

**ANEJO N° 13**

**ESTUDIO DE LAS**

**REPERCUSIONES**

**AGRONÓMICAS DEL**

**SISTEMA**

## Índice de contenidos:

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	4
3.	DETERMINACIÓN DE LAS VOLATILIZACIONES DE AMONIACO EN CASTILLA Y LEÓN POR EL METODO DE DISTRIBUCIÓN EN ABANICO. ....	5
3.1.	Datos de partida:.....	5
3.2.	Calculo de la producción de purines en Castilla y León según el censo de explotaciones	9
3.3.	Volatilizaciones de amoniaco en Castilla y León por el sistema de abanico...	11
4.	DETERMINACIÓN DE LAS VOLATILIZACIONES DE AMONIACO EN CASTILLA Y LEÓN POR EL METODO DE DISTRIBUCIÓN DE TUBO ABIERTO. ....	13
4.1.	Datos de partida:.....	13
4.2.	Volatilizaciones de amoniaco en Castilla y León por el sistema de tubos abiertos.	14
4.3.	Conclusiones: .....	15
5.	DETERMINACIÓN DE LOS ABONADOS TIPO PARA CADA SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN. ....	15
5.1.	Calculo del abonado para el cultivo de trigo con un método de distribución del purín de teja y abanico.....	15
5.1.1.	Rutina de actuación en todo el ciclo del cultivo. ....	16
5.1.2.	Calculo del abonado para el cultivo de trigo.....	17
5.2.	Calculo del abonado para el cultivo de trigo para el método de distribución del purín por tubos abiertos. ....	29
5.3.	Análisis de los abonados en los dos sistemas de distribución del purín para el cultivo del trigo. ....	32
5.4.	Calculo del abonado para el cultivo de maíz con un método de distribución del purín de teja y abanico.....	33
5.4.1.	Calculo del abonado para el cultivo de maíz.....	33
5.5.	Calculo del abonado para el cultivo de maíz para el método de distribución del purín por tubos abiertos. ....	44
5.6.	Análisis de los abonados en los dos sistemas de distribución del purín para el cultivo de maíz. ....	47
6.	CONCLUSIONES: .....	47

## Índice de Tablas:

TABLA 1: CENSO EXPLOTACIONES PORCINAS CYL.....	5
TABLA 2: CARACTERÍSTICAS DEL PURÍN DE PORCINO EN CYL. ....	6
TABLA 3: PRODUCCIÓN ESTIÉRCOL DE PORCINO POR CADA 450 KG DE PV.....	7
TABLA 4: PRODUCCIÓN DE NUTRIENTES EN EL PURÍN DE GANADO PORCINO. ....	7
TABLA 5: PRODUCCIÓN DE PURINES SEGÚN TIPOLOGÍA Y EDAD DEL ANIMAL.....	8
TABLA 6: VALORES DE EMISIONES DE AMONIACO TIPO POR PLAZA Y ESTADO DE DESARROLLO DEL ANIMAL. ....	8
TABLA 7: PRODUCCIÓN DE PURINES EN CASTILLA Y LEÓN SEGÚN EL CENSO DE REPRODUCTORAS. ....	9
TABLA 8: PRODUCCIÓN DE PURINES EN CASTILLA Y LEÓN SEGÚN EL CENSO DE ANIMALES EN CEBADERO ....	10
TABLA 9: PRODUCCIÓN TOTAL ESTIMADA DE PURINES SEGÚN EL CENSO DE PLAZAS DE CASTILLA Y LEÓN. ....	10
TABLA 10: VOLATILIZACIONES DE AMONIACO DEL CENSO DE REPRODUCTORAS POR EL SISTEMA DE ABANICO. ....	11
TABLA 11: VOLATILIZACIONES DE AMONIACO DEL CENSO DE ANIMALES EN CEBADERO POR EL SISTEMA DE ABANICO. ....	12
TABLA 12: VOLATILIZACIONES TOTALES DE GASES MEDIANTE EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN EN ABANICO.....	12
TABLA 13: REDUCCIONES DE EMISIONES DE NH <sub>3</sub> PARA DISTINTAS METODOLOGÍAS DE APLICACIÓN (FERGIR).....	13
TABLA 14: VOLATILIZACIONES TOTALES DE AMONIACO POR EL MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN DE TUBOS ABIERTOS. ....	14
TABLA 15: EXTRACCIONES MEDIAS DE N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, SEGÚN PRODUCCIONES PARA DIFERENTES CULTIVOS.....	17
TABLA 16: FACTORES DE AJUSTE PARA EL CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE FOSFORO. ....	19
TABLA 17: FACTORES DE AJUSTE PARA EL CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE POTASIO. ....	20
TABLA 18: NECESIDADES MEDIAS DE NUTRIENTES PARA EL TRIGO ....	20
TABLA 19: DATOS MÁS RELEVANTES DE LA COMPOSICIÓN DE LOS PURINES DE PORCINO EN CASTILLA Y LEÓN (EXTRACTO). ..	21
TABLA 20: APORTES DE NUTRIENTES DEL ABONADO ORGÁNICO PARA EL TRIGO Y DISTRIBUCIÓN EN ABANICO. ....	24
TABLA 21: NECESIDADES SIN CUBRIR PARA EL TRIGO CON EL ABONADO ORGÁNICO Y DISTRIBUCIÓN EN ABANICO.....	24
TABLA 22: COMPLEJOS TERCIARIOS USADOS EN AGRICULTURA ESPAÑOLA ....	25
TABLA 23: CONCENTRACIONES DEL ABONO DE FONDO PARA EL CULTIVO DE TRIGO ....	26
TABLA 24: APORTES DE NUTRIENTES DEL ABONADO DE FONDO PARA EL CULTIVO DE TRIGO POR EL MÉTODO DE ABANICO. ...	27
TABLA 25: NECESIDADES A CUBRIR EN EL ABONADO DE COBERTERA PARA EL TRIGO EN EL MÉTODO DE ABANICO. ....	28
TABLA 26: APORTES TOTALES PARA EL CULTIVO DEL TRIGO EN EL MÉTODO DE ABANICO. ....	29
TABLA 27: APORTES DE NUTRIENTES EN EL ABONADO ORGÁNICO PARA EL TRIGO POR EL MÉTODO DE TUBOS ABIERTOS. ....	30
TABLA 28: NECESIDADES SIN CUBRIR CON EL APORTE ORGÁNICO EN EL CULTIVO DE TRIGO POR EL MÉTODO DE TUBOS ABIERTOS.....	31
TABLA 29: NECESIDADES SIN CUBRIR CON EL ABONADO DE FONDO EN EL CULTIVO DE TRIGO POR EL MÉTODO DE TUBOS ABIERTOS.....	32
TABLA 32: NECESIDADES MEDIAS DE NUTRIENTES PARA EL MAÍZ. ....	35
TABLA 33: APORTES DE NUTRIENTES DEL ABONADO ORGÁNICO PARA EL MAÍZ Y DISTRIBUCIÓN EN ABANICO.....	39
TABLA 34: NECESIDADES SIN CUBRIR PARA EL MAÍZ CON EL ABONADO ORGÁNICO Y DISTRIBUCIÓN EN ABANICO.....	39
TABLA 35: CONCENTRACIONES DEL ABONO DE FONDO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ.....	40
TABLA 36: APORTES DE NUTRIENTES DEL ABONADO DE FONDO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ POR EL MÉTODO DE ABANICO. ....	41
TABLA 37: NECESIDADES A CUBRIR EN EL ABONADO DE COBERTERA PARA EL MAÍZ EN EL MÉTODO DE ABANICO. ....	42
TABLA 38: APORTES TOTALES PARA EL CULTIVO DEL MAÍZ EN EL MÉTODO DE ABANICO. ....	43
TABLA 39: APORTES DE NUTRIENTES EN EL ABONADO ORGÁNICO PARA EL MAÍZ POR EL MÉTODO DE TUBOS ABIERTOS. ....	45
TABLA 40: NECESIDADES SIN CUBRIR CON EL APORTE ORGÁNICO EN EL CULTIVO DE MAÍZ POR MÉTODO TUBOS ABIERTOS... ..	45
TABLA 41: NECESIDADES SIN CUBRIR CON EL ABONADO DE FONDO EN EL CULTIVO DE MAÍZ POR EL MÉTODO DE TUBOS ABIERTOS.....	46

## 1. INTRODUCCIÓN.

En este proyecto se va a abordar una modificación de la maquinaria existente encargada de la distribución de purines en las parcelas con respecto a la nueva normativa vigente.

Para ello se van a proponer una serie de medidas y de equipos que se podrán acoplar a la tipología general de cisternas existentes en el parque de maquinaria agrícola de Castilla y León.

La tendencia de las nuevas medidas a adoptar se explica debido a que la metodología y sistemas actuales tienen: malos aprovechamientos de los nutrientes, elevada liberación de gases a la atmosfera, como el amoniaco, el fuerte impacto ambiental debido a su fuerte olor,...etc.

Las tipologías de dosificación más utilizadas en nuestra comunidad hasta la fecha se basaban principalmente en el sistema de abanico y tejas, también en sistemas de cañón, o distintos pulverizadores. El sistema que se propone hace una dosificación más centralizada en el suelo por medio de conducciones y tubos.

Este sistema evita problemas de malas distribuciones por el efecto del viento, lo localiza más en el suelo de la parcela, reduce olores y emisiones.

Pero todo esto está muy bien y es muy positivo para el medio ambiente, pero vamos a estudiar qué repercusiones agronómicas tiene este sistema sobre los cultivos y el suelo. Ya que todos estos condicionantes son muy sensacionalistas y ecológicos pero habrá que ver qué repercusiones tienen sobre la actividad agrícola y su economía.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL.

En este proyecto la fracción del sector primario como son la agricultura y la ganadería van unidas y se complementan. Ya que un desecho de la producción de carne se utiliza como recurso para elevar y mejorar las producciones agrícolas.

El recurso que se está aprovechando en este caso, los purines, de naturaleza líquida y con una base importante de agua es generado en nuestra comunidad mayormente por la producción porcina, además el que mayor problemática ambiental está presentando.

Para poder estudiar su repercusión habrá que conocer el censo de explotaciones en Castilla y León actualizado. En la siguiente tabla se presenta el censo de explotaciones porcinas a fecha de 2017, los datos han sido sacados de la junta de Castilla y León de la sección de ganadería, apartado de datos abiertos y explotaciones ganaderas de porcino 2017.

Enlace:

[https://datosabiertos.jcyl.es/web/jcyl/set/es/medio-rural-pesca/ganaderia\\_porcino\\_2017/1284707659296](https://datosabiertos.jcyl.es/web/jcyl/set/es/medio-rural-pesca/ganaderia_porcino_2017/1284707659296)

Proyecto de diseño de una rampa de distribución localizada de purines para acoplar a la tipología general de cisternas de Castilla y León.

*Mario del Val Martínez.*

**Tabla 1: Censo explotaciones porcinas CyL.**

<b>Censo explotaciones porcinas CyL</b>		
<b>Provincias</b>	<b>Reproductoras Ud.</b>	<b>Cebo Ud.</b>
Ávila	19.573	146.302
Burgos	35.177	264.079
León	4.226	82.152
Palencia	12.878	58.013
Salamanca	53.962	313.296
Segovia	115.311	649.235
Soria	39.859	318.368
Valladolid	30.479	206.662
Zamora	30.415	297.509
<b>Total</b>	<b>341.880</b>	<b>2.335.616</b>

Fuente: Elaboración propia, datos jCyL directorio Porcino

Estos son los números de animales que existen en nuestra comunidad, es verdad que hay animales que pertenecen a pequeñas producciones familiares de pocos animales con un destino a consumo propio y la tradicional matanza domiciliaria.

Estos gestionan los residuos de manera distinta ya que la producción de residuos es en su mayoría de estiércoles.

### **3. DETERMINACIÓN DE LAS VOLATILIZACIONES DE AMONIACO EN CASTILLA Y LEÓN POR EL METODO DE DISTRIBUCIÓN EN ABANICO.**

#### **3.1. Datos de partida.**

Una vez definidos la cantidad de animales que pueblan la cabaña ganadera de Castilla y León, habría que definir qué tipología de residuo generan y sus diferentes clases.

Es importante definir la tipología general de la composición de este recurso para poder analizarlo con detalle y suplementarlo en las proporciones idóneas según las necesidades del suelo.

A continuación se presentan los valores de composición de los purines tipo en Castilla y León, esta tabla se ha sustraído del libro; De residuo a recurso, El camino hacia la sostenibilidad de la página 51 tabla 1.11. Dicha tabla es de Sánchez Báscones, 2001.

Tabla 2: Características del purín de porcino en Cyl.

