



**INFORME FINAL DEL PROYECTO DE
FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y MINERAL
EN BRÓCULI DE OTOÑO**

1. INTRODUCCIÓN

El bróculi (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), es el cultivo hortícola con mayor superficie de cultivo de la Comunidad Foral de Navarra, unas 6.000 hectáreas.

Las principales zonas de producción de bróculi en España son Murcia y Navarra, aunque está aumentando de forma muy importante en Extremadura. A diferencia de las otras zonas productoras españolas, alrededor del 80% de la producción de Navarra se destina al menos inicialmente a industria, tanto en cultivo de otoño-invierno como en el de primavera-verano.

Hasta hace pocos años, la mayor parte del cultivo de bróculi en Navarra se realizaba con riego por inundación o surcos. Ahora con la entrada en funcionamiento de nuevas zonas de riego a presión hay gran cantidad de hectáreas en estas zonas, donde el bróculi ocupa un lugar muy importante en las rotaciones de estas parcelas. Cada vez es más evidente la necesidad de una mayor racionalización del agua de riego y una aplicación más eficiente de los fertilizantes, lo que justifica la utilización de estas técnicas de riego.

2. OBJETIVOS

- a. Valorar la eficiencia del N aportado por el pellet de gallinaza durante el año de aportación del abono orgánico para el cultivo del bróculi.
- b. Valorar otros nutrientes aportados por el abono orgánico en estudio para calcular el ahorro de fertilizantes minerales que puede suponer la utilización de este abono orgánico.
- c. Al finalizar el estudio, podrá calcularse todo el abono mineral que puede ser sustituido por este abono orgánico en cuanto a cantidad y en cuanto a ahorro económico.

3. DESARROLLO DEL ENSAYO Y METODOLOGÍA

Para el desarrollo de estos objetivos se ha efectuado un ensayo de fertilización, en el cultivo de bróculi.

El ensayo se realizó en la Finca Experimental de Cadreita, en una parcela de textura franco arcillo limosa en el perfil de 0 a 60 cm de profundidad (Tabla 1) y con riego por aspersión.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas del suelo

Prof. cm	Arena ¹ %	Limo ¹ %	Arcilla ¹ %	M.O. ² %	pH ³	C.E. dS/m	P ₂ O ₅ mg/kg	K ₂ O mg/kg	Textura ¹
0-30	11,0	60,8	28,2	2,34	8,14	1,02	68,2	487,9	Franco arcillo limosa
30-60	7,2	62,3	30,5	2,03	8,28	0,80	25,3	265,3	

1) USDA. 2) Materia orgánica oxidable. 3) H₂O (1:5).

La siembra se realizó el 10 de julio en cepellón 3x3 y la plantación a terreno definitivo el 23 de agosto, a una densidad de 35.714 plantas/ha, con una separación entre líneas de 0,70 m y 0,40 m entre plantas.

Antes de la aplicación del abono de fondo se realizó un análisis de nitrógeno mineral (nitrítico y amoniacal) en el perfil de 0-30 cm y 30-60 cm de profundidad. Se muestrearon dos puntos dentro de la parcela de ensayo y se obtuvo un contenido de nitrógeno mineral de 165,8 kg N/ha (perfil de 60 cm de profundidad).

Como material vegetal se ha utilizado la variedad de bróculi Parthenon (Sakata seeds) en un ciclo de otoño-invierno.

Los tratamientos a ensayar (Tabla 2) fueron los siguientes:

Tabla 2. Estrategias de fertilización

Tratamiento	Abono de fondo	Abono de cobertera con urea 46% (kg N/ha)
1	P y K	0
2	P y K	75
3	P y K	150
4	P y K	225
5	P y K	300
6	Pellet gallinaza	0
7	Pellet gallinaza	75
8	Pellet gallinaza	150
9	Pellet gallinaza	225
10	Pellet gallinaza	300

El ensayo contó con 3 repeticiones por tratamiento según el siguiente diseño (Fig. 1), en bloques al azar:

