadero, ya que junto con otros factores tales como humedad y calor sirven como base de desarrollo de métodos indirectos para el cálculo de la tasa de ventilación, para lo que es necesario la medición de concentración de CO_2, el porcentaje de humedad y la temperatura dentro y fuera de los alojamientos(CIGR, 2002)

En el interior de los alojamientos, durante la estabulación, existe una relación entre las producciones de CO_2y la del calor de los broilers. El calor total generado depende fundamentalmente del hecho de que las aves son homeotérmicas, y por tanto tienen capacidad de regulación metabólica mediante disipación para mantener la temperatura del cuerpo constante, independiente de la temperatura ambiental. Por tanto, su peso corporal y el consumo de alimento influirán en la producción de calor. En cuanto a la disipación del calor, ésta dependerá de la fisiología del animal y de las condiciones ambientales relativas a la transmisión de calor (temperatura ambiental, radiación, velocidad de aire frío, etc.).(Pedersen, 2002)

En el caso concreto de broilers, la producción total de calor, a 20ºC puede estimarse a partir de la siguiente ecuación (CIGR, 2002):

$$PTC20^{o} = 10{,}62\ M^{0{,}75}$$

donde:

PTC: flujo de la producción total de calor en vatios (W) a 20 ºC.

M: masa animal en kg

Cuando la temperatura ambiental es distinta de 20ºC la producción de calor a esa temperatura viene dada por la siguiente ecuación de corrección (CIGR, 2002):

$$PTCt = PTC20º + 0{,}020(PTC20º)\ (20\text{-}t)$$

donde:

PTC: flujo de la producción total de calor en vatios (W)

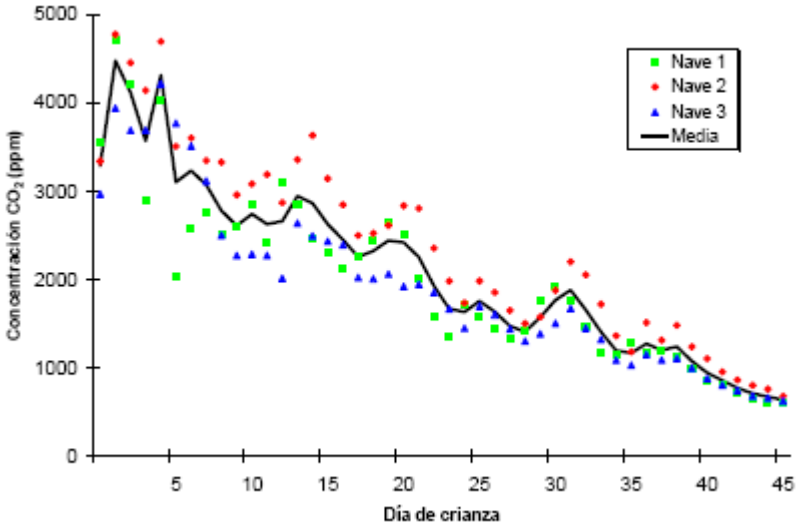
t: temperatura ambiental real en ºC.

La producción de CO_2(PCO_2) se estima entre 0,17-0,20 $m^3/h/hpu$, donde "hpu" es la unidad productora de calor, que equivale a 1000 W a 20ºC. De esta forma, tomando un valor medio, la producción de CO_2 viene dada por (CIGR, 2002):

$$PCO_2 = 0{,}185 \times hpu, \text{ en } m^3/h$$

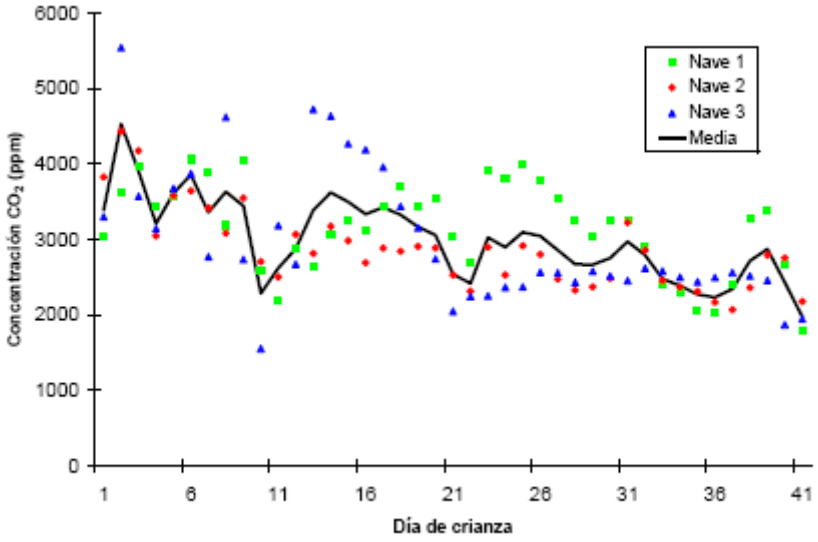
En las curvas de las Gráficas 11, 12 y 13 se muestran las concentraciones de dióxido de carbono obtenidas de manera experimental en el "estudio de la tasa de ventilación, emisión de gases y composición de la yacija en granjas comerciales de pollos de carne del sureste español" realizado por M.J. López Asensio (2009). Estas concentraciones fueron obtenidas con medidores de gases X-AM 7000 instalados de forma permanente.

Prueba realizada en el ciclo abril-mayo.



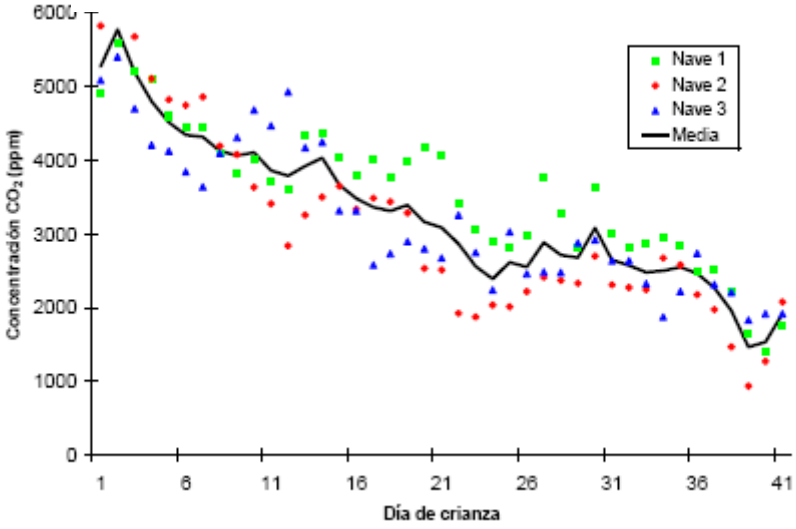
Gráfica 11 Concentración de CO_2 (ppm) en naves a lo largo de todo el ciclo entre abril y mayo. (López Asensio, 2009)

Prueba realizada en el ciclo febrero-abril.



Gráfica 12Concentración de CO2 (ppm) en naves a lo largo de todo el ciclo entre febrero y abril. (López Asensio, 2009)

Prueba realizada en el ciclo noviembre-enero.



Gráfica 13Concentración de CO2 (ppm) en naves a lo largo de todo el ciclo entre noviembre y enero. (López Asensio, 2009)

El Real Decreto 692/2010, relativa a las disposiciones mínimas para la protección de los pollos destinados a la producción de carne, establece un valor máximo de concentración de dióxido de carbono de 3.000 ppm, medidas al nivel de la cabeza de los pollos. ([n], 2010)

6.8 GALLINAZA

Una vez concluido el ciclo de crecimiento de los pollos, y trasladados al matadero, se procede a la limpieza y desinfección de las naves. El primer paso consiste en la retirada de la gallinaza o cama de pollo.

La gallinaza es una mezcla de estiércol, restos de pienso, plumas, agua derramada de los bebederos y material usado de lecho durante el ciclo de crecimiento tal como virutas de madera, serrín, paja y otros materiales orgánicos absorbentes de bajo coste.

En la imagen de la Figura 11 puede verse cómo se retira la gallinaza una vez concluido el ciclo.

Figura 11 Retirada de la gallinaza una vez concluido el ciclo.

Fuente: fotografía propia.

Este residuo se ha empleado, tradicionalmente, como fertilizante en la agricultura. Sin embargo, su aplicación directa sobre la tierra puede tener consecuencias ambientales como es la contaminación del agua por fosfatos y nitrógeno, con los consecuentes riesgos para la salud humana.

La Directiva 91/676/EEC relativa a la protección del agua, establece unos valores máximos de aplicación al terreno de nitrógeno y fósforo por hectárea. En el caso de Irlanda, según la Irish Farmer Association, esto se traduce en una reducción de las 6 toneladas por acre (15 t/ha) a 1 tonelada por acre (2 t/ha). Además, ha de tenerse en cuenta que esta ley afecta también a otras industrias, como la de producción de champiñones, que también emplean parte de sus residuos como fertilizantes, por lo que las restricciones para todas ellas cada vez son mayores. Este hecho, unido a los casos de botulismo en ganado vacuno, atribuidos al uso de la gallinaza como fertilizante, ha ejercido una fuerte presión sobre los productores avícolas, un sector con estrechos márgenes económicos.(Kennedy, 2006) Por tanto, se ha vuelto cada vez más importante encontrar un sistema alternativo de gestión del residuo y que sea sostenible desde el punto de vista medioambiental y económico.(Callanan, 2011).

6.8.1 CARACTERIZACIÓN QUÍMICO-FÍSICA DE LA GALLINAZA

Durante el ciclo de producción avícola, el estiércol generado se va mezclando con el lecho. Al final del ciclo se elimina todo este residuo como un material único, el cual está compuesto principalmente de agua, carbono, nitrógeno y fósforo, y en menor medida de trazas de cloro, calcio, magnesio, sodio, manganeso, hierro, cobre, cinc y arsénico.

El nitrógeno se presenta de diversas formas y se transforma constantemente debido a la actividad microbiana, la cual es función de la temperatura, pH, humedad y concentración de oxígeno. Es importante tener en cuenta la concentración de nitrógeno amoniacal al considerar cualquier técnica de gestión de la gallinaza. El estiércol de las aves de corral contiene altos niveles de proteínas y aminoácidos y por tanto, concentraciones significativas de nitrógeno orgánico. Del total de nitrógeno del estiércol fresco, el 60-80% está típicamente en forma orgánica. Dependiendo de las condiciones ambientales un gran porcentaje de este nitrógeno orgánico (40-90%) se convierte en amoniaco en el periodo de un año.

Como se ha visto, el amoniaco puede estar en forma de gas (NH_3) o en un estado ionizado $(NH_4)^+$, que es soluble en agua. En su forma gaseosa se emite a la atmósfera mientras que en su forma ionizada puede ser transformado por microorganismos a nitrato (proceso conocido como nitrificación).

La composición fisicoquímica más habitual de la gallinaza se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13 Caracterización químico-física de la gallinaza.

Parámetros	Mín	Máx	Media	CV (%)*
Materia seca (g kg^{-1})	216	512	312	14.8
Materia orgánica(g kg^{-1})	407	761	645	9.2
pH	6.0	7.9	6.8	7.1
Conductividad (mS cm^{-1})	6.8	15	10	17.1
P disponible (g kg^{-1})	1.3	25	4.0	95.0
P total (g kg^{-1})	11	38	18	32.2
K disponible (g kg^{-1})	8.0	21	13	22.3
K total (g kg^{-1})	11	34	20	31.0
N total (g kg^{-1})	17	28	21	15.5
C/N ratio	14	24	18	11.1
Ca total (g kg^{-1})	3.0	101	28	83.3
Mg total (g kg^{-1})	0.55	39	18	26.0
Na total (g kg^{-1})	0.05	5.32	1.68	52.4
Cu total (mg kg^{-1})	17	106	54	39.3
Zn total (mg kg^{-1})	58	284	143	27.4
Mn total (mg kg^{-1})	32	328	164	22.3
Fe total (mg kg^{-1})	2.4	9.0	4.7	20.2
Pb total (mg kg^{-1})	7.3	15.6	10.4	16.3
Cd total (mg kg^{-1})	0.40	8.2	6.2	19.0
Cr total (mg kg^{-1})	0.21	0.31	0.21	4.8
Ni total (mg kg^{-1})	5.8	5.8	5.8	0.3

* CV (%): coeficiente de variación.
Fuente: Datos aportados por Compost Laboratory de Monaghan MushroomsLTD, donde se realizaron los análisis para esta tesis. Esta empresa productora de champiñones recibe, como materia prima para la elaboración del sustrato de crecimiento, gallinaza, que analiza en sus propios laboratorios.

Del conjunto de elementos contenidos en la gallinaza el que presenta un mayor potencial de contaminación al medio es el nitrógeno, seguido del fósforo. El nitrógeno procede exclusivamente de las proteínas contenidas en la dieta de los animales, y su retención en forma de proteína tisular es de tan solo un 42% del total ingerido. El 55% del nitrógeno aportado es eliminado en las deyecciones, y de éste un 30%, aproximadamente, se emite a la atmósfera en forma de amoniaco u otros gases nitrogenados, tal y como se ha visto.

En la Figura 12 se muestra el balance de nitrógeno en el ciclo de crecimiento del pollo, en condiciones mediterráneas.

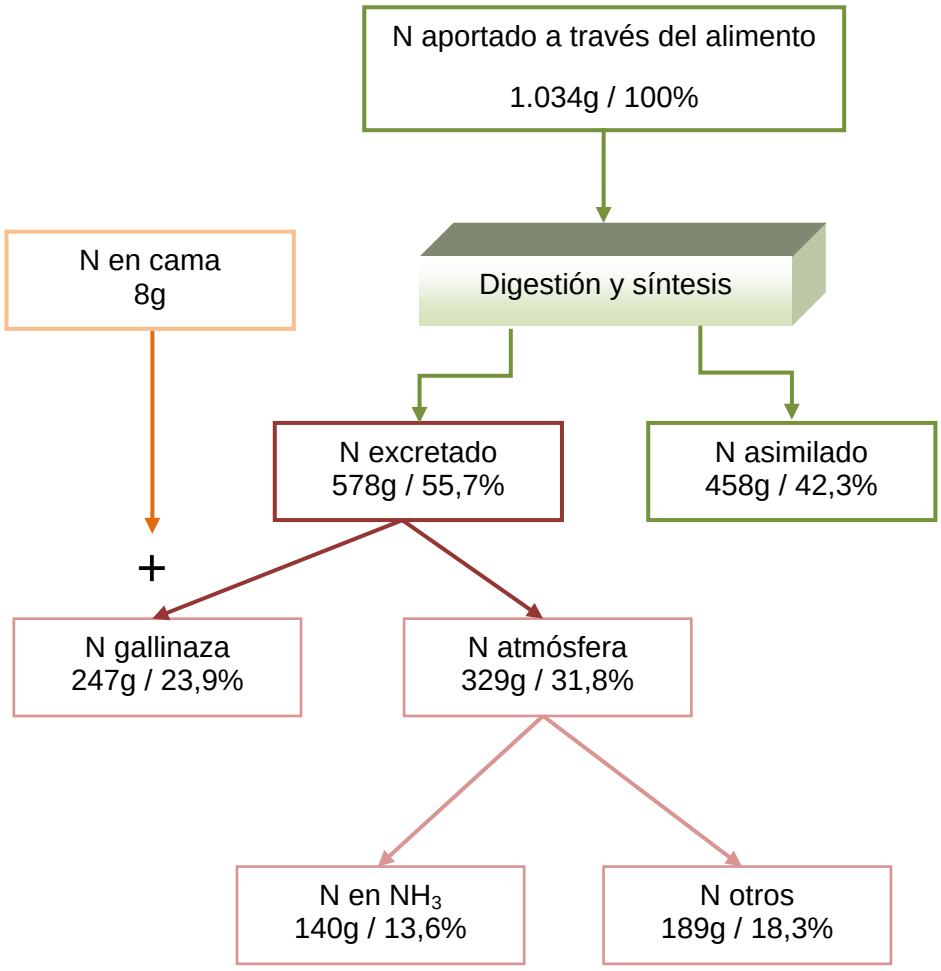


Figura 12 Balance de nitrógeno en el desarrollo de pollos de carne.

Fuente: (Calvet, y otros, 2006)

6.8.2 PRODUCCIÓN ANUAL DE GALLINAZA EN EUROPA PROCEDENTE DEL SECTOR DE CARNE AVÍCOLA

A partir de los datos de producción de carne avícola publicados por la Association of Poultry Processors and Poultry Trade in EU Countries (AVEC) en su informe anual de 2013, mostrados anteriormente en la tabla 5, considerando una producción de 1,5 toneladas de gallinaza por cada 1.000 cabezas, y un peso medio de 1,3kg por animal, se estima la producción anual de gallinaza en Europa, mostrada en la Tabla 14.

Tabla 14 Producción estimada de gallinaza en Europa.

País	Producción de carne avícola(t) 2012	Cabezas totales	Producción total de gallinaza (t)
Austria	130.000	100.000.000	150.000
Bélgica y Luxemburgo	250.000	192.307.692	288.462
Dinamarca	180.000	138.461.538	207.692
Finlandia	107.000	82.307.692	123.462
Francia	1.849.000	1.422.307.692	2.133.462
Alemania	1.676.000	1.289.230.769	1.933.846
Grecia	180.000	138.461.538	207.692
Italia	1.256.000	966.153.846	1.449.231
Holanda	810.000	623.076.923	934.615
Portugal	324.000	249.230.769	373.846
España	1.251.000	962.307.692	1.443.462
Suecia	86.000	66.153.846	99.231
Reino Unido	1.610.000	1.238.461.538	1.857.692
Bulgaria	105.000	80.769.231	121.154
Chipre	29.000	22.307.692	33.462
República Checa	172.000	132.307.692	198.462
Estonia	16.000	12.307.692	18.462
Hungría	488.000	375.384.615	563.077
Letonia	23.000	17.692.308	26.538
Lituania	80.000	61.538.462	92.308
Malta	4.000	3.076.923	4.615
Rumanía	270.000	207.692.308	311.538
Polonia	1.580.000	1.215.384.615	1.823.077
Eslovaquia	86.000	66.153.846	99.231
Eslovenia	58.000	44.615.385	66.923

Fuente: elaboración propia.

Ha de tenerse en cuenta que las cifras calculadas son exclusivamente del sector de la avicultura dedicado a la producción de carne, que no se ha tenido en cuenta la generación de gallinaza dentro del sector avícola dedicado a la cría de gallinas reproductoras y a la cría de gallinas ponedoras, por lo que la cifra total de gallinaza anual podría aumentar en la mitad.

En el caso de Irlanda, los datos han sido obtenidos directamente de los principales procesadores avícolas del país y a través de una fuente del Ministerio de Agricultura. Los principales procesadores del sector se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15Principales procesadores avícolas en Irlanda.

Principales empresas avícolas	Granjeros	Localidad	Región		Gallinaza (t/año)
Chicken Processors					
Carton Brothers	170	Shercock	Cavan	IR	86,750
Cootehill Farms	43	Cootehill	Cavan	IR	20,800
Cappoquin Poultry Ltd.	51	Cappoquin	Waterford	IR	25,000
Shannonvale Poultry	38	Clonakility	Cork	IR	18,750
Western Brand Group Ltd	106	Ballyhaunis	Mayo	IR	52,000
Other (Irish Republic)					450
Moy Park Ltd (Northern Ireland, U.K)	800	Craigavon	Armagh	NI	267,500
Other (Northern Ireland, U.K)					40,000

Fuente: información proporcionada por cada empresa.

Los datos oficiales de gallinaza generada son difíciles de encontrar, y en muchas ocasiones se ha comprobado que son inferiores a la realidad. Los datos obtenidos para la presente tesis fueron aportados desde el ministerio de Agricultura de Irlanda, y por los principales procesadores de Irlanda del Norte (U.K). Dichos datos pueden verse en la Tabla16.

Tabla 16 Estimación de la cantidad de gallinaza generada en Irlanda (2012).

	República de Irlanda (toneladas/año)	Irlanda del Norte U.K. (toneladas/año)
Cama de pollo (según la Tabla 15)	203,750	307,500
Cama de gallinas (Producción de huevos)	100,000	150,000
Cama de pavo	10,000	10,000
Total	*313,750*	*467,500*
Gallinaza total	**781,250 t/año**	

Fuente: información proporcionada por el ministerio de Agricultura de Irlanda, y por procesadores de carne avícola en Irlanda del Norte (U.K.).

7. ESTADO DEL ARTE

7.1 TÉCNICAS DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE AMONIACO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA

Se han desarrollado diversas actuaciones y tecnologías, disponibles en el mercado, que reducen la formación de amoniaco durante los ciclos de crecimiento de las aves, o bien disminuyen la concentración en el interior de los hangares.

Existen tres vías de actuación para mitigar este contaminante:

- Técnicas nutricionales: se trata de una técnica de reducción de la contaminación en origen, dado que más de la mitad del nitrógeno aportado en la alimentación es eliminado en las deyecciones.
- Técnicas sobre la cama de pollo: tratamientos de la cama para reducir la formación de amoniaco.
- Técnicas de ventilación o purificación del aire.

7.1.1 TÉCNICAS NUTRICIONALES

En la guía de mejores técnicas disponibles del sector de la avicultura de carne se detallan un conjunto de actividades que persiguen cubrir las necesidades nutricionales de los animales a la vez que tratan de disminuir elementos contaminantes presentes en las deyecciones, tales como el nitrógeno y el fósforo.(García Sanz, Bigeriego Martín de Saavedra, Canales Canales, & Colmenares Planás, 2010) Dichas actividades hacen referencia a: sistema de distribución del pienso, elección del tipo de comedero, altura de comedero, sistema de suministro del pienso, almacenamiento y distribución del pienso, limpieza de las instalaciones y medidas de bioseguridad. Además, las mejores técnicas disponibles en gestión nutricional hacen referencia a las siguientes técnicas:

1. Alimentación por sexos: se consigue una reducción del nitrógeno excretado en broilers, pero supone una separación de los animales por sexos, lo que conlleva un incremento del coste de producción.

2. Alimentación por fases: se consigue reducir el nitrógeno y fósforo excretados al adecuar el contenido calórico y de aminoácidos a cada fase del crecimiento de los broilers.

3. Adición de aminoácidos a los piensos: se trata de obtener dietas bajas en proteínas, eliminando materias primas de alto contenido proteico y adicionando aminoácidos de síntesis. De esta forma se reduce el nitrógeno excretado, aunque se incrementa el precio del pienso.

(Castaing, 2000).

Otros aditivos para piensos que ayudan a reducir la cantidad de nitrógeno excretado son:

- Enzimas
- Caolinita y talco
- Esmectitas o bentonitas
- Sepiolita
- Zeolita

7.1.2 TÉCNICAS SOBRE LA CAMA DE POLLO

Además de las *mejores técnicas disponibles* que ayudan a minimizar las emisiones de amoniaco, existen una serie de aditivos empleados sobre la cama de pollo para mitigar dichas emisiones. En el estudio de “correctores de yacija” en grupo de pollos de carne del sureste español, realizado con este fin (López Asensio, 2009), se indican los cinco tipos de correctores siguientes.

- Acidificantes: los principales son el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso y el ácido fosfórico. Este tipo de aditivos disminuyen el pH de la cama, dificultando así la acción bacteriana y por tanto el proceso de formación de amoniaco. Su eficacia depende de la edad de los pollos, la dosis aplicada y la humedad de la cama.

- Alcalinizantes: no son los más recomendables por su efecto nocivo en el medio ambiente al acelerarse la formación de amoniaco por aumento del pH del sustrato. Se usan en el llenado y vaciado de las naves, aumentando la ventilación.

- Adsorbentes: disminuyen la humedad de la cama, lo que reduce la formación de amoniaco, o lo fija directamente. Dentro de este tipo destacan las zeolitas. No existe unanimidad en cuanto a la eficacia de su utilización.

- Inhibidores de la actividad ureásica: inhiben la actividad de la ureasa, así como a los microorganismos que contribuyen a la formación de amoniaco. Sin embargo, además de su elevado precio, son muy sensibles a los factores externos. Un ejemplo de este tipo es el fenil-fosforodiamidato.

- Tratamientos enzimáticos y microbianos: existe un tipo de tratamiento, que al igual que en el caso de los alcalinizantes, favorece el paso de ácido úrico y urea a amoniaco, que ha de ser ventilado.

  Un tipo no descrito en la bibliografía, que es el objeto de estudio de esta tesis, lo que hace es reducir el nitrógeno, formando nitratos NO^-_3.

7.1.3 TÉCNICAS DE VENTILACIÓN Y PURIFICACIÓN DEL AIRE

La guía de mejores técnicas disponibles del sector de la avicultura de carne establece como técnica de referencia en materia de aireación la ventilación forzada. La industria ha desarrollado modernos sistemas de ventilación y recirculación de aire, llegando

incluso a incorporar intercambiadores de calor (aire de entrada/salida), que suponen un ahorro en la calefacción de los alojamientos. Como técnicas de reducción de amoniaco en el interior de las naves se han introducido los air-scrubbers (depuradores de aire) y los biofiltros.(Van der Heyden, Demeyer, & I.P. Volcke, 2015)

Sin embargo, la reglamentación relativa al uso de los depuradores de aire ha cambiado y exige mayores eficiencias de eliminación de olor y partículas secundarias (PM) además del amoniaco. Dicha eficiencia no siempre es alcanzada, lo que indica la necesidad de optimización del proceso en términos de diseño y / u operación del proceso.

Depuradores de aire (air-scrubbers)

Estos depuradores son acoplados al sistema mecánico de ventilación, de manera que el aire del interior de las naves es dirigido a un conducto central, y es soplado en contracorriente al interior del depurador. El esquema de funcionamiento se representa en la Figura 13.