Variable	Valor medio	Error estándar	Desviación estándar	Coefficiente de variación%	Valor mínimo	Mediana	Valor máximo
C.E. (S m <sup>3</sup> )	1,559	0,0768	0,944	60,58	0,201	1,378	7,518
Densidad (g cm <sup>-3</sup> )	1,015	0,0011	0,013	1,30	1,000	1,011	1,094
pH (1:2)	7,59	0,0357	0,44	5,77	5,85	7,59	8,65
Cenizas (g kg <sup>-1</sup> )	9,04	0,664	8,16	90,30	1,10	5,74	45,73
M. Seca (g kg <sup>-1</sup> )	361,3	9,287	114,12	31,59	136,1	361,2	701,4
M. Org. (g kg <sup>-1</sup> )	32,41	3,028	37,28	115,02	2,28	1,54	199,5
M. Org. (g kg <sup>-1</sup> )	23,31	2,414	29,66	127,22	1,12	9,81	160,7
M. Org. (g kg <sup>-1</sup> )	640,9	9,395	115,44	18,01	298,5	638,6	947,8
Cloruros (g kg <sup>-1</sup> )	0,912	0,0441	0,542	59,38	0,144	0,819	5,476
Cloruros (g kg <sup>-1</sup> )	63,00	5,476	67,29	106,83	2,80	50,83	687,13
N-NH <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	1,86	0,102	1,258	67,50	0,04	1,64	10,26
N-NH <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	101,3	5,462	67,12	66,26	3,19	84,03	352,7
N-Insorg. (g kg <sup>-1</sup> )	2,61	0,132	1,524	58,33	0,41	2,25	10,78
N-Insorg. (g kg <sup>-1</sup> )	134,3	6,760	78,26	58,28	7,11	127,1	384,3
N-Org. (g kg <sup>-1</sup> )	0,75	0,063	0,735	98,11	0,05	0,58	6,82
N-Org. (g kg <sup>-1</sup> )	44,53	4,234	49,02	110,06	2,08	23,54	279,5
Ni (g kg <sup>-1</sup> )	3,22	0,150	1,843	57,16	0,61	2,80	12,19
Ni (g kg <sup>-1</sup> )	179,7	9,065	111,39	61,98	19,46	158,7	663,7
F-Insorg. (g kg <sup>-1</sup> )	0,661	0,057	0,702	106,17	0,039	0,368	3,750
F-Insorg. (g kg <sup>-1</sup> )	23,14	1,035	12,72	54,96	7,47	20,40	95,12
F-Org. (g kg <sup>-1</sup> )	0,138	0,018	0,163	118,63	0,003	0,061	0,905
F-Org. (g kg <sup>-1</sup> )	4,12	0,263	2,41	58,48	0,414	3,89	13,21
Pt (g kg <sup>-1</sup> )	0,820	0,072	0,824	100,47	0,043	0,490	3,860
Pt (g kg <sup>-1</sup> )	26,54	2,020	23,03	86,76	9,41	23,13	251,6
C/N <sub>org</sub>	3,57	0,295	3,63	101,53	0,41	2,21	25,22
C/N <sub>org</sub>	24,90	2,62	30,38	122,01	1,01	15,50	215,76
K (g kg <sup>-1</sup> )	1,008	0,050	0,619	61,41	0,084	0,854	5,217
K (g kg <sup>-1</sup> )	65,29	6,44	79,12	121,18	1,64	53,16	897,8
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	0,222	0,021	0,263	118,28	0,004	0,108	1,704
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	7,16	0,33	4,05	56,52	0,674	6,43	27,60
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	1,103	0,105	1,294	117,34	0,039	0,600	7,576
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	36,50	1,01	12,41	33,99	7,36	35,96	72,53
Na (g kg <sup>-1</sup> )	0,235	0,016	0,198	84,56	0,017	0,177	1,482
Na (g kg <sup>-1</sup> )	14,18	1,11	13,62	96,02	0,926	11,07	90,00
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	24,7	2,88	35,39	143,31	0,31	11,59	261
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	694	35,53	436,6	62,90	62,9	637	2559
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	13,3	1,63	20,02	150,56	0,07	4,36	125
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	352	22,89	281,3	79,87	8,6	270	1306
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	0,29	0,034	0,423	143,31	0	0,136	3,255
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	8,96	0,508	6,247	69,71	0	7,99	41,23
Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	0,29	0,040	0,493	167,58	0	0,109	3,031
Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	8,56	0,836	10,27	120,04	0	6,61	59,75
Al (mg kg <sup>-1</sup> )	35,9	6,99	86,88	238,84	0,48	10,2	846
Al (mg kg <sup>-1</sup> )	1003	151,6	1863	185,81	67,7	558	16814
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	12,3	1,42	17,41	141,12	0,24	4,9	95,3
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	331	27,50	338	101,99	22,4	289	3945
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	75,0	9,63	118,3	157,66	1,51	31,4	809,4
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	1947	109,5	1346	69,13	285	1803	9735

\* Variables sobre materia húmeda; \*\* Variables sobre materia seca.

Fuente: Sánchez Bascos, 2001

Los datos de esta tabla se utilizarán a posteriori para diferentes cálculos y estimaciones de los nutrientes aportados al suelo.

Una vez conocidos todos estos datos habrá que estimar la producción media de estiércoles que se transformarán posteriormente en purines por cerdo y estado de desarrollo.

Para ello se ha recurrido al mismo libro que en el caso anterior. Libro De residuo a recurso, El camino hacia la sostenibilidad de la página 48 tabla 1.8. Dicha tabla es de Navarotto, 1982. En esta tabla se presenta la producción de estiércol porcino y sus características por cada 450 kg de peso vivo.

Se presenta otra tabla de la misma publicación y misma página tabla 1.7. Dicha tabla es de Moore y Gamroth, 1993. En esta se presentan los valores de producción de nutrientes en el purín de ganado porcino según el estado fisiológico del animal.

Tabla 3: Producción estiércol de porcino por cada 450 kg de pv.

Variable	Unidad	Cebo	Reproductor
Producción	kg/día	29,5	22,7
Relación heces/orina		1,2	
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	1010	1010
Sólidos totales (ST)	kg/día	2,7	1,9
	% RW	9,2	8,6
Sólidos volátiles	kg/día	2,2	1,4
	% ST	80,0	75,0
DBO <sub>5</sub>	% ST	33,0	30,0
DQO	% ST	95,0	90,0
Nitrógeno total	% ST	7,5	
Fósforo	% ST	2,5	
Potasio	% ST	4,9	

Fuente: Navarotto, 1982

Tabla 4: Producción de nutrientes en el purín de ganado porcino.

Tipo de animal	N (g día <sup>-1</sup> )	P (g día <sup>-1</sup> )	K (g día <sup>-1</sup> )
Lechón	8,2	2,4	4,5
Cerdo engorde	15,4	4,5	9,1
Cerdo final engorde	35,4	10,4	20,4
	47,2	16,3	26,8
Cerda gestante	31,3	10,4	18,1
Cerda y cama	45,4	14,1	24,5
Verraco	36,7	10,4	23,1

Fuente: Moore y Gamroth, 1993

Con esta información se podría llegar a definir la cantidad de purines líquidos que se generan en cada provincia y a nivel general en toda Castilla y León.

Para recurrir a unos datos con mayor reconocimiento y más actualizados se presentan a continuación los datos de emisiones de estiércoles líquidos y semilíquidos y su concentración en nitrógeno presentes en el resumen de la guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino del ministerio.

Dicha tabla se sustrae a su vez del RD 324/2000.

**Tabla 5: Producción de purines según tipología y edad del animal.**

Emisiones de purines según tipología de animal		
Tipo de ganado porcino (plaza)	Estiércol líquido y semilíquido (m <sup>3</sup> /año)	Contenido en Nitrógeno (kg/plaza y año)
Cerda en ciclo cerrado (incluye madre y su descendencia hasta el final del cebo)	17,75	57,60
Cerda con lechones hasta destete (de 0 a 6 kg)	5,10	15,00
Cerda con lechones hasta 20 kg	6,12	18,00
Cerda de reposición	2,50	8,50
Lechones de 6 a 20 kg	0,41	1,19
Cerdo de 20 a 50 kg	1,80	6,00
Cerdo de 50 a 100 kg	2,50	8,50
Cerdo de cebo de 20 a 100 kg	2,15	7,25
Verracos	6,12	18,00

Fuente: RD 324/2000.

En esta tabla se aprecian los valores de la cantidad de purín que generan los animales en cada etapa del ciclo y edad.

Para poder definir las volatilizaciones que sufre el purín en su distribución en la parcela por distintas metodologías de aplicación son necesarios los datos de emisiones amoníaco. Para ello se ha recurrido otra vez a él resumen de la guía de las mejores técnicas disponibles del ministerio donde se presentan los datos de emisiones por plaza y estado de desarrollo del animal, para un sistema de distribución con teja y abanico que es el sistema de referencia y enterrado en las 24 h siguientes.

Los datos pertenecen al Registro Europeo de Emisiones de Sustancias Contaminantes. A continuación se presenta la tabla con los datos.

**Tabla 6: Valores de emisiones de amoníaco tipo por plaza y estado de desarrollo del animal.**

Categorías	Emisión de amoníaco (kg NH <sub>3</sub> -N/plaza y año)	Emisión de óxido nítrico (kg N <sub>2</sub> O-N/plaza y año)
Lechones de 6 a 20 kg	0,1780	0,0067
Cerdos de 20 a 50 kg	0,8991	0,0337
Cerdos de 50 a 100 kg	1,2750	0,0478
Cerdos de 20 a 100 kg	1,0877	0,0408
Madres con lechones de 0 a 6 kg	2,2491	0,0843
Madres con lechones hasta 20 kg	2,6989	0,1012
Cerdas de reposición	1,2750	0,0478
Cerdas en ciclo cerrado	8,6361	0,3239
Verracos	2,6981	0,1012

Fuente: Resumen Guía MTD's , datos EPRS-ES.



### 3.2. Cálculo de la producción de purines en Castilla y León según el censo de explotaciones

En el caso que se está estudiando debido a que los datos del censo se proporcionan en plazas de cebo y plazas de reproductoras los datos a escoger de la tabla son los siguientes, se presentan de esta forma para facilitar el trabajo y visualización:

Tipo de ganado porcino (plaza)	Estiércol líquido y semilíquido (m <sup>3</sup> /año)	Contenido en Nitrógeno (kg/plaza y año)
Cerda con lechones hasta 20 kg	6,12	18,00
Cerdo de cebo de 20 a 100 kg	2,15	7,25

Se ha cogido la cerda con lechones hasta 20Kg para cubrir todo el ciclo de crecimiento del cerdo desde el nacimiento hasta la edad de sacrificio, ya sea en una granja de ciclo cerrado o en granjas de cría y engorde separadas. Lo más común es que los lechones estén con la cerda hasta los 6 kilos aproximadamente. Debido a que el censo se presenta dividido en cebo y reproductoras se ve oportuno que esta sea la mejor opción.

Una vez definidos estos datos ya se puede estimar a groso modo la producción de purines en Castilla Y León, los cálculos se han elaborado en una hoja de cálculo y se presentan a continuación:

$$Prod\ Purin(m^3/año) = Emisiones\ por\ plaza(m^3/año) \cdot N^{\circ}\ plazas$$

Tabla con los datos de la producción de purín y de nitrógeno del censo de reproductoras:

**Tabla 7: Producción de purines en Castilla y León según el censo de reproductoras.**

Producción purines del censo de reproductoras en CyL					
Provincias	Reproductoras Ud.	Emisión estiércol líquido y semilíquido (m <sup>3</sup> /año)	Producción purín (m <sup>3</sup> /año)	Contenido Nitrógeno (kg/plaza y año)	Producción N (Kg/año)
Ávila	19.573	6,12	119.786,8	18,00	352.314
Burgos	35.177		215.283,2		633.186
León	4.226		25.863,1		76.068
Palencia	12.878		78.813,4		231.804
Salamanca	53.962		330.247,4		971.316
Segovia	115.311		705.703,3		2.075.598
Soria	39.859		243.937,1		717.462
Valladolid	30.479		186.531,5		548.622
Zamora	30.415		186.139,8		547.470
CyL	341.880		2.092.306		6.153.840

Fuente: Elaboración propia.

Tabla con los datos de la producción de purín y de nitrógeno del censo de animales en cebadero:

**Tabla 8: Producción de purines en Castilla y León según el censo de animales en cebadero**

Producción purines del censo de animales en cebadero en CyL					
Provincias	Cebo Ud.	Emisión estiércol líquido y semilíquido (m3/año)	Producción purín (m3/año)	Contenido Nitrógeno (kg/plaza y año)	Producción N (Kg/año)
Ávila	146.302	2,15	314.549,3	7,25	1.060.689,5
Burgos	264.079		567.769,9		1.914.572,8
León	82.152		176.626,8		595.602,0
Palencia	58.013		124.728,0		420.594,3
Salamanca	313.296		673.586,4		2.271.396,0
Segovia	649.235		1.395.855,3		4.706.953,8
Soria	318.368		684.491,2		2.308.168,0
Valladolid	206.662		444.323,3		1.498.299,5
Zamora	297.509		639.644,4		2.156.940,3
CyL	2.335.616		5.021.574,4		16.933.216

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definida la magnitud de cada fase, se presentan en la siguiente tabla la suma de la totalidad de la producción de purines y de nitrógeno por provincias:

**Tabla 9: Producción total estimada de purines según el censo de plazas de Castilla y León.**

Producción total estimada de purines según el censo en CyL						
Provincias	Producción purín reproductoras (m3/año)	Producción purín cebaderos (m3/año)	Producción Total Purines (m <sup>3</sup> / año)	Producción N reproductoras (kg/año)	Producción N cebaderos (kg/año)	Producción Total N (kg/año)
Ávila	99822,3	314549,3	414.371,6	352.314	1.060.689,5	1.413.003,5
Burgos	179402,7	567769,9	747.172,6	633.186	1.914.572,8	2.547.758,8
León	21552,6	176626,8	198.179,4	76.068	595.602,0	671.670,0
Palencia	65677,8	124728,0	190.405,8	231.804	420.594,3	652.398,3
Salamanca	275206,2	673586,4	948.792,6	971.316	2.271.396,0	3.242.712,0
Segovia	588086,1	1395855,3	1.983.941,4	2.075.598	4.706.953,8	6.782.551,8
Soria	203280,9	684491,2	887.772,1	717.462	2.308.168,0	3.025.630,0
Valladolid	155442,9	444323,3	599.766,2	548.622	1.498.299,5	2.046.921,5
Zamora	155116,5	639644,4	794.760,9	547.470	2.156.940,3	2.704.410,3
CyL	1743588	5021574,4	6.765.162,4	6.153.840	16.933.216,0	23.087.056

Fuente: Elaboración propia.

En Castilla y León se genera anualmente 6.765.162,4m<sup>3</sup> de purines, lo que viene siendo 23.087,1 t/año de Nitrógeno. En cabeza de esta producción se encuentra la provincia de Segovia seguida de Salamanca y Soria respectivamente, ya que son las que mayor número de plazas tienen.