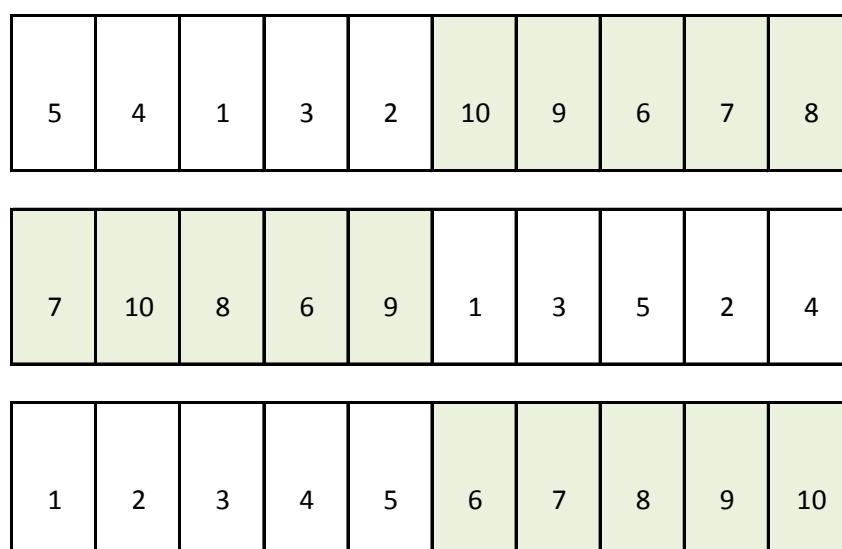


Figura 1. Croquis del ensayo

La parcela elemental constaba de 4 líneas de 14 m de longitud, con una superficie de 39,2 m², tres repeticiones por tratamiento, y una superficie total del ensayo de 1624 m². Se controlan las dos líneas centrales de cada tratamiento.

Se aportó como abonado de fondo en los tratamientos 6 a 10 pellet de gallinaza a una dosis de 250 kg N/ha, que corresponde a la dosis máxima autorizada en Navarra para

estos productos por hectárea y año. En el resto de tratamientos (1 a 5) se aportó como abonado de fondo 100 y 150 kg/ha de fósforo y potasio respectivamente, por medio de superfosfato del 45% y cloruro potásico del 60%.

Como abonado de cobertera se complementó el nitrógeno mineral de cada tratamiento con urea del 46%, en dos aplicaciones, la primera el 13 de septiembre (a los 21 días de la plantación) y la segunda el 10 de octubre, a los 45 días de la plantación.

Los tratamientos fitosanitarios fueron los recomendados por INTIA en la zona de cultivo. Este año no hay que destacar en el ensayo problemas importantes de plagas y por ello, sólo se han realizado dos tratamientos insecticidas contra lepidópteros con Altacor. Para enfermedades criptogámicas se han efectuado dos tratamientos preventivos, aplicados conjuntamente con los tratamientos insecticidas, y posteriormente se aplicó otro tratamiento fungicida con Signum® el 28 de octubre. Como tratamiento herbicida se aplicó Stomp® Aqua en preplantación.

La recolección, escalonada en varios pases, se inició el 21 de noviembre, a los 90 días de la plantación (Fig. 2).



Figura 2. Parcela en recolección

En cada una de las recolecciones se controló el número de inflorescencias comerciales y su peso, y el número de inflorescencias de destrío.

Para el análisis estadístico de los resultados, se realizó un análisis de la varianza, y las diferencias significativas fueron analizadas según el test de Tukey ($P < 0,05$).

4. DATOS CLIMÁTICOS

Los datos climáticos se han obtenido de la estación meteorológica que dispone INTIA en la misma finca donde se ha realizado el ensayo, y los datos se han descargado de la página web meteo.navarra.es

A continuación, se presentan los datos de precipitaciones y de temperaturas, máximas, mínimas y medias, registradas en Cadreita, que comprenden todo el ciclo de cultivo (Tabla 3 y Figuras 3 y 4).