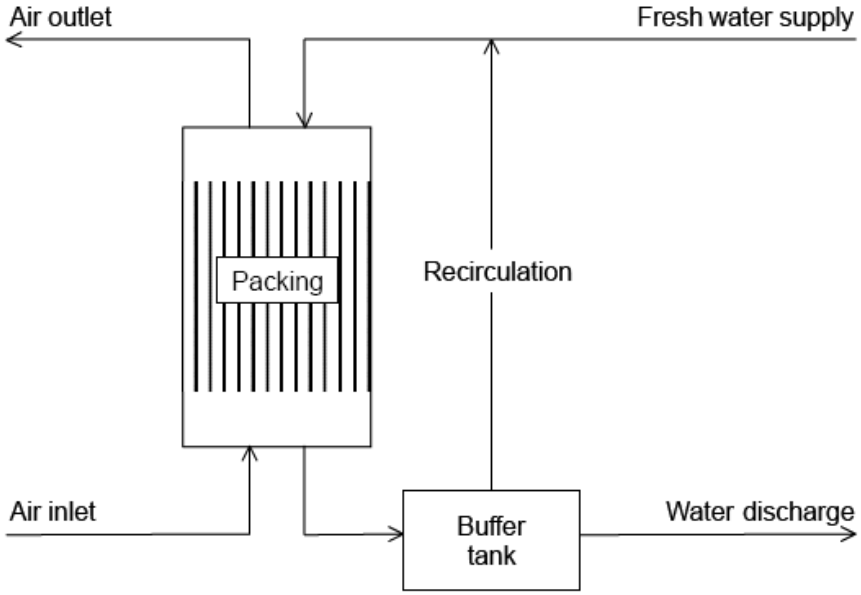


Figura 13 Esquema de funcionamiento de un depurador de aire.

Fuente: air scrubbing techniques for ammonia and odor reduction at livestock operations: review of on-farm research in the Netherlands. (Melse & Ogink, 2005)

Un líquido de limpieza (agua aditivada) es distribuido de manera uniforme en la parte superior del scrubber. El lecho de relleno (packing) debe estar humedecido de manera uniforme para evitar el escape de aire sin lavar. El intenso contacto entre fase gas y fase

líquida asegura la transferencia de masa de contaminantes solubles en agua del aire al agua de lavado. De esta forma, se establece un equilibrio químico entre el amoniaco y el amonio.

En el caso de depuradores químicos, al agua de limpieza se le añade ácido sulfúrico. Existe otro tipo de depuradores, los biológicos, que contienen bacterias de oxidación de amoniaco, y bacterias de oxidación de nitritos. Dichas bacterias oxidan el amonio contenido en el agua de lavado, produciéndose el proceso de nitrificación.

El coste que supone la inversión y operación de los depuradores químicos, por animal alojado, es el siguiente:

	Coste en € por animal alojado (instalación de scrubber químico)
Inversión	**3,30 €**
Depreciación anual	0,44 €
Costes de operación anuales	0,43 €
Coste anual	**0,87 €**

Fuente: NH_3 and dust emissions from broiler houses Problems and solutions. (Ogink, 2012)

Biofiltros

Los biofiltros constituyen otro sistema biológico, que consiste en un lecho filtrante de material orgánico, que se mantiene húmedo pero no necesariamente sujeto a la pulverización continua de agua. Sin embargo, este sistema no es adecuado para tratar directamente el aire del interior de las naves, ya que presentan problemas de obstrucción y acidificación rápida por acumulación de ácido nitroso libre, debido a la alta concentración de polvo y amoniaco (Melse y Ogink, 2005). La legislación actual tiende a no aceptar este sistema de eliminación de amoniaco de manera independiente. (Sustainable Production and Consumption Unit European IPPC Bureau (2013) Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry and Pigs. Darft 2. European Commission., 2013).

Membranas permeables (en fase de I+D+D)

El uso de estas membranas permeables se investiga como un nuevo proceso de captura y eliminación de amoniaco en el interior de los alojamientos de pollos. El amoniaco, en fase gas, se hace pasar a través de una membrana hidrófoba hidroporosa y es capturado a través de un ácido diluido, produciéndose una sal concentrada de amonio. Se han hecho análisis comparativos con un prototipo de membrana plana de politetrafluoroetileno expandido y una solución de ácido sulfúrico, obteniéndose resultados de reducción de concentración de amoniaco de entre 70% y 97%, y se recuperó entre 88% y 100% del amoniaco volatilizado.

El coste estimado de este sistema es de unos 6.028$ anuales para un alojamiento de unos 20.000 pollos, por lo que el coste anual por pollo sería de un 0,30 $. (Rothrock Jr., 2013).

7.2 ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS AL USO DE LA CAMA DE POLLO COMO FERTILIZANTE

7.2.1 COMBUSTIÓN DIRECTA

El estudio de usos alternativos del residuo de la cama de pollo es algo que se lleva analizando desde hace décadas. La alternativa de la combustión directa se ha desarrollado a pequeña escala, es decir, a nivel particular, proporcionando un sistema de calefacción para la granja, y a gran escala en centrales eléctricas que usan este residuo como combustible, o mezclado con otros tipos de biomasa, como son los residuos forestales.(Baranyai & Bradley, 2008).

La gallinaza tiene una baja temperatura de fusión de la ceniza. Esta fusión de cenizas puede causar problemas cuando se utiliza un sistema de combustión de parrilla convencional.

Parámetros como la temperatura de combustión, la mezcla de aire y la humedad deben mantenerse dentro de las especificaciones óptimas para el buen funcionamiento de una instalación de combustión y varían dependiendo del sistema de combustión. El proceso produce como residuo cenizas, que conservan la mayor parte del fosfato y potasio presente en el residuo materia prima. La concentración de nitrógeno original es variable y la pérdida a la atmósfera en la combustión como NO_x no se considera un problema (Dagnall, 1993). La ceniza es estable, estéril, fácil de manejar y transportar y con un valor comercial como fertilizante orgánico mayor que la cama de pollo convencional.

Las instalaciones de combustión pueden ser clasificadas por el tipo de sistema utilizado, la naturaleza de los residuos que se queman y su capacidad. Sin embargo, se puede hacer una clasificación en dos grandes grupos: la incineración y el resto de tipologías.

En la incineración a gran escala se realiza en una unidad de cámara en una sola etapa, en la que la oxidación o combustión completa tiene lugar. Generalmente, los volúmenes de residuos son entre 10 y 50 t/h. Otros tipos de combustión implican volúmenes de pequeña escala, generalmente entre 1 y 2 t/h. Ejemplos de este tipo son el lecho fluidizado, ciclónica, horno rotatorio e incineración de líquidos y gases.(Williams, 1999).

A continuación se muestran las centrales eléctricas que existen en el mundo utilizando como combustible gallinaza.

7.2.1.1 Centrales eléctricas de biomasa, en funcionamiento, alimentadas con residuo avícola

En la actualidad, en Europa, existen cinco centrales eléctricas en funcionamiento que utilizan cama de pollo como combustible. La primera fue puesta en marcha en 1992, y la última en 2008. En Estados Unidos existe una planta en funcionamiento desde 2007, y está proyectada otra.

- **En Europa**

Centrales eléctricas de biomasa (alimentadas por gallinácea)	Año de apertura
Eye Power Station; UK	1992
Glanford Power Station; UK	1993
Thetford Power Station; UK	1998
Westfield Biomass Plant ; UK	2000
BMC; Holanda	2008

- **En Estados Unidos**

Centrales eléctricas de biomasa (alimentadas por gallinácea)	Año de apertura
Fibrominn Biomass Power Plant, Minnesota	2007
AgriBusiness y su social Fibrowatt Biomass power Plant, Maryland	En proyecto

A continuación se muestran, de manera resumida, los datos de las plantas europeas que emplean, en la actualidad, gallinaza como combustible.

Eye Power Station

- Localización: Eye, Suffolk, UK
- Abierta en julio de 1992
- Producción: 12,7MW
- Quema 120,000 t/año de cama de pollo, y otra biomasa forestal
- Tecnología utilizada: caldera convencional de parrilla móvil y ciclo de vapor

En la fotografía de la Figura 14 se puede ver una vista de la Central Eye.

Figura14 Central eléctrica de biomasa Eye.

Glanford Power Station

- Localización: Glanford Lincolnshire, UK
- Abierta en noviembre de 1993
- Producción: 13,5MW
- Quema 180,000 t/ año de cama de pollo, y otra biomasa forestal
- Tecnología utilizada: caldera convencional de parrilla móvil y ciclo de vapor

En la fotografía de la Figura 15 se puede ver una vista de la Central Glanford.

Figura15 Central eléctrica de biomasa Glanford.

Thetford Power Station

- Localización: Thetford, UK
- Abierta en septiembre de 1998
- Producción: 38,5MW
- Quema 500,000 t/ año de cama de pollo, y otra biomasa forestal
- Tecnología utilizada: caldera convencional de parrilla móvil y ciclo de vapor

En la fotografía de la Figura 16 se puede ver una vista de la Central Thetford.

Figura16 Central eléctrica de biomasa Thetford.

Westfield Biomass Plant

- Localización: Westfield Development Centre, Cardenden, cerca de Glenrothes, Fife, Escocia
- Abierta en octubre de 2000
- Producción: 10MW
- Quema 115,000 t/año de cama de pollo
- Condiciones del vapor - 62 bar/500°C

En la fotografía de la Figura 17 se puede ver una vista de la Central Westfield.

Figura 17 Central eléctrica de biomasa Westfield.

Es la primera central del mundo en usar como sistema de combustión el lecho fluidizado para quemar cama de pollo y transformarla en dos productos: electricidad y fertilizante.

Esta planta fue la primera central eléctrica de biomasa de Escocia.

BMC

Esta planta se encuentra en Moerdijk (Holanda) y empezó su actividad a finales del año 2008. La planta fue diseñada para convertir más de 400,000 toneladas de residuo

avícola en electricidad (por tanto "electricidad verde") y abonos minerales para agricultura cada año. La planta tiene una capacidad de producción aproximada de 36MW, suficiente para abastecer las necesidades eléctricas de más de 90,000 hogares.

La planta ofrece a los granjeros de la industria avícola holandesa una manera ecológica de deshacerse de sus residuos.

En la fotografía de la Figura 18 se puede ver una vista de la Central eléctrica de biomasa BMC, en Holanda.

Figura 18 Central eléctrica de biomasa BMC, Holanda.

España

En el año 2002, Energías Renovables de la Robla SA desarrolló el proyecto de una central eléctrica de biomasa de 5,3MW, alimentada por 60.000 toneladas anuales de cama de pollo. Dicho proyecto fue subvencionado por la Comunidad Europea con un 24% de la inversión, lo que supuso, aproximadamente, 5 millones de euros. (Revista Ambientum, 2003). Sin embargo, esta planta no se llegó a ejecutar.

De igual forma, se muestran los datos de las centrales que utilizan gallinaza como combustible en Estados Unidos.

FibrominnBiomassPowerPlant

- Localización: Benson, Minnesota
- Abierta en octubre de 2007
- Producción: 55MW
- Quema 700,000 t/año de cama de pollo, y otra biomasa forestal

En la fotografía de la Figura 19 se puede ver una vista de la Central Fibrominn.

Figura19 Central eléctrica de biomasa Fibrominn.

Biomass Power Plant en Maryland

Perdue AgriBusiness y su socio Fibrowatt LLC han presentado un proyecto de planta de biomasa que se alimenta en buena medida por los desechos avícolas.

Este proyecto responde a la solicitud del gobernador de Maryland, Martin O'Malley, de propuestas de centrales eléctricas de combustión de estiércoles. El estado, que llama a esta instalación *proyecto de energía limpia de la Bahía* y pretende comprar hasta 10 MW de electricidad generada a partir de bio-residuos animales como la gallinaza o estiércol.

El estado de Maryland tiene el objetivo de generar hasta el 20% de su consumo de energía eléctrica con fuentes renovables en 2022.

Las instalaciones de Perdue AgriBusiness/Fibrowatt LLC, que se ubicarán en el complejo industrial PerdueAgriBusinessZionChurch Road, generará 10 MW de electricidad (la máxima capacidad estipulada en respuesta a la solicitud del estado) y un máximo de 70.000 libras de vapor a partir de la combustión de residuos avícolas , y otra biomasa de origen local. La electricidad se incorporará a la red eléctrica regional y el vapor de agua se utilizará en el complejo industrial de Perdue AgriBusiness. (See News Renewables, 2011).

7.2.2 DIGESTIÓN ANAERÓBICA

La digestión anaerobia implica una serie de procesos en los que los microorganismos descomponen material biodegradable, como la gallinaza, en ausencia de oxígeno. El proceso de digestión produce gas metano que puede ser utilizado como una fuente de energía renovable. La principal desventaja del uso de la cama de pollo en la digestión anaerobia convencional es que, con el fin de funcionar eficazmente, tiene que ser diluida con grandes volúmenes de agua u otros residuos líquidos. Esto significa que al final del proceso se obtendrá un residuo líquido que, además, contendrá la misma cantidad de nutrientes que la materia prima (nitrógeno, fósforo, etc.), y, por tanto, gestionado de manera adecuada, con los mismos problemas que el uso directo de la gallinaza como fertilizante. Por este motivo no se considera una solución alternativa a la problemática del exceso de nutrientes de la cama de pollo. (DARD A. a., 2013)

Una tonelada de cama de pollo (con un contenido aproximado de materia seca del 55%) genera, aproximadamente, 200m^3 de biogás. El proceso de digestión dura unos 30 días.

El biogás procedente de la gallinaza tiene altos contenidos en H_2S, por lo que es necesaria su depuración en un scrubber, debido a su poder altamente corrosivo.

La empresa Nijhuiswatertreatment tiene proyectada una planta en Ucrania de las siguientes características:

- Procesará 134t de cama de pollo, 107t de sorgo, 100t de purines y lodos (procedentes de las granjas de pollos) y 450t de aguas residuales.
- Tendrá una producción estimada de 2.200m^3/h de biogás (5 MWe CHP)
- Requerirá de una inversión de 13.000.000€

En marzo de 2014 se inauguró en Retford, Nottinghamshire (Inglaterra) una planta de digestión anaerobia de gallinaza a gran escala, Tamar Energy, utilizando la tecnología de pretratamiento de Xergi'spatentedNiX® technology basado en la eliminación/recuperación del exceso de nitrógeno que contiene la cama de pollo. Esta planta procesa anualmente 75.000t de cama de pollo, residuos vegetales y ensilado de maíz, y genera 3 MWe.

Otro ejemplo de este tipo de plantas en funcionamiento en Europa es la italiana Az. Agr. Ansele, inaugurada en 2008, con tecnología BTS. En ella se generan 50kW a partir de gallinaza, purines, estiércol vacuno, ensilaje de maíz, sorgo dulce y de centeno y pulpa de manzana.

7.2.3 PIRÓLISIS

Se ha desarrollado, de manera experimental, un sistema de pirólisis rápida en el que la cama de pollo es calentada a 400ºC durante un minuto, de manera que se genera un residuo sólido denominado bio-char, un bio-oil y una mezcla de gases. El residuo bio-char es aproximadamente el 35% de la biomasa de entrada y contiene todo el fósforo presente en la cama de pollo. Sin embargo, las conclusiones respecto a lo que ocurre con el nitrógeno no están claras. El uso del bio-char procedente de la cama de pollo como fertilizante aún no está probado a largo plazo. Lo que se sabe es que el biochar a partir de gallinaza es extremadamente alcalino debido a los carbonatos de calcio añadidos a los piensos de las aves de corral. La información disponible es muy limitada y se sugiere que el N en el biochar es menor que en la cama de pollo original y tiene una baja disponibilidad para las plantas.(Bryant, 2008).

El corto tiempo de pirólisis y enfriamiento rápido de los gases generados a fin de condensar los compuestos orgánicos, están diseñados para maximizar la fracción líquida que se conoce como bio-oil.

El bio-oil producido durante la pirólisis es un combustible químicamente muy diferente del de calefacción o del diésel. Se considera inadecuado como combustible para el transporte debido a sus propiedades poco adecuadas: inestable, acidez, etc. Por otra parte las emisiones resultantes de su uso son susceptibles de ser reguladas.(DARD A. a., 2013)

7.2.4 GASIFICACIÓN

La gasificación es una combustión con aire en defecto respecto a la estequiometría del proceso, que opera a temperaturas mucho más altas que en la pirólisis, de hasta 900ºC, y donde los tiempos de reacción siguen siendo cortos. A estas temperaturas los compuestos orgánicos del bio-oil se volatilizan y, ayudados en algunos casos por un catalizador, se descomponen y reaccionan con el agua para formar metano, hidrógeno y monóxido de carbono. El monóxido de carbono también reacciona con agua para formar más hidrógeno y dióxido de carbono. Por consiguiente, el gas resultante producido es una mezcla de nitrógeno, dióxido de carbono, metano, monóxido de carbono e hidrógeno y se denomina gas de síntesis. Su poder calorífico es aproximadamente la mitad del gas natural, por lo que puede ser utilizado para generar electricidad.

Potencialmente los sistemas de gasificación pueden lograr tasas de recuperación de energía de hasta el 50-60%, pero estos rendimientos dependerán de la utilización del calor generado por el proceso.

Existe una instalación de este tipo en una granja de pollos de engorde de gran escala (800 mil aves / año) en West Virginia, EE.UU (2007). Una justificación para la construcción de la planta fue que podía utilizar el calor para la calefacción de los alojamientos, especialmente en el invierno. La planta fue financiada por una subvención regional de un millón de dólares.

Esta planta ha estado en funcionamiento más de 3 años, pero no se sabe si se han superado los problemas operativos iniciales que experimentó, como fue la excesiva humedad de la cama de pollo. Aunque los informes iniciales fueron de gran interés en el sector avícola, no ha instalado ninguna otra planta en Estados Unidos o Europa. (DARD A. a., 2013)

8. MÉTODO EXPERIMENTAL

8.1 PRODUCTO ENZIMÁTICO: BIOTERRE

A finales del año 2009 se comienza la investigación sobre el producto enzimático colombiano denominado Bioterre, utilizado en este país principalmente como acelerador de compostaje, proceso biológico aeróbico en el que la materia orgánica se descompone por acción de los microorganismos de forma rápida (grado medio de descomposición). El producto resultante, compost, es un abono utilizado en agricultura.

La materia orgánica biodegradable, en presencia de organismos aerobios y con el oxígeno del medio, se descompone en humus (compost), desprendiendo CO_2, calor y agua.

La principal diferencia con la descomposición que se da de forma natural, es que en el compostaje las variables que intervienen en él están controladas. Los factores limitantes del proceso son aquéllos que influyen en el desarrollo de los microorganismos, a saber: temperatura, humedad, aireación, nutrientes, pH, relación C/N y composición microbiota.

La relación C/N ideal para el compostaje oscila entre 25 y 35. La diferente estructura molecular de los microorganismos hace que, en función del tipo de sustrato, unos sean más eficientes que otros. Por ejemplo, las bacterias presentan un contenido proteínico mucho mayor que los hongos (pueden alcanzar hasta el 55% de su peso), mientras que los hongos como Aspegillus, tienen en su pared celular un 53% de glucosa y un 19 % de quitina. Esto hace que las bacterias sean más eficientes en sustratos con alto contenido en nitrógeno, mientras que los hongos se desarrollan mejor en sustratos pobres en nitrógeno.

La velocidad y temperatura a la que se descompone la materia orgánica depende de la naturaleza de la misma, pero se puede fijar que el intervalo de temperatura óptima se sitúa en torno a 50-70ºC, que coincide con la mayor generación de dióxido de carbono. Las altas temperaturas que se alcanzan durante el proceso favorecen la actividad microbiana e inactivan los patógenos, factor importante para conseguir una desinfección correcta del producto.

El Bioterre es un prebiótico, es decir, un ingrediente alimenticio no digerible que estimula el crecimiento o la actividad de uno o más tipos de bacterias en el proceso de descomposición de la materia orgánica.

Los prebióticos afectan de forma beneficiosa al hospedador por medio de la estimulación selectiva del crecimiento y actividad de un número limitado de bacterias que ya se encuentran poblándolo.

8.1.1 FICHA TÉCNICA[2]

- **Composición**

Ingrediente activo: carbohidratos no digeribles, complejo enzimático, levaduras, cocos y bacilos Gram + y Gram

Contenidos:

• Heterótrofos < 1 UFC/ml

• Levaduras 20 UFC/ml

• Hongos < 1 UFC/ml

• Pseudomonassp. < 2UFC/100ml

Todas las cepas contenidas en el producto, son aisladas de la naturaleza y clasificadas como no tóxicas, no patógenas[3].

- **Propiedades físicas y químicas**

Estado físico: líquido o sólido (en polvo)

Olor: Dulce característico

[2] Proporcionada por el fabricante.

[3]No necesita Licencia Especial para su uso y, o comercialización (Decreto Minsalud 2150/95 Colombia). Está permitido su uso en agricultura ecológica (Resolución Minagricultura 0074 del 2002, Colombia).

Punto de ebullición: 145º C

Punto de fusión: no aplica

Punto de congelación: - 5° C

Punto de ignición: no tiene

Pérdidas por volatilización: 93%

Solubilidad en agua destilada: 100%

pH: 4.25

Conductividad Eléctrica: 8.0 Sm/cm

Sólidos suspendidos totales: 2.845 mg/l

Densidad: 1.0292 g/ml

DQO: 8,130 mg/l

°Brix: 17.0

Ingrediente activo: carbohidratos no solubles, complejo enzimático, especies bacteriales y levaduras no tóxicas, no patógenas.

Ingredientes peligrosos: ninguno.

- **Posición Arancelaria**

- 30.02 Sangre humana; sangre animal preparada para usos terapéuticos, profilácticos o de diagnóstico; antisueros (sueros con anticuerpos), demás fracciones de la sangre y productos inmunológicos modificados, incluso obtenidos por proceso biotecnológico; vacunas, toxinas, cultivos de microorganismos (excepto las levaduras) y productos similares.
- 30.02.90.10.00 Cultivos de microorganismos.

- **Identificación del peligro**

En su embalaje original no presenta peligro de fuego o explosión.

Efectos a la exposición:

- Piel: Ninguno
- Ojos: Ninguno
- Inhalación: Ninguno
- Ingestión: Puede producir diarrea

- **Medidas de primeros auxilios**

Piel: Lavar con agua limpia y jabón el sitio de contacto.

Ojos: Lavar con abundante agua limpia durante 15 minutos.

Inhalación: Salir al aire fresco.

Ingestión: No inducir vómito. En lo posible buscar asistencia médica.

8.2 CARACTERÍSTICAS DEL BIOPROCESO

En el proceso biológico que tiene lugar en la materia orgánica al aportarle el Bioterre se distinguen dos subprocesos, analizados de manera experimental: la oxidación del amoniaco y la reducción del contenido en humedad.

Proceso de oxidación y reducción de humedad

En ausencia de Bioterre, el amonio contenido en la gallinaza pasa a amoniaco (Meisinger & Jokela, 2000). Sin embargo, en presencia de este producto enzimático, aquel cation es oxidado por el oxígeno del aire a nitrato por una reacción exotérmica:

En ausencia de Bioterre $\longrightarrow$ NH_4^+ $\Rightarrow$ NH_3 (g)

En presencia de Bioterre $\longrightarrow$ NH_4^+ $\Rightarrow$ NO_3^- + Q

En el proceso de oxidación, el nitrato generado es un material apto para fertilizar cultivos, pero con la característica de ser inodoro, al contrario del amoniaco (NH_3), gas con olor característico picante que excita el lacrimeo y tóxico.

La energía generada en la reacción hace que aumente la temperatura del medio, favoreciendo la evaporación del agua, lo que genera una reducción de la humedad de la cama. Dicha energía también es empleada por el sistema para continuar con el modelo biológico, favoreciendo la duplicación celular. Esta fase es muy importante, ya que permite reducir costes, al tener que aportar, en una única etapa, tan sólo una pequeña fracción de microorganismos y de enzimas que actuarán como biocatilizadores. Dichos microorganismos se multiplican logarítmicamente al encontrar un sustrato óptimo (materia orgánica).

8.3 PRUEBAS REALIZADAS EN GRANJAS DE POLLOS EN IRLANDA

Una vez analizado el producto en Colombia, y dadas sus propiedades en el tratamiento de la materia orgánica, se decide realizar pruebas de su aplicación a la gallinaza en Europa, con el fin de mejorar la valoración energética de este residuo gracias a una reducción de humedad.

Las pruebas se realizaron en el interior de alojamientos de pollos durante el ciclo de crecimiento, es decir, durante el propio proceso de formación del residuo, en lugar de tratarlo una vez que es extraído de las granjas. De esta forma se conseguirían unos valores de temperatura y humedad aceptables para el desarrollo enzimático, sin costes adicionales, y en el caso de lograrse los resultados deseados, los pollos tendrían unas mejores condiciones de vida a lo largo de todo su ciclo de crecimiento, lo que, tal y como se ha visto, repercutiría en la rentabilidad de la explotación.

Por otro lado, dado el carácter oxidante del bio-proceso se quiso comprobar si la aplicación del Bioterre en el interior de las granjas podría disminuir las emisiones de amoniaco.

Los objetivos de estas pruebas fueron, por tanto, los siguientes:

- Determinar el período óptimo de aplicación del producto.
- Reducir la humedad de la cama de pollo, con el fin de incrementar el poder calorífico del residuo y, por tanto, su valorización energética como biomasa.
- Disminuir las emisiones de amoniaco en el interior de los alojamientos y así lograr unas condiciones ambientales más saludables tanto para los pollos como para los trabajadores.

Las pruebas se realizaron en Irlanda, en la región de Monahan. (Figura 20).

Figura 20 Región en la que se realizaron las pruebas: Monahan

En esta región se concentra el 75-80% de la industria avícola de Irlanda.

8.4 METODOLOGÍA E INSTRUMENTACIÓN

Las pruebas se realizaron en el interior de los alojamientos, en los que las normas higiénicas aplicadas al personal son elevadas para evitar posibles contaminaciones. Las instalaciones cuentan con un espacio reservado previo a la entrada para que todo personal externo pueda colocarse las botas o calzas, un mono y un gorro. Además, antes de entrar, el calzado ha de mojarse en un esterilizador. Por tanto, la vestimenta empleada fue un mono con capucha y calzas de plástico.