### 3.3. Volatilizaciones de amoniaco en Castilla y León por el sistema de abanico.

Para esta determinación se va a recurrir a los datos de emisiones de amoniaco y óxido nítrico que se presentaran en el punto de datos de partida. En esa tabla aparecían los datos de emisiones por plaza y estado de desarrollo del animal, pero en el caso de estudio como el censo proporciona los datos de reproductoras y de plazas de cebadero se va a tomar las categorías más representativas de estas.

Los datos de emisiones representativos del censo de animales en Castilla y León son los siguientes, se presentan de esta forma para facilitar el trabajo y visualización:

Categoría	Emisiones amoniaco (kg NH <sub>3</sub> -N/plaza y año)	Emisión de óxido nítrico (kg N <sub>2</sub> O-N/plaza año)
Cerdos de 20 a 100 kg	1,0877	0,0408
Madres con lechones hasta 20 kg	2,6989	0,1012

Una vez llegados a este punto hay que determinar las emisiones totales por provincia y en toda la comunidad, para ello:

$$Emisiones\ totales\ (kg\ NH_3 - N) = Plazas\ censo(Ud.) \cdot Emisiones\ plaza(kg\ NH_3 - N)$$

Los datos de han trabajado en una hoja de cálculo y los resultados se presentan a continuación. Se presentan los datos del censo de reproductoras en la comunidad:

**Tabla 10: Volatilizaciones de amoniaco del censo de reproductoras por el sistema de abanico.**

Volatilizaciones de las reproductoras			
Provincias	Reproductoras Ud.	Emisiones amoniaco (kg NH <sub>3</sub> -N año)	Emisión óxido nítrico (kg N <sub>2</sub> O-N año)
Ávila	19573	52.825,6	1.980,8
Burgos	35177	94.939,2	3.559,9
León	4226	11.405,6	427,7
Palencia	12878	34.756,4	1.303,3
Salamanca	53962	145.638,0	5.461,0
Segovia	115311	311.212,9	11.669,5
Soria	39859	107.575,5	4.033,7
Valladolid	30479	82.259,8	3.084,5
Zamora	30415	82.087,0	3.078,0
<b>Total</b>	<b>341880</b>	<b>922.699,9</b>	<b>34.598,3</b>

Fuente: RD 324/2000.

Los mayores valores se dan en la provincia de Segovia con distancia al resto debido a que el censo es mucho mayor. En total se liberan a la atmosfera 922,7 t de amoniaco y 34,6 t de óxido nítrico.

A continuación se presentan los valores de volatilizaciones según el censo de animales en cebadero:

**Tabla 11: Volatilizaciones de amoniaco del censo de animales en cebadero por el sistema de abanico.**

Volatilizaciones de los animales en cebadero			
Provincias	Cebo Ud.	Emisiones amoniaco (kg NH <sub>3</sub> -N año)	Emisión óxido nitrosos (kg N <sub>2</sub> O-N año)
Ávila	146302	159.132,7	5.969,1
Burgos	264079	287.238,7	10.774,4
León	82152	89.356,7	3.351,8
Palencia	58013	63.100,7	2.366,9
Salamanca	313296	340.772,1	12.782,5
Segovia	649235	706.172,9	26.488,8
Soria	318368	346.288,9	12.989,4
Valladolid	206662	224.786,3	8.431,8
Zamora	297509	323.600,5	12.138,4
<b>Total</b>	<b>2335616</b>	<b>2.540.449,5</b>	<b>95.293,1</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los mayores valores se dan en la provincia de Segovia con distancia al resto debido a que el censo es mucho mayor. En total se liberan a la atmosfera 2.540 t de amoniaco y 95,3 t de óxido nitroso.

A continuación se presentan agrupados los datos de volatilizaciones de las dos fracciones del censo de Castilla y León. Simplemente se han sumado los datos sustraídos por provincias y se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 12: Volatilizaciones totales de gases mediante el sistema de distribución en abanico.**

Volatilizaciones totales de gases mediante abanico		
Provincias	Emisiones totales amoniaco (kg NH <sub>3</sub> -N año)	Emisiones totales óxido nitroso (kg N <sub>2</sub> O-N año)
Ávila	211.958,3	7.949,9
Burgos	382.177,9	14.334,3
León	100.762,3	3.779,5
Palencia	97.857,2	3.670,2
Salamanca	486.410,1	18.243,4
Segovia	1.017.385,8	38.158,3
Soria	453.864,3	17.023,1
Valladolid	307.046,0	11.516,3
Zamora	405.687,6	15.216,4
<b>Total</b>	<b>3.463.149,5</b>	<b>129.891,4</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los mayores valores se dan en la provincia de Segovia con distancia al resto debido a que el censo es mucho mayor. En total entre los animales en cebadero y las reproductoras con sus lechones se liberan a la atmosfera 3.463 t de amoniaco y 129,9 t de óxido nitroso.

Una vez definida la casuística de emisiones del caso estándar y el más utilizado en nuestro territorio se podría comparar con otras metodologías de distribución, como la que se propone, y evaluar si supone una reducción de las emisiones y su magnitud.

#### 4. DETERMINACIÓN DE LAS VOLATILIZACIONES DE AMONIACO EN CASTILLA Y LEÓN POR EL METODO DE DISTRIBUCIÓN DE TUBO ABIERTO.

##### 4.1. Datos de partida.

Para poder definir la cantidad de gases que se liberan a la atmosfera por este sistema en Castilla y León, y cuanta diferencia existe con el sistema de abanico estudiado anteriormente, hay que conocer las emisiones que se producen de amoniaco por el sistema de tubos.

Para ello se ha recurrido a un estudio, Reducción de emisiones de amoniaco mediante distintas técnicas de aplicación de purines. FER-GIR (Acción 2). Documento elaborado por NEIKER para el proyecto FERGIR(Gestión Integral de Residuos Ganaderos como Fertilizantes) (EFA 79/08) de mayo del 2013 con financiación Europea, la colaboración del INTIA (Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias).

En el estudio se analizan en varios ensayos varias metodologías de distribución y se comparan entre ellas. Los porcentajes de reducciones de emisiones de las distintas metodologías de aplicación respecto a el abanico se presentan en la siguiente tabla con las fuentes:

**Tabla 13: Reducciones de emisiones de NH<sub>3</sub> para distintas metodologías de aplicación (FERGIR).**

**Tabla 16. Reducciones en las emisiones de NH<sub>3</sub> (%) observadas en diversos ensayos para distintos métodos de aplicación de purín, en relación a las emisiones con aplicación superficial con plato.**

Método de aplicación	Reducción respecto a la aplicación con plato (%)	Fuente
Tubos con manguera, sin surco ("trailing hose")	30	UNECE, 1999 (UE)
Tubos con surco ("trailing shoe")	40	UNECE, 1999 (UE)
Inyección con surco abierto	60	UNECE, 1999 (UE)
Inyección con surco cerrado	80	UNECE, 1999 (UE)
Incorporación de purín al suelo	80-90	UNECE, 1999 (UE)
Inyección	80	Misselbrook <i>et al.</i> , 2000 (UK)
Enterrado de purín en el plazo de 1 día	30	Misselbrook <i>et al.</i> , 2000 (UK)
Enterrado de purín en el plazo de 1 semana	10	Misselbrook <i>et al.</i> , 2000 (UK)
Inyección superficial (< 5 cm), rastrojo de cereal	23	Misselbrook <i>et al.</i> , 2000 (UK)
Tubos con surcos, rastrojo de cereal	38	Misselbrook <i>et al.</i> , 2000 (UK)
Aplicación en bandas, rastrojo de cereal	27	Misselbrook <i>et al.</i> , 2000 (UK)
Inyección superficial (< 5 cm), pradera	73	Misselbrook <i>et al.</i> , 2000 (UK)
Tubos con surcos, pradera	57	Misselbrook <i>et al.</i> , 2000 (UK)
Aplicación en bandas, pradera	26	Misselbrook <i>et al.</i> , 2000 (UK)
Aplicación en bandas, cereal	Prácticamente 0	Ferns <i>et al.</i> (1999)
Aplicación en bandas, cereal	40	Dosch and Gutser (1996)
Aplicación en bandas, cereal con > 10 cm de altura	80	Sommer <i>et al.</i> (1997)
Inyección, cereal en presiembra	80	Smith <i>et al.</i> (2000)
Inyección, pradera	80	Huijsmans <i>et al.</i> , 1997 (Hol)
Tubos con surco, pradera	69	Huijsmans <i>et al.</i> , 1997 (Hol)
Inyección, pradera	90	Lorenz and Steffens, 1997 (Ger)
Tubos con surco, pradera	70	Lorenz and Steffens, 1997 (Ger)
Aplicación en bandas, pradera	30	Lorenz and Steffens, 1997 (Ger)

Fuente: Reducción de emisiones de amoniaco mediante distintas técnicas de aplicación de purines. FER-GIR.

Se presentan los valores de muchas metodologías distintas, en este proyecto me voy a centrar en los sistemas que se aplican a cultivos implantados o rastrojos de cereal. Y dentro de este grupo a uno en concreto.

#### 4.2. Volatilizaciones de amoníaco en Castilla y León por el sistema de tubos abiertos.

Para definir las volatilizaciones por el sistema de tubos abiertos hay que partir de los datos calculados anteriormente de las volatilizaciones de gases por el sistema de abanico.

Una vez se tienen estos datos como los valores de emisiones de gases del sistema de tubos abiertos se presentan como un porcentaje de reducción respecto al sistema de abanico se pueden definir.

Para facilitar la visualización y el trabajo se presenta a continuación la reducción de emisiones de amoníaco del sistema de tubos abiertos:

Método de aplicación	Reducción respecto al abanico (%)	Fuente
Tubos abiertos con manguera sin surco	30	UNECE,1999(UE)

Para el cálculo, simplemente se define en este caso el 30% respecto a las emisiones del abanico por provincias y se resta el valor para cuantificarlo. Los cálculos se han hecho con una hoja de cálculo y se presentan a continuación.

**Tabla 14: Volatilizaciones totales de amoníaco por el método de distribución de tubos abiertos.**

Volatilizaciones totales de amoníaco mediante tubos abiertos			
Provincias	Emisiones totales amoníaco abanico (kg NH3-N año)	Emisiones totales amoníaco tubo abierto (kg NH3-N año)	
		30%	Total
Ávila	211.958,3	63.587,5	148.370,8
Burgos	382.177,9	114.653,4	267.524,6
León	100.762,3	30.228,7	70.533,6
Palencia	97.857,2	29.357,2	68.500,0
Salamanca	486.410,1	145.923,0	340.487,1
Segovia	1.017.385,8	305.215,7	712.170,0
Soria	453.864,3	136.159,3	317.705,0
Valladolid	307.046,0	92.113,8	214.932,2
Zamora	405.687,6	121.706,3	283.981,3
<b>Total</b>	<b>3.463.149,5</b>	<b>1.038.944,8</b>	<b>2.424.204,6</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por esta metodología de distribución se han reducido las emisiones hasta 1.038,9 t menos, lo que hace que se liberen a la atmosfera 2.424,2 t de amoníaco en total.

Lo que se traduce en una reducción importante comparándola con los valores del abanico. Esto no solo repercute en las emisiones de amoníaco a la atmósfera ya que al quedar retenidos en el suelo mayores porcentajes se consigue que esté disponible para el cultivo concentraciones más elevadas de nutrientes, esto aumenta el aprovechamiento y la efectividad reduciendo las necesidades de suplementación mineral.

#### **4.3. Conclusiones.**

Analizando las dos situaciones de distribución propuestas se puede ver que la reducción de emisiones es considerable y a tener en cuenta.

En el sistema de abanicos se generan unas emisiones de amoníaco de 3.463,1t al año en toda la comunidad, sin embargo en el sistema de distribución en abanico solo asciende a 2.424,2 t al año.

Lo que genera una diferencia de 1.038,9 t al año que queda retenida en el suelo. Esto permite aumentar con la misma dosis la disposición de nutrientes que puede aprovechar el cultivo implantado y minimizar las emisiones de gases a la atmósfera reduciendo olores, problemática ambiental...etc.

Al disponer de mayores concentraciones de nutrientes la planta con el abonado orgánico se reduce la necesidad de suplementar con los abonados minerales y por consiguiente el deseado ahorro económico que supone. Al disminuir las necesidades de abonado mineral también se tendría que reducir la fabricación y por ello se reducirían los efectos de la huella ecológica debidos a estos.

El papel lo aguanta casi todo y con el fin de acercar más este caso a la práctica habitual se van a calcular varios abonados tipo comunes para determinados cultivos comparando en ellos un sistema de distribución y otro. Para de esta manera cuantificar la disminución de abonado mineral que se podría generar en la teoría.

### **5. DETERMINACIÓN DE LOS ABONADOS TIPO PARA CADA SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.**

En este apartado se van a definir unos casos comunes tipo de abonados orgánicos complementados con abonados minerales en base a los diferentes sistemas de distribución propuestos con el fin de compararles y cuantificar la reducción de abonado produce.

#### **5.1. Cálculo del abonado para el cultivo de trigo con un método de distribución del purín de teja y abanico**

En este caso se va a estudiar los efectos sobre un cultivo de trigo en seco.

Aunque el proyecto se centra en Castilla y León la situación del campo en la comunidad es muy dispar y más en temas de cultivos y sus abonados. Por ello sería muy difícil hacer un abono tipo para el cultivo del trigo en toda la comunidad, por esta razón se va a concretar más.

Que el abonado se calcule para una provincia concreta no implica que sea una situación específica pudiéndose extrapolar a otras situaciones. La finalidad de esto se llegar a unas conclusiones generales las cuales se pueden adaptar a toda la comunidad.

Para definir la situación del análisis se especifican a continuación sus características:

El cultivo se localiza en los típicos secanos húmedos de la provincia de Burgos, en el municipio de Buniel con una densidad de siembra de 280 kg/ha y unas previsiones específicas de cosecha de 4000 kg/ha.