Tabla 3. Datos climáticos de la zona del ensayo

	T ^a máxima		T ^a media	T ^a mínima		Radiación* solar (w/m ²)	Lluvia* (mm)
	Absoluta	Media	(°C)	Absoluta	Media		
Agosto	36,4	31,4	23,0	10,1	15,6	8358	17,2
Septiembre	33,2	26,4	19,0	6,4	12,9	6297	21,6
Octubre	28,7	22,1	15,4	4,5	9,5	4232	26,4
Noviembre	22,3	13,7	8,8	-1,1	4,4	2178	79,4
Diciembre	20,2	12,3	7,0	-2,7	2,5	1867	20,2
Enero	14,0	6,1	2,8	-2,6	-0,3	370	1,0

(Datos desde el 1 de agosto de 2019 al 9 de enero de 2019)

*Suma de las precipitaciones registradas en cada mes y radiación solar acumulada

Las condiciones meteorológicas de la zona durante el periodo de cultivo se han caracterizado por un mes de octubre con temperaturas más altas de lo habitual, que han contribuido a un buen desarrollo del cultivo. Las heladas registradas durante el periodo de recolección han prolongado este periodo, al disminuir la velocidad de crecimiento de las inflorescencias y, por consiguiente, la recolección no ha sido muy agrupada.

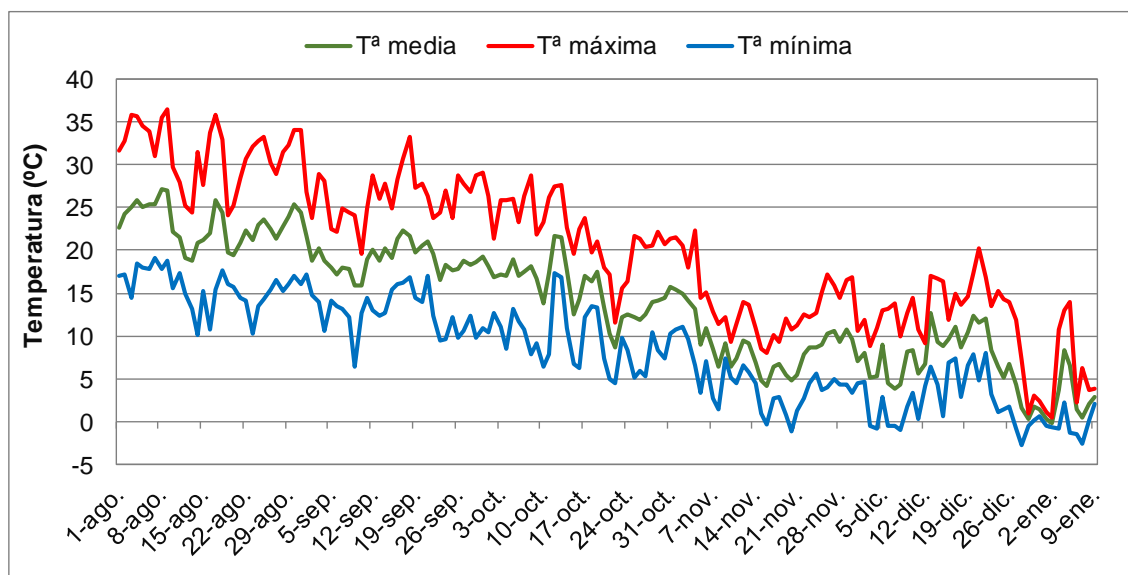


Figura 3. Temperaturas en Cadreita durante el ciclo de cultivo

Las continuas precipitaciones (Fig. 4) y la humedad ambiental del mes de noviembre han favorecido la presencia del hongo alternaria (*Alternaria brassicae*) en las inflorescencias de bróculi.