Dado que el producto se ha de aplicar pulverizado sobre la mayor superficie de residuo posible, se utilizó un pulverizador de ultra bajo volumen.

En la fotografía de la Figura 21 se muestra el detalle del equipo utilizado para la aplicación del producto.

Figura 21 Equipo utilizado para la aplicación del producto.

Fuente: fotografía propia.

Este pulverizador, que genera una niebla o nieve de partículas de entre 5 y 50 micras de diámetro. De este modo la cobertura del área a tratar es mucho más eficiente que con los pulverizadores convencionales que dan lugar a gotas de mayor tamaño, de entre 100 y 200 micras.

Para la medición de temperatura de la cama se utilizó una sonda de temperatura Stem Probe, de Sensor Tech, con un rango de temperaturas entre -50ºC y 120ºC.En la fotografía de la Figura 22 se puede ver la sonda introducida en gallinaza.

Figura 22 Sonda de temperatura empleada en las pruebas.

Fuente: fotografía propia.

Para la medición de la concentración de amoniaco en el interior de los alojamientos se utilizó una bomba y tubos colorimétricos Gastec.

En la fotografía de la Figura 23 se muestra el detalle de la bomba de aspiración para medición de concentraciones ambientales.

Figura 23 Bomba de aspiración para medición de concentraciones ambientales.

Fuente: catálogo Gastec.

Los tubos colorimétricos se usan para cuantificar un gas determinado. Entre otros muchos gases, detectan y cuantifican CO_2, etileno, sulfhídrico, amoniaco, ozono, etc.

En el momento de la medición se han de romper ambos extremos del tubo, y colocarse en la bomba para realizar la aspiración. La cuantificación se realiza colorimétricamente de forma instantánea. El valor se lee directamente en la escala impresa en el lateral de cada tubo.

En la siguiente fotografía, Figura 24, puede verse un tubo colorimétrico de los que se emplearon para la medición de concentración de amoniaco, en el interior de las granjas.

Figura 24 Tubo colorimétrico.

Fuente: catálogo Gastec.

La reacción en el interior del tubo en presencia de NH_3 es:

$$2\ NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2\ SO_4$$

Comporta un cambio de color del material que pasa del rosa inicial al amarillo.

Para el análisis de humedad de la gallinaza al final de cada ciclo se recogió, en cada caso, una muestra del residuo procedente de diferentes puntos aleatorios a lo largo del alojamiento. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio “Compost Laboratory” de la empresa Monaghan Mushrooms LTD, una de las mayores empresas de champiñones del mundo. Para el cultivo de los mismos se emplea frecuentemente un compost cuya materia prima principal es la gallinaza, por lo que este laboratorio analiza con precisión este tipo de material. El resultado para cada uno de los alojamientos, que se mostrará en apartados siguientes, es la media de dos analíticas realizadas para cada muestra.

Además, en el laboratorio propio para la realización de este estudio se utilizó el analizador de humedad MS-70 de A&D. EN este equipo, mediante tecnología halógena de infrarrojos, la muestra se seca en pocos minutos, o incluso segundos, dependiendo de la humedad .En su interior tiene una carcasa reflectante que sirve para crear una distribución más uniforme del calor, mejorando la precisión del analizador. El equipo suministra el valor del porcentaje en humedad.

En la fotografía de la Figura 25 puede verse un analizador de humedad MS-70.

Figura 25 Analizador de humedad MS-70.

Fuente: catálogo A&D.

9. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para el desarrollo del presente estudio se realizaron pruebas de aplicación del producto enzimático en veinticuatro granjas irlandesas durante el ciclo de crecimiento de los pollos de engorde, en distintas etapas. Cada una de las granjas tenía entre dos y seis alojamientos, por lo que se trabajó en un total de más de setenta alojamientos.

En un primer test se aplicó el producto en la mitad del ciclo, es decir con pollos de 15-18 días.

9.1 RESULTADOS POR GRANJA DEL PRIMER TEST: POLLOS DE 15-18 DÍAS

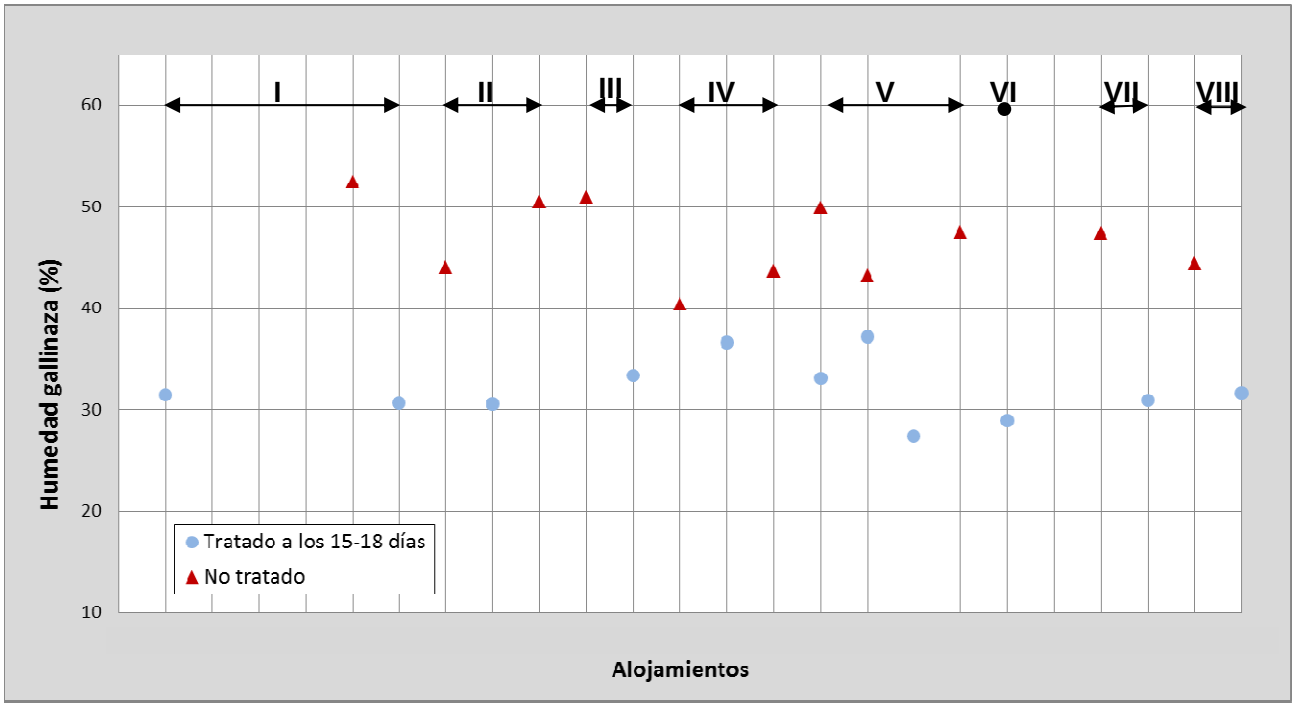
En un primer test se aplicó el producto en la mitad del ciclo, es decir con pollos de entre 15-18 días (Tabla 17).

Tabla 17 Resultado del primer test: aplicación a los 15-18 días del ciclo.

			Tratado a los 15-18 días		No tratado	
	Granja	**Nº Alojamiento**	Humedad	NH3 ppm	Humedad	NH3 ppm
I	Mc Carron	1	31,45%	10		
		5			52,45%	30
		6	30,68%	11		
II	Mc Aree	1			44,08%	
		2	30,56%	2		
		3			50,30%	6
III	Boyd	1			50,98%	
		2	33,38%			
IV	P. Reilly	1			40,40%	11
		2	36,67%	2		
		3			43,71%	16
V	Scott	1	33,14%		49,96%	
		2	37,20%		43,23%	16
		3	27,42%	3		
		4			47,50%	
VI	J. Reilly	1	28,91%	3		
		2				15
VII	Mohan	1			47,39%	7
		2	30,93%	1		
VIII	Keelaghan	1			44,40%	21
		2	31,69%	15		

9.1.1 ANÁLISIS DE HUMEDAD

A continuación se muestra la representación gráfica de los resultados. (Gráfica 14).



Gráfica 14 Humedad. Aplicación a los 15-18 días del ciclo.

En todas las granjas analizadas, la humedad de la gallinaza al final del ciclo fue inferior a la de las no tratadas, manteniéndose en todos los casos por debajo del 40%. En promedio, la humedad en las granjas tratadas fue del 32%, frente al 47% en las no tratadas.

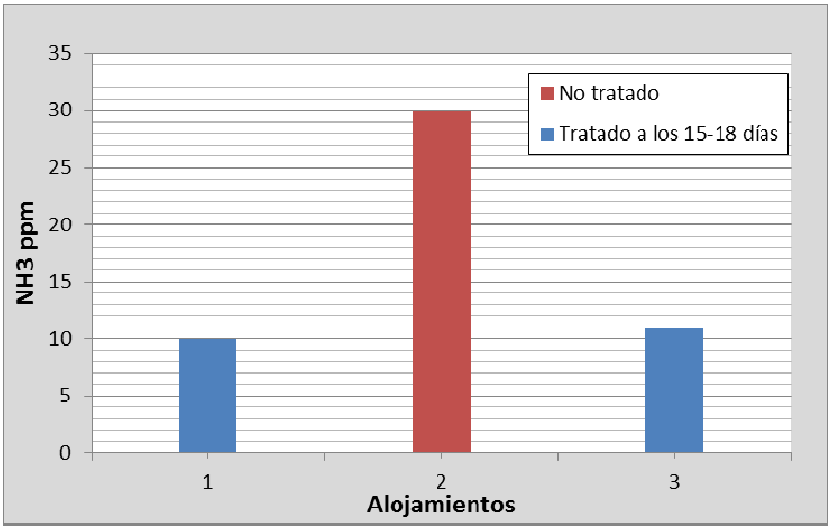
9.1.2 ANÁLISIS DE AMONIACO EN EL INTERIOR DE LOS ALOJAMIENTOS

Las mediciones de amoniaco se realizaron en el interior de los alojamientos durante el ciclo de crecimiento.

Las condiciones específicas de operación en cada una de las granjas condicionan el estado de las mismas. Es decir, el factor humano es una variable relevante dentro del desarrollo de la actividad. La concentración de gases en el interior de los alojamientos va a depender en gran medida de los ciclos de ventilación, que son responsabilidad de la persona que esté al cargo del desarrollo de la actividad. Esto unido al hecho de no poder asegurar que las granjas no fueran ventiladas antes de hacer las mediciones, hace que no sean comparables los resultados entre granjas, por lo que el análisis de los resultados

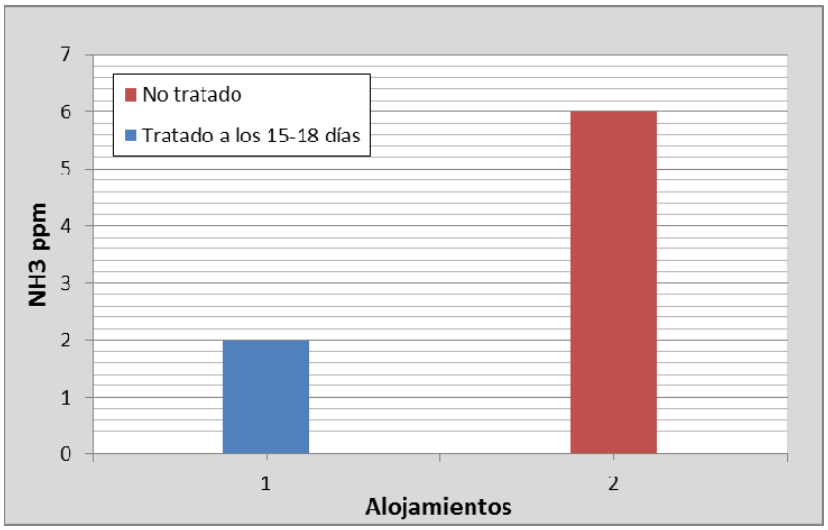
obtenidos debe particularizarse para cada una de las granjas objeto de estudio, tal como consideraremos a continuación.

La Gráfica 15 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja Mc Carron. La medición del número 1 fue hecha en el día 32 del ciclo, la del 2 en el 26 y la del 3 en el 32.



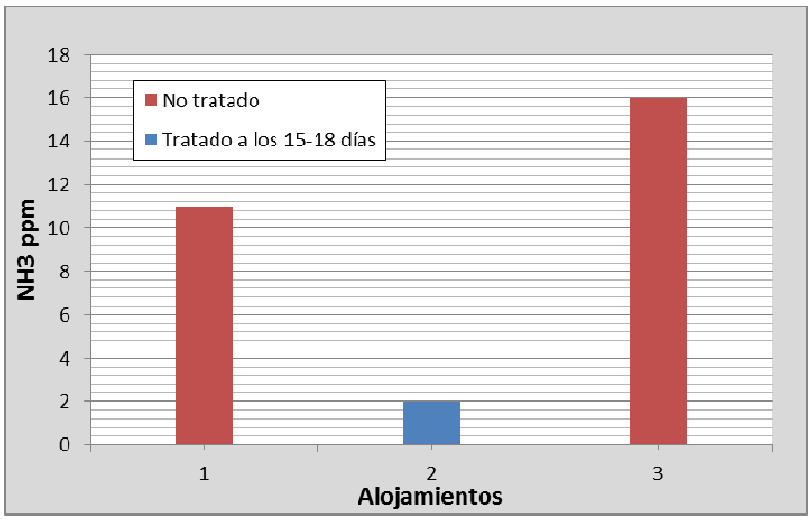
Gráfica 15 NH_3 Granja Mc Carron.

La Gráfica 16 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja Mc Aree. La medición de ambos alojamientos se hizo con pollos de 25 días.



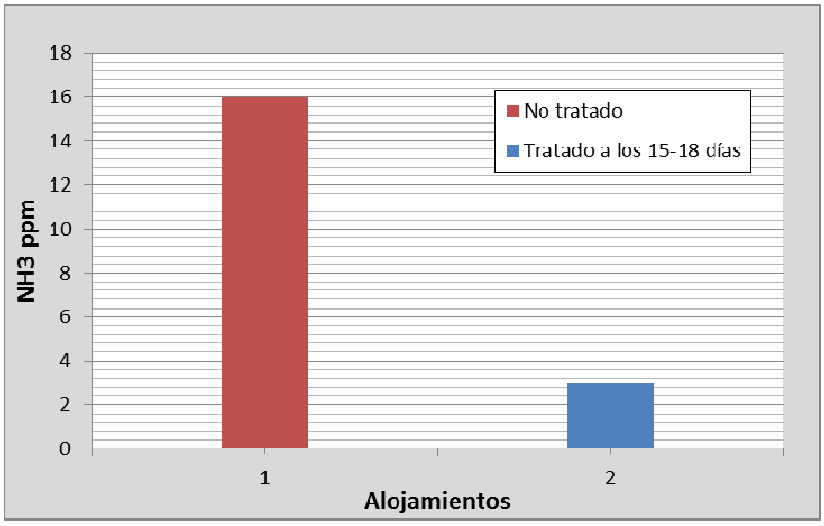
Gráfica 16 NH_3 Granja Mc Aree.

La Gráfica 17 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja Paddy Reilly. La medición de estos los alojamientos se hizo con pollos de 20 días.



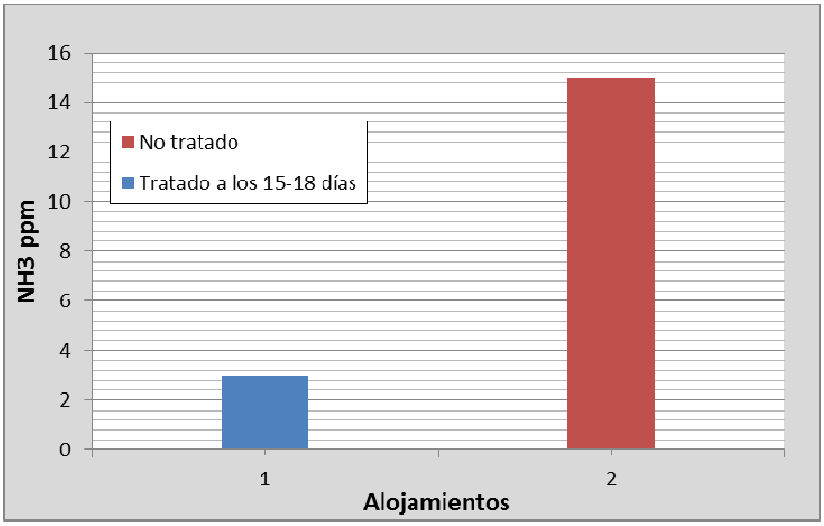
Gráfica 17 NH_3 Granja P. Reilly.

La Gráfica 18 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja Scott. La medición de ambos alojamientos se hizo con pollos de 35 días.



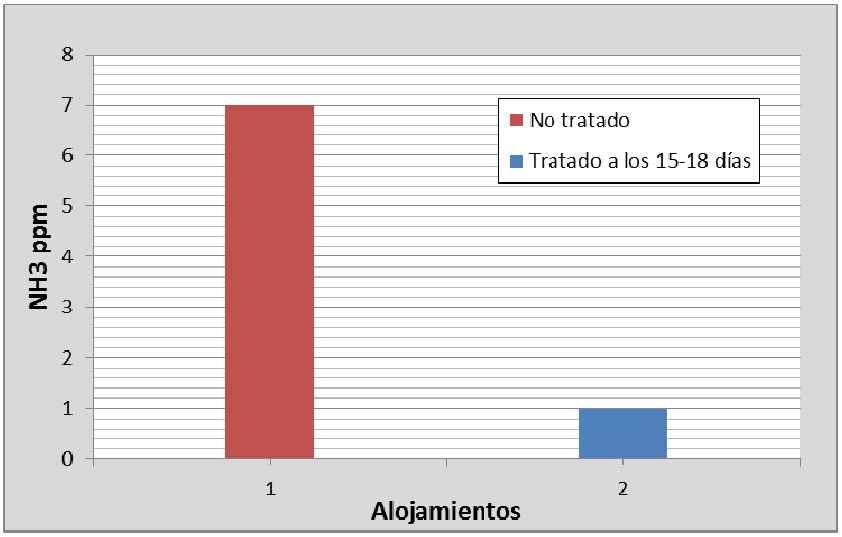
Gráfica 18 NH_3 Granja Scott.

La Gráfica 19 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja J. Reilly. La medición de ambos alojamientos se hizo con pollos de 25 días.



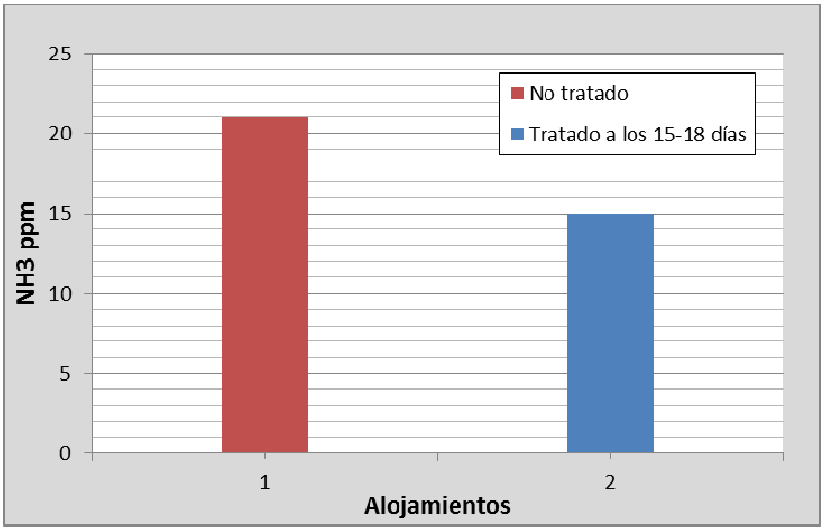
Gráfica 19 NH_3Granja J. Reilly.

La Gráfica 20 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja Mohan. La medición de ambos alojamientos se hizo con pollos de 20 días.



Gráfica 20 NH_3 Granja Mohan.

La Gráfica 21 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja Keelaghan. La medición de ambos alojamientos se hizo con pollos de 23 días.



Gráfica 21 NH_3 Granja Keelaghan.

En todas las granjas analizadas la concentración de amoniaco en el ambiente fue menor en los alojamientos tratados con Bioterre.

En la Tabla 18, a modo de resumen, se expone la reducción de amoniaco promedio obtenida en cada una de las granjas analizadas.

Tabla 18 Reducción de la concentración de amoniaco en granjas con la aplicación de Bioterre a los 15 días del ciclo.

Granja	Reducción de amoniaco
Mc Carron	65%
Mc Aree	67%
P. Reilly	85%
Scott	81%
J. Reilly	80%
Mohan	86%
Keelaghan	29%

La reducción promedio fue del 70%.

Si eliminamos el valor menor y mayor, la reducción es del 76%.

A la vista de estos resultados se tomó la decisión de hacer el test aplicando el producto durante el primer tercio del ciclo, es decir, con pollos de 10 días, para estudiar si se podía conseguir una mayor reducción al partir de una cama de pollo con menor contenido en excrementos.

9.2 RESULTADOS POR GRANJA DEL SEGUNDO TEST: POLLOS DE 10 DÍAS

En el segundo test realizado, se aplicó el producto en el interior de granjas con pollos de 10 días. Los resultados se recogen en la Tabla 19.

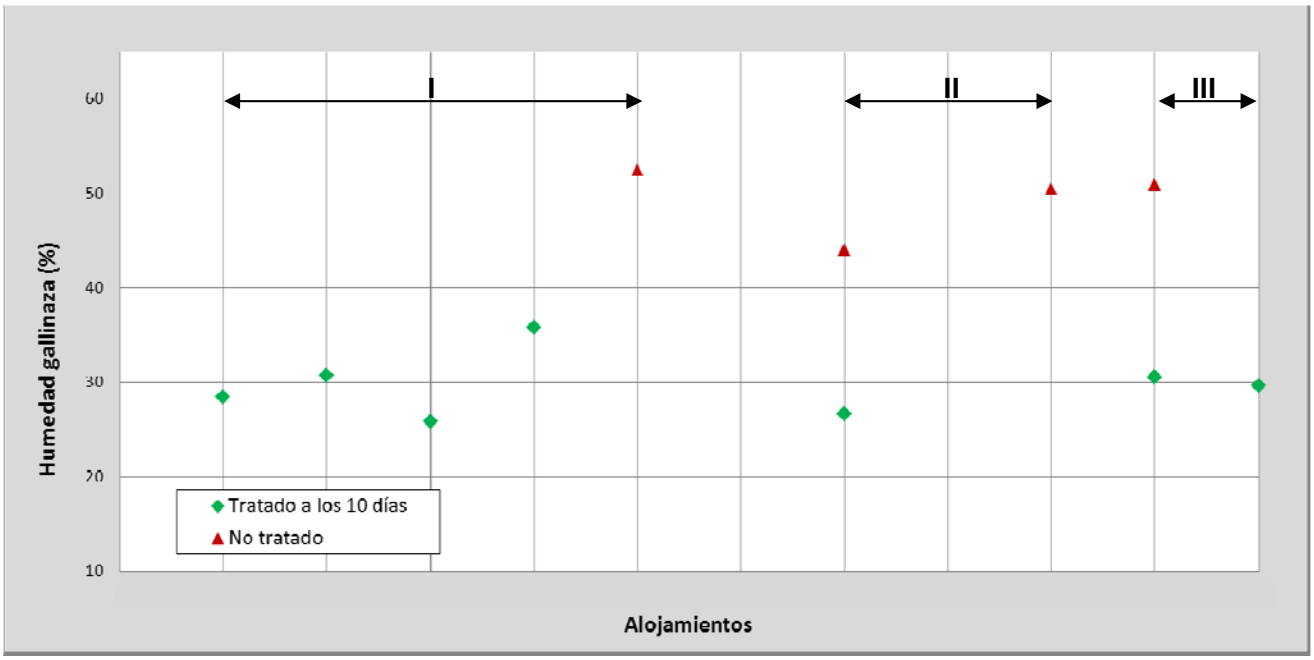
Tabla 19 Resultado del segundo test: aplicación a los 10 días del ciclo.

			Tratado a los 10 días		Tratado a los 15-18 días		No tratado	
	Granja	**Nº Alojamiento**	Humedad	NH3 ppm	Humedad	NH3 ppm	Humedad	NH3 ppm
I	Mc Carron	1	28,49%		31,45%	10		
		2	30,72%					
		3	25,83%	7				
		4	35,82%					
		5					52,45%	30
		6			30,68%	11		
II	Mc Aree	1	26,66%	2			44,08%	
		2			30,56%	2		
		3					50,30%	6
III	Boyd	1	30,52%				50,98%	3,5
		2	29,66%		33,38%			2

		Tratado a los 10 días	No tratado
Granja	**Nº Alojamiento**	NH3 ppm	NH3 ppm
Mc Philips	1	1	
	2	2	
	3		11
S. Mc Kenna 1	1	10	
	2		35
	3		35
S. Mc Kenna 2	1	2	
	2		12
	3		12
P. Mc Kenna	1	5	
	2	5,5	
	3		12

9.2.1 ANÁLISIS DE HUMEDAD

A continuación, se muestra la representación gráfica de los resultados. (Gráfica 22).



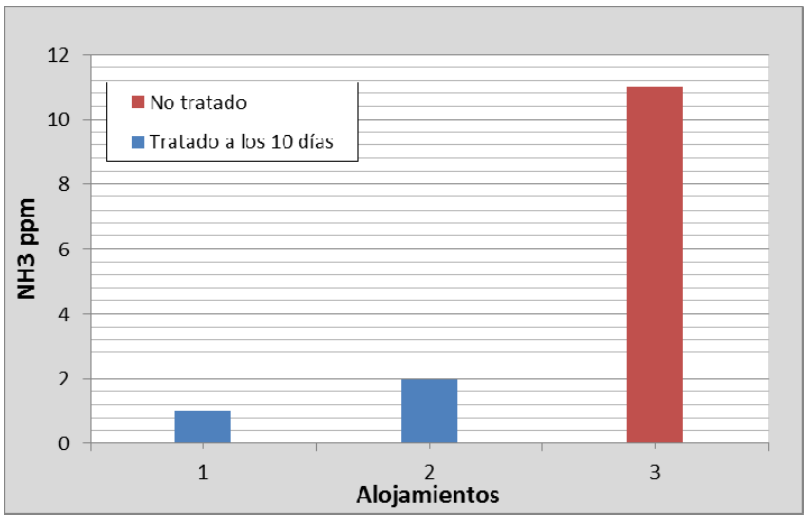
Gráfica 22 Humedad. Aplicación a los 10 días.