### **5.1.1. Rutina de actuación en todo el ciclo del cultivo.**

A continuación se define la rutina de cultivo para comprender los pasos del abonado y poder entender mejor la metodología seguida, ya que conociendo bien las causas y todo el proceso mejor se podrá extrapolar a otros casos.

Los aportes de abonos orgánicos se harán sobre el rastrojo de cultivos anteriores en otoño antes de implantar el cultivo cuando se pueda. Hay que tener en cuenta que este subproducto se genera de forma constante y no se puede almacenar durante todo el año para distribuirlo solo en esta época ya que se necesitarían unos depósitos o balsas demasiado grandes. Por ello se incorporan al cultivo en las etapas jóvenes de su desarrollo hasta que ya no se puede entrar a las parcelas a distribuirlo. Después este se aporta a los barbechos directamente o los cultivos de ciclo cortó como la cebada.

Por este hecho es que ha surgido la problemática ante la reforma de la normativa, hasta ahora el agricultor y ganadero cuando en época primaveral sobretudo tenía que dar salida a los purines y había habido una época de lluvias intensas y no se puede acceder a las parcelas por el alto nivel de encharcamiento se valían de los tubos a cañones para verterlo desde el camino. Este es un caso particular pero hay otro, cuando se tiene que dar salida a él purín y la explotación agrícola ya está implantada hay que hacerlo sobre el cultivo pero si la normativa obligase a inyectarlo al suelo con el fin de reducir las emisiones es fácil que se arranquen gran parte de las plantas y se pierdan. En este punto es donde entra el objetivo de este proyecto ya que propone un sistema de tubos abiertos que depositan el residuo directamente sobre la superficie del suelo reduciendo hasta en un 30% las emisiones y sin perjudicar a el cultivo implantado.

Se prepara el terreno mediante un mínimo laboreo, un pase de chisel, posteriormente se haría un pase de grada para eliminar el retoño que emerge con las lluvias al inicio del otoño o si el suelo estaría muy áspero, en caso de no necesitarse o no habría mucho retoño se prescinde.

Luego se hace un abonado de fondo y se hace un segundo o primero, depende de la situación, pase de grada para homogeneizar el suelo y preparar para la siembra.



Posteriormente se hace la siembra a unos 260 kg/ha en otoño ya que se suelen implantar variedades de ciclo largo y a esperar a que el cultivo se establezca. Cuando el cultivo ya se ha establecido se ha desarrollado y el clima lo permita se hará un segundo pase de abonado solo de nitrógeno, en el caso de este cereal interesa hacerlo lo más tarde posible debido a que las necesidades de este son más altas al final del cultivo y con aportes tardíos se consiguen elevar las concentraciones de proteína del grano. Dependiendo el estado y la climatología se harán los tratamientos pertinentes tanto contra malas hierbas como hongos cuando sean oportunos. Y finalmente la cosecha a mediados de julio cerrando el ciclo productivo.

### 5.1.2. Cálculo del abonado para el cultivo de trigo.

Una vez definido todo el proceso se va a presentar el caso tipo de abonado con los cálculos correspondientes.

#### **Necesidades del cultivo:**

Inicialmente para poder empezar a trabajar y a calcular hay que definir cuáles son las necesidades de nutrientes que tiene el cultivo, en este caso el trigo blando. Solo me voy a centrar en los tres macronutrientes más importantes.

Para ello se ha recurrido al afamado libro Fitotecnia Ingeniería de la producción vegetal, de Pedro Urbano Terrón de la editorial Mundi-prensa, el cual posee gran cantidad de información sobre esta temática y más aún sobre abonados. En él aparecen tres tablas de las extracciones medias de cada nutriente: N tabla 6.2 página 155, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tabla 6.10 página 183, K<sub>2</sub>O tabla 6.16 página 199 en función de la producción esperada por cultivo. En la siguiente tabla se presentan los datos de los tres nutrientes para diferentes cultivos de forma conjunta para facilitar el trabajo y su visualización:

**Tabla 15: Extracciones medias de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, según producciones para diferentes cultivos.**

Extracciones medias de diferentes cultivos				
Cultivo	Rendto.	N	P2O5	K2O
	t/ha	(‰ y año)	(‰ y año)	(‰ y año)
Trigo blando	1,3-5,0	24 -28	11 - 14	20 - 25
Cebada	1,2-5,0	21 - 25	10 - 12	20 - 25
Maíz	7,0-12,0	22 - 26	10 - 12	18 - 22

Fuente: Fitotecnia Ingeniería de la producción vegetal

En la tabla aparecen las extracciones de tres cultivos extensivos de elevado interés en nuestra comunidad, pero en este caso solo nos interesa las del trigo.

Pero con este valor no nos vale hay que hacer la estimación para las producciones esperadas que son 4t/ha, siendo aproximadamente se presentan en un cuadro para facilitar su visualización:

Extracciones medias (‰ y año)		
N	P2O5	K2O
26	13	23

Pero este valor hay que hacerle más tangible y trabajable por ello hay que pasarle a kg/ha, lo que se va llamar necesidades. Para ajustar un poco mas el abonado se pueden introducir unos coeficientes en función de la fertilidad y el tipo de suelo, para ello se hace los siguiente a cada nutriente:

• **N:**

Para este nutriente no son necesarios coeficientes de ajuste.

$$\text{Necesidades (kg/ha y año)} = \text{Extracciones (\% y año)} \cdot \left( \frac{\text{Rendto. (kg/año)}}{1000} \right) (t/año)$$

Siendo:

- Extracciones medias de N  $\Leftrightarrow$  26 ‰ y año.
- Rendto., rendimiento o producción esperada  $\Leftrightarrow$  4000 kg/ha.

Se puede operar así o directamente operar el valor en toneladas, 4t, ya que el valor de las extracciones se presenta en tanto por mil.

$$\text{Necesidades (kg/ha y año)} = 26 (\% \text{ y año}) \cdot 4 (t/año)$$

$$\text{Necesidades (kg/ha y año)} = 104$$

El trigo en este caso necesita unos aportes en todo su ciclo de aproximadamente 104 kg/ha de N en cualquiera de sus presentaciones.

• **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:**

Para este nutriente son necesarios coeficientes de ajuste.

$$\text{Necesidades (kg/ha y año)} = \text{Extrac (\% y año)} \cdot \left( \frac{\text{Rendto. (kg/año)}}{1000} \right) (t/año) \cdot \text{coef}$$

Siendo:

- Extracciones medias de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  $\Leftrightarrow$  13 ‰ y año.
- Rendto: rendimiento o producción esperada  $\Leftrightarrow$  4000 kg/ha.

Se puede operar así o directamente operar el valor en toneladas, 4t ya que el valor de las extracciones esta en tanto por mil.

- Coef: Coeficiente de ajuste en función de la fertilidad y el suelo

Suelo de la zona:

Para definir con más certeza la tipología de suelos de la zona se ha recurrido al atlas de suelos del Itacyl donde se puede acceder a ciertos análisis de suelos realizados en parcelas que permiten hacerse una idea de la situación.

Fertilidad media

Ph basico alrededor de 8,3 ya que es muy calizo.

Para definir el coeficiente se ha recurrido a una tabla del mismo libro citando anteriormente para las extracciones, es la tabla 6.8 de la página 180.

**Tabla 16: Factores de ajuste para el cálculo de las necesidades de fosforo.**

**Tabla 6.12. Factores de ajuste para el cálculo de necesidades de fósforo en diferentes tipos de suelos, a partir de las necesidades calculadas para suelos de fertilidad media**

Tipo de suelo y Sistema de cultivo	Niveles de fertilidad				
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
a) <i>Secano y Regadío:</i>					
pH ≤ 5,5	1,9	1,7	1,3	0,7	0,5
pH ≤ 6,5	1,8	1,4	1,1	0,5	0,0
pH ≤ 7,5	1,5	1,3	0,9	0,3	0,0
pH ≤ 8,5	1,7	1,5	1,1	0,5	0,3
pH > 8,5	1,9	1,7	1,3	0,8	0,5

Fuente: Fitotecnia Ingeniería de la producción vegetal

Por lo tanto el factor de ajuste es de 1,1 para esas características.

$$Necesidades (kg/ha y año) = 13 (\% \text{ y año}) \cdot 4(t/año) \cdot 1,1$$

$$Necesidades (kg/ha y año) = 57,2$$

El trigo en este caso necesita unos aportes en todo su ciclo de aproximadamente 57,2 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en cualquiera de sus presentaciones.

• **K<sub>2</sub>O:**

Para este nutriente son necesarios coeficientes de ajuste.

$$Necesidades (kg/ha y año) = Extrac (\% \text{ y año}) \cdot \left( \frac{Rendto. (kg/año)}{1000} \right) (t/año) \cdot coef$$

Siendo:

- Extracciones medias de K<sub>2</sub>O ⇔ 23 ‰ y año.
- Rendto., rendimiento o producción esperada ⇔ 4000 kg/ha.

Se puede operar así o directamente operar el valor en toneladas, 4t ya que el valor de las extracciones se presenta en tanto por mil..

- Coef: Coeficiente de ajuste en función de la fertilidad y el suelo

Suelo de la zona:

Para definir con más certeza la tipología de suelos de la zona se ha recurrido al atlas de suelos del Itacyl donde se puede acceder a ciertos análisis de suelos realizados en parcelas que permiten hacerse una idea de la situación.

Fertilidad media

Suelo de secano medio

Para definir el coeficiente se ha recurrido a una tabla del mismo libro citando anteriormente para las extracciones, es la tabla 6.18 de la página 202.

**Tabla 17: Factores de ajuste para el cálculo de las necesidades de potasio.**

**Tabla 6.18. Factores de ajuste para el cálculo de necesidades de potasio en diferentes tipos de suelos, a partir de las necesidades calculadas para suelos de fertilidad media**

Clase de suelo y Sistema de cultivo	Niveles de fertilidad				
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
a) <i>Secano y Regadío:</i>					
Ligero	1,4	1,2	1,1	0,7	0,3
Medio	1,3	1,2	1,0	0,6	0,0
Pesado	1,2	1,1	0,8	0,4	0,0

Fuente: Fitotecnia Ingeniería de la producción vegetal

Por lo tanto el factor de ajuste es de 1 para esas características.

$$Necesidades (kg/ha y año) = 23 (\% \text{ y año}) \cdot 4(t/año) \cdot 1$$

$$Necesidades (kg/ha y año) = 92$$

El trigo en este caso necesita unos aportes en todo su ciclo de aproximadamente 57,2 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en cualquiera de sus presentaciones.

Con esto bien aclarado ya se conocen las necesidades de abonado aproximado del cultivo para esa situación, para facilitar el cálculo y la visualización se presentan los valores asociados en una tabla:

**Tabla 18: Necesidades medias de nutrientes para el trigo**

Necesidades trigo blando (kg/año)		
N	P2O5	K2O
104	57,2	92

Fuente: Elaboración propia.

Llegados a este punto lo primero que se va a calcular del abonado es la fracción orgánica, y para ello se va a modificar la rutina normal de cálculo.

**• Abonado Orgánico:**

Proyecto de diseño de una rampa de distribución localizada de purines para acoplar a la tipología general de cisternas de Castilla y León.

*Mario del Val Martínez.*

En un caso normal se partiría de un análisis de suelo en el cual estarían reflejados los valores de nutrientes y de MO del suelo, entonces respecto a este porcentaje de materia orgánica se definiría el aporte de abonos orgánicos ya que en la gran mayoría de los casos es necesario elevar esos valores. Con el porcentaje al que se quiere llegar y el tipo de estiércol, purín y sus concentraciones se calcula la cantidad a añadir en t/ha con esto también se añaden nutrientes que hay que tener en cuenta y definir. En el caso que no se llegue a elevar los valores del suelo y a añadir además las necesidades del cultivo de adición además abono mineral tanto en fondo como en cobertera y en los pases necesarios.

Pero en este caso como se pretende hacer un caso tipo y generalista que sirva de ejemplo para adaptarlo a las mayores tipologías posibles es preferible no basarse en un análisis de suelo ya que lo particulariza mucho ya que tipos de suelos hay miles. No procede esta tipología ya que complicaría más el cálculo y lo haría mucho más específico.

Por todo esto se va a seguir un procedimiento de cálculo distinto y se va a tomar al suelo como un simple elemento de sustento en el cual se añaden solo las necesidades de cultivo para que este disponga de ellas.

Para definir la cantidad de purines en este caso necesarias hay partir de la composición de estos, para ello anteriormente en los datos de partida se reflejaron en una tabla la composición de los purines de cerdo más comunes en Castilla y León. Para facilitar el trabajo y la visualización se presentan a continuación:

**Tabla 19: Datos más relevantes de la composición de los purines de porcino en Castilla y León (extracto).**

Datos del purín típico en CyL		
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,015
	kg/l	1,015
Nt	g/kg	3,22
Pt	g/kg	0,82
K	g/kg	1,008
MO	g/kg	23,31

Fuente: Sánchez Báscones, 2001

Para definir la cantidad de purín a aportar se va hacer en función de las necesidades de N del cultivo. Pero no se pretende aportar la totalidad de las necesidades sino un porcentaje, como se ha trabajado en una hoja de cálculo se han hecho varias iteraciones y se ha comprobado que las mejores situaciones de abonado se dan aportando el 70% de las necesidades de N.

Y esto corresponde a:

- Nt: Necesidades totales cultivo de un nutriente, N en este caso  $\Leftrightarrow$  104 kg/ha y año
- %: Porcentaje de nutrientes a cubrir  $\Leftrightarrow$  en este caso 70%; 0,7
- NoN: Necesidades abonado orgánico de nitrógeno (kg/ha y año)

$$NoN \text{ (kg/ha y año)} = Nt \text{ (kg/ha y año)} \cdot \%$$

$$NoN \text{ (kg/ha y año)} = 104(\text{kg/ha y año}) \cdot 0,7$$

$$NoN \text{ (kg/ha y año)} = 72,8$$

Con el aporte de purines se pretenden cubrir 72,8 kg/ha de las 104 kg/ha de las necesidades de N.