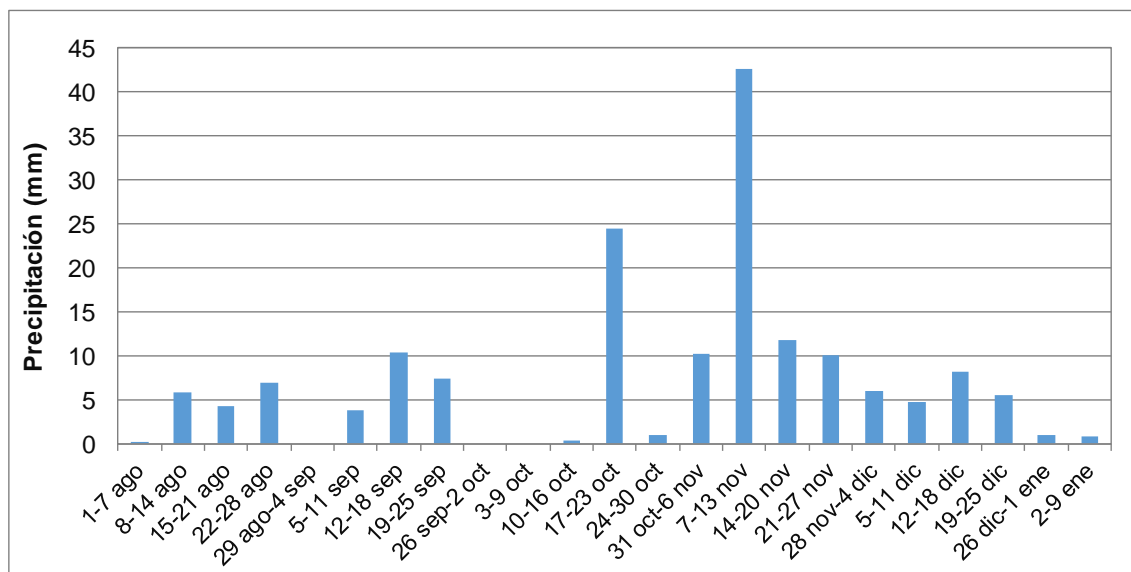


Figura 4. Precipitaciones en Cadreita durante el ciclo de cultivo

5. RESULTADOS

5.1 Desarrollo de las plantas

Desde el principio de la plantación visualmente se observaron algunas pequeñas diferencias de desarrollo vegetativo entre tratamientos, ligeramente superior en los que recibieron como aporte en fondo pellet de gallinaza que en los que sólo se aplicó P y K. Dentro de los dos tipos de tratamientos, con o sin aporte de abono orgánico, las diferencias en función del abono mineral aportado en cobertera también fueron pequeñas.



Figura 5. Vista general ensayo a fecha 8 de octubre (a 46 días tras la plantación).

No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas ($p=0.681$) en el porcentaje de plantas arraigadas (Fig. 6).