Nuevamente el contenido en humedad de la gallinaza de los alojamientos tratados fue menor que en el de las no tratadas. En este caso el promedio fue del 30% en las tratadas, frente al 49% en las no tratadas (teniendo en cuenta sólo las granjas no tratadas en las que se hicieron pruebas con Bioterre a los 10 días).

9.2.2 ANÁLISIS DE AMONIACO EN EL AMBIENTE

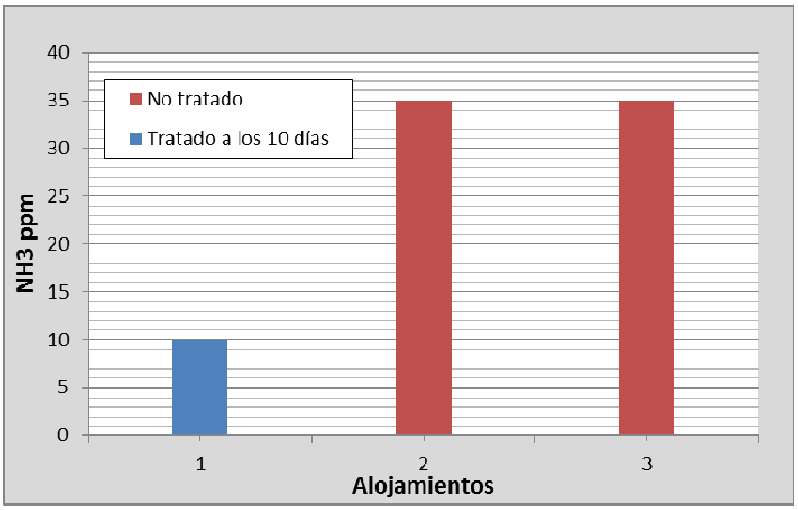
Analizamos nuevamente granja por granja los resultados OBTENIDOS.

La Gráfica 23 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja Mc Phillips. La medición en todos los alojamientos se hizo con pollos de 11 días.



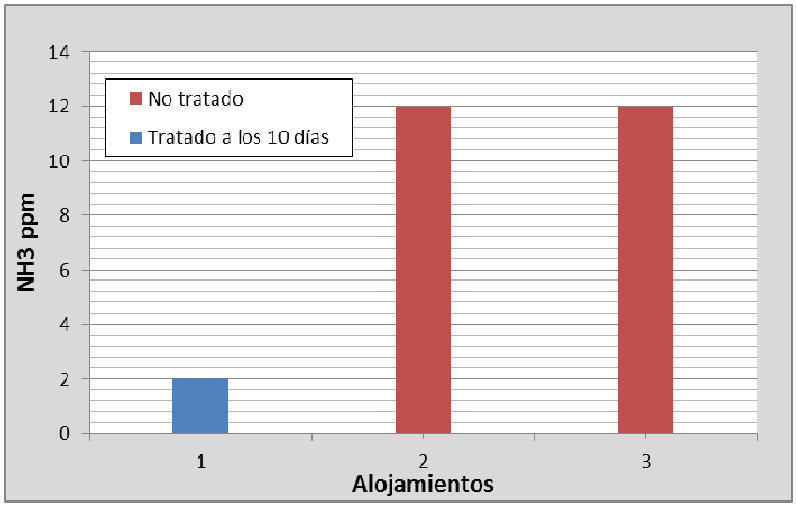
Gráfica 23 NH_3 Granja Mc Philips.

La Gráfica 24 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja S. Mc Kenna 1. La medición de en todos los alojamientos se hizo con pollos de 17 días.



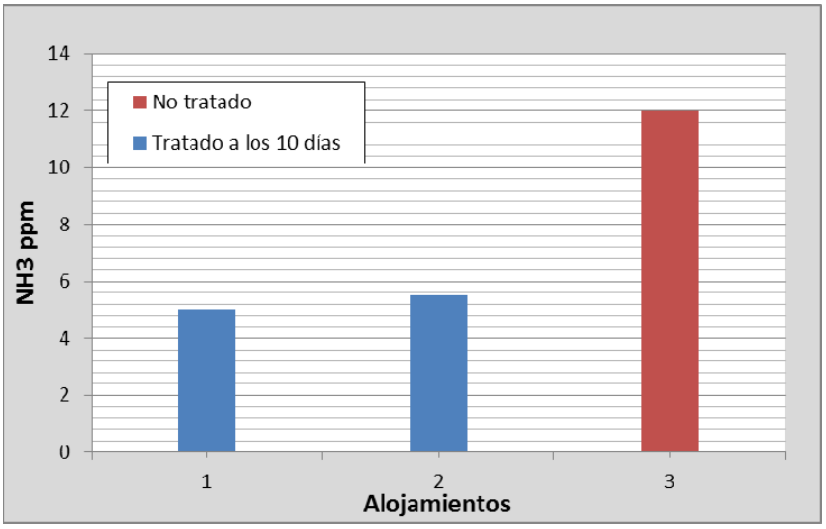
Gráfica 24NH_3 Granja S. Mc Kenna 1.

La Gráfica 25 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja S. Mc Kenna 2. La medición de en todos los alojamientos se hizo con pollos de 31 días.



Gráfica 25 NH3 Granja S. Mc Kenna 2.

La Gráfica 26 muestra los resultados de las mediciones de amoniaco en el interior de los alojamientos de la granja P. Mc Kenna. La medición de en todos los alojamientos se hizo con pollos de 31 días.



Gráfica 26 NH3 Granja P. Mc Kenna.

En la Tabla 20, a modo de resumen, se expone la reducción de amoniaco promedio obtenida en cada una de las granjas analizadas durante el segundo test.

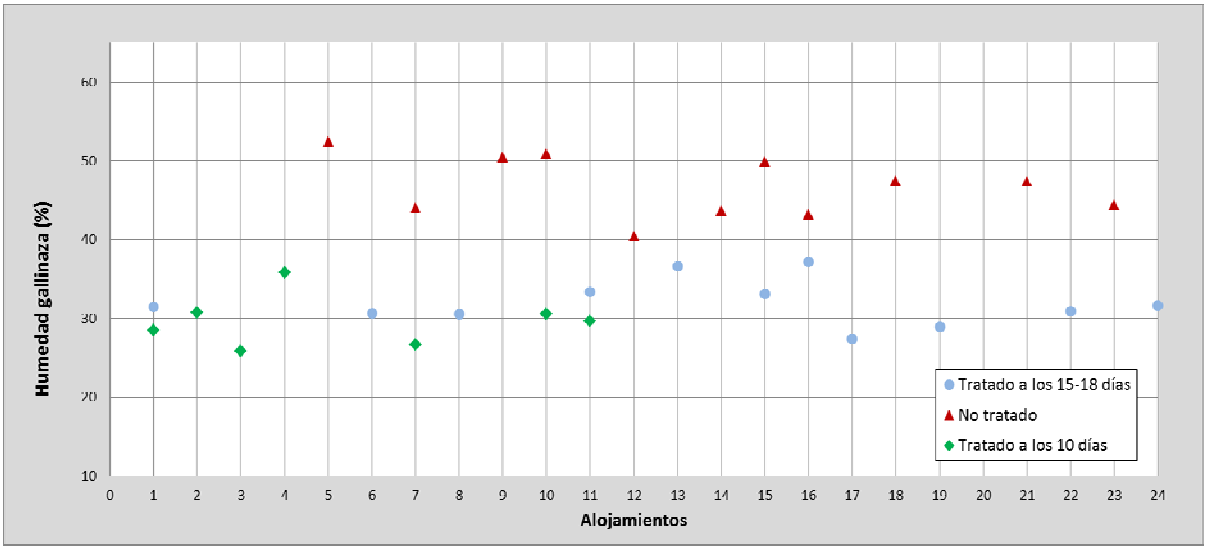
Tabla 20 Reducción de la concentración de amoniaco en granjas con la aplicación de Bioterre a los 10 días del ciclo.

Granja	Reducción de amoniaco
Mc Philips	86%
S. Mc Kenna 1	71%
S. Mc Kenna 2	83%
P. Mc Kenna	56%

En este caso, la reducción promedio fue del 74%.

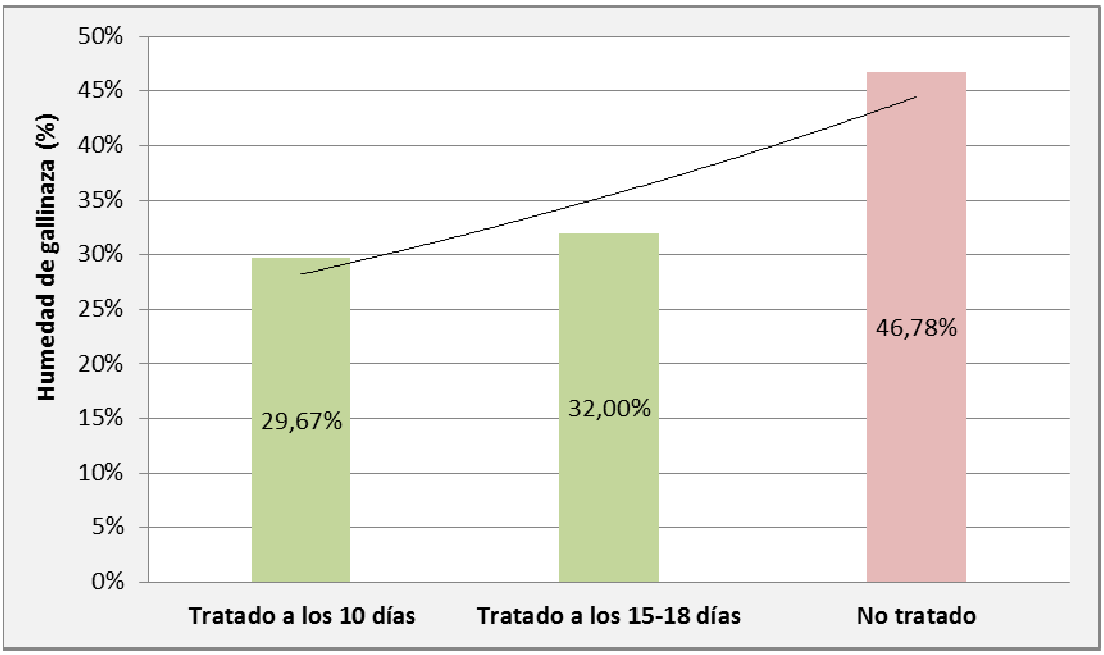
9.3 RESUMEN DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN A LOS 10 Y 15 DÍAS

En la Gráfica 27 se exponen de manera conjunta los resultados de las pruebas de los dos test realizados.



Gráfica 27 Humedad. Aplicación a los 15 y 10 días del ciclo.

A continuación (Gráfica 28), se muestran los promedios de los 24 alojamientos objeto de estos dos primeros tratamientos en dos periodos diferentes: a los 15-18 días y a los 10 días.



Gráfica 28 Humedad promedio de la gallinaza. Aplicación a los 15 y 10 días del ciclo.

En promedio la humedad de los alojamientos tratados con pollos de 10 días fue del 30% y la de los tratados con pollos de 15-18 días del 32%. La humedad de los alojamientos no tratados fue del 47%.

En cuanto a la reducción de la concentración de amoniaco, en el primer test (aplicación a los 15 días) se experimentó una reducción del 70%, en promedio, y en el segundo test (aplicación a los 10 días) se consiguió una reducción del 74%.

Ante estos resultados se decidió hacer pruebas de aplicación a una edad más temprana de los pollos, e incluso un día antes del comienzo del ciclo.

9.4 RESULTADOS POR GRANJA DEL TERCER TEST: POLLOS DE 7 DÍAS

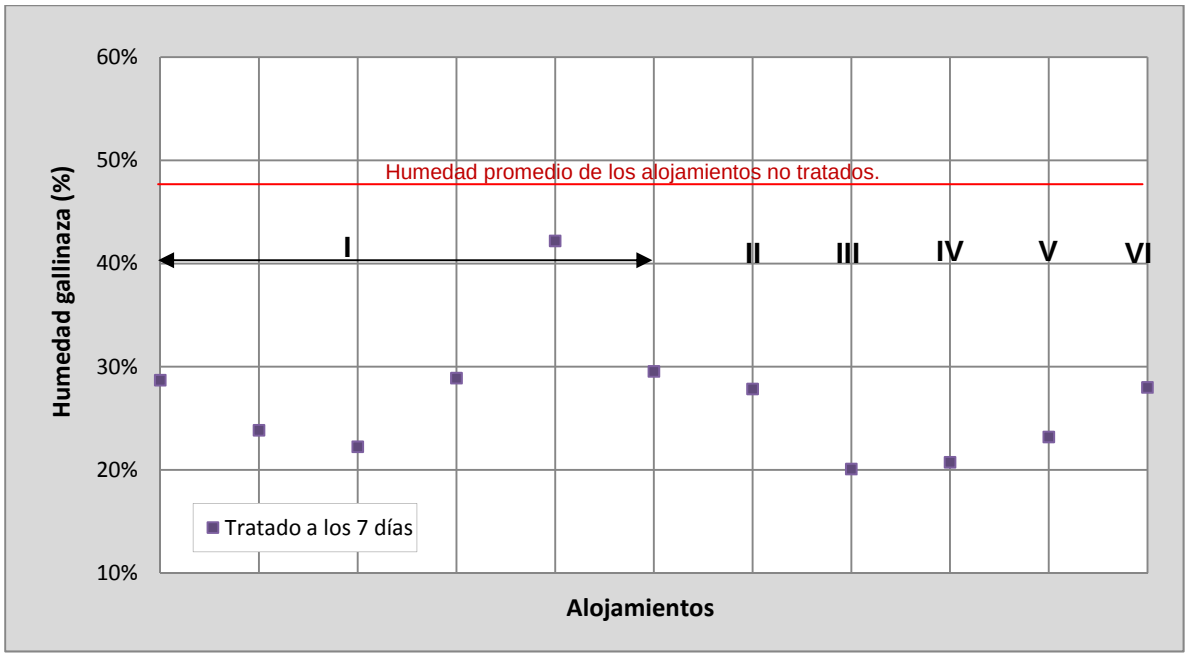
En la Tabla 21 se recogen los resultados de las pruebas realizadas en el tercer test, es decir, en alojamientos con pollos de 7 días.

Tabla 21 Resultado del tercer test: aplicación a los 7 días del ciclo.

			Tratado a los 7 días	
	Granja	**Nº Alojamiento**	Humedad	NH3 ppm
I	Mc Carron	1	28,70%	
		2	23,85%	
		3	22,25%	
		4	28,90%	
		5	42,20%	
		6	29,55%	
II	Mc Donald	1	27,85%	2
III	W. Moffett	1	20,09%	2
IV	E. Moffett	1	20,75%	5
	Brennan	1		2
	Treanor 1	1		5
V	Treanor 2	1	23,20%	5
VI	Mc Ardde	1	28,00%	2
	Mooney	1		3
	Mc Guirks	1		9
	Mohan	1		4
		2		6
	Scott	1		2
		2		5
		3		2
		4		2
	Mc Kenna	1		0
		2		0
		3		0,5
		4		0,5

9.4.1 ANÁLISIS DE HUMEDAD

En este caso sólo se dispone de datos de valores de humedad de gallinaza no tratada de la granja Mc Carron (Tabla 17). Lo que se puede afirmar es que el promedio de humedad de la gallinaza, al final del ciclo, de los alojamientos tratados a los siete días fue de 27%, frente al 47% de los no tratados.



Gráfica 29 Humedad. Aplicación a los 7días del ciclo.

La reducción porcentual en humedad, respecto a los datos de alojamientos no tratados es del 20%.

9.4.2 ANÁLISIS DE AMONIACO EN EL AMBIENTE

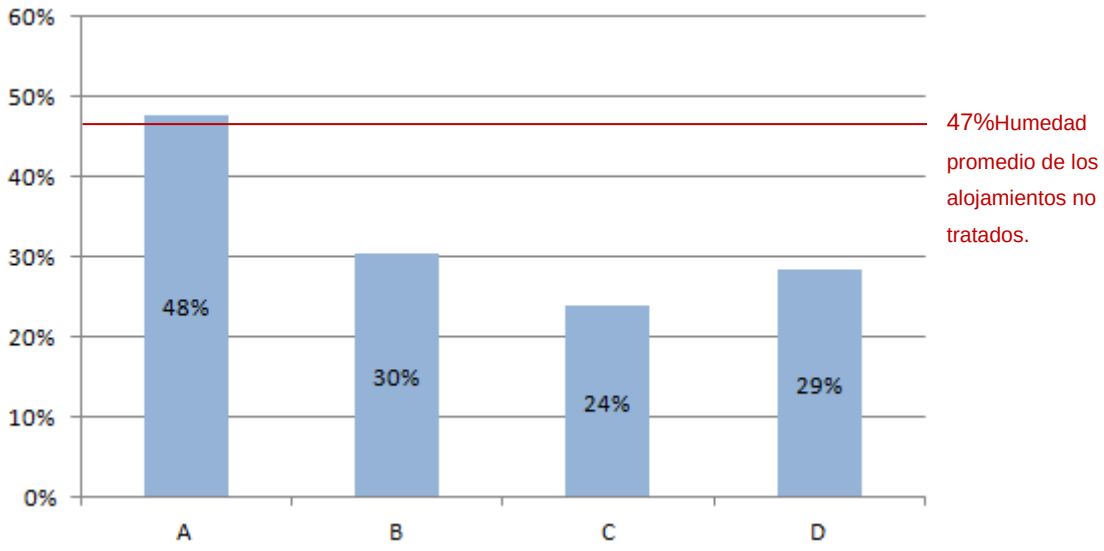
Al no disponer de valores de concentración de amoniaco en los alojamientos no tratados durante este test, no se puede determinar el porcentaje de reducción, aunque lo que sí se puede asegurar es que en las naves tratadas la concentración medida en ningún caso alcanzó los 10ppm.

9.5 APLICACIÓN DEL PRODUCTO ANTES DE COMENZAR EL CICLO

En cambio, el tratamiento de la cama antes de la llegada de los pollos no ha supuesto una mejora respecto a los alojamientos no tratados. En una misma granja (Mc Carron) se trataron cuatro alojamientos:

Alojamiento	Día del ciclo en el que se aplicó el Bioterre
A	Un día y medio antes de la entrada de los pollos
B	2
C	4
D	6

A continuación se muestra una gráfica con los resultados de este test (Gráfica 30).



Gráfica 30 Humedad. Aplicación antes de comenzar el ciclo.

En el caso del tratamiento antes de comenzar el ciclo, la gallinaza tuvo un contenido en humedad incluso superior al promedio de los alojamientos no tratados. Esto puede ser debido a que en el momento de aplicación del producto no hubo suficiente materia orgánica en el sustrato para que se desarrollaran las enzimas y por tanto tuviera lugar el proceso biológico. En el resto de casos no se observa una mejora sustancial respecto a la aplicación a los 7 días que justificara la realización de más pruebas a tan temprana edad de los pollos, en la que se les podría generar estrés al estar en condiciones aún de adaptación al medio.

9.6 VALORIZACIÓN DE LA GALLINAZA

Al finalizar el ciclo de engorde de los pollos se enviaron a analizar muestras de algunas de las granjas, con el fin de determinar las diferencias en términos energéticos al disminuir la humedad del residuo. Los laboratorios que realizaron los análisis fueron Erofins, en Dundalk (Irlanda), y el laboratorio de la central eléctrica de biomasa (gallinaza) BMC en Moerdijk (Holanda). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 22, y se adjuntan en el Anexo III.

Tabla 22Poder calorífico de la gallinaza (resultado de las pruebas).

			MJ/kg	
Granja	**Laboratorio**	**Humedad %**	**Base húmeda**	**Base seca**
Mc Carron (tratado a los 18 días)	Eurofins	35,9	11,451	17,864
Mc Aree (tratado a los 18 días)	Eurofins	35,7	12,079	18,785
	BMC	35,2	12,004	
Kenny Boyd (tratado a los 18 días)	Eurofins	35	11,832	18,373
Mc Carron (tratado a los 10 días)	Eurofins	18,5	15,7	19,264
Kenny Boyd (no tratado)	Eurofins	51	9,401	19,186
	BMC	53,4	8,483	

A continuación se realiza una valoración energética y económica de la gallinaza, sin tener en cuenta costes de operación, tomando como dato el poder calorífico medio de las muestras analizadas de alojamientos no tratados y tratados.

La tecnología supuesta es combustión, por lo que se obtendrán cenizas residuales cuyo contenido en fósforo y potasio les confiere un valor comercial como fertilizante.

Por otro lado, el precio por generación de electricidad supuesto es el vigente en Irlanda para biomasa, correspondiente a 12 céntimos de euro por kWh, según REFIT 3 (Renewable Energy Feed in Tariff competition for electricity generation from Biomass Technologies 2010-2015; 27 de febrero de 2012) De esta forma, el gobierno irlandés da apoyo a las energías renovables, con el fin de alcanzar los objetivos marcados para el 2020

en materia de green-energy, para lo que será necesaria la instalación de aproximadamente 4.000 MW generados a partir de fuentes renovables.

No se tendrá en cuenta, sin embargo, el incremento del precio de la electricidad con el IPC, al que está sujeto según REFIT3.

Valorización de gallinaza no tratada

Base de cálculo: una tonelada de gallinaza.

Datos de partida	Unidades	Valor
Gallinaza	t	1
Humedad media	%	
Poder calorífico	MJ/kg	8,942
Cenizas (% gallinaza)	%	12
Cenizas no recuperables (% gallinaza)	%	1

Datos económicos	Unidades	Valor
Precio electricidad	€/MWh	120
Cenizas como fertilizante	€/t	30

Cálculos	Unidades	Valor
Fuel	t	1
Potencia térmica	GJ	8,942
Factor de eficiencia térmica	%	32
Generación eléctrica bruta	MWh	0,79
Factor por pérdidas		0,86
Generación eléctrica neta	MWh	0,68
Consumo específico	t/MWh	1,46
Cenizas	t	0,12
Venta de cenizas	€	3,6
Generación eléctrica	**€**	**82,00**

Valorización de gallinaza tratada

Base de cálculo: una tonelada de gallinaza.

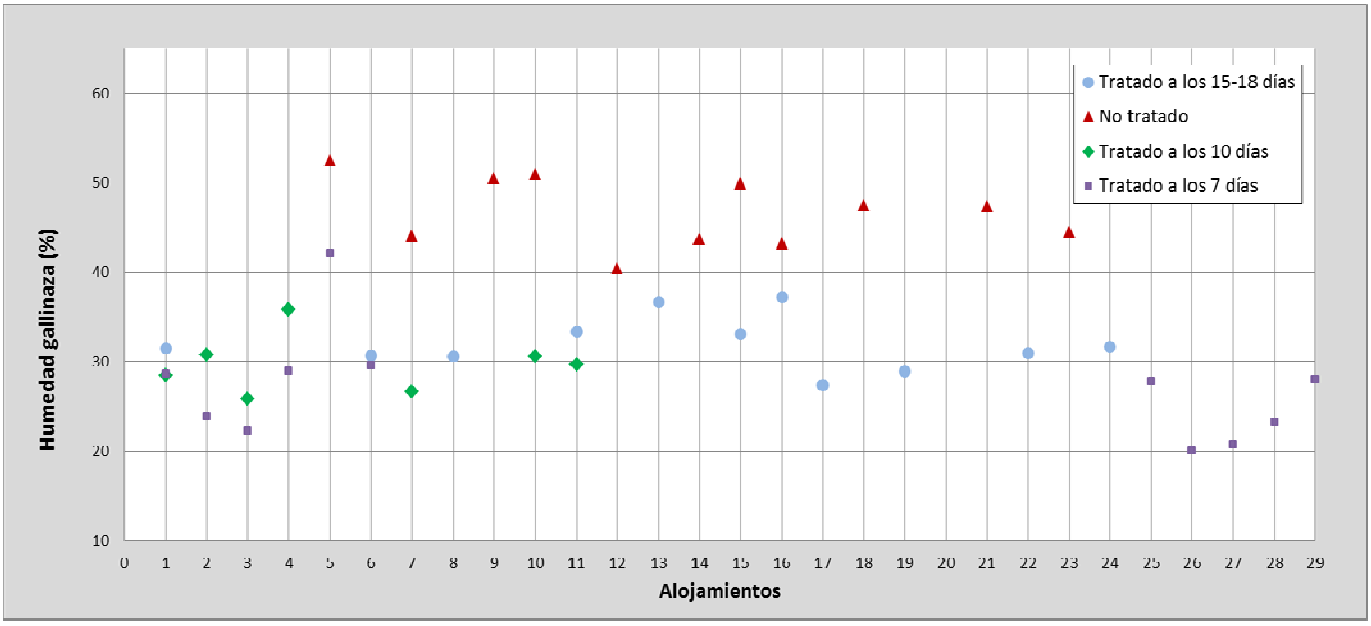
Datos de partida	Unidades	Valor
Gallinaza	t	1
Humedad media	%	32,06
Poder calorífico	MJ/kg	12,613
Cenizas (% del fuel)	%	12
Cenizas no recuperables (% del fuel)	%	1

Datos económicos	Unidades	Valor
Precio electricidad	€/MWh	120
Cenizas como fertilizante	€/t	30

Cálculos	Unidades	Valor
Fuel	t	1
Potencia térmica	GJ	12,613
Factor de eficiencia térmica	%	32
Generación eléctrica bruta	MWh	1,12
Factor por pérdidas		0,86
Generación eléctrica neta	MWh	0,96
Consumo específico	t/MWh	1,04
Cenizas	t	0,12
Venta de cenizas	€	3,6
Generación eléctrica	**€**	**115,67**

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A modo de resumen, en la Gráfica 31 se muestran los resultados de las muestras analizadas de granjas no tratadas, y las tratadas en diferentes momentos del ciclo.