Con este dato y el de la concentración de N del purín se puede definir el aporte de este que es necesario por el sistema de distribución en abanico.

Los cálculos se presentan a continuación:

Siendo:

- [Nt]: concentración de purín de N total  $\Leftrightarrow 3,22 \text{ g/kg}$
- NoN: Necesidades abonado orgánico N  $\Leftrightarrow 72,8 \text{ kg/ha y año}$

$$\frac{1 \text{ kg de purin}}{3,22 \text{ g de N}} = \frac{\text{cantidad purin (kg/ha)}}{72,8 \text{ kg/ha}}$$

$$\text{Cantidad purin (kg/ha)} = 22608,7$$

Por lo tanto se necesitan 22,6 t de purines de porcino para cubrir el 70% de las necesidades de N totales del cultivo.

Para conocer el volumen que es como se suele trabajar en el sector agrícola con este producto en las cisternas hay que utilizar la densidad, dato el cual se presentó en el extracto de la tabla anterior.

$$\text{Volumen de purin (l/ha)} = \frac{\text{cantidad purin (kg/ha)}}{\rho_{\text{purin}} \text{ (kg/l)}}$$

Siendo:

- Cantidad de purín, calculada antes  $\Leftrightarrow 22608,7 \text{ kg/ha}$ .
- $\rho_{\text{purin}}$ : Densidad purín  $\Leftrightarrow 1,015 \text{ kg/l}$

$$\text{Volumen de purin (l/ha)} = \frac{22608,7 \text{ (kg/ha)}}{1,015 \text{ (kg/l)}}$$

$$\text{Volumen de purin (l/ha)} = 22274,6$$

Por lo tanto se necesitaran 2274,6 litros de purín por ha.

Una vez aportado esto hay que definir la cantidad de fosforo y de potasio que se ha aportado con esta cantidad de purines y con ello las necesidades que hay sin cubrir, si las hay, y que habrá que suplementarlas con el abonado mineral.

Para definir todo los aportes orgánicos es necesario saber las concentraciones del purín de cada nutriente datos los cuales ya conocidos y reflejados en el extracto de la tabla anterior y son:

**Aportes Orgánicos:**

• **N:**

Ya definido 72,8 kg/ha de nitrógeno

• **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:**

Siendo:

• AoP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Aporte orgánico de fosforo

• Cantidad purín (kg/ha), definido anteriormente ⇔22608,7

• [Pto]: Concentración del fosforo total del aporte orgánico en g/kg ⇔0,82

$$AoP_2O_5 \left( \frac{kg}{ha} \right) = \frac{\text{cantidad purin (kg/ha)} \cdot [Pto](g/kg)}{1000}$$

$$AoP_2O_5 \left( \frac{kg}{ha} \right) = \frac{22608,7(kg/ha) \cdot 0,82 (g/kg)}{1000}$$

$$AoP_2O_5 \left( \frac{kg}{ha} \right) = 18,5$$

Por lo tanto se ha aportado con esa dosis de purín 18,5 kg/ha de fosforo

• **k<sub>2</sub>O:**

Siendo:

• AoK<sub>2</sub>O: Aporte orgánico de potasio

• Cantidad purín (kg/ha), definido anteriormente ⇔22608,7

• [Ko]: Concentración del potasio del aporte orgánico en g/kg ⇔1,008

$$AoK_2O \left( \frac{kg}{ha} \right) = \frac{\text{cantidad purin (kg/ha)} \cdot [Ko](g/kg)}{1000}$$

$$AoK_2O \left( \frac{kg}{ha} \right) = \frac{22608,7(kg/ha) \cdot 1,008 (g/kg)}{1000}$$

$$A_{O}K_2O \left( \frac{kg}{ha} \right) = 69,2$$

Por lo tanto se ha aportado con esa dosis de purín 69,2 kg/ha de potasio

Ya se conocen de este modo los aportes de nutrientes que ha hecho el abonado orgánico, para facilitar su visualización y cálculo se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 20: Aportes de nutrientes del abonado orgánico para el trigo y distribución en abanico.**

Aporte orgánico (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
72,8	18,5	22,8

Fuente: Elaboración propia.

Conocido esto hay que determinar las necesidades que aún están sin cubrir, las cuales habrá que aportarlas con un abonado mineral. Para ello habrá que restar de las necesidades totales los aportes orgánicos.

$$Nec\ sin\ cubrir\ (kg/ha) = Nec\ totales\ cultivo(kg/ha) - Aporte\ orgánico\ (kg/ha)$$

Los datos se han trabajado en una hoja de cálculo y se presentan a continuación:

**Tabla 21: Necesidades sin cubrir para el trigo con el abonado orgánico y distribución en abanico**

Necesidades sin cubrir (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
31,2	38,7	69,2

Fuente: Elaboración propia.

#### **• Abonado mineral de fondo:**

Primeramente se va a aportar el abonado mineral de fondo con el cual se pretenden aportar todas las necesidades de fósforo y potasio y parte de las de nitrógeno.

Para ello se ha tomado la decisión de usar un abono complejo con los tres nutrientes ya que es la opción más común en el sector agrícola, ya que es lo que generalmente se suele usar y se pretende plantear una casuística lo más cercana a la situación real.

Para ello se ha consultado información de los abonos más comunes y más usados en nuestro país, a continuación se presenta una tabla perteneciente al libro Fitotecnia Ingeniería de la producción vegetal, de Pedro Urbano Terrón de la editorial Mundi-prensa.



La tabla 6.28.Complejos terciarios usados en agricultura española en la página 223.

**Tabla 22: Complejos terciarios usados en agricultura española**

a) <i>Pobres en nitrógeno</i>
4-12-8
5-15-5
7-12-7
8-8-8
8-10-30 (3S) (2MgO) (0,1B)
8-15-15
8-24-8
8-24-16
8-24-24
8-18-27
8-36-16
b) <i>Medias en nitrógeno</i>
9-18-27
10-15-24 (5S) (3MgO) (0,8Zn)
12-10-17 (3MgO)
12-12-24
12-24-8
c) <i>Ricas en nitrógeno</i>
15-15-15
15-15-15S
17-8-13 (4MgO) (4S)
28-8-14 (0,1B) (3S)
20-10-5S (3,3 MgO)
20-10-10

Fuente: Fitotecnia Ingeniería de la producción vegetal

Primeramente para escoger el abono que más se ajusta hay que tener en cuenta las proporciones de necesidades con las que trabaja y respecto a eso escoger el abono que más se ajuste a esas proporciones. Como se aprecia las necesidades de potasio son casi el doble que las de los otros dos nutrientes, por ello habrá que buscar un abono que se acerque a esto y hay varios.

Como todos los cálculos se han efectuado en una hoja de cálculo con la que se opera muy fácil cambiando los datos de las concentraciones se han probado varios hasta dar con el que más se adapta, que ha sido el 8/18/27.

Para calcular la dosis por hectárea que se necesita en este caso se va a calcular en función de las necesidades de potasio ya que son las mayores necesidades y hace de factor limitante porque cubriendo el potasio las necesidades de fosforo estarán cubiertas y por la proporción entre ellos no habrá demasiado exceso.

Para definir los aportes de abono mineral se va a buscar un aporte un poco en exceso con el fin de cubrir posibles irregularidades en la dosificación, distribución y además como se trabaja con estimaciones tipo y puede que las extracciones del cultivo suban y de este modo existiría un margen para poder cubrir las. Dentro de este margen está previsto que se cubran las pérdidas de los nutrientes por lavado,...etc que son comunes sobre todo en el caso del nitrógeno.

A continuación se presentan las concentraciones del abono de fondo usado y el proceso de cálculo:

**Tabla 23: Concentraciones del abono de fondo para el cultivo de trigo**

Abono de fondo		
8/18/27		
N %	P2O5 %	K2O %
8	18	27

Fuente: Elaboración propia.

Para definir la cantidad de abono por hectárea a suministrar se va a hacer en función del potasio por ello ya que todo el potasio y el fosforo se van a aportar en fondo para que el cultivo pueda tirar de ellos durante todo el ciclo ya que no es como el nitrógeno que le necesita cuando tiene un importante desarrollo de la parte aérea:

· Naf de K<sub>2</sub>O: Necesidades abonado de fondo de potasio en kg/ha ⇔ 69,2

· [K<sub>2</sub>O]: concentración de K<sub>2</sub>O del abono de fondo ⇔ 27; 0,27

$$Dosis\ abonado\ fondo\ (kg/ha) = \frac{Naf\ de\ K_2O\ (kg/ha)}{[K_2O]}$$

$$Dosis\ abonado\ fondo\ (kg/ha) = \frac{69,2\ (kg/ha)}{0,27}$$

$$Dosis\ abonado\ fondo(kg/ha) = 256,34$$

La dosis exacta para cubrir todas las necesidades del cultivo son 256,34 kg/ha, en campo las dosis de abonado se trabajan en números redondos por que las capacidades de precisión de la maquinaria sobre todo las más comunes, que no son ultimo no son último modelo no son tan altas. Además se pretende crear un pequeño exceso por ello se redondea a 270kg/ha.

Y de esta manera se aportan los siguientes nutrientes:

· **N:**

Siendo:

· Daf: Dosis del abonado de fondo en kg/ha, en este caso 270

· [Nf]: Concentración de N del abono de fondo ⇔ 11%, 0,11

$$Aportes\ cobertera\ N(kg/ha) = Daf\ (kg/ha) \cdot [Nt]$$

$$Aportes\ cobertera\ N(kg/ha) = 270\ kg/ha \cdot 0,11$$

$$\text{Aportes cobertera N}(\text{kg/ha}) = 22,1$$

Con los 270kg/ha en fondo se han aportado 22,1 kg/ha de nitrógeno.

•  $\text{P}_2\text{O}_5$ :

Siendo:

• Daf: Dosis del abonado de fondo en kg/ha, en este caso 270

•  $[\text{P}_2\text{O}_5\text{f}]$ : Concentración de  $\text{P}_2\text{O}_5$  del abono de fondo  $\Leftrightarrow$  18%; 0,18

$$\text{Aportes cobertera P}_2\text{O}_5(\text{kg/ha}) = \text{Daf}(\text{kg/ha}) \cdot [\text{P}_2\text{O}_5]$$

$$\text{Aportes cobertera P}_2\text{O}_5(\text{kg/ha}) = 270 \text{ kg/ha} \cdot 0,18$$

$$\text{Aportes cobertera P}_2\text{O}_5(\text{kg/ha}) = 48,6$$

Con los 270kg/ha en fondo se han aportado 48,6kg/ha de fósforo.

•  $\text{K}_2\text{O}$ :

Siendo:

• Daf: Dosis del abonado de fondo en kg/ha, en este caso 270

•  $[\text{K}_2\text{O}\text{f}]$ : Concentración de  $\text{K}_2\text{O}$  del abono de fondo  $\Leftrightarrow$  27%; 0,27

$$\text{Aportes cobertera K}_2\text{O}(\text{kg/ha}) = \text{Daf}(\text{kg/ha}) \cdot [\text{K}_2\text{O}]$$

$$\text{Aportes cobertera K}_2\text{O}(\text{kg/ha}) = 270 \text{ kg/ha} \cdot 0,27$$

$$\text{Aportes cobertera K}_2\text{O}(\text{kg/ha}) = 72,9$$

Con los 270kg/ha en fondo se han aportado 72,9 kg/ha de potasio

Para agrupar los datos y facilitar la visualización y con ello los cálculos se presentan estos mismos datos de aportes de nutrientes del abono orgánico:

**Tabla 24: Aportes de nutrientes del abonado de fondo para el cultivo de trigo por el método de abanico.**

Aportado en fondo (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
21,6	48,6	72,9

Fuente: Elaboración propia.

Igual que se hizo anteriormente con los aportes de abonado orgánico hay que cuantificar la cantidad de nutrientes que aún están sin cubrir si los hay, para ello hay que restar de las necesidades totales del cultivo el aporte orgánico y el aporte mineral de fondo o restar de las necesidades sin cubrir el aporte mineral de fondo para cada nutriente:

$$Nec\ totales\ cultivo\ (kg/ha) = (Aporte\ organico + Aporte\ mineral\ fondo)(kg/ha)$$

Los cálculos se han hecho en una hoja de cálculo y se presentan a continuación en una tabla:

**Tabla 25: Necesidades a cubrir en el abonado de cobertera para el trigo en el método de abanico.**

Necesidades sin cubrir fondo(Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
9,6	-9,9	-3,7

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla aparecen unos valores negativos, en la hoja de cálculo se ha trabajado con esa intención para así diferenciar al aparecer el signo menos que ese nutriente esta en exceso y que hay un excedente cuantificado por el valor del número. Es decir que el fosforo y el potasio se encuentran en un exceso buscado en el suelo, para cómo se explicó anteriormente cubrir posibles irregularidades en la dosificación y distribución, mayores necesidades,...etc.

Hay que tener en cuenta que esos excedentes son comedidos de 10kg y menos de 4 para el fosforo y el potasio respectivamente y que no suponen un gran coste económico ni para el suelo un problema.

#### **· Abonado cobertera**

El nitrógeno es el nutriente que aun esta sin cubrir y para ello se propone el uso de un abono de cobertera con ese nutriente. Para esta aplicación se ha optado por un producto rico en nitrógeno, con un 11% de nítrico (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y un 15% de nitrógeno amoniacal que hace que tenga una concentración del 26% de nitrógeno total, en muchos casos este se enriquece con SO<sub>3</sub> al 12% pero en este caso no se contempla y no se va a reparar en su análisis.