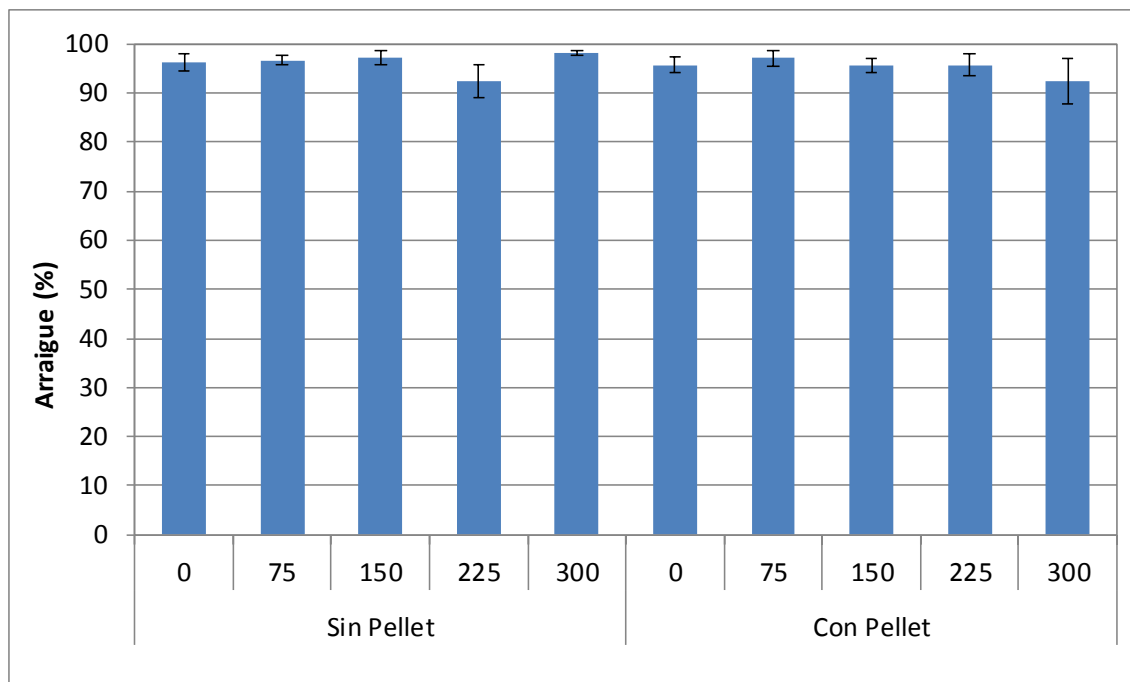


Figura 6. Arraigado (%) en las diferentes estrategias de fertilización ensayadas

A fechas 27 de septiembre y 17 de octubre se realizó una medida de la altura alcanzada por las plantas, como indicador del desarrollo vegetativo. Las diferencias entre las estrategias de fertilización en este parámetro son pequeñas. No obstante, las menores alturas corresponden a los tratamientos sin aplicación de pellet (Fig. 7).

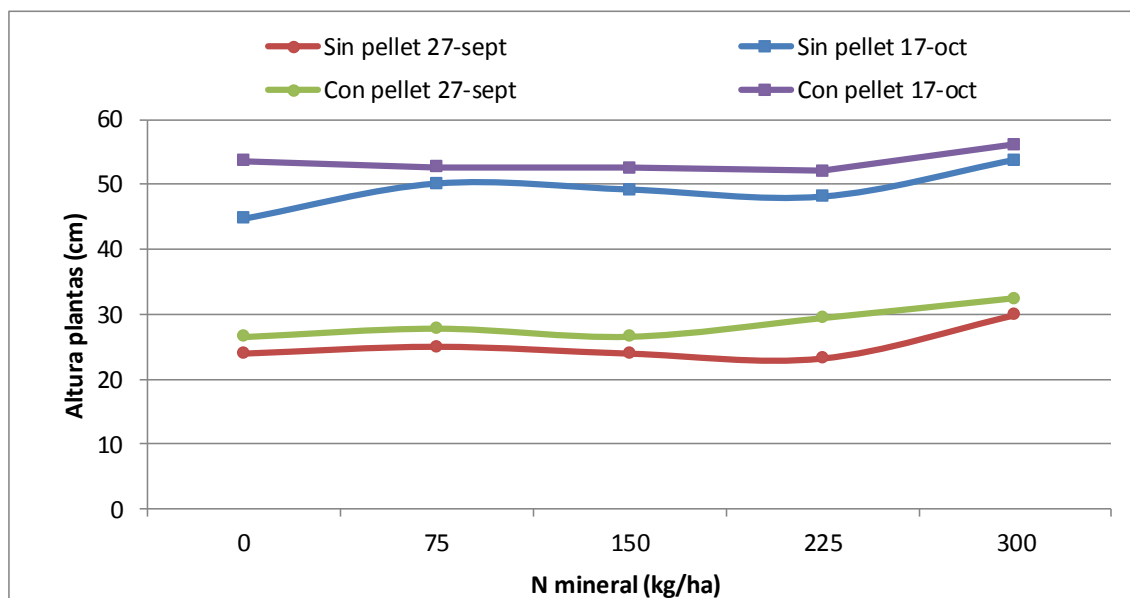


Figura 7. Altura alcanzada por las plantas de brócoli en las diferentes estrategias de fertilización a los 35 y 55 días de la plantación

La mayor altura de las plantas se alcanzó con la aplicación de pellet y con la mayor dosis de nitrógeno aplicada (300 kg N/ha).

Durante el cultivo, no se han detectado problemas de plagas y enfermedades que hayan podido afectar al desarrollo del mismo. Al final del cultivo se detectó presencia de *Alternaria brassicae* en la inflorescencia

5.3 Producción

El rendimiento del cultivo está condicionado por el número de inflorescencias comerciales y por el peso medio de éstas en recolección y, por tanto, las diferencias entre tratamientos en este importante parámetro agronómico son consecuencia de las diferencias expresadas en los dos caracteres anteriormente citados.