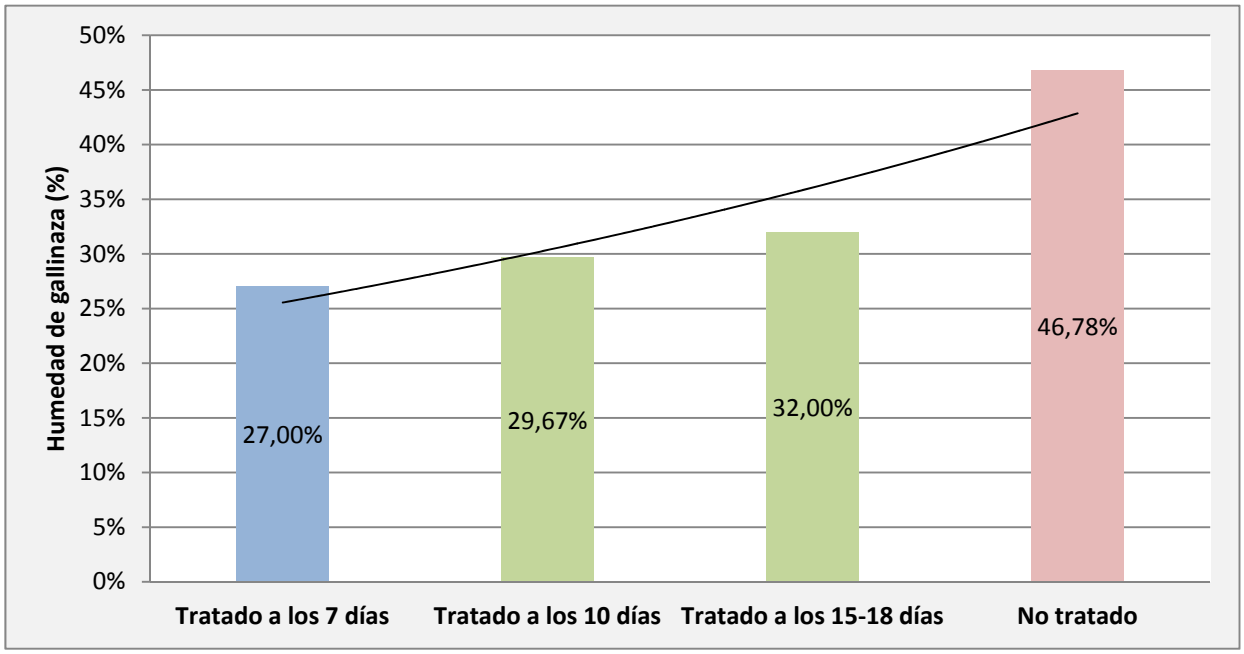


Gráfica 31 Humedad de la gallinaza de todas las aplicaciones realizadas.

- Según los datos recogidos y las muestras analizadas, una aplicación del producto a los 7 días del ciclo supondría una reducción de entre un 2 y un 5% de humedad respecto a la aplicación a los 10 y 15-18 días, por lo que se concluye que el momento de aplicación óptimo sería durante la primera semana del ciclo.

- El contenido medio en humedad, al final del ciclo, del residuo avícola en las naves tratadas de las diferentes granjas es de 27%, frente al 47% en las no tratadas.

En la Gráfica 32 se hace una representación gráfica de los resultados promedio de humedades de la gallinaza.



Gráfica 32 Humedad promedio de la gallinaza de todas las aplicaciones.

- Los registros de emisión de amoniaco en diferentes etapas del ciclo de producción en las naves tratadas no sobrepasaron las 10ppm, mientras que en naves sin tratar aquel registro siempre fue superior, superando en algunos casos las 35ppm.

- En las granjas en las que se dispuso de concentraciones de amoniaco en alojamientos tratados y sin tratar, la reducción fue del 70% o superior con la aplicación del Bioterre.

10.1 BALANCE DE MASAS

El amoniaco es un gas incoloro de olor muy penetrante que puede producirse naturalmente o por fabricación industrial. Se disuelve fácilmente en el agua y se evapora rápidamente motivo por el cual es difícil su control.

Propiedades químico-físicas del amoniaco

Características químicas

El amoniaco es un compuesto químico cuya molécula consiste en un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de hidrógeno (H) de acuerdo a la fórmula NH_3.

La molécula no es plana, sino que tiene la forma de un tetraedro con un vértice vacante. (Figura 26).

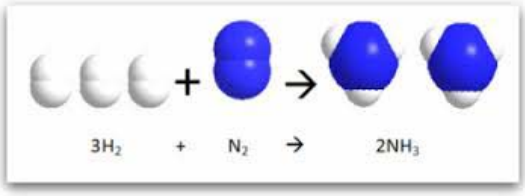


Figura 26 Formación del amoniaco

Esto se debe a la formación de orbitales híbridos sp3.

En disolución acuosa se puede comportar como una base y formarse el ion amonio, NH_4^+, forma en la que se presenta en la cama de pollo, con un átomo de hidrógeno en cada vértice del tetraedro, debido a la formación de orbitales híbridos sp3. (Figura 27).

Figura 27 Estructura del amoniaco

Características físicas

- Gas incoloro en condiciones normales
- Temperatura de solidificación -77,7ºC
- Temperatura normal de ebullición -33,4ºC
- Calor latente de vaporización a 0ºC 302 kcal/kg
- Presión de vapor a 0ºC 4,1 atm.
- Temperatura crítica 132,4ºC
- Presión crítica 113 atm.
- Densidad del gas (0ºC y 1atm.) 0,7714 g/l

El balance se ha realizado con base en las siguientes consideraciones:

- El sustrato primario del proceso es la cama de pollo y ésta presenta una composición compleja y no definida que no permite determinar con exactitud cambios en su concentración durante la transformación.
- La biomasa activa del proceso es aportada por el producto Bioterre y por tanto no está diferenciada.
- El "biotratamiento" implica que la biomasa que realiza la transformación se encuentre activa por tanto el balance del proceso se realiza con base en el consumo de los nutrientes por los microorganismos, como es el N.
- El proceso se realiza en un sistema discontinuo y por tanto para efectos del balance se considera estado estacionario.
- Se considera que las tasas de transformación son funciones lineales de la concentración del sustrato.

10.2 BALANCE DE AGUA Y NITRÓGENO

Se toma como base de cálculo la producción de cama de pollo generada en su ciclo productivo por un pollo.

Los cálculos de las entradas y salidas de N al proceso se basaron en:

- Los datos de los certificados de análisis realizados en el laboratorio Monaghan Mushroom Laboratory, de todas las pruebas realizadas.

- Los valores de nitrógeno total de entrada, se toman como $NH^{+}_{4,\ y}$ los de salida como NO^{-}_{3} de acuerdo con la siguiente formula general definida y comprobada en el proceso de validación del Bioterre:

ESTEQUIOMETRÍA DE LA REACCIÓN CON BIOTERRE

Fórmula general

$$NH^{+}_{4} + 1.5O_2 \xrightarrow{\text{BIOTERRE}} NO^{-}_{2} + 2H^{+} + H_2O$$

$$NO^{-}_{2} + 0.5O_2 \xrightarrow{\text{BIOTERRE}} NO^{-}_{3}$$

- Humedades inicial y final

La humedad inicial, H_i, es el valor obtenido en los análisis de los alojamientos no tratados, y la humedad final, H_f, es el valor obtenido en los análisis de los alojamientos tratados con Bioterre. (Anexo I).

Los valores promedios resultantes son los siguientes:

- N - $NH^{+}_{4inicial}$: 2,64%
- N - NO^{-}_{3final}: 3,15%
- H_i: 47%
- H_f: 27%

10.3 VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PRODUCTO: IMPACTO ECONÓMICO

Uno de los países punteros en la gestión de los residuos agrarios, y en el cumplimiento de la Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias es Holanda. Por este motivo, se realizó un estudio del coste que les supone a los granjeros la gestión de sus residuos, en comparación con Irlanda, donde por el momento no se está llevando ninguna medida alternativa al uso directo de la cama de pollo como fertilizante, lo que genera los ya mencionados problemas de contaminación del suelo, de las aguas y está provocando además botulismo. A gran escala, en Europa, sólo se han encontrado dos posibles soluciones: esterilizar el residuo antes de su uso como fertilizante o bien usarlo como combustible en una central eléctrica.

- Solución nº1 (Holanda)

  La cama de pollo, de pavos y estiércol de cerdo se lleva a un centro de desinfección donde se calienta hasta una temperatura de 70ºC antes de ser utilizado como fertilizante, parte en Holanda y parte exportado a Francia.

  La tasa pagada por recogida, transporte y tratamiento es de: 28 €/t (recogida y transporte) +26 €/t (tratamiento) = **54 €/t**.

  El coste de recogida en Irlanda es de **12 €/t**, sin ninguna otra gestión.

- Solución nº2 (Holanda)

  BMC Biomass Power Station.

  Esta central usa todo tipo de cama avícola como combustible para generar electricidad (480.000t/año)

  El coste de recogida y transporte es de 6 €/t + 7 €/t= **13 €/t**.

  El compromiso de esta planta es que tras siete años de funcionamiento en continuo, la central será capaz de pagar a los granjeros por su residuo.

Según las pruebas realizadas con Bioterre en granjas irlandesas, el promedio de humedad de las granjas tratadas fue 27% frente al 47% en las no tratadas. Esto supondría el siguiente ahorro en un alojamiento promedio de 25.000 pollos de una granja irlandesa:

Asumiendo que al final de un ciclo 1000 pollos generan aproximadamente 1,3 toneladas de gallinaza, 25.000 pollos generarían 37,5 toneladas. El coste de retirada de este residuo sería de 450 euros.

Aplicando el Bioterre se reduce la humedad en un 20%, por lo que el peso de la gallinaza al final del ciclo sería de 30 toneladas, por lo que el coste de retirada sería de 360 euros, lo que supondría un ahorro bruto de 90 euros por ciclo.

Por otro lado, el resultado de las pruebas ha dado una reducción de amoniaco de un 70%, por lo que deberemos analizar cuál sería el ahorro respecto al tratamiento con otro método, como por ejemplo los scrubber químicos, que se vio en el capítulo de estado del arte que, al margen de la inversión, el coste operacional anual era de 0,87€ por animal al año (incluida la depreciación).

Teniendo en cuenta que se han de tomar medidas, por ley, sobre la concentración máxima de amoniaco en el interior de los alojamientos, calcularemos el coste por animal y año de la instalación de un scrubber químico y el coste de retirada de la cama de pollo. Supondremos como antes un alojamiento de 25.000 pollos, con 5 ciclos anuales.

- Coste de la retirada de la gallinaza a 12€/t: 2.250€/año
- Coste del scrubber químico 0,87€/año: 21.750€/año

Coste total: 24.000€/año

Analizaremos ahora el coste aplicando Bioterre en el interior de los alojamientos, en relación de 0,94 litros por tonelada, por lo que en este caso aplicaríamos unos 35 litros a un coste estimado por litro de 9 euros.

- Coste del producto: 175l/año x 9€/l = 1.575€/año
- Retirada de la gallinaza (con una reducción de humedad del 20%): 1.800€/año

Coste total: 3.375€/año

10.4 VIABILIDAD ECONÓMICA DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA DE 40MW DE BIOMASA USANDO COMO MATERIA PRIMA GALLINAZA

Se plantea como análisis final el estudio de la viabilidad de una planta eléctrica de 40 MW que utilice como materia prima la biomasa.

10.4.1 SEGURIDAD DE SUMINISTRO

Las mayores empresas de procesamiento de aves de corral en Irlanda son los Carton Brothers, que constituyen aproximadamente el 12% de la producción total en la República de Irlanda e Irlanda del Norte (U.K.), a través de contratos con 180 granjas, y Moy Park, en Irlanda del Norte (U.K.), con contratos con 800 granjeros que representan poco menos de un tercio de la producción total gallinaza en la región.

En 2012 Carton Brothers anunció la creación de 48 nuevos puestos de trabajo en su planta de Shercock, Co Cavan. Este anuncio vino unido a una inversión de 3,3 millones de euros en un nuevo equipo especializado en eliminar despojos de pollos, especial para el procesado con destino al mercado asiático.

Esta empresa, que tiene una facturación anual de alrededor de 200 millones de euros y emplea a casi 700 personas, procesa aproximadamente 38 millones de aves al año en Irlanda. Carton Brothers suministra a todos los principales puntos de venta en Irlanda con productos de marca propia oa través de otra de sus marcas, Manor Farm, y en la actualidad ya exportan 50 toneladas mensuales de zancas de pollo a Asia. Más de 6.000 personas están empleadas en el procesamiento de aves de corral y embalaje de huevos.

La facturación de Moy Park, que es propiedad del holding brasileño Marfig, incrementó en un 18%, pasando de 780,5 millones de libras en 2009 a 921,1 millones de libras en 2010, según las cuentas presentadas por Moy Park Limited. Esta empresa está planeando aumentar su tamaño en un 50% en los próximos años. Los beneficios antes de impuestos del grupo aumentaron más de un 50% en 2011 (27,8 millones de libras), impulsado por la adquisición de su rival O'Kane Poultry durante ese año.

Como ya se mostró en la Tabla 16, la producción estimada de gallinaza en Irlanda es la que se muestra a continuación (valores estimados en 2012):

	República de Irlanda (toneladas/año)	Irlanda del Norte (U.K.) (toneladas/año)
Cama de pollo (según la tabla anterior)	203,750	307,500
Cama de gallinas (Producción de huevos)	100,000	150,000
Cama de pavo	10,000	10,000
Total	*313,750*	*467,500*
Gallinaza total	**781,250 t/año**	

Según las principales productoras de champiñones de la República de Irlanda, su industria consume, aproximadamente, el 20% de la gallinaza generada para la fabricación del compost que se utiliza como sustrato para el crecimiento del champiñón, lo que dejaría unas 625.000 toneladas anuales de gallinaza para su uso como fertilizante y biomasa.

En términos de seguridad de suministro es necesario que la planta sea versátil en su alimentación, por lo que se propone utilizar como materia prima un cierto porcentaje de biomasa (15-20%) procedente del cultivo energético de sauce.

10.4.1.1 El sauce como cultivo energético

En la actualidad, los cultivos energéticos contribuyen con un porcentaje relativamente pequeño, a nivel mundial, en la energía total producida a partir de biomasa, pero se espera que dicho porcentaje aumente en las próximas décadas.(Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture., 2007) En el caso de Irlanda estas previsiones vienen avaladas por las siguientes razones:

- En relación al clima y suelo, el sauce es un cultivo energético leños adecuado para Irlanda y muchas otras regiones templadas del mundo.
- Se trata de un árbol autóctono, que consigue grandes rendimiento.
- Es de rápido crecimiento.

- Se puede cortar de 6 a 12 veces en un ciclo de dos/tres años.(Caslin, 2010).
- Su ciclo de vida es de unos 25 años.
- Es un cultivo de monte bajo, y una vez finalizado el ciclo es fácilmente convertible a cultivo convencional.
- El sauce es un cultivo apropiado para la eliminación de fangos y purines. Las plantaciones de sauce tienen la capacidad de extraer nutrientes de las aguas residuales y purines, y ofrecen una gran oportunidad para la biorremediación de suelos. (Dr Sellers, 2010)

En el mapa de la Figura 28 se muestran las zonas más favorables de Irlanda para el cultivo del sauce.

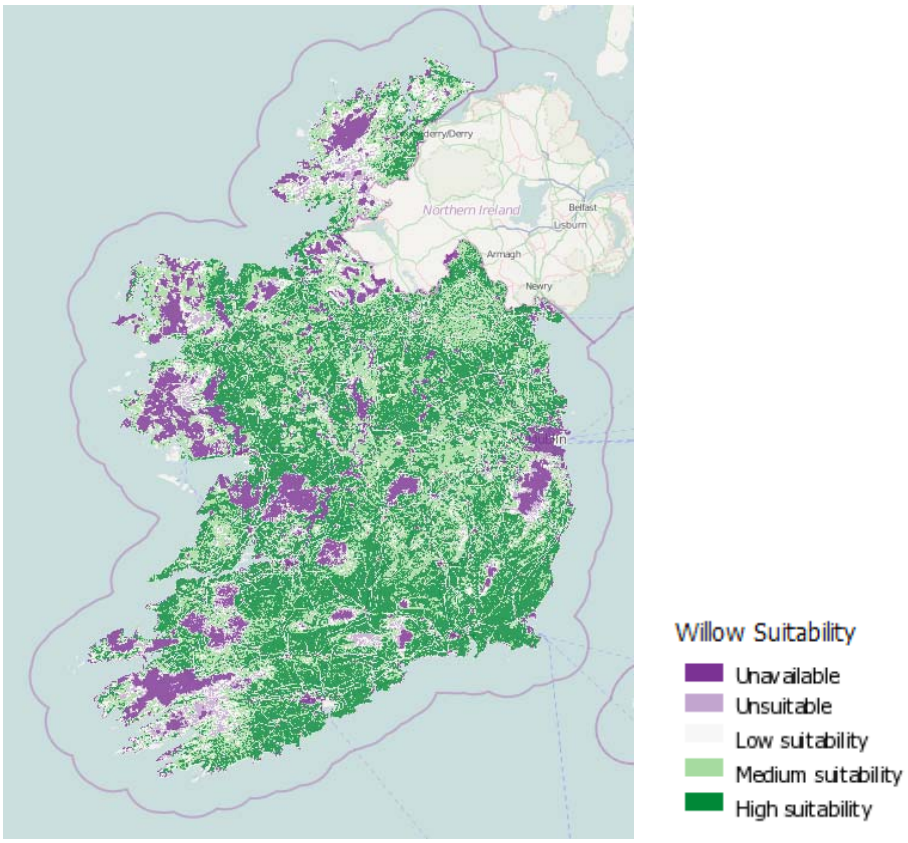


Figura 28 Zonas apropiadas de Irlanda para el cultivo de sauce

Fuente: Sustainable Energy Authority of Ireland (SEAI), 2013.

El Plan Irlandés de Bioenergía (2010-2012) ofrecía subvenciones a los agricultores para el cultivo de miscanthus y sauces para la producción de biomasa. El Plan tenía como objetivo aumentar la producción de sauces y miscanthus en Irlanda y fomentar opciones alternativas de uso del suelo. La ayuda proporcionaba hasta el 50% de los costes aprobados con relación al establecimiento del cultivo, sujetos a un máximo de 1.300 € por hectárea. Los costes subvencionables incluían los relacionados con la preparación del terreno, cierres, control de la vegetación, material de plantación y siembra.

Plantación necesaria para abastecer un 17% de la central eléctrica de biomasa.

Si consideramos un rendimiento de 11 t (materia seca) por hectárea al año necesitaríamos una superficie plantada de 7.298 hectáreas, o lo que es lo mismo 18.033 acres. El promedio por agricultor de tierra disponible para el cultivo es de 20 acres, por lo que se estima que 902 agricultores podrían participar de este proyecto y darían un uso alternativo a sus tierras. (Rendimientos obtenidos de *why willow as a energy crop*). (Rural_Generation_LTD, 2010)

10.4.2 PRECIO DE LA ELECTRICIDAD

En Irlanda los términos y condiciones del REFIT 3 (Renewable Energy Feed in Tariff 3) fueron publicados el 27 de febrero de 2012.

REFIT ha sido diseñado para incentivar el desarrollo de la generación de electricidad renovable a fin de garantizar el objetivo de que en Irlanda el 40% de la producción tenga esta procedencia. Sobre las bases de la presente generación de electricidad y las previsiones de crecimiento económico, se requerirá una capacidad de generación eléctrica de origen renovable de aproximadamente 4.000MW. REFIT 3 introduce un programa de apoyo que asegure que las tecnologías de generación a partir de biomasa puedan contribuir a alcanzar los objetivos en materia energética establecidos para el 2020.

El precio de la electricidad generada en plantas de cogeneración de biomasa de alta eficiencia es de 12 céntimos por kWh. En la Tabla 23 se recogen los precios que el REFIT 3 daba, desde el 1 de enero de 2010, a la generación eléctrica según el tipo de tecnología utilizada

Tabla 23 Precio de la electricidad según REFIT 3

I	Digestión anaerobia CHP (≤ 500kWe)	15 cént. por kWh
II	Digestión anaerobia CHP (>500kWe)	13 cént. por kWh
III	Digestión anaerobia no CHP (≤ 500kWe)	11 cént. por kWh
IV	Digestión anaerobia no CHP (>500kWe)	10 cént. por kWh
V	Plantas de biomasa CHP (≤ 1500kWe)	14 cént. por kWh
VI	Plantas de biomasa CHP (>1500kWe)	12 cént. por kWh
VII	Plantas de biomasa no CHP que usen cultivos energéticos	9,5 cént. por kWh
	Plantas de biomasa no CHP (resto de biomasa)	8,5 cént. por kWh

Fuente: Renewable Energy Feed in Tariff 2012. A competition for electricity generation-from Biomass Technologies 2010-2015.

La corrección del precio sujeto al incremento del índice de precios al consumo (IPC) se muestra en la Tabla 25, usando los índices de la Tabla 24.

Tabla 24 IPC Irlanda (2010-2014).

Año	IPC Irlanda
2010	1,292%
2011	2,453%
2012	1,221%
2013	0,368%
2014	-0,296%

Tabla 25 Actualización del precio de electricidad fijado por REFIT 3, según IPC.

	Precio fijado				
	2010	2011	2012	2013	2014
Generación con biomasa €/MWh (*)	120	121,55	124,53	126,05	126,52
Inflación	1,292%	2,453%	1,221%	0,368%	-0,296%

(*) Tecnología VI, Tabla 23.

Analizando los valores de inflación mensual del año 2015 tomaremos un valor medio de 1%, que extrapolaremos para los siguientes tres años. A partir de 2019 se toma como valor medio 1,5%, y a partir de 2023 se toma el 2%. De esta forma fijamos el precio para los 15 años que establece el REFIT 13, (ver Tabla 26).

Tabla 26 Estimación del precio de la electricidad para el modelo (2015-2026).

	Precio fijado					
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
€/MWh	126,14	127,40	128,68	129,96	131,26	133,23
Inflación	1,000%	1,000%	1,000%	1,000%	1,500%	1,500%

	Precio fijado					
Año	2021	2022	2023	2024	2025	2026
€/MWh	135,23	137,26	139,32	142,11	144,95	147,85
Inflación	1,500%	1,500%	2,000%	2,000%	2,000%	2,000%

A partir del 2026, una vez que finaliza el plazo del REFIT 3, se hace una estimación en base al precio de la electricidad de origen no renovable, con un incremento anual del 4%, según los valores históricos del Single Electricity Market Operator de Irlanda. El precio de la electricidad en el sector industrial irlandés se ha incrementado en un 47% entre 2005 y 2012, según el Sustainable Energy Authority of Ireland (SEAI). Teniendo en cuenta este criterio, el precio de la electricidad en el 2027 será de 115,81 €/MWh (Tabla 27).

Tabla 27Estimación del precio de la electricidad para el modelo (2027-2041).

Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
€/MWh	115,81	120,45	125,26	130,28	135,49	140,91	146,54
Inflación	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%

Año	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
€/MWh	152,40	158,50	164,84	171,43	178,29	185,42	192,84	200,55
Inflación	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%

10.4.3 ESTUDIO DE VIABILIDAD

A la hora de realizar un análisis de viabilidad es necesario conocer las características técnicas y económicas para las que se plantea la planta.

Datos de partida

Para este análisis se ha supuesto que la planta estaría alimentada por gallinaza (aproximadamente un 85%) y por biomasa procedente del cultivo energético de sauce (aproximadamente un 15%). Se tomará como poder calorífico de la gallinaza el valor medio obtenido de aquellas granjas tratadas con el producto enzimático. Los datos de partida se recogen en la Tabla 28.

Tabla 28 Datos de partida para el estudio de viabilidad de la central de biomasa.

Datos de partida	Unidades	
Cantidad de gallinaza	t/día	668
Cantidad de biomasa de sauce	t/día	116
Humedad media gallinaza	%	32
Poder calorífico de la gallinaza	MJ/kg	12,61
Poder calorífico del sauce (base seca)	MJ/kg	18 (Jenkins, Baxter, Miles, & Miles, 1998)
Poder calorífico de la mezcla	MJ/kg	13,5
Disponibilidad de la planta	%	85
Producción de cenizas (% de la biomasa de entrada) como fertilizante	%	12
Producción de cenizas (% de la biomasa de entrada) como residuo	%	1

Datos económicos

Gracias al contenido en potasio y fósforo, las cenizas generadas en el proceso de combustión de la gallinaza tienen un valor comercial como fertilizante. En este estudio se considera un precio de venta de 30 €/t. Por otro lado, el precio estimado por la gestión de residuos es de 10 €/t de gallinaza. Los datos económicos de partida para este estudio se recogen en la Tabla 29.

Tabla 29 Datos económicos para el estudio de viabilidad de la central de biomasa.

Datos económicos	Unidades	
Precio de la electricidad	€/MW	120
Cenizas como fertilizante (ingreso)	€/t	30
Gallinaza (ingresos)	€/t	10
Coste de la biomasa de sauce	€/t	80

Cálculos

Asumiendo un factor de eficiencia térmica del 32%, y una operatividad del 85% (es decir, una producción de 7.446 horas, de las 8.760 horas de trabajo anuales), se calcula la generación en MWh/año. Los valores calculados se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30 Cálculos del estudio de viabilidad de la central de biomasa.