Siguiendo el mismo proceso que en casos anteriores para definir la dosis por hectárea de este nutriente hay que calcularla en función de las necesidades sin cubrir del nitrógeno y mayorarla para de esta forma cubrir los malos aportes y dosificaciones además de tener en cuenta que el nitrógeno es el nutriente que mayor número de pérdidas tiene. Además de que si se dan buenas condiciones y el potencial productivo aumenta es de los nutrientes que más va a tirar en las últimas fases de ahí el efecto positivo de aportarle tan tarde.

Para ello se presentan los cálculos a continuación:

Siendo:

· Nac de N: Necesidades abonado de cobertera de nitrógeno en kg/ha ⇔ 9,6

· [Nt]: concentración de N total del abono de cobertera ⇔ 26%, 0,26

$$Dosis\ abonado\ cobertera\ (kg/ha) = \frac{Nac\ de\ N\ (kg/ha)}{[Nt]}$$

$$\text{Dosis abonado cobertera (kg/ha)} = \frac{9,6 \text{ (kg/ha)}}{0,26}$$

$$\text{Dosis abonado cobertera (kg/ha)} = 36,9$$

La dosis mínima a aportar para cubrir las mínimas necesidades son 37 kg/ha, pero debido a que este es uno de los nutrientes que más pérdidas tienen por diferentes factores se aportaran mas. Se sube la dosis a 80 -85 kg/ha.

Por ello hay que volver a definir los nutrientes aportados.

Siendo:

· Dac: Dosis del abonado de cobertera en kg/ha.

· [Nt]: concentración de N total del abono de cobertera  $\Leftrightarrow$  26%, 0,26

$$\text{Aportes cobertera N(kg/ha)} = \text{Dac (kg/ha)} \cdot [\text{Nt}]$$

$$\text{Aportes cobertera N(kg/ha)} = 85 \text{ kg/ha} \cdot 0,26$$

$$\text{Aportes cobertera N(kg/ha)} = 22,1$$

De esta forma se han aportado 22,1 kg/ha de N lo que supone un exceso respecto a los 9,6 que la planta necesita. En la siguiente tabla se han sumado todos los aportes y se han restado estos de las necesidades iniciales del cultivo.

**Tabla 26: Aportes totales para el cultivo del trigo en el método de abanico.**

Aportado totales al cultivo (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
-12,5	-9,9	-3,7

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla está sustraída de una hoja de cálculo, los valores negativos como ya se ha explicado indican un exceso de nutrientes. En este caso el exceso de nutrientes para el N es de 12,5 kg/ha esto facilitara su asimilación y reducirá las deficiencias en caso de pérdidas.

## **5.2. Calculo del abonado para el cultivo de trigo para el método de distribución del purín por tubos abiertos.**

Este sistema como ya se ha explicado anteriormente reduce hasta en un 60% las volatilizaciones del N a la atmosfera, lo cual se traduce en un mejor aprovechamiento de los nutrientes en el suelo ya que mejora su disponibilidad en el suelo y la planta les puede aprovechar mejor.

Para estudiar la repercusión que va a tener esto en el abonado, anteriormente se ha calculado un abonado tipo inicialmente con el aporte orgánico y luego con la

complementación del mineral. Este sistema al mejorar su aplicación reduce las necesidades de la fracción mineral, con este análisis se va a cuantificar su magnitud.

Para ello se va a partir de la misma dosis de purines que se utilizó anteriormente. El abonado orgánico va a ser similar pero al mejorar la aplicación se reduce en un 30% su volatilización, lo cual permite considerar este aporte en una mejora de su concentración. Es decir que se ve reflejada esta mejora en la concentración de dicho nutriente, se puede considerar un aumento del 30% en la concentración del nitrógeno total.

Siendo:

[Nt<sub>purin</sub>]: La concentración del nitrógeno total del purín tipo de Castilla y León reflejado anteriormente en la tabla de datos del purín, 3,22 g/kg

$$[Nt_{tubos}] = ([Nt] \cdot 0,30) + [Nt_{purin}]$$

La concentración del N total de purín pasa de ser 3,22 g/kg a 4,19 g/kg.

En este caso solo cambiaria respecto al cálculo del abonado del punto anterior el nitrógeno el resto permanecería igual.

La dosis de abonado que se va a seguir la misma que en el cálculo anterior para poder seguir la misma comparativa es de 22608,7 kg/ha. Los nutrientes aportados con el purín se presentan en los siguientes cálculos:

Siendo:

· Cpurin: Cantidad de purín aportada en kg/ha  $\Leftrightarrow$  22608,7

· [Nt<sub>purinT</sub>]: Concentración N total del purín en el sistema de tubos abiertos g/kg  $\Leftrightarrow$  4,19

$$Aportes\ orgánicos\ N\ (kg/ha) = \frac{C\ purin\ (kg/ha) \cdot [Nt_{purinT}](g/kg)}{1000}$$

$$Aportes\ orgánicos\ N\ (kg/ha) = \frac{22608,7(kg/ha) \cdot 4,19(g/kg)}{1000}$$

$$Aportes\ orgánicos\ N\ (kg/ha) = 94,6$$

Los aportes de nitrógeno en este caso han sido de 94,6 kg/ha para la misma dosis de purín por ha, en el caso anterior solo se llegó a 72,8 kg/ha un 30% menos.

Para el potasio y fosforo como su volatilización es menos no hay mejora en la aplicación y por lo tanto los aportes se mantienen iguales, en la siguiente tabla se presentan los valores de todos los nutrientes para este aporte:

**Tabla 27: Aportes de nutrientes en el abonado orgánico para el trigo por el método de tubos abiertos.**

Aporte en orgánico (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
94,6	18,5	22,8

Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos los aportes orgánicos hay que determinar las necesidades que quedan aún sin cubrir respecto a las extracciones del cultivo. Para ello se restan de las necesidades del cultivo el aporte orgánico.

$$\text{Necesidades cultivo}(kg/ha) - \text{Aporte orgánico}(kg/ha) = \text{Necesidades sin cubrir}$$

Los datos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 28: Necesidades sin cubrir con el aporte orgánico en el cultivo de trigo por el método de tubos abiertos.**

Necesidades sin cubrir (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
9,4	38,7	69,2

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar la diferencia con la casuística de abonado anterior que se ven cubiertas mayores cantidades de necesidades de nitrógeno.

Posteriormente se va a incorporar el abono de fondo antes de implantarse el cultivo, para este se va a seguir la misma dosis que el cálculo para el método de distribución en abanico ya que muy posiblemente con este solo se cumplan las necesidades de nitrógeno y las de fosforo y potasio no han cambiado.

El abono propuesto va a ser similar al anterior sistema ya que las proporciones de necesidades entre ellas se mantienen y acentúan un poco en el caso del nitrógeno, por lo tanto se va a usar un 8/18/27.

La dosis de abonado de fondo que se calculó para el método de distribución en abanico es de 270 kg/ha. Con esta dosis los aportes de nutrientes han sido:

Siendo:

- Af tubos N: Aportes de N en el abonado de fondo por el sistema de tubos abiertos en kg/ha.
- Daf tubos: Dosis de abonado de fondo en el sistema de tubos abiertos kg/ha  $\Leftrightarrow$  270
- [NfT]: Concentración N en abonado de fondo en el sistema de tubos  $\Leftrightarrow$  8% 0,08

$$Af \text{ tubos } N (kg/ha) = Daf \text{ tubos}(kg/ha) \cdot [NfT]$$

$$Af \text{ tubos } N(kg/ha) = 270 (kg/ha) \cdot 0,08$$

$$Af \text{ tubos } N (kg/ha) = 21,6 (kg/ha)$$

En el abonado de fondo en el cálculo para el sistema de tubos abiertos se han aportado 21,6 kg/ha de nitrógeno. El resto de nutrientes se mantiene igual debido a que no ha cambiado su concentración.

Ahora hay que cuantificar las necesidades que aún no han sido suplementadas, para ello hay que sumar los aportes del abonado orgánico y del abonado de fondo y esto restarlo de las necesidades del cultivo.

$$\text{Necesidades sin cubrir} = \text{Necesidades cultivo} - (\text{aportes organico} + \text{aportes fondo})$$

Los datos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 29: Necesidades sin cubrir con el abonado de fondo en el cultivo de trigo por el método de tubos abiertos.**

Necesidades sin cubrir fondo (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
-12,2	-9,9	-3,7

Fuente: Elaboración propia

Como se ve en los números negativos de la tabla sustraída de una hoja de cálculo hay un exceso de nutrientes por lo tanto ya están todas las necesidades cubiertas y no hace falta hacer más abonados en este caso se prescinde del abonado de cobertera.

Se pretende dejar este pequeño exceso para cubrir las oscilaciones de nutrientes si se dieran años de mayores producciones o cubrir problemas de malas distribuciones capacidades de absorción de estos por las plantas o posibles pérdidas.

### **5.3. Análisis de los abonados en los dos sistemas de distribución del purín para el cultivo del trigo.**

En ambos casos se han dejado unos excedentes para los tres nutrientes, el fosforo y el potasio son semejantes ya que no hay una elevada variación por el método de distribución que propongo. Sin embargo en el nitrógeno si la hay que es lo que se estudia en el cálculo del abonado para los dos sistemas se ha intentado hacerlo lo más semejante posible para facilita su comparación y sacar conclusiones. Se ha buscado en ambos casos dejar un excedente de nitrógeno cercano a los 12 kg/ha que facilita el análisis.

Como se puede apreciar se ha conseguido eliminar mediante el sistema de distribución de tubos abiertos el abonado de cobertera garantizando un abonado prácticamente similar.

Por lo tanto la adaptación de los equipos a los nuevos sistemas supone un ahorro en este caso de un pase de abonado más con el ahorro de combustible que supone y de 85 kg/ha de un nitrato del 26% de riqueza.



#### 5.4. Cálculo del abonado para el cultivo de maíz con un método de distribución del purín de teja y abanico

En este caso se va a estudiar los efectos sobre un cultivo de maíz para un rendimiento de unos 12 t/ha, en la provincia de León en los famosos regadíos del páramo.

##### 5.4.1. Cálculo del abonado para el cultivo de maíz

Una vez definido todo el proceso se va a presentar el caso tipo de abonado con los cálculos correspondientes.

###### **· Necesidades del cultivo:**

Inicialmente para poder empezar a trabajar y a calcular hay que definir cuáles son las necesidades de nutrientes que tiene el cultivo, en este caso el maíz. Solo me voy a centrar en los tres macronutrientes más importantes.

Para ello se ha recurrido al afamado libro Fitotecnia Ingeniería de la producción vegetal, de Pedro Urbano Terrón de la editorial Mundi-prensa, al igual que en los casos anteriores. En la tabla 15 del apartado anterior para el cálculo del trigo están todos los datos de extracciones que aquí se utilizan. Las extracciones se presentan en un cuadro para facilitar su visualización:

Extracciones medias (‰ y año)		
N	P2O5	K2O
26	12	22

Pero este valor hay que hacerle más tangible y trabajable por ello hay que pasarlo a kg/ha, lo que se va llamar necesidades. Para ajustar un poco más el abonado se pueden introducir unos coeficientes en función de la fertilidad y el tipo de suelo, para ello se hace lo siguiente a cada nutriente:

###### **· N:**

Para este nutriente no son necesarios coeficientes de ajuste.

$$\text{Necesidades (kg/ha y año)} = \text{Extracciones (‰ y año)} \cdot \left( \frac{\text{Rendto. (kg/año)}}{1000} \right) (\text{t/año})$$

Siendo:

- Extracciones medias de N  $\Leftrightarrow$  26 ‰ y año.
- Rendto., rendimiento o producción esperada  $\Leftrightarrow$  12000 kg/ha.

Se puede operar así o directamente operar el valor en toneladas, 12t.

$$Necesidades (kg/ha y año) = 26 (\% \text{ y año}) \cdot 12 (t/año)$$

$$Necesidades (kg/ha y año) = 312$$

El maíz en este caso necesita unos aportes en todo su ciclo de aproximadamente 312 kg/ha de N en cualquiera de sus presentaciones.

• **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:**

Para este nutriente son necesarios coeficientes de ajuste.

$$Necesidades (kg/ha y año) = Extrac (\% \text{ y año}) \cdot \left( \frac{Rendto. (kg/año)}{1000} \right) (t/año) \cdot coef$$

Siendo:

- Extracciones medias de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ⇔ 12 ‰ y año.
- Rendto., rendimiento o producción esperada ⇔ 12000 kg/ha.

Se puede operar así o directamente operar el valor en toneladas, 12t al introducir el tanto por mil.

- Coef: Coeficiente de ajuste en función de la fertilidad y el suelo

Suelo de la zona:

Para definir con más certeza la tipología de suelos de la zona se ha recurrido a el atlas de suelos del Itacyl donde se puede acceder a ciertos análisis de suelos realizados en parcelas del páramo de León, que permiten hacerse una idea de la situación.

Fertilidad media

Ph neutro alrededor de 7.

Para definir el coeficiente se ha recurrido a una tabla del mismo libro citando anteriormente para las extracciones, es la tabla 6.8 de la página 180 y usada también para el caso del trigo.

Por lo tanto el factor de ajuste es de 0,9 para esas características.

$$Necesidades (kg/ha y año) = 12 (\% \text{ y año}) \cdot 12 (t/año) \cdot 0,9$$

$$Necesidades (kg/ha y año) = 129,6$$

El maíz en este caso necesita unos aportes en todo su ciclo de aproximadamente 129,6 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en cualquiera de sus presentaciones.

• **K<sub>2</sub>O:**

Para este nutriente son necesarios coeficientes de ajuste.

$$Necesidades (kg/ha y año) = Extrac (\% \text{ y año}) \cdot \left( \frac{Rendto. (kg/año)}{1000} \right) (t/año) \cdot coef$$

Siendo:

- Extracciones medias de K<sub>2</sub>O ⇔ 22 ‰ y año.
- Rendto., rendimiento o producción esperada ⇔ 12000 kg/ha.