Cálculos	Unidades	
Cantidad de gallinaza	t/año	249.900
Cantidad de biomasa de sauce	t/año	42.500
Horas de trabajo	h/año	8760
Producción	h/año	7.446
Consumo de combustible	t/h	33,56
Potencia térmica	GJ/año	3.365.878
Factor de eficiencia calorífica	%	32
Producción-E bruta	MWh/año	299.105
Producción-E neta	MWh/año	257.231
Consumo térmico específico neto	t/MWh	0,97

Inversión

Para la realización de este análisis se ha estimado que los costes de diseño y construcción de una planta de 40MW conforman una inversión de 116 millones de euros, tal y como se desglosa en la Tabla 31.

Tabla 31 Inversión estimada para el estudio de viabilidad de la central de biomasa.

Inversiones	
Costes de desarrollo de proyecto	5.000.000 €
Terrenos	3.300.000 €
Planta llave en mano	90.000.000 €
Dirección y gestión de proyecto	2.500.000 €
Puesta en marcha	2.000.000 €
Conexión a la red	4.500.000 €
Consumo eléctrico durante el proyecto	400.000 €
Seguro durante la construcción	800.000 €
Interés durante la construcción	7.500.000 €
Inversión total	**116.000.000 €**

Necesidades financieras

Para una inversión de 116 millones, suponemos una necesidad financiera de 75 millones, que se tendrá que materializar en los primeros cinco años. Si calculamos la necesidad financiera teniendo en cuenta la fórmula de la capitalización simple, con un interés del 7%, el importe total asciende a 75.052.500€ (Tabla 32).

Tabla 32 Necesidades financieras para el estudio de viabilidad de la central de biomasa.

	C1	C2	C3	C4	C5
	Año -4	Año -3	Año -2	Año -1	Año 0
Necesidades financieras	10.000.000 €	10.000.000 €	16.500.000 €	27.500.000 €	11.000.000 €
Capitalización	7.000 €	7.000 €	11.550 €	19.250 €	7.700 €
	10.007.000 €	10.007.000 €	16.511.550 €	27.519.250 €	11.007.700 €

Interés: 7%

10.4.3.1 Índices de rentabilidad

Suponiendo un retorno de la de deuda en 10 años los índices de rentabilidad obtenidos son los siguientes:

VAN (5%) con retorno de deuda	202.741.143€
TIR con retorno de deuda	30%

Las hojas de cálculo se encuentran recogidas en el Anexo II.

Con un valor actual neto (VAN) superior a cero, y con una tasa interna de retorno del 30% (similar a los valores de plantas de biomasa convencionales), se considera que esta planta es factible desde un punto de vista económico, teniendo en cuenta los datos de partida considerados.

Haciéndo el cálculo para otros periodos de devolución de la deuda se obtienen los siguientes valores:

- TIR con retorno de deuda en 7 años: 27%
- TIR con retorno de deuda en 15 años: 34%

Para realizar este análisis no se ha tenido en cuenta la venta del calor generado, ni el coste de la instalación asociada, ya que los supuestos pueden ser muy diversos en función de la ubicación y tipo de demanda.

11. CONCLUSIONES

1. El producto enzimático Bioterre puede aplicarse en el interior de las granjas, durante el ciclo de crecimiento, sin ningún riesgo para los broilers ni modificaciones significativas en su infraestructura. El estudio de su utilización en granjas avícolas irlandesas supone un primer paso para su uso comercial en la UE.

2. El tratamiento de la cama de pollo con Bioterre durante el ciclo de crecimiento supuso una reducción de humedad en la gallinaza al final de ciclo del 15%, en los alojamientos tratados con pollos de entre 15 y 18 días, y una reducción del 17%, en los alojamientos tratados con pollos de 10 días, por lo que se concluye que el período óptimo de aplicación del producto es a los 10 días de iniciado el ciclo. Se ha comprobado también que aplicar el producto antes de iniciar el ciclo, es decir, cuando se está preparando la cama para las nuevas aves, no ofrece resultados positivos.

3. Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas realizadas en el periodo óptimo de aplicación del producto, el incremento medio del poder calorífico de la gallinaza ha sido de un 40%, mientras que la reducción promedio de la concentración de amoniaco ha alcanzado el 74%.

4. El uso del producto supondría un ahorro de más de 20.000 euros al año por cada 25.000 pollos, en comparación con el uso de un scrubber químico para la reducción de emisiones de amoniaco o, lo que es lo mismo, supondría un ahorro de 0,8 euros por pollo al año.

5. El incremento medio del poder calorífico de la gallinaza, como consecuencia de la reducción de humedad conseguida al aplicar el producto durante el ciclo de producción (40%) se traduce en un incremento de 28 euros por tonelada, en su uso como combustible para generación eléctrica. Para la realización de estos cálculos se ha tenido en cuenta el precio, que da el REFIT 3 en Irlanda a la electricidad producida a partir de biomasa, de 12 €céntimos/kWh.

6. Los índices de rentabilidad para la construcción y operación de una central eléctrica de biomasa de 40MW en Irlanda , alimentada en un 83% por gallinaza tratada con el producto en las granjas, y un 17% por biomasa procedente del cultivo del sauce son los siguientes:

   - ✓ VAN (5%) con retorno de deuda 202.741.143€
   - ✓ TIR con retorno de deuda 30%

   Lo que hace de la planta un proyecto rentable, en las condiciones descritas en el apartado 10.4, en el que se realiza la viabilidad económica.

7. Además de presentar un uso alternativo a la gallinaza como fertilizante, su aprovechamiento como fuente de energía renovable tiene otros beneficios en materia energética en Irlanda. Es de especial interés en la U.E. que satisface sus necesidades energéticas con recursos convencionales. De nuestro estudio se concluye que ello sería particularmente positivo en Irlanda, un país que precisa importar alrededor del 90% de la energía que consume.

Trabajos futuros

1. Se propone como trabajo futuro analizar el impacto del producto en el índice de conversión alimenticia (feed conversion ratio), ya que durante la realización de las pruebas se observaron notorias mejoras en aquellas granjas tratadas con el producto. Este estudio permitiría establecer las mejores condiciones de aplicación del producto y evaluar su efecto sobre la mejora de la productividad avícola.

2. Se han realizado pruebas de aplicación del producto de manera individual en las granjas. Se propone como estudio futuro analizar el resultado de aplicación de manera masiva en la alimentación de una central eléctrica de biomasa de las que operan en la actualidad con este producto.

3. En la presente tesis se han presentado los resultados del estudio de viabilidad económica de una planta de 40MW instalada en Irlanda. Se propone realizar el estudio para otras potencias, y en países con diferente legislación.

4. Sería importante analizar en detalle las distintas opciones de demanda calorífica, para poder cumplir con las características de una planta CHP (high efficiency cogeneration).

5. Por motivos de seguridad de suministro, se ha propuesto como segunda materia prima de la planta biomasa procedente del cultivo energético del sauce. Se propone analizar el impacto medioambiental y económico que tendría el uso de purines de cerdo como riego fertilizante del cultivo.

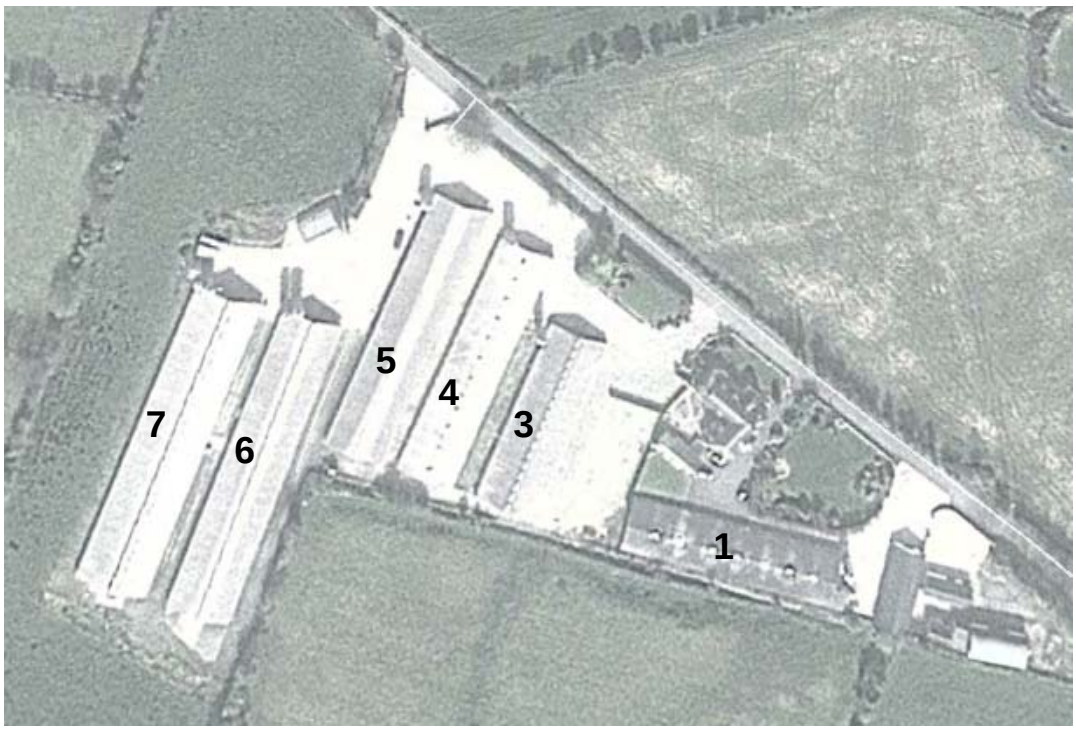
12. ANEXO I: PRUEBAS REALIZADAS EN IRLANDA RECOGIDA DE DATOS

12.1 PRUEBAS REALIZADAS EN EL CICLO FEBRERO-MARZO

12.1.1 GRAN MC CARRON

Alojamiento	Superficie m^2	Número de pollos	Espesor de cama cm
1	679	14.586	2
3	789,7	16.320	2
4	1036	20.910	2
5	1.114,8	24.378	2
6	1.204	26.520	2
7	1.429,5	30.600	2

Vista aérea de la granja Mc Carron



Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
12/02/2011	1	18	14.000	14
14/02/2011	3	20	16.000	16
12/02/2011	4	18	20.000	11(*)
15/02/2011	5	22	24.000	25
11/02/2011	7	18	30.000	30
11/02/2011	6	18	26.000	0

(*): se trató la mitad de la superficie del alojamiento 4.

Interior del alojamiento 7, antes de la aplicación del producto.

Fuente: fotografía propia

Resultado de los análisis realizados por el Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD a las muestras de la cama de pollo recogidas de manera homogénea en los alojamientos una vez concluido el ciclo.

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Mc Carron Tratada 1 febrero	32,46	0,555	0,822	4,757	3,213	5,435	13	9	8
	30,44	0,632	0,908	4,757	3,309	5,506	13	9	8

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
McCarron Tratada 5 febrero	38,43	1,033	1,678	4,962	3,055	6,344	11	9	5
	36,71	0,111	0,175	4,962	3,140	5,106	11	9	5

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Mc Carron Tratada 7 febrero	30,53	0,421	0,606	4,113	2,857	4,613	14	10	9
	30,82	0,482	0,697	4,113	2,846	4,688	14	10	9

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Mc Carron No trat. 6 febrero	52,26	0,409	0,856	4,782	2,283	5,487	13	9	6
	52,64	0,358	0,755	4,782	2,265	5,404	13	9	6

DM: masa seca (dry matter)

Mediciones de concentración de amoniaco en el ambiente al final del ciclo:

Alojamiento	**Edad pollos (días)**	**NH3 (ppm)**
1 tratado	32	10
4 tratado	30	7
7 tratado	32	11
6 no tratado	32	30

12.1.2 GRANJA MC AREE

Vista aérea de la granja Mc Aree

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
27/02/2011	2	18	25.000	25

A continuación se muestran los resultados de los análisis de la gallinaza, una vez finalizado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD).

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Mc Aree Tratada 2 marzo	31,51	0,532	0,776	4,301	2,946	4,941	13	10	8,36
	29,60	0,544	0,773	4,301	3,028	4,938	13	10	8,30

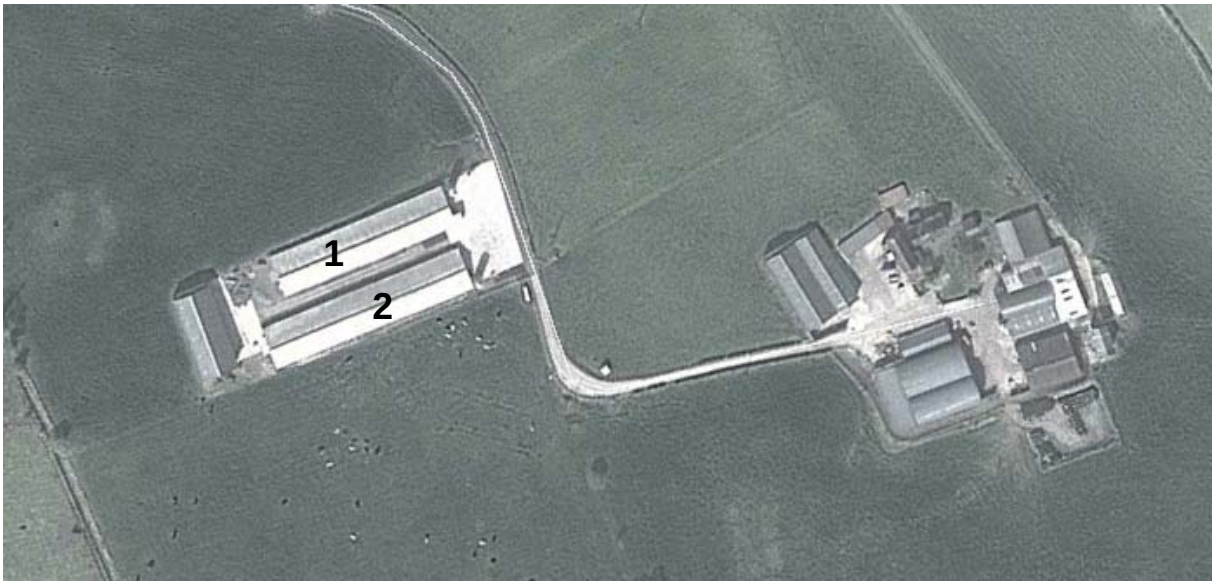
Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Mc Aree No trat. 1 marzo	51,05	0,124	0,254	4,452	2,179	4,661	13	10	5,45
	50,90	0,136	0,277	4,452	2,186	4,681	13	10	5,21

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Mc Aree No trat. 3 marzo	50,45	0,313	0,632	4,427	2,193	4,947	15	10	5,98
	50,60	0,323	0,655	4,427	2,187	4,966	15	10	6,02

DM: masa seca (dry matter)

12.1.3 GRANJA KENNY BOYD

Vista aérea de la granja Kenny Boyd



Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
28/02/2011	2	18	20.000	20

A continuación se muestran los resultados de los análisis de la gallinaza, una vez finalizado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD).

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Kenny Boyd Tratada 2 marzo	32,68	0,490	0,728	4,844	3,261	5,444	14	9	8,15
	34,08	0,493	0,748	4,844	3,193	5,460	14	9	8,10

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Kenny Boyd No trat. 1 marzo	51,05	0,124	0,254	4,452	2,179	4,661	13	10	5,45
	50,90	0,136	0,277	4,452	2,186	4,681	13	10	5,21

DM: masa seca (dry matter)

12.2 PRUEBAS REALIZADAS EN EL CICLO MARZO-ABRIL

Tras finalizar este primer ensayo, y dado que los resultados obtenidos en cuanto a reducción de humedad fueron más positivos en los alojamientos en los que se aplicó a los 18 días que en los que se aplicó a los 20-22 días, se decidió hacer la prueba aplicando el producto a los 10-12 días. Además, una aplicación más temprana se ve favorecida por el menor tamaño de los pollos, lo que facilita la labor de esparcimiento del Bioterre.

12.2.1 GRANJA MC AREE

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
14/03/2011	1	9	25.000	25
14/03/2011	2	10	25.000	25

Mediciones de concentración de amoniaco a los 15-16 días desde la aplicación:

Alojamiento	Edad pollos (días)	NH3 (ppm)
1 tratado	25	2
2 tratado	25	2
3 no tratado	25	6

29/03/2011 Aloj. 1 tratado.(Tras 16 días, cama con 25 días) | 29/03/2011 Aloj. 2 tratado.(Tras 16 días, cama con 26 días) | 29/03/2011 Aloj. 3 no tratado.(Cama con 25 días)

Análisis de la gallinaza una vez finalizado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD):

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Mc Aree Tratada 2 abril	26,89	0,459	0,628	4,810	3,517	5,382	12	9	8,13
	26,42	0,491	0,667	4,810	3,539	5,360	12	9	8,18

DM: masa seca (dry matter)

12.2.2 GRANJA PADDY REILLY

Este granjero tiene tres alojamientos ubicados en distintas fincas.

Vistas aéreas de la granja PaddyReilly

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
17/03/2011	2	15	29.000	30

Análisis de la gallinaza una vez finalizado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD):

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
PaddyReilly Tratada 2 abril	32,41	0,497	0,735	4,264	2,882	4,870	13	10	7,79
	40,93	0,530	0,898	4,264	2,519	5,004	13	10	8,16

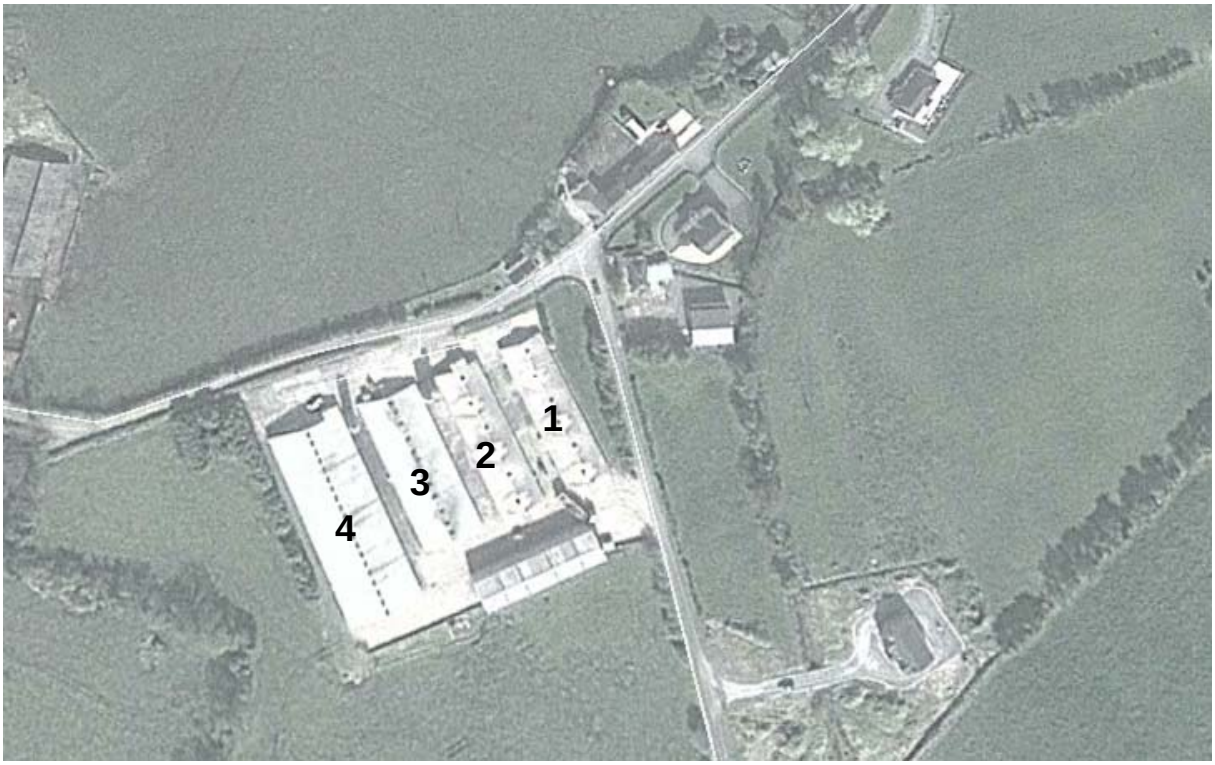
Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
PaddyReilly No trat. 1 abril	38,22	0,545	0,882	4,819	2,977	5,546	13	9	6,92
	42,58	0,633	1,102	4,819	2,767	5,727	13	9	6,63

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
PaddyReilly No trat. 3 abril	43,59	0,528	0,937	4,698	2,650	5,470	17	9	7,31
	43,83	0,503	0,895	4,698	2,639	5,436	17	9	7,11

DM: masa seca (dry matter)

12.2.3 GRANJA MEEHAN SCOTT

Vista aérea de la granja Meehan Scott



Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
21/03/2011	1	12	12.000	15
21/03/2011	3	12	24.000	25

El 7 de marzo se realiza la medición de concentración ambiental de amoniaco en un alojamiento tratado y en otro sin tratar:

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento 3 (tratado)	4/03/2011	3
Alojamiento 2 (no tratado)	4/03/2011	16

Detalle de los tubos colorimétricos empleados en la medición de amoniaco.

Alojamiento 3 (tratado) (tras 16 días, cama de 35 días)

Alojamiento 2 (no tratado) (cama de 35 días)

Resultados de los análisis de la gallinaza, una vez finalizado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD):

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Meehan Scott Tratada 1 abril	29,85	0,522	0,745	4,738	3,323	5,351	16	9	8,44
	36,43	0,629	0,989	4,738	3,012	5,552	16	9	8,51

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Meehan Scott Tratada 3 abril	25,55	0,565	0,759	4,701	3,500	5,326	15	9	8,45
	29,28	0,598	0,845	4,701	3,325	5,398	15	9	8,63

DM: masa seca (dry matter)

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Meehan Scott No trat. 2 abril	46,44	0,544	1,016	5,054	2,707	5,891	16	8	8,91
	40,02	0,536	0,894	5,054	3,031	5,791	16	8	8,78

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Meehan Scott No trat. 4 abril	48,10	0,636	1,226	3,998	2,075	5,009	14	11	8,76
	46,90	0,493	0,928	3,998	2,123	4,763	14	11	8,67

DM: masa seca (dry matter)

12.2.4 GRANJA JOHN REILLY

Vista aérea de la granja John Reilly

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
22/03/2011	1	15	30.000	30

Medición de la concentración de amoniaco con pollos de 35 días:

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento 1 tratado	12/04/2011	3
Alojamiento 2 (no tratado)	12/04/2011	15

Detalle de los tubos colorimétricos empleados en la medición de amoniaco.

Alojamiento 1 (tratado)

(tras 20 días, cama de 35 días)

Alojamiento 2 (no tratado)

(cama de 35 días)

12.2.5 GRANJA MC CARRON

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
28/03/2011	1	12	14.000	15
26/03/2011	3	10	16.000	16
26/03/2011	4	10	20.000	20
26/03/2011	5	10	24.000	25

Análisis de la gallinaza una vez finalizado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD):

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Mc Carron Tratada 1 abril	28,01	0,562	0,781	5,538	3,987	6,182	12	8	7,84
	28,96	0,544	0,766	5,538	3,934	6,169	12	8	7,90

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Mc Carron Tratada 3 abril	29,81	0,567	0,808	3,951	2,773	4,617	12	11	7,86
	31,62	0,547	0,800	3,951	2,702	4,610	12	11	7,91

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Mc Carron Tratada 4 abril	25,62	0,554	0,745	3,917	2,914	4,531	13	11	7,87
	26,04	0,536	0,725	3,917	2,897	4,515	13	11	7,91

DM: masa seca (dry matter)

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Mc Carron Tratada 5 abril	35,37	0,523	0,809	4,110	2,657	4,777	12	11	7,06
	36,26	0,678	1,064	4,110	2,620	4,987	12	11	7,10

DM: masa seca (dry matter)

12.2.6 GRANJA ALO MOHAN

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
01/04/2011	3	15	36.000	36

Medición de la concentración de amoniaco con pollos de 25 días:

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento3tratado	11/04/2011	1
Alojamiento 2 (no tratado)	11/04/2011	7

Detalle de los tubos colorimétricos empleados en la medición de amoniaco.

Alojamiento 3 (tratado) (tras 10 días, cama de 25 días)

Alojamiento 2 (no tratado) (cama de 25 días)

Análisis de la gallinaza una vez finalizado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD):

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
AloMohan Tratada 3 abril	30,40	0,769	1,105	4,682	3,258	5,592	18	9	8,51
	31,45	0,751	1,096	4,682	3,209	5,585	18	9	8,50

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
AloMohan No trat. 2 abril	46,57	0,685	1,283	4,362	2,331	5,419	13	10	9,06
	48,20	0,665	1,284	4,362	2,260	5,420	13	10	8,80

DM: masa seca (dry matter)

12.2.7 GRANJA SEAN MC PHILIPS

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
02/04/2011	1	10	24.000	25
02/04/2011	2	10	24.000	25

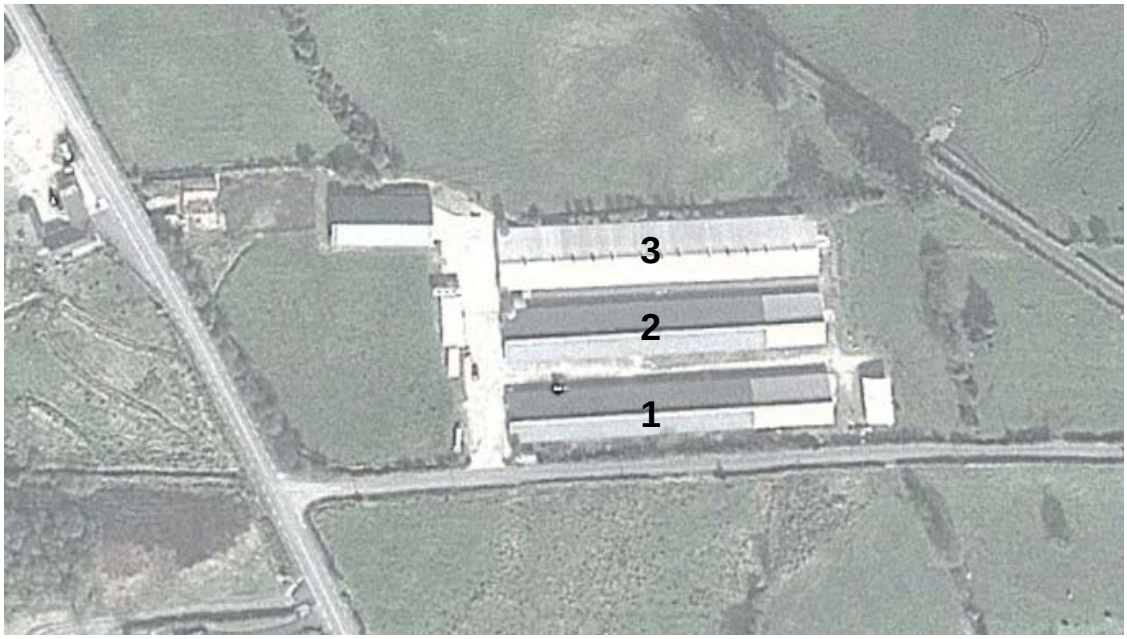
Medición de la concentración de amoniaco con pollos de 27 días:

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento1tratado	19/04/2011	1
Alojamiento2tratado	19/04/2011	2
Alojamiento3(no tratado)	19/04/2011	11

En esta granja no se pudieron recoger las muestras al final del ciclo, por lo que no se tienen resultados de humedad de la gallinaza.