Se puede operar así o directamente operar el valor en toneladas, 12t al introducir el tanto por mil.

- Coef: Coeficiente de ajuste en función de la fertilidad y el suelo

Suelo de la zona:

Para definir con más certeza la tipología de suelos de la zona se ha recurrido al atlas de suelos del Itacyl donde se puede acceder a ciertos análisis de suelos realizados en parcelas del páramo de León, que permiten hacerse una idea de la situación.

Fertilidad media

Suelo de secano medio

Para definir el coeficiente se ha recurrido a una tabla del mismo libro citando anteriormente para las extracciones, es la tabla 6.18 de la página 202 y usada también para el caso del trigo

Por lo tanto el factor de ajuste es de 1 para esas características.

$$Necesidades (kg/ha y año) = 22 (\% \text{ y año}) \cdot 12(t/año) \cdot 1$$

$$Necesidades (kg/ha y año) = 264$$

El trigo en este caso necesita unos aportes en todo su ciclo de aproximadamente 264 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en cualquiera de sus presentaciones.

Con esto bien aclarado ya se conocen las necesidades de abonado aproximado del cultivo para esa situación, para facilitar el cálculo y la visualización se presentan los valores asociados en una tabla:

**Tabla 30: Necesidades medias de nutrientes para el maíz.**

Necesidades maíz (kg/año)		
N	P2O5	K2O
312	129,6	264

Fuente: Elaboración propia.

Llegados a este punto lo primero que se va a calcular del abonado es la fracción orgánica, y para ello se va a modificar la rutina normal de cálculo.

**· Abonado Orgánico:**

En un caso normal se partiría de un análisis de suelo en el cual estarían reflejados los valores de nutrientes y de MO del suelo, entonces respecto a este porcentaje de materia orgánica se definiría el aporte de abonos orgánicos ya que en la gran mayoría de los casos es necesario elevar esos valores. Con el porcentaje al que se quiere llegar y el tipo de estiércol, purín y sus concentraciones se calcula la dosis a añadir en t/ha con esto también se añaden nutrientes que hay que tener en cuenta y definir. En el caso que no se llegue a elevar los valores del suelo y a añadir las necesidades del cultivo se adiciona además abono mineral tanto en fondo como en cobertera y en los pases necesarios.

Por ello se va a seguir el mismo procedimiento explicado para los casos anteriores.

Para definir la cantidad de purines en este caso necesarias hay que partir de la composición de estos, para ello anteriormente se reflejaron en la tabla 19, presentada en el caso del trigo, la composición de los purines de cerdo más comunes en Castilla y León.

Para definir la cantidad de purín a aportar se va hacer en función de las necesidades de N del cultivo. Pero no se pretende aportar la totalidad de las necesidades sino un porcentaje, y en este caso al igual que en la situación de abonado del trigo se ha optado por aportar el 70% de las necesidades de nitrógeno. Como se ha trabajado en una hoja de cálculo se han hecho varias iteraciones y se ha comprobado que las mejores situaciones de abonado se dan con ese valor ya que si se usa más cantidad da problemas para posteriormente aportar el abono mineral y cuadrar el resto de los nutrientes y si se usa menos se desaprovecha el potencial que tiene este subproducto.

Y la dosis a aportar es de :

- Nt: Necesidades totales cultivo de un nutriente, N en este caso  $\Leftrightarrow$  312 kg/ha y año
- % : Porcentaje de nutrientes a cubrir  $\Leftrightarrow$  en este caso 70% 0,7
- NoN: Necesidades a cubrir de N con el abonado orgánico (kg/ha y año)

$$NoN (kg/ha y año) = Nt(kg/ha y año) \cdot \%$$

$$NoN (kg/ha y año) = 312(kg/ha y año) \cdot 0,7$$

$$NoN (kg/ha y año) = 218,4$$

Con el aporte de purines se pretenden cubrir 218,4 kg/ha de las 312kg/ha de las necesidades de N.

Con este dato y el de la concentración de N del purín se puede definir el aporte de este que es necesario por el sistema de distribución en abanico.

Los cálculos se presentan a continuación:

Siendo:

- [Nt]: concentración de purín de N total  $\Leftrightarrow 3,22$  g/kg
- NoN: Necesidades a cubrir de N con el abonado orgánico  $\Leftrightarrow 218,4$  kg/ha y año

$$\frac{1 \text{ kg de purin}}{3,22 \text{ g de N}} = \frac{\text{cantidad purin (kg/ha)}}{218,4 \text{ kg/ha}}$$

$$\text{Cantidad purin (kg/ha)} = 67826,09$$

Por lo tanto se necesitan 67,8 t de purines de porcino para cubrir el 70% de las necesidades de N totales del cultivo.

Para conocer el volumen que es como se suele trabajar en el sector agrícola con este producto en las cisternas hay que utilizar la densidad, dato el cual se presentó en el extracto de la tabla anterior.

$$\text{Volumen de purin (l/ha)} = \frac{\text{cantidad purin (kg/ha)}}{\rho_{\text{purin}} \text{ (kg/l)}}$$

Siendo:

- Cantidad de purín, calculada antes  $\Leftrightarrow 67826,09$  kg/ha.
- $\rho_{\text{purin}}$ : Densidad purín  $\Leftrightarrow 1,015$  kg/l

$$\text{Volumen de purin (l/ha)} = \frac{67826,09 \text{ (kg/ha)}}{1,015 \text{ (kg/l)}}$$

$$\text{Volumen de purin (l/ha)} = 66823,7$$

Por lo tanto se necesitaran 66823,7 litros de purín por ha.

Una vez aportado esto hay que definir la cantidad de fosforo y de potasio que se ha aportado con esta cantidad de purines y con ello las necesidades que hay sin cubrir, si las hay, y que habrá que suplementarlas con el abonado mineral.

Para definir todo los aportes orgánicos es necesario saber las concentraciones del purín de cada nutriente, datos los cuales ya conocidos y reflejados en el extracto de la tabla para el caso del trigo y son:

#### **Aportes Orgánicos:**

##### **· N:**

Siendo AoN aporte orgánico de nitrógeno.

Ya definido AON = 218,4 kg/ha de nitrógeno

##### **· P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:**

Proyecto de diseño de una rampa de distribución localizada de purines para acoplar a la tipología general de cisternas de

Castilla y León.

*Mario del Val Martínez.*

Siendo:

- $AoP_2O_5$ : Aporte orgánico de fosforo
- Cantidad purín (kg/ha), definido anteriormente  $\Leftrightarrow 67826,09$
- [Pto]: Concentración del fosforo total del aporte orgánico en g/kg  $\Leftrightarrow 0,82$

$$AoP_2O_5 \left( \frac{kg}{ha} \right) = \frac{\text{cantidad purin (kg/ha)} \cdot [Pto](g/kg)}{1000}$$

$$AoP_2O_5 \left( \frac{kg}{ha} \right) = \frac{67826,09(kg/ha) \cdot 0,82 (g/kg)}{1000}$$

$$AoP_2O_5 \left( \frac{kg}{ha} \right) = 55,6$$

Por lo tanto se ha aportado con esa dosis de purín 55,6 kg/ha de fosforo

•  $k_2O$ :

Siendo:

- $AoK_2O$ : Aporte orgánico de potasio
- Cantidad purín (kg/ha), definido anteriormente  $\Leftrightarrow 67826,09$
- [Ko]: Concentración del potasio del aporte orgánico en g/kg  $\Leftrightarrow 1,008$

$$AoK_2O \left( \frac{kg}{ha} \right) = \frac{\text{cantidad purin (kg/ha)} \cdot [Ko](g/kg)}{1000}$$

$$AoK_2O \left( \frac{kg}{ha} \right) = \frac{67826,09(kg/ha) \cdot 1,008 (g/kg)}{1000}$$

$$AoK_2O \left( \frac{kg}{ha} \right) = 68,4$$

Por lo tanto se ha aportado con esa dosis de purín 68,4 kg/ha de potasio

Ya se conocen de este modo los aportes de nutrientes que ha hecho el abonado orgánico, para facilitar su visualización y cálculo se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 31: Aportes de nutrientes del abonado orgánico para el maíz y distribución en abanico.**

Aporte orgánico (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
218,4	55,6	68,4

Fuente: Elaboración propia.

Conocido esto hay que determinar las necesidades que aún están sin cubrir, las cuales habrá que aportarlas con un abonado mineral. Para ello habrá que restar de las necesidades totales los aportes orgánicos.

$$Nec\ sin\ cubrir\ (kg/ha) = Nec\ totales\ cultivo(kg/ha) - Aporte\ orgánico\ (kg/ha)$$

Los datos se han trabajado en una hoja de cálculo y se presentan a continuación

**Tabla 32: Necesidades sin cubrir para el maíz con el abonado orgánico y distribución en abanico**

Necesidades sin cubrir (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
93,6	74,0	195,6

Fuente: Elaboración propia.

#### **· Abonado mineral de fondo:**

Primeramente se va a aportar el abonado mineral de fondo con el cual se pretenden aportar todas las necesidades de fósforo y potasio y parte de las de nitrógeno.

Para ello se ha tomado la decisión de usar un abono compuesto formulado según unas proporciones de cada nutriente en función de las necesidades que tenga el cultivo en este caso el maíz, ya que es la mejor opción que se ha encontrado para las proporciones de necesidades que plantea este cultivo después del abonado orgánico.

Primeramente para escoger el abono que más se ajusta hay que tener en cuenta las proporciones de necesidades con las que trabaja y respecto a eso formular el abono que tenga las proporciones de los nutrientes que más se ajusten ellas. Como se aprecia las necesidades de potasio y nitrógeno son más del doble que las de fosforo.

Como todos los cálculos se han efectuado en una hoja de cálculo con la que se opera muy fácil cambiando los datos de las concentraciones se han probado varios hasta dar con el que más se adapta, el cual tiene unas proporciones de 8/12/28.

Para calcular la dosis por hectárea que se necesita en este caso se va a calcular en función de las necesidades de potasio ya que son las mayores necesidades, sin contar el nitrógeno ya que este se cubrirá con el abonado de cobertera. El potasio hace de factor limitante porque cubriéndole las necesidades de fosforo estarán cubiertas y por la proporción entre ellos no habrá demasiado exceso.

Para definir los aportes de abono mineral se va buscar un aporte un poco en exceso con el fin de cubrir posibles irregularidades en la dosificación, distribución y además como se trabaja con estimaciones tipo y puede que las extracciones del cultivo suban y de este modo existiría un margen para poder cubrirlas.

Dentro de este margen está previsto que se cubran las pérdidas de los nutrientes por lavado,...etc que son comunes sobre todo en el caso del nitrógeno.

A continuación se presentan las concentraciones del abono de fondo usado y el proceso de cálculo:

**Tabla 33: Concentraciones del abono de fondo para el cultivo de maíz.**

Abono de fondo maíz (Kg/ha)		
8/12/28		
N	P2O5	K2O
8	12	28

Fuente: Elaboración propia.

El potasio y el fosforo se van a aportar en su totalidad en fondo para que el cultivo pueda tirar de ellos durante todo el ciclo ya que no es como el nitrógeno que le necesita cuando tiene un importante desarrollo de la parte aérea:

Se presenta el proceso de cálculo:

Siendo:

· Naf de K<sub>2</sub>O: Necesidades abonado de fondo de potasio en kg/ha ⇔ 195,6

· [K<sub>2</sub>O]: concentración de K<sub>2</sub>O del abono de fondo ⇔ 28; 0,28

$$\text{Dosis abonado fondo (kg/ha)} = \frac{\text{Naf de K}_2\text{O (kg/ha)}}{[\text{K}_2\text{O}]}$$

$$\text{Dosis abonado fondo (kg/ha)} = \frac{195,6 \text{ (kg/ha)}}{0,28}$$

$$\text{Dosis abonado cobertera (kg/ha)} = 698,68$$

La dosis exacta para cubrir todas las necesidades del cultivo son 698,68 kg/h. En campo las dosis de abonado se trabajan en números redondos por que las capacidades de precisión de la maquinaria sobre todo las más comunes, que no son ultimo no son último modelo no son tan altas. Además se pretende crear un pequeño exceso por ello se redondea y se mayor a 750kg/ha.

Y de esta manera se aportan los siguientes nutrientes:

• N:



Siendo:

- Daf: Dosis del abonado de fondo en kg/ha, en este caso 750
- [Nf]: Concentración de N del abono de fondo  $\Leftrightarrow$  8%, 0,08

$$\text{Aportes cobertera N(kg/ha)} = \text{Daf (kg/ha)} \cdot [\text{Nf}]$$

$$\text{Aportes cobertera N(kg/ha)} = 750 \text{ kg/ha} \cdot 0,08$$

$$\text{Aportes cobertera N(kg/ha)} = 60$$

Con los 750 kg/ha en fondo se han aportado 60 kg/ha de nitrógeno.

· **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:**

Siendo:

- Daf: Dosis del abonado de fondo en kg/ha, en este caso 750
- [P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>f]: Concentración de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> del abono de fondo  $\Leftrightarrow$  12%; 0,12

$$\text{Aportes cobertera P}_2\text{O}_5(\text{kg/ha}) = \text{Daf (kg/ha)} \cdot [\text{P}_2\text{O}_5]$$

$$\text{Aportes cobertera P}_2\text{O}_5(\text{kg/ha}) = 750 \text{ kg/ha} \cdot 0,12$$

$$\text{Aportes cobertera P}_2\text{O}_5(\text{kg/ha}) = 90$$

Con los 750kg/ha en fondo se han aportado 90kg/ha de fósforo.