12.2.8 GRANJA SEAN MC KENNA

Vista aérea de la granja Sena Mc Kenna



Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
07/04/2011	1	10	30.000	30

Medición de la concentración de amoniaco con pollos de 17 días:

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento1tratado	14/04/2011	10
Alojamiento2(no tratado)	14/04/2011	35
Alojamiento3(no tratado)	14/04/2011	>35

A continuación se muestra el detalle de los tubos colorimétricos de medición de concentración ambiental de amoniaco:

Alojamiento 1 (tratado) (tras 7 días, cama de 17 días)

Alojamiento 2 (no tratado) (cama de 17 días)

Alojamiento 3 (no tratado) (cama de 17 días)

Mediciones realizadas el 26 de abril, con pollos de 29 días:

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento1tratado	26/04/2011	<2
Alojamiento2(no tratado)	26/04/2011	12
Alojamiento3(no tratado)	26/04/2011	12

Alojamiento 1 (tratado) (tras 19 días, cama de 29 días)

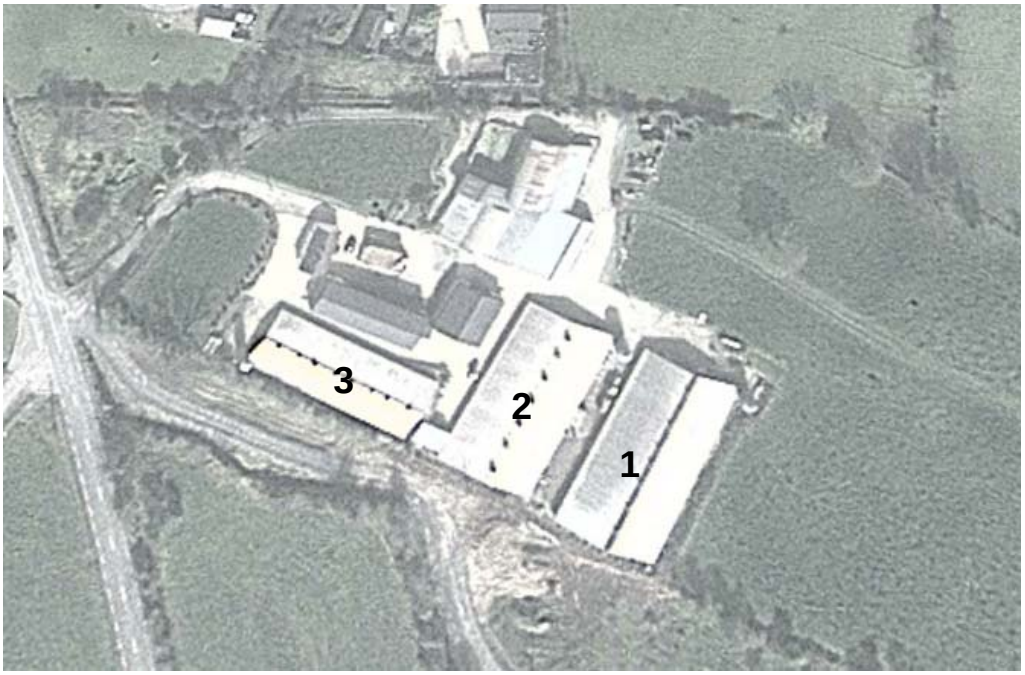
Alojamiento 2 (no tratado) (cama de 29 días)

Alojamiento 3 (no tratado) (cama de 29 días)

En esta granja no se pudieron recoger las muestras al final del ciclo, por lo que no se tienen resultados de humedad de la gallinaza.

12.2.9 GRANJA PETER MC KENNA

Vista aérea de la granja Peter Mc Kenna



Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
08/04/2011	2	10	29.000	30
13/04/2011	1	15	25.000	25

Medición de la concentración de amoniaco con pollos de 31 días:

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento1tratado	29/04/2011	5
Alojamiento2 tratado	29/04/2011	5,2
Alojamiento3(no tratado)	29/04/2011	12

A continuación se muestra el detalle de los tubos colorimétricos de medición de concentración ambiental de amoniaco:

Alojamiento 1 (tratado)
(tras 16 días, cama de 31 días)

Alojamiento 2 (tratado)
(tras 21 días, cama de 31 días)

Alojamiento 3 (no tratado)
(cama de 31 días)

12.2.10 GRANJA KENNY BOYD

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
11/04/2011	2	10	20.000	20
13/04/2011	1	12	24.000	25

Medición de la concentración de amoniaco en los alojamientos, con pollos de 25 días.

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento 1 (tratado)	26/04/2011	3.5
Alojamiento 2 (tratado)	26/04/2011	2

A continuación se muestra el detalle de los tubos colorimétricos de medición de concentración ambiental de amoniaco:

Alojamiento 1 (tratado)
(tras 15 días, cama de 25 días)

Alojamiento 2 (tratado)
(tras 12 días, cama de 25 días)

Análisis de la gallinaza una vez terminado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD):

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Kenny Boyd Tratada 1 mayo	30,66	0,605	0,873	2,397	1,662	3,116	0	21	8,81
	30,38	0,579	0,858	2,397	1,669	3,108	0	21	8,91

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Kenny Boyd Tratada 2 mayo	27,71	0,512	0,708	3,464	2,504	4,047	0	14	8,38
	31,61	0,495	0,724	3,464	2,369	4,060	0	14	8,40

DM: masa seca (dry matter)

12.2.11 GRANJA EAMON KEELAGHAN

Vista aérea de la granja EamonKeelaghan

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
13/04/2011	1	10	23.000	25

Medición de la concentración de amoniaco en los alojamientos, con pollos de 23 días.

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento 1 (tratado)	26/04/2011	15
Alojamiento 2 (no tratado)	26/04/2011	21

Análisis de la gallinaza una vez terminado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD):

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
EamonKeelaghan Tratada 1 mayo	29,68	0,362	0,515	7,003	4,924	7,427	12	6	8,14
	33,70	0,415	0,625	7,003	4,643	7,518	12	6	7,98

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
EamonKeelaghan No trat. 2 mayo	42,82	0,395	0,691	4,782	2,735	5,352	0	10	7,10
	45,98	0,384	0,711	4,782	2,583	5,368	0	10	7,06

DM: masa seca (dry matter)

12.3 PRUEBAS REALIZADAS EN EL CICLO MAYO - JUNIO

A la vista de la mejora de los resultados en el segundo ciclo (marzo-abril) se decide aplicar el producto a los pocos días de introducir los pollos en los alojamientos, e incluso con anterioridad.

12.3.1 GRANJA MC CARRON

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
04/05/2011	1	-1,5	14.000	15
04/05/2011	7	-1,5	30.000	30
07/05/2011	3	2	15.500	16
09/05/2011	4	4	20.000	20
12/05/2011	6	6	25.000	25
13/05/2011	5	7	23.400	25

El día 19 de mayo se realiza una primera medición de la concentración de amoniaco en los alojamientos 6 y 7:

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento 6 (tratado)	19/05/2011	4
Alojamiento 7 (tratado con anterioridad)	19/05/2011	10

Detalle de los tubos de ensayo para la medición de la concentración de amoniaco en el ambiente.

19/05/2011 Aloj. 7 tratado con anterioridad.(Tras 12 días, cama con 13 días)

19/05/2011 Aloj. 6 tratado.(Tras 12 días, cama con 13 días)

Análisis de la gallinaza una vez terminado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD):

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Mc Carron Tratada 7 mayo	47,02	0,662	1,249	4,880	2,586	5,910	15	9	6,96
	48,45	0,695	1,349	4,880	2,516	5,992	15	9	6,63

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Mc Carron Tratada 3 mayo	30,45	0,644	0,926	5,972	4,154	6,736	14	7	8,56
	30,47	0,751	1,081	5,972	4,153	6,863	14	7	8,53

DM: masa seca (dry matter)

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Mc Carron Tratada 4 mayo	24,11	0,508	0,670	6,051	4,592	6,603	10	7	6,85
	23,88	0,595	0,781	6,051	4,606	6,695	10	7	6,75

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Mc Carron Tratada 6 mayo	27,57	0,652	0,901	5,219	3,780	5,961	12	8	7,66
	29,43	0,642	0,910	5,219	3,683	5,969	12	8	8,19

DM: masa seca (dry matter)

Mediciones de concentración de amoniaco en el ambiente al final del ciclo:

Alojamiento	Edad pollos (días)	NH3 (ppm)
7 tratado	41	10
3 tratado	42	10
4 tratado	41	<1
6 tratado	41	<5

12.3.2 GRANJA ALO MOHAN

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
16/05/2011	4	7	28.300	30
16/05/2011	3	7	25.700	30
17/05/2011	2	8	35.000	35
17/05/2011	1	8	35.000	35

Resultados de los análisis de la gallinaza, una vez finalizado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD):

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
AloMohan Tratada 4 mayo	28,36	0,766	1,070	5,068	3,631	5,949	15	8	7,05
	28,91	0,746	1,050	5,068	3,603	5,933	15	8	7,73

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
AloMohan Tratada 3 mayo	28,91	0,450	0,633	5,174	3,678	5,696	16	8	7,54
	28,38	0,441	0,615	5,174	3,706	5,681	16	8	7,02

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
AloMohan Tratada 2 mayo	26,03	0,513	0,694	6,350	4,697	6,922	13	7	8,10
	24,81	0,588	0,782	6,350	4,775	6,995	13	7	7,83

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
AloMohan Tratada 1 mayo	31,62	0,516	0,755	4,782	3,270	5,405	14	9	7,66
	28,79	0,533	0,748	4,782	3,406	5,399	14	9	7,87

DM: masa seca (dry matter)

12.3.3 GRANJA KENNY BOYD

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
28/05/2011	1	5	22.000	22
28/05/2011	2	5	19.000	20

El día 16 de junio se realiza una medición de la concentración de amoniaco en los alojamientos:

	Fecha	NH_3 (ppm)
Alojamiento 1 (tratado)	26/04/2011	3.5
Alojamiento 2 (tratado)	26/04/2011	2

12.3.4 GRANJA MEEHAN SCOTT

Fecha	Nº Alojamiento	Edad pollos (días)	Nº pollos	Producto aplicado (litros)
20/05/2011	2	12	15.000	15
20/05/2011	4	12	29.000	30

Resultados de los análisis de la gallinaza, una vez finalizado el ciclo (Compost Laboratory de Monaghan Mushrooms LTD):

Sample	*% Moisture*	*NH_3*	*NH_3 (DM)*	*N_2 (DM)*	*N_2*	*Total N_2*	*%Ash*	*C/N*	*pH*
Meehan Scott Tratada 2 junio	38,28	0,438	0,710	4,715	2,910	5,301	12	9	6,33
	36,12	0,394	0,617	4,715	3,012	5,223	12	9	6,45

DM: masa seca (dry matter)

Sample	***% Moisture***	***NH_3***	***NH_3 (DM)***	***N_2 (DM)***	***N_2***	***Total N_2***	***%Ash***	***C/N***	***pH***
Meehan Scott No trat. 1 junio	49,92	0,182	0,364	4,564	2,286	4,864	10	10	5,05
	50,02	0,233	0,466	4,564	2,281	4,948	10	10	5,29

DM: masa seca (dry matter)

13. ANEXO II HOJA DE CÁLCULO DEL ESTUDIO DE VIABILIDAD ESCONÓMICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA DE 40MW ALIMENTADA POR GALLINAZA Y BIOMASA DE SAUCE

Cuenta de operaciones

EBITDA: ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones

EBIT: ganancias antes de intereses e impuestos

Cuenta de operaciones

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Ingresos		35.217.221 €	35.763.690 €	36.109.763 €	36.459.480 €	36.812.882 €	37.338.834 €	37.872.773 €	38.414.820 €
Costes de operación		11.079.700 €	11.301.294 €	11.527.320 €	11.757.866 €	11.993.024 €	12.232.884 €	12.477.542 €	12.727.093 €
EBITDA		24.137.521 €	24.462.396 €	24.582.443 €	24.701.614 €	24.819.858 €	25.105.950 €	25.395.231 €	25.687.728 €
Depreciación		3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €
Amortización		6.400.000 €	6.400.000 €	2.250.000 €	2.250.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €
EBIT		14.137.521 €	14.462.396 €	18.732.443 €	18.851.614 €	21.219.858 €	21.505.950 €	21.795.231 €	22.087.728 €
Costes financieros (7)	0 €	5.250.000 €	4.500.000 €	3.750.000 €	3.000.000 €	2.250.000 €	1.500.000 €	750.000 €	0 €
Costes financieros (10)	0 €	5.250.000 €	4.725.000 €	4.200.000 €	3.675.000 €	3.150.000 €	2.625.000 €	2.100.000 €	1.575.000 €
Costes financieros(15)	0 €	5.250.000 €	4.900.000 €	4.550.000 €	4.200.000 €	3.850.000 €	3.500.000 €	3.150.000 €	2.800.000 €

Cuenta de operaciones

	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16
Ingresos	38.965.099 €	39.702.921 €	40.455.500 €	41.223.130 €	33.006.010 €	34.220.471 €	35.483.054 €	36.795.675 €
Costes de operación	12.981.634 €	13.241.267 €	13.506.092 €	13.776.214 €	14.051.739 €	14.332.773 €	14.619.429 €	14.911.817 €
EBITDA	25.983.465 €	26.461.654 €	26.949.407 €	27.446.915 €	18.954.272 €	19.887.698 €	20.863.625 €	21.883.858 €
Depreciación	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
EBIT	22.383.465 €	22.861.654 €	23.349.407 €	23.846.915 €	15.354.272 €	16.287.698 €	17.263.625 €	18.283.858 €
Costes financieros (7)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros (10)	1.050.000 €	525.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros(15)	2.450.000 €	2.100.000 €	1.750.000 €	1.400.000 €	1.050.000 €	700.000 €	350.000 €	0 €

NOTA. EBIT: ganancias antes de intereses e impuestos.

EBITDA: ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones.

Cuenta de operaciones

	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25
Ingresos	38.160.326 €	39.579.079 €	41.054.087 €	42.587.592 €	44.181.924 €	45.839.504 €	47.562.853 €	49.354.590 €	68.617.441 €
Costes de operación	15.210.054 €	15.514.255 €	15.824.540 €	16.141.031 €	16.463.851 €	16.793.128 €	17.128.991 €	17.471.571 €	17.821.002 €
EBITDA	22.950.272 €	24.064.824 €	25.229.547 €	26.446.562 €	27.718.072 €	29.046.376 €	30.433.862 €	31.883.020 €	50.796.439 €
Depreciación	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €	3.600.000 €
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
EBIT	19.350.272 €	20.464.824 €	21.629.547 €	22.846.562 €	24.118.072 €	25.446.376 €	26.833.862 €	28.283.020 €	47.196.439 €
Costes financieros (7)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros (10)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros(15)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €

NOTA. EBIT: ganancias antes de intereses e impuestos.

EBITDA: ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones.

Flujos de caja netos

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
EBITDA	24.137.521 €	24.462.396 €	24.582.443 €	24.701.614 €	24.819.858 €	25.105.950 €	25.395.231 €	25.687.728 €
Costes financieros(7)	5.250.000 €	4.500.000 €	3.750.000 €	3.000.000 €	2.250.000 €	1.500.000 €	750.000 €	0 €
Costes financieros(10)	5.250.000 €	4.725.000 €	4.200.000 €	3.675.000 €	3.150.000 €	2.625.000 €	2.100.000 €	1.575.000 €
Costes financieros(15)	5.250.000 €	4.900.000 €	4.550.000 €	4.200.000 €	3.850.000 €	3.500.000 €	3.150.000 €	2.800.000 €
Impuestos/beneficios (7)	1.110.940 €	1.245.299 €	1.872.805 €	1.981.452 €	2.371.232 €	2.500.744 €	2.630.654 €	2.760.966 €
Impuestos/beneficios (10)	1.110.940 €	1.217.174 €	1.816.555 €	1.897.077 €	2.258.732 €	2.360.119 €	2.461.904 €	2.564.091 €
Impuestos/beneficios (15)	1.110.940 €	1.195.299 €	1.772.805 €	1.831.452 €	2.171.232 €	2.250.744 €	2.330.654 €	2.410.966 €
Flujo de caja actual (7)	17.776.581 €	18.717.096 €	18.959.638 €	19.720.162 €	20.198.626 €	21.105.206 €	22.014.577 €	22.926.762 €
Flujo de caja actual (10)	17.776.581 €	18.520.221 €	18.565.888 €	19.129.537 €	19.411.126 €	20.120.831 €	20.833.327 €	21.548.637 €
Flujo de caja actual (15)	17.776.581 €	18.367.096 €	18.259.638 €	18.670.162 €	18.798.626 €	19.355.206 €	19.914.577 €	20.476.762 €
FLUJO DE CAJA LIBRE (con retorno de deuda) 7	7.062.295 €	8.002.810 €	8.245.352 €	9.005.876 €	9.484.340 €	10.390.921 €	11.300.292 €	22.926.762 €
FLUJO DE CAJA LIBRE (con retorno de deuda) 10	10.276.581 €	11.020.221 €	11.065.888 €	11.629.537 €	11.911.126 €	12.620.831 €	13.333.327 €	14.048.637 €
FLUJO DE CAJA LIBRE (con retorno de deuda) 15	12.776.581 €	13.367.096 €	13.259.638 €	13.670.162 €	13.798.626 €	14.355.206 €	14.914.577 €	15.476.762 €

NOTA. EBITDA: ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones.

Flujos de caja netos

	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16
EBITDA	25.983.465 €	26.461.654 €	26.949.407 €	27.446.915 €	18.954.272 €	19.887.698 €	20.863.625 €	21.883.858 €
Costes financieros(7)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros(10)	1.050.000 €	525.000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros(15)	2.450.000 €	2.100.000 €	1.750.000 €	1.400.000 €	1.050.000 €	700.000 €	350.000 €	0 €
Impuestos/beneficios (7)	2.797.933 €	2.857.707 €	2.918.676 €	2.980.864 €	1.919.284 €	2.035.962 €	2.157.953 €	2.285.482 €
Impuestos/beneficios (10)	2.666.683 €	2.792.082 €	2.918.676 €	2.980.864 €	1.919.284 €	2.035.962 €	2.157.953 €	2.285.482 €
Impuestos/beneficios (15)	2.491.683 €	2.595.207 €	2.699.926 €	2.805.864 €	1.788.034 €	1.948.462 €	2.114.203 €	2.285.482 €
Flujo de caja actual (7)	23.185.532 €	23.603.947 €	24.030.731 €	24.466.051 €	17.034.988 €	17.851.736 €	18.705.672 €	19.598.375 €
Flujo de caja actual (10)	22.266.782 €	23.144.572 €	24.030.731 €	24.466.051 €	17.034.988 €	17.851.736 €	18.705.672 €	19.598.375 €
Flujo de caja actual (15)	21.041.782 €	21.766.447 €	22.499.481 €	23.241.051 €	16.116.238 €	17.239.236 €	18.399.422 €	19.598.375 €
FLUJO DE CAJA LIBRE (con retorno de deuda) 7	23.185.532 €	23.603.947 €	24.030.731 €	24.466.051 €	17.034.988 €	17.851.736 €	18.705.672 €	19.598.375 €
FLUJO DE CAJA LIBRE (con retorno de deuda) 10	14.766.782 €	15.644.572 €	24.030.731 €	24.466.051 €	17.034.988 €	17.851.736 €	18.705.672 €	19.598.375 €
FLUJO DE CAJA LIBRE (con retorno de deuda) 15	16.041.782 €	16.766.447 €	17.499.481 €	18.241.051 €	11.116.238 €	12.239.236 €	13.399.422 €	19.598.375 €

NOTA. EBITDA: ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones.

Flujos de caja netos

	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25
EBITDA	22.950.272 €	24.064.824 €	25.229.547 €	26.446.562 €	27.718.072 €	29.046.376 €	30.433.862 €	31.883.020 €	50.796.439 €
Costes financieros(7)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros(10)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Costes financieros(15)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Impuestos/beneficios (7)	2.418.784 €	2.558.103 €	2.703.693 €	2.855.820 €	3.014.759 €	3.180.797 €	3.354.233 €	3.535.377 €	5.899.555 €
Impuestos/beneficios (10)	2.418.784 €	2.558.103 €	2.703.693 €	2.855.820 €	3.014.759 €	3.180.797 €	3.354.233 €	3.535.377 €	5.899.555 €
Impuestos/beneficios (15)	2.418.784 €	2.558.103 €	2.703.693 €	2.855.820 €	3.014.759 €	3.180.797 €	3.354.233 €	3.535.377 €	5.899.555 €
Flujo de caja actual (7)	20.531.488 €	21.506.721 €	22.525.854 €	23.590.741 €	24.703.313 €	25.865.579 €	27.079.629 €	28.347.642 €	44.896.884 €
Flujo de caja actual (10)	20.531.488 €	21.506.721 €	22.525.854 €	23.590.741 €	24.703.313 €	25.865.579 €	27.079.629 €	28.347.642 €	44.896.884 €
Flujo de caja actual (15)	20.531.488 €	21.506.721 €	22.525.854 €	23.590.741 €	24.703.313 €	25.865.579 €	27.079.629 €	28.347.642 €	44.896.884 €
FLUJO DE CAJA LIBRE (con retorno de deuda) 7	20.531.488 €	21.506.721 €	22.525.854 €	23.590.741 €	24.703.313 €	25.865.579 €	27.079.629 €	28.347.642 €	44.896.884 €
FLUJO DE CAJA LIBRE (con retorno de deuda) 10	20.531.488 €	21.506.721 €	22.525.854 €	23.590.741 €	24.703.313 €	25.865.579 €	27.079.629 €	28.347.642 €	44.896.884 €
FLUJO DE CAJA LIBRE (con retorno de deuda) 15	20.531.488 €	21.506.721 €	22.525.854 €	23.590.741 €	24.703.313 €	25.865.579 €	27.079.629 €	28.347.642 €	44.896.884 €

NOTA. EBITDA: ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones.

14. ANEXO III ANÁLISIS DE PODER CALORÍFICO DE LA GALLINAZA

Certificate of Analysis

Eurofins Ireland Ltd
Debbie Reynolds
Science Service Center, Finnabar Industrial Park
Co. Louth
Dundalk
IRELAND

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory

Sample Number	BE001010-11
Customer umber	8476587-1816013
Sample Type	Energy Fuels
Arrival date	2011-03-24
Report printed	2011-03-29
Sample Identity	322-2011-00004890,Mono Fuels Kenny Boyd-House 1(Not Treated)23/03/2011

Analysis	Result	Units	Acc.	Metod/ref	Site
Moisture	51.0	%	± 10 %	EN 14774/CEN-TS 14780	LE

Cal. V CEN/TS 14918/15400 ISO 1928[1)]		MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
Calorific value	as received	9.401	2247	2.611	4042
	dry basis	19.186	4585	5.328	8248
Net calorific value	Const volume - as received				
	Const volume - dry basis				
	Const volume - db, ashfree				
	Const pressure - as received				
	Const pressure - dry basis				
	Const pressure - db, ashfree				

1) Accuracy ±5%

Bengt Axelsson 010-490 81 52

Explanation to abbreviations and *, see reverse side.

Certificate of Analysis

Eurofins Ireland Ltd
Conor Hynes
Finnabair Industrial Park
Co. Louth
Dundalk
IRELAND

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory

Sample Number	BE000914-11
Customer umber	8476587-1811783
Sample Type	Energy Fuels
Arrival date	2011-03-10
Report printed	2011-03-16
Sample Identity	322-2011-00003868 Monofuels House No 7 - McCarrons Treated Bioterre at 18 days.

Analysis	Result	Units	Acc.	Metod/ref	Site
Moisture	35.9	%	± 10 %	EN 14774/CEN-TS 14780	LE

Cal. V CEN/TS 14918/15400 ISO 1928[1)]		MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
Calorific value	as received	11.451	2737	3.180	4923
	dry basis	17.864	4270	4.961	7680
Net calorific value	Const volume - as received				
	Const volume - dry basis				
	Const volume - db, ashfree				
	Const pressure - as received				
	Const pressure - dry basis				
	Const pressure - db, ashfree				

1) Accuracy ±5%

Bengt Axelsson 010-490 81 52

Explanation to abbreviations and *, see reverse side.

Certificate of Analysis

Eurofins Ireland Ltd
Conor Hynes
Finnabair Industrial Park
Co. Louth
Dundalk
IRELAND

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory

Sample Number	BE000915-11
Customer umber	8476587-1811783
Sample Type	Energy Fuels
Arrival date	2011-03-10
Report printed	2011-03-16
Sample Identity	322-2011-00003869 Monofuels Chicken Batch No. 1 P. McKennas Treated in Piles at 20 days.