· **K<sub>2</sub>O:**

Siendo:

- Daf: Dosis del abonado de fondo en kg/ha, en este caso 750
- [K<sub>2</sub>Of]: Concentración de K<sub>2</sub>O del abono de fondo  $\Leftrightarrow$  28%; 0,28

$$\text{Aportes cobertera K}_2\text{O(kg/ha)} = \text{Daf (kg/ha)} \cdot [\text{K}_2\text{O}]$$

$$\text{Aportes cobertera K}_2\text{O(kg/ha)} = 750 \text{ kg/ha} \cdot 0,28$$

$$\text{Aportes cobertera K}_2\text{O(kg/ha)} = 210$$

Con los 750kg/ha en fondo se han aportado 210 kg/ha de potasio

Para agrupar los datos y facilitar la visualización y con ello los cálculos se presentan estos mismos datos en una tabla:

**Tabla 34: Aportes de nutrientes del abonado de fondo para el cultivo de maíz por el método de abanico.**

Aportado en fondo (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
60	90	210

Fuente: Elaboración propia.

Igual que se hizo anteriormente con los aportes de abonado orgánico hay que cuantificar la cantidad de nutrientes que aún están sin cubrir si los hay, para ello hay que restar de las necesidades totales del cultivo el aporte orgánico y el aporte mineral de fondo o restar de las necesidades sin cubrir el aporte mineral de fondo para cada nutriente:

$$Nec\ totales\ cultivo\ (kg/ha) = (Aporte\ organico + Aporte\ mineral\ fondo)(kg/ha)$$

Los cálculos se han hecho en una hoja de cálculo y se presentan a continuación en una tabla:

**Tabla 35: Necesidades a cubrir en el abonado de cobertera para el maíz en el método de abanico.**

Necesidades sin cubrir fondo(Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
33,6	-16,0	-14,4

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla aparecen unos valores negativos, en la hoja de cálculo se ha trabajado con esa intención para así diferenciar al aparecer el signo menos que ese nutriente está en exceso y que hay un excedente cuantificado por el valor del número. Es decir que el fósforo y el potasio se encuentran en un exceso buscado en el suelo, para cómo se explicó anteriormente cubrir posibles irregularidades en la dosificación y distribución, mayores necesidades,...etc.

Hay que tener en cuenta que esos excedentes son comedidos de alrededor y que no suponen un gran coste económico ni para el suelo un problema.

### **Abonado mineral de cobertera:**

El nitrógeno es el nutriente que aun está sin cubrir y para ello se propone el uso de un abono de cobertera con ese nutriente. Para esta aplicación se ha optado por un producto rico en nitrógeno, con un 11% de nítrico ( $\text{NO}_3$ )<sub>2</sub> y un 15% de nitrógeno amoniacal que hace que tenga una concentración del 26% de nitrógeno total.

Siguiendo el mismo proceso que en casos anteriores para definir la dosis por hectárea de este nutriente hay que calcularla en función de las necesidades sin cubrir del nitrógeno y mayorarla para de esta forma cubrir los malos aportes y dosificaciones además de tener en cuenta que el nitrógeno es el nutriente que mayor número de pérdidas tiene.

Además de que si se dan buenas condiciones y el potencial productivo aumenta es de los nutrientes que más va a tirar en las últimas fases de ahí el efecto positivo de aportarle tan tarde.

Para ello se presentan los cálculos a continuación:

Siendo:

- Nac de N: Necesidades abonado de cobertera de nitrógeno en kg/ha  $\Leftrightarrow$  33,6
- [Nt]: concentración de N total del abono de cobertera  $\Leftrightarrow$  26%, 0,26

$$\text{Dosis abonado cobertera (kg/ha)} = \frac{\text{Nac de N (kg/ha)}}{[\text{Nt}]}$$

$$\text{Dosis abonado cobertera (kg/ha)} = \frac{33,6 \text{ (kg/ha)}}{0,26}$$

$$\text{Dosis abonado cobertera (kg/ha)} = 129,23$$

La dosis mínima a aportar para cubrir las mínimas necesidades son 129,23 kg/ha, pero debido a que este es uno de los nutrientes que más pérdidas tienen por diferentes factores se aportaran mas. Se sube la dosis y se mayor a hasta 200 kg/ha.

Por ello hay que volver a definir los nutrientes aportados.

Siendo:

- Dac: Dosis del abonado de cobertera en kg/ha en este caso 200 kg/ha.
- [Nt]: Concentración de N total del abono de cobertera  $\Leftrightarrow$  26%, 0,26

$$\text{Aportes cobertera N(kg/ha)} = \text{Dac (kg/ha)} \cdot [\text{Nt}]$$

$$\text{Aportes cobertera N(kg/ha)} = 200 \text{ kg/ha} \cdot 0,26$$

$$\text{Aportes cobertera N(kg/ha)} = 52$$

De esta forma se han aportado 52 kg/ha de N lo que supone un exceso respecto a los 33,6 que la planta necesita. En la siguiente tabla se han sumado todos los aportes y se han restado estos de las necesidades iniciales del cultivo.

**Tabla 36: Aportes totales para el cultivo del maíz en el método de abanico.**

Aportado hasta cobertera (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
-18,4	-16,0	-14,4

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla está sustraída de una hoja de cálculo, los valores negativos como ya se ha explicado indican un exceso de nutrientes. En este caso el exceso de nutrientes para el N es de 18,4 kg/ha esto facilitara su asimilación y reducirá las deficiencias en caso de pérdidas.

### 5.5. Cálculo del abonado para el cultivo de maíz para el método de distribución del purín por tubos abiertos.

Este sistema como ya se ha explicado anteriormente reduce hasta en un 30% las volatilizaciones del N a la atmósfera, lo cual se traduce en un mejor aprovechamiento de los nutrientes en el suelo ya que mejora su disponibilidad en el suelo y la planta les puede aprovechar mejor.

Para estudiar la repercusión que va a tener esto en el abonado, anteriormente se ha calculado un abonado tipo inicialmente con el aporte orgánico y luego con la complementación del mineral.

#### **· Abonado orgánico**

Este sistema al mejorar su aplicación reduce las necesidades de la fracción mineral, con este análisis se va a cuantificar su magnitud.

Para ello se va a partir de la misma dosis de purines que se utilizó anteriormente. El abonado orgánico va a ser similar pero al mejorar la aplicación se reduce en un 30% su volatilización, lo cual permite considerar este aporte en una mejora de su concentración. Es decir que se ve reflejada esta mejora en la concentración de dicho nutriente, se puede considerar un aumento del 30% en la concentración del nitrógeno total, como se calculó anteriormente para el trigo.

Siendo:

[Nt<sub>purin</sub>]: La concentración del nitrógeno total del purín tipo de Castilla y León reflejado anteriormente en la tabla de datos del purín, 3,22 g/kg

$$[Nt_{tubos}] = ([Nt] \cdot 0,30) + [Nt_{purin}]$$

La concentración del N total de purín pasa de ser 3,22 g/kg a 4,19 g/kg.

En este caso solo cambiaría respecto al cálculo del abonado del punto anterior el nitrógeno el resto permanecería igual.

La dosis de abonado que se va a seguir la misma que en el cálculo anterior para poder seguir la misma comparativa es de 67826,1 kg/ha. Los nutrientes aportados con el purín se presentan en los siguientes cálculos:

Siendo:

· Cpurin: Cantidad de purín aportada en kg/ha  $\Leftrightarrow$  67826,1

· [Nt<sub>purinT</sub>]: Concentración N total del purín en el sistema de tubos abiertos g/kg  $\Leftrightarrow$  4,19

$$Aportes\ orgánicos\ N\ (kg/ha) = \frac{C\ purin\ (kg/ha) \cdot [Nt_{purinT}](g/kg)}{1000}$$

$$\text{Aportes orgánicos N (kg/ha)} = \frac{67826,1 \text{ (kg/ha)} \cdot 4,19 \text{ (g/kg)}}{1000}$$

$$\text{Aportes orgánicos N (kg/ha)} = 283,9$$

Los aportes de nitrógeno en este caso han sido de 283,9 kg/ha para la misma dosis de purín por ha, en el caso anterior solo se llegó a 218,4kg/ha un 30% menos.

Para el potasio y fosforo como su volatilización es baja y no hay mejora en la aplicación y por lo tanto los aportes se mantienen iguales, en la siguiente tabla se presentan los valores de todos los nutrientes para este aporte:

**Tabla 37: Aportes de nutrientes en el abonado orgánico para el maíz por el método de tubos abiertos.**

Aporte en orgánico (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
283,9	55,6	68,4

Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos los aportes orgánicos hay que determinar las necesidades que quedan aún sin cubrir respecto a las extracciones del cultivo. Para ello se restan de las necesidades del cultivo el aporte orgánico.

$$\text{Necesidades cultivo (kg/ha)} - \text{Aporte orgánico (kg/ha)} = \text{Necesidades sin cubrir}$$

Los datos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 38: Necesidades sin cubrir con el aporte orgánico en el cultivo de maíz por método tubos abiertos.**

Necesidades sin cubrir (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
28,1	74,0	195,6

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar la diferencia con la casuística de abonado anterior que se ven cubiertas mayores cantidades de necesidades de nitrógeno.

#### **• Abonado mineral de fondo:**

Posteriormente se va a incorporar el abono de fondo antes de implantarse el cultivo, para este se va a seguir la misma dosis que el cálculo para el método de distribución en abanico ya que con este solo se cumplan las necesidades de fosforo y potasio que no han cambiado y posiblemente las de nitrógeno.

El abono propuesto va a ser similar al anterior sistema ya que las proporciones de necesidades entre ellas se mantienen y acentúan un poco en el caso del nitrógeno, por lo tanto se va a usar un 8/12/28.

La dosis de abonado de fondo que se calculó para el método de distribución en abanico es de 750 kg/ha. Con esta dosis los aportes de nutrientes han sido:

Siendo:

- Af tubos N: Aportes de N en el abonado de fondo por el sistema de tubos abiertos en kg/ha.
- Daf tubos: Dosis de abonado de fondo en el sistema de tubos abiertos kg/ha  $\Leftrightarrow$  750
- [NfT]: Concentración N en abonado de fondo en el sistema de tubos  $\Leftrightarrow$  8% 0,08

$$Af \text{ tubos N (kg/ha)} = Daf \text{ tubos (kg/ha)} \cdot [NfT]$$

$$Af \text{ tubos N (kg/ha)} = 750 \text{ (kg/ha)} \cdot 0,08$$

$$Af \text{ tubos N (kg/ha)} = 60 \text{ (kg/ha)}$$

En el abonado de fondo en el cálculo para el sistema de tubos abiertos se han aportado 60 kg/ha de nitrógeno. El resto de nutrientes se mantiene igual debido a que no ha cambiado su concentración.

Ahora hay que cuantificar las necesidades que aún no han sido suplementadas, para ello hay que sumar los aportes del abonado orgánico y del abonado de fondo y esto restarlo de las necesidades del cultivo.

$$Necesidades \text{ sin cubrir} = Necesidades \text{ cultivo} - (\text{aportes orgánico} + \text{aportes fondo})$$

Los datos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 39: Necesidades sin cubrir con el abonado de fondo en el cultivo de maíz por el método de tubos abiertos.**

Necesidades sin cubrir fondo (Kg/ha)		
N	P2O5	K2O
-31,9	-16,0	-14,4

Fuente: Elaboración propia

Como se ve en los números negativos de la tabla sustraída de una hoja de cálculo hay un exceso de nutrientes por lo tanto ya están todas las necesidades cubiertas y no hace falta hacer más abonados en este caso se prescinde del abonado de cobertera.

Se pretende dejar este pequeño exceso para cubrir las oscilaciones de nutrientes si se dieran años de mayores producciones o cubrir problemas de malas distribuciones capacidades de absorción de estos por las plantas o posibles pérdidas.

## **5.6. Análisis de los abonados en los dos sistemas de distribución del purín para el cultivo de maíz.**

En ambos casos se han dejado unos excedentes para los tres nutrientes, el fosforo y el potasio son semejantes ya que no hay una elevada variación por el método de distribución que propongo. Sin embargo en el nitrógeno si la hay que es lo que se estudia en el cálculo del abonado para los dos sistemas se ha intentado hacerlo lo más semejante posible para facilitar su comparación y sacar conclusiones. Pero aun así se da en el sistema de abanico unos excedentes de nitrógeno de unos 18 kg/ha y sin embargo por el método de tubos abiertos se llega hasta los 30kg/ha.

Como se puede apreciar se ha conseguido eliminar mediante el sistema de distribución de tubos abiertos el abonado de cobertera garantizando un abonado prácticamente similar.

Por lo tanto la adaptación de los equipos a los nuevos sistemas supone un ahorro en este caso de un pase de abonado más con el ahorro de combustible que supone y de 200 kg/ha de un nitrato del 26% de riqueza.

## **6. CONCLUSIONES:**

Después de analizar la situación y el censo de explotaciones porcinas en Castilla y León y de estimar las producciones de purines que tienen. Para después poder calcular las emisiones de gases como el amoníaco que liberan a la atmosfera al distribuirles en las parcelas.

El sistema de tubos abiertos que se propone reduce las emisiones un 30% y un sistema de inyección en suelo puede llegar a un 60%, pero no solo hay que tener en cuenta la reducción de emisiones que esto supone sino de que al provecharse mejor mas nitrógeno queda atrapado en el suelo y puede ser aprovechado por las plantas lo cual reduce las aportaciones de compuestos minerales.

Para cuantificar esto se ha propuesto un plan de abonado tipo utilizando en la distribución de purines en parcela en sistema de teja y abanico. Luego con las mismas dosis de purines de cerdo se ha planteado el mismo abonado pero con el sistema de tubos abiertos.

Y se ha comprobado que se reduce el abonado mineral de forma importante pudiéndose eliminar hasta un pase de cobertera. En el caso estudiado para el trigo no ha hecho falta aportar 85 kg/ha de nitrato al 26% de riqueza y para el caso del maíz 200kg/ha

Por lo tanto a la larga implementar el equipo en la cisterna sobre el papel promete un ahorro de combustible al eliminar un pase y un ahorro de abono mineral.