Analysis	Result	Units	Acc.	Metod/ref	Site
Moisture	34.7	%	± 10 %	EN 14774/CEN-TS 14780	LE

Cal. V CEN/TS 14918/15400 ISO 1928[1)]		MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
Calorific value	as received	11.327	2707	3.145	4869
	dry basis	17.346	4146	4.817	7457
Net calorific value	Const volume - as received				
	Const volume - dry basis				
	Const volume - db, ashfree				
	Const pressure - as received				
	Const pressure - dry basis				
	Const pressure - db, ashfree				

1) Accuracy ±5%

Bengt Axelsson 010-490 81 52

Explanation to abbreviations and *, see reverse side.

Certificate of Analysis

Eurofins Ireland Ltd
Debbie Reynolds
Science Service Center, Finnabar Industrial Park
Co. Louth
Dundalk
IRELAND

Rapport utfärdad av ackrediterat laboratorium

Report issued by Accredited Laboratory

Sample Number	BE001009-11
Customer umber	8476587-1816013
Sample Type	Energy Fuels
Arrival date	2011-03-24
Report printed	2011-03-29
Sample Identity	322-2011-00004889,Mono Fuels McAree-House 2(Treated-18Days)23/03/2011

Analysis	Result	Units	Acc.	Metod/ref	Site
Moisture	35.7	%	± 10 %	EN 14774/CEN-TS 14780	LE

Cal. V CEN/TS 14918/15400 ISO 1928[1)]		MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
Calorific value	as received	12.079	2887	3.354	5193
	dry basis	18.785	4490	5.217	8076
Net calorific value	Const volume - as received				
	Const volume - dry basis				
	Const volume - db, ashfree				
	Const pressure - as received				
	Const pressure - dry basis				
	Const pressure - db, ashfree				

1) Accuracy ±5%

Bengt Axelsson 010-490 81 52

Explanation to abbreviations and *, see reverse side.

Certificate of Analysis

Eurofins Ireland Ltd
Debbie Reynolds
Science Service Center, Finnabar Industrial Park
Co. Louth
Dundalk
IRELAND

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory

Sample Number	BE001011-11
Customer umber	8476587-1816013
Sample Type	Energy Fuels
Arrival date	2011-03-24
Report printed	2011-03-29
Sample Identity	322-2011-00004891, Mono Fuels Kenny Boyd-House 2(Treated-18 Days)23/03/2011

Analysis	Result	Units	Acc.	Metod/ref	Site
Moisture	35.6	%	± 10 %	EN 14774/CEN-TS 14780	LE

Cal. V CEN/TS 14918/15400 ISO 1928[1)]		MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
Calorific value	as received	11.832	2828	3.286	5087
	dry basis	18.373	4391	5.102	7899
Net calorific value	Const volume - as received				
	Const volume - dry basis				
	Const volume - db, ashfree				
	Const pressure - as received				
	Const pressure - dry basis				
	Const pressure - db, ashfree				

1) Accuracy ±5%

Bengt Axelsson 010-490 81 52

Explanation to abbreviations and *, see reverse side.

Analyse rapportnummer : 00070095_495208

Opdrachtgever : BMC Moerdijk BV
Contactpersoon : Hans van Diest
Adres : Postbus 97
Plaats : 4782 PM Moerdijk

Monstersoort : Dierlijke mest

Labnummer : 11AQ238D
Datum bemonstering : 29-03-11
Datum ontvangst : 30-03-11
Datum aanvang analyse : 30-03-11
Monsternemer : Opdrachtgever
Monsteromschrijving : Kippenmest Treated

Droge stof	**gew. %**	64.8
conform NEN 5747 (WVS-003)		
Asrest	**gew. % ds**	14.8
eigen methode, gloeiverlies (WVS-035)		
Organische stof	**gew. % ds**	85.2
eigen methode, gloeiverlies (WVS-035)		
Calorische waarde	**MJ/kg product**	
conform DIN 51900		
Gecorrigeerd voor stikstof, waterstof en zwavel.		
Netto		10.203
Bruto		12.004
Nutriënten	**gew. % ds in as**	
eigen methode, ICP-MS		
Fosfaat (P_2O_5)		20
Kali (K_2O)		24
Magnesium (MgO)		6.8
Natrium (Na_2O)		2.8
Stikstof-totaal (N)	**gew. % ds**	4.9
eigen methode, TCD-geleidbaarheid		
Waterstof (H)	**gew. % ds**	6.6
eigen methode, TCD-geleidbaarheid		
Koolstof (C)	**gew. % ds**	44
eigen methode, TCD-geleidbaarheid		
Zwavel (S)	**gew. % ds**	0.55
eigen methode, TCD-geleidbaarheid		
Chloride (Cl)	**gew. % ds**	0.46
eigen methode, spectrofotometrie		
Fluoride (F)	**gew. % ds**	< 0.01
eigen methode, gloeiverlies		
Metalen	**mg/kg ds**	
eigen methode, ICP-MS		
Aluminium (Al)		370
Antimoon (Sb)		< 1.0
Arseen (As)		< 3.0
Cadmium (Cd)		0.36
Calcium (Ca)		17000
Chroom (Cr)		12
Cobalt (Co)		< 5.0
Ijzer (Fe)		630
Koper (Cu)		86
Kwik (Hg)		< 0.05
Lood (Pb)		< 5.0
Mangaan (Mn)		440
Nikkel (Ni)		9.5
Seleen (Se)		< 5.0
Silicium (Si)		940
Telluur (Te)		< 10
Thallium (Tl)		< 0.15
Tin (Sn)		< 0.050
Titanium (Ti)		6.3
Vanadium (V)		< 1.0
Zink (Zn)		340

Calorific value from sample treated with Monoterre

Graauw, 01-04-11

Ing. J.C. Heijens (directeur)

De met "Q" gemerkte resultaten zijn uitgevoerd volgens door de Raad voor Accreditatie geaccrediteerde verrichtingen (registratienummer L201). De resultaten hebben alleen betrekking op de onderzochte monsters. Opinies en interpretaties vallen niet onder accreditatie. De analysemethodes, rapportagegrenzen, prestatiekenmerken zijn opvraagbaar. Dit analyserapport mag zonder schriftelijke toestemming van Grond-, Gewas- en Milieulaboratorium Zeeuws-Vlaanderen niet anders dan in zijn geheel

Analyse rapportnummer : 00070095_495209

Opdrachtgever : BMC Moerdijk BV
Contactpersoon : Hans van Diest
Adres : Postbus 97
Plaats : 4782 PM Moerdijk

Monstersoort : Dierlijke mest

Labnummer : 11AQ239D
Datum bemonstering : 29-03-11
Datum ontvangst : 30-03-11
Datum aanvang analyse : 30-03-11
Monsternemer : Opdrachtgever
Monsteromschrijving : Kippenmest Untreated

Droge stof	**gew. %**	46.6
conform NEN 5747 (WVS-003)		
Asrest	**gew. % ds**	11.9
eigen methode, gloeiverlies (WVS-035)		
Organische stof	**gew. % ds**	88.1
eigen methode, gloeiverlies (WVS-035)		
Calorische waarde	**MJ/kg product**	
conform DIN 51900		
Gecorrigeerd voor stikstof, waterstof en zwavel.		
Netto		6.511
Bruto		8.483
Nutriënten	**gew. % ds in as**	
eigen methode, ICP-MS		
Fosfaat (P_2O_5)		22
Kali (K_2O)		30
Magnesium (MgO)		7.9
Natrium (Na_2O)		3.2
Stikstof-totaal (N)	**gew. % ds**	4.4
eigen methode, TCD-geleidbaarheid		
Waterstof (H)	**gew. % ds**	6.5
eigen methode, TCD-geleidbaarheid		
Koolstof (C)	**gew. % ds**	43
eigen methode, TCD-geleidbaarheid		
Zwavel (S)	**gew. % ds**	0.53
eigen methode, TCD-geleidbaarheid		
Chloride (Cl)	**gew. % ds**	0.49
eigen methode, spectrofotometrie		
Fluoride (F)	**gew. % ds**	< 0.01
eigen methode, gloeiverlies		
Metalen	**mg/kg ds**	
eigen methode, ICP-MS		
Aluminium (Al)		310
Antimoon (Sb)		< 1.0
Arseen (As)		< 3.0
Cadmium (Cd)		0.33
Calcium (Ca)		16000
Chroom (Cr)		11
Cobalt (Co)		< 5.0
Ijzer (Fe)		600
Koper (Cu)		77
Kwik (Hg)		< 0.05
Lood (Pb)		< 5.0
Mangaan (Mn)		410
Nikkel (Ni)		8.5
Seleen (Se)		< 5.0
Silicium (Si)		910
Telluur (Te)		< 10
Thallium (Tl)		< 0.15
Tin (Sn)		< 0.050
Titanium (Ti)		5.6
Vanadium (V)		< 1.0
Zink (Zn)		360

Calorific value of the sample not treated

Graauw, 01-04-11

Ing. J.C. Heijens (directeur)

De met "Q" gemerkte resultaten zijn uitgevoerd volgens door de Raad voor Accreditatie geaccrediteerde verrichtingen (registratienummer L201). De resultaten hebben alleen betrekking op de onderzochte monsters. Opinies en interpretaties vallen niet onder accreditatie. De analysemethodes, rapportagegrenzen, prestatiekenmerken zijn opvraagbaar. Dit analyserapport mag zonder schriftelijke toestemming van Grond-, Gewas- en Milieulaboratorium Zeeuws-Vlaanderen niet anders dan in zijn geheel

15. ABREVIATURAS Y SIGLAS

- **AEMA**: Agencia Europea de Medio Ambiente
- **CEPE**: Comisión Económica para Europa
- **CHP**: high efficiency cogeneration
- **CIGR**: International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering
- **CLRTAP**: Convención de Ginebrasobre Long-range Transboundary Air Pollution
- **COV**: compuestos orgánicos volátiles
- **COVNM**: compuestos orgánicos volátiles distintos del metano
- **CV**: coeficiente de variación
- **DM**: materia seca (dry matter)
- **DQO:** demanda química de oxígeno
- **EBIT**: ganancias antes de intereses e impuestos
- **EBITDA**: ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones
- **EEA**: European Environment Agency
- **EFTA4**: asociación europea de libre comercio: Islandia, Liechtenstein, Noruega y Suiza
- **ENA**: European Nitrogen Assessment
- **FAO**: Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- **H^+**: hidrón
- **H_3O^+**: ión hidronio
- **IIASA**: International Institute for Applied Systems Analysis
- **IPC**: índice de precios al consumo
- **IPCC**: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
- **LEAP**: Livestock Environmental Assessment and Performance (proyecto de evaluación ambiental y desempeño ecológico de la ganadería)
- **ms**: mega-siemens
- **MTD**: mejores técnicas disponibles
- **N**: nitrógeno
- **N_2**: nitrógeno gas
- **N_r**: nitrógeno reactivo
- **NH_3**: amoniaco

- **NH_4^+** : amonio
- **$(NH_4)_2$ SO_4**: sulfato de amonio
- **NH_x**: nitrógeno reducido (amoniaco más amonio)
- **NO_2**: dióxido de nitrógeno
- **NO_3**: nitratos
- **NO_x**: óxidos de nitrógeno
- **NT**: nitrógeno total
- **OECD**:Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
- **PM**: partículas secundarias
- **PNRE**: Programas Nacionales de Reducción de Emisiones
- **PNUMA**: Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente
- **ppm**: partes por millón
- **REFIT**: Renewable Energy Feed in Tariff
- **SEAI**: Sustainable Energy Authority of Ireland
- **Sm**: Siemens
- **t**: tonelada
- **T**: temperatura
- **TIR**: tasa interna de retorno
- **TSAP**: Thematic Strategy on Air Pollution
- **UE-15**: Unión Europea de los 15 (Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, los Países Bajos, Portugal, el Reino Unido y Suecia)
- **UE-27**: Unión Europea de los 27 (Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumania y Suecia)
- **UFC**: unidades formadoras de colonias
- **VAN**: valor actual neto

17. LEGISLACIÓN

[a]. (1991). *Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. (DOCE n° L 375 de 31.12.91)*.

[b]. (1996). *Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias*. España: BOE núm 61 de 11/03/1996.

[c]. (1999). *Instrumento de ratificación del Protocolo al Convenio de 1979 sobre contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia, relativo a la reducción de la acidificación, de la eutrofización y del ozono en la troposfera.* Gotemburgo (Suecia).

[d]. (2000). *Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua) por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*.

[e]. (2001). *Directiva 2001/81/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2001, sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos. DOUE núm. 309, de 27 de noviembre de 2001*, páginas 22 a 30.

[f]. (2002). *Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación. BOE núm. 157, de 2 de julio de 2002, páginas 23910 a 23927*.

[g]. (2003). *Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social. BOE núm. 313, de 31/12/2003*.

[h]. (2005). *Real Decreto 1084/2005, de 16 de septiembre, de ordenación de la avicultura de carne. BOE núm. 233, de 29 de septiembre de 2005*, páginas 32148 a 32154.

[i]. (2007). *II Programa Nacional de Reducción de Emisiones, conforme a la Directiva 2001/81/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2001, sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos. BOE núm. 25, de 29 de enero*, páginas 5254 a 5262.

[j]. (2007). *Government White Paper – Delivering a Sustainable Energy Future for Ireland*.

[k]. (2007). *National Bioenergy Action Plan*.

[l]. (2008). *Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. DOUE» núm. 152, de 11 de junio de 2008*, páginas 1 a 44.

[m]. (2009). *National action plans* .

[n]. (2010). *Real Decreto 692/2010, de 20 de mayo, por el que se establecen las normas mínimas para la protección de los pollos destinados a la producción de carne y se modifica el RD1047/1994, de 20 de mayo, relativo a las normas mínimas para la protección de ternero*, páginas 47986 a 47995. BOE núm. 135, de 3 de junio de 2010.

[ñ]. (2010). *Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación). DOUE» núm. 334, de 17 de diciembre de 2010*, páginas 17 a 119.

18. BIBLIOGRAFÍA

Affairs, D. f. (Ed.). (2013). *Poultry sector-feed conversion ratio.* Obtenido de https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/337795/ghgindicator-7poultrysector-30jul14.pdf

Agriculture and Rural Development. U.K. (Visitado en 2014). Obtenido de http://www.dardni.gov.uk/

Agriculture, Ecosystems & Environment. (2015).

Obtenido de http://www.sciencedirect.com/science/journal/01678809

Annual Report AVEC. (2013). Association of Poultry Processors and Poultry trade in EU.

Baranyai, V., & Bradley, S. (2008). *Turning Chesapeake Bay watershed poultry manure and litter into energy: An analysis of the impediments and the feasibility of implementing energy technologies in the Chesapeake Bay Watershed in order to improve water quality.* Chesapeake Bay Program CBP/TRS-289-08:

http://www.chesapeakebay.net/content/publications/cbp_17018.pdf.

Bauen, A., & Woods, J. a. (2004). *A Biomass Blueprint to Meet 15 % of OECD Electricity Demand by 2020. .* Imperial College London, Centre for Energy Policy and Technology.

BMC Power Plant. (2015). Obtenido de http://www.bmcmoerdijk.nl/index.php

Bryant, D. (2008). *Agrichar Building a Commercial Venture. Rural Funds Management (RFM).* http://www.biochar-international.org/images/Bryant_Presentation.pdf.

BTS biogas. (Visitado 2015). Obtenido de http://www.bts-biogas.com/

Callanan, W. (2011). *Nitrates Directive including recent changes.* Irish Department of Agriculture, Fisheries and Food.

Calvet, S., Cambra López, M., Estellés, F., Carbonell, F., Ferrer, P., & Torres, A. (2006). *Ammonia emissions and nitrogen balance in a broiler farm in Spain in summer conditions.* Bonn (Alemania): En Proceedings of Agricultural Engineering for a Better World.XVI CIGR World Congress.

Cambra-López, M. (2010). *Control de las emisiones de material particulado de granjas avícolas y porcinas. (Tesis doctoral).* Universidad Politécnica de Valencia.

Caslin, B. (2010). *Willow production. Teagasc, Bioenergy Specialist.*

Castaing, J. (2000). *Uso de las arcillas en alimentación animal. Asociación General de Productores de Maíz.* Pau, Francia.

Castelló Llobert, J., Cedó Benet, R., Cepero Briz, R., García Martín, E., Pontes Pontes, M., & Vaquerizo Flórez, J. (2002). *Producción de carne de pollo. .* Barcelona: Real Escuela de Avicultura. .

CIGR. (2002). *Climatizacion of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels. Commission Internationale du Génie Rural.* Horsens (Denmark).: 4th Report of Working Group. Res. Centre Bygholm.

Dagnall. (1993). Poultry litter as a fuel. *World's Poultry Science Journal*.

DARD. (2009). *Statistical Review of Northern Ireland Agriculture 2008. .* Policy and Economics Division, Department of Agriculture and Rural Development, Belfast: http://www.dardni.gov.uk/stats-review-2008-final.pdf.

DARD, A. a. (2013). *The Review of Alternative Technologies to Fluidised Bed Combustion for Poultry Litter Utilisation.* Department of Agriculture and Rural Development. U.K.

Dr Sellers, G. (2010). *Report on the biomass for energy study tour to Nothern Ireland. .* Agronomy Institute. Orkney College.

End-user GHG emissions from energy. Reallocation of emissions from energy industries to end users 2005–2010 (Vol. EEA Technical report No 18/2012.). (2012). Luxembourg: European Environment Agency.

Environmental pollution. (2015). Obtenido de:

http://www.journals.elsevier.com/environmental-pollution/

Environmental Protection Agency. (2015). Obtenido de http://www.epa.ie

Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture. (Vol. EEA Technical report No 12/2007). (2007). Copenhagen: European Environment Agency.

European Commission. Eurostat. (2015). Obtenido de http://epp.eurostat.ec.europa.eu

European_Commission. (2003). *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs.*

European_Environment_Agency. (2013). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. Technical guidance to prepare national emission inventories.* www.europa.eu.

Fairchild, B. (2012). *Air Quality and Bird Health.* The University of Georgia.

Fernández Nuevo, J. L., & Benito, J. (2010). *Revalorización de subproductos en el sector de producción de huevos. .* Círculo de Innovación en Biotecnología.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014). Obtenido de http://www.agri-outlook.org/

Forbes, G. D. (2005). *An evaluation of manure treatment systems designed to improve nutrient management. A report to the Expert Group on Alternative Use of Manure. Occasional publication No. 5 of the Global Research Unit, AFBI, Hillsborough.* http://www.afbini.gov.uk/gru-report5-manure-treatment-systems.pdf.

García Sanz, I., Bigeriego Martín de Saavedra, M., Canales Canales, C., & Colmenares Planás, M. (2010). *Guía de mejores técnicas disponibles del sector de la avicultura de carne.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Gerber, P., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., . . . Tempio, G. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones.* Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Groot Koerkamp, P., Metz, J., Uenk, G., Phillips, V., & Holden, M. (1998). *Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in northern Europe.*

IFA. (2013). *Irish Farmer's Association*. Obtenido de http://www.ifa.ie

International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering. (2014). Obtenido de http://www.cigr.org/

International Institute for Applied Systems Analysis. (2014). Obtenido de http://www.iiasa.ac.at

Jenkins, B., Baxter, L., Miles, T. J., & Miles, T. (1998). *Combustion Properties of Biomass, Fuel Processing Technology 54.*

Kennedy, S. (2006). *Control of botulism in cattle.* http://www.afbini.gov.uk/adds-cattle-botulism-in-24-february-2006.pdf.

Kirubakaran, V. (2012). *Feasibility of utilization of poultry litter as a fuel: a devolatilization characterization study.* Rural Energy Centre, Gandhigram Rural Institute- Deemed University, Gandhigram, Dindugal.

Lacey, R., Redwine, J., & Parnell, J. (2003). *Particulate matter and ammonia emission factors for tunnel-ventilated broiler production houses in the southern US.*

Livestock production science. (2014). Obtenido de:

http://www.sciencedirect.com/science/journal/03016226

López Asensio, M. J. (2009). *Estudio de la tasa de ventilación, emisión de gases y composición de la yacija en granjas comerciales de pollos de carne del sureste español. (Tesis doctoral).* Universidad de Murcia.

Meisinger, J., & Jokela, W. (2000). *Ammonia Volatilization from dairy and poultry manure.* Obtenido de https://www.dairyn.cornell.edu/pages/20cropsoil/270risks/documents/MeisingerandJokela-NRAES130-2000.pdf

Melse, R., & Ogink, N. W. (2005). *Air scrubbing techniques for ammonia and odor reduction at livestock operations: review of on-farm research in the Netherlands. .* Transactions of the ASAE, ISSN 0001-2351, Vol. 48, Nº 6,.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). Obtenido de http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental

Miñana Sánchez, C., Giner Santonja, G., Torres Salvador, A. G., & Úbeda Sánchez, Y. (2011). *Guía de mejores técnicas disponibles para el sector de explotaciones intensivas de aves en la comunitat valenciana.* Instituto de Ciencia y Tecnología animal (UPV).

Nijhuis water technology. (2015). Obtenido de http://www.nijhuis-water.com

Nitrogen in Europe. (2013). Obtenido de http://www.nine-esf.org

O. Edenhofer, R. P.-M. (2011). *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico. Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático.* Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

OCDE/FAO. (2013). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2013-2022, .* (U. A. Chapingo, Ed.) Texcoco, Estado de México: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2013-es.

OECD/FAO. (2011). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020.* OECD Publishing and FAO.: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-en.

Ogink, N. (2012). *NH3 and dust emissions from broiler houses. Problems and solutions. Livestock research.* Wageningen.

Pedersen, S. &. (2002). *4th Report of Working Group on Climatization of Animal Houses Heat and moisture production at animal and house levels.* Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences. (2002) .

Pescatore, A., Casey, K., & Gates, R. (2005). *Ammonia Emissions form Broiler Houses.* Lexington: Department of Animal and Food Sciences, and Department of Biosystems and Agricultural Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

Plan de acción para la aplicación del II Programa Nacional de Reducción de Emisiones conforme a la Directiva sobre Techos Nacionales. (2009). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Revista Ambientum. (Mayo de 2003). Obtenido de:

http://www.ambientum.com/revista/2003_05/PLANTA%20DE%20BIOMASA%20EN%20LA%20ROBLA.htm

Ritz, C. W. (2013). *Litter Management Lite. Georgia Poultry Conference.* Athens: Ph.D Department of Poultry Science. The University of Georgia. .

Rothrock Jr., S. A. (2013). *Recovery of ammonia from poultry litter using flat gas permeable membranes.* USDA-ARS Coastal Plains Soil, Water, and Plant Research Center, 2611 W. Lucas St., Florence, SC 29501, USA. Disponible en: www.elsevier.com/locate/wasman.

Rural_Generation_LTD. (2010). *Why grow willow. Renewable solutions.*

Santomá, G., & Pontes, M. (2006). *Influencia del alojamiento sobre la nutrición de aves y cerdos. XXII Curso de especialización FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal. Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal. .* Obtenido de http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/06CAP_X.pdf

See News Renewables. (Diciembre de 2011). Obtenido de http://renewables.seenews.com/news/perdue-agribusiness-fibrowatt-propose-biomass-facility-in-maryland-168406

Siefert, R., Scudlark, J., Potter, A., Simosen, K., & Savidge, K. (2004). *Characterization of atmospheric ammonia emissions from a commercial chicken house on the Delmarva Peninsula.*

Single Electricity Market Operator. (2015). Obtenido de http://www.sem-o.com

Smith, R. (2012). *Report Generation and Issue.* Environmental Protection Agency, Castlebar: http://www.epa.ie/pubs/advice/water/aq/reports.pdf.

Sustainable Energy Authority of Ireland. (2014). Obtenido de http://www.seai.ie

Sustainable Production and Consumption Unit European IPPC Bureau (2013) Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry and Pigs. Darft 2. European Commission. (2013). Institute for Prospective Technological Studies.

Sutton, M. A., Howard, C. M., Erisman, J. W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., . . . Grizzetti, B. (2011). *European Nitrogen Assessment: sources, effects, and policy perspectives.* European Commission Joint Research Centre (I): Cambridge University Press.

The European Pollutant Release and Transfer Register. (2014). Obtenido de http://prtr.ec.europa.eu/Home.aspx

The journal of applied poultry research. (2013). Obtenido de http://japr.oxfordjournals.org/

Thematic Strategy on Air Pollution. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. (2005). Commission of the European Communities.

Trozzi, C., Rentz, O., Oertel, D., & Woodfield, M. a. (2013). *Combustion in energy and transformation industries. EMEP/EEA emission inventory guidebook.* http://eea.europa.eu/emep-eea-guidebook.

Van der Heyden, C., Demeyer, P., & I.P. Volcke, E. (2015). *Mitigating emissions from pig and poultry housing facilities through air scrubbers and biofilters: State-of-the-art and*

perspectives. ScienceDirect. . Journal homepage: www.elsevier.com/locate/issn/15375110.

Velthof G.L., J. L. (2010). *The impact of the Nitrates Directive on gaseous N emissions, effects of measures in nitrates action programme on gaseous N emissions. Alterra.* http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/pdf/Final__report_impact_Nitrates_Directive_def.pdf.

Wathes, C. M., Phillips, V. R., Holden, M. R., Sneath, R. W., Short, J. L., White, R. P., . . . Lin, S. (1998). *Emissions of Aerial Pollutants in Livestock Buildings in Northern Europe: Overview of a Multinational Project.*

Welch, P. M. (2009). *Managing Litter to Improve Performance and Control Poultry Pathogens. General Chemical.* http://www.generalchemical.com/assets/pdf/Al+Clear-Litter_Management.pdf.

Williams, C. M. (2010). *Poultry waste management in developing countries.* North Carolina State University, Department of Poultry Science, Raleigh NC, United States of America.: http://www.fao.org/docrep/013/al718e/al718e00.pdf.

Xergi, excellence in biogas. (2015). Obtenido de http://www.xergi.com/