Se han observado diferencias estadísticamente significativas entre las estrategias de fertilización analizadas en el peso medio de las inflorescencias comerciales, pero no en producción comercial ni en el número de inflorescencias comerciales (expresado en porcentaje) (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de producción y sus componentes

Estrategia de fertilización	N mineral (kg/ha)	Producción comercial		Peso medio (g) inflorescencia
		t/ha	%	
T1	0	21,29	93,81	636,1 a
T2	75	22,19	94,29	659,0 ab
T3	150	21,96	92,38	666,5 ab
T4	225	22,07	90,48	683,4 ab
T5	300	23,58	91,90	718,5 ab
T6	0	23,45	91,90	714,2 ab
T7	75	24,04	91,43	735,4 ab
T8	150	23,03	89,05	724,5 ab
T9	225	22,82	89,05	718,5 ab
T10	300	23,62	87,62	756,3 b

Dentro de cada columna letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey ($p < 0.05$)

En el porcentaje de unidades comerciales (Tabla 4 y Fig. 8), no se han encontrado diferencias significativas a nivel estadístico entre aplicación de pellet o no aplicación, ni dentro de cada nivel de este factor entre dosis de fertilización mineral. El porcentaje de inflorescencias comerciales ha sido superior al 85% en todos los tratamientos, correspondiendo el menor valor, un 87,62%, al T10, mayor aporte de nitrógeno mineral (300 kg/ha) con pellet de gallinaza (Tabla 4).

En brócoli el peso medio de la inflorescencia depende del destino, fresco o transformación industrial, principalmente para congelado. A la industria agroalimentaria le interesan inflorescencias de gran tamaño y peso, para aumentar su rendimiento industrial, pero siempre que mantengan los requisitos de calidad adecuados en consistencia y granulometría.

Como se ha comentado anteriormente, en el peso medio de la inflorescencia se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T1 (testigo sin fertilización orgánica y mineral) y T10 (con aporte orgánico y dosis de nitrógeno mineral de 300 kg/ha), a los que han correspondido el menor y mayor peso medio de la inflorescencia, 636,1 gramos y 756,3 gramos, respectivamente. Entre el

resto de tratamientos las diferencias de peso medio de la inflorescencia no han llegado a ser significativas (Tabla 4 y Fig. 9).

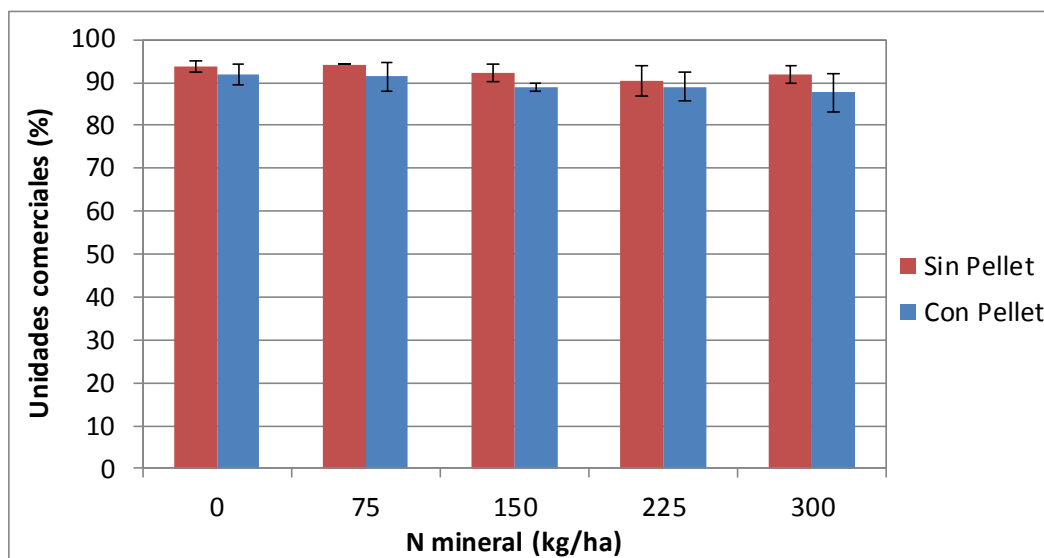


Figura 8. Porcentaje de unidades comerciales en las diferentes estrategias de fertilización ensayadas

En el ensayo, en todos los tratamientos, independientemente de la dosis de fertilización aportada, las inflorescencias alcanzaron un tamaño deseable para industria, aunque mayor en los tratamientos con mayor dosis de nitrógeno aportado, tanto mineral como orgánico (Tablas 4 y 5, Fig. 9 y Fig. 10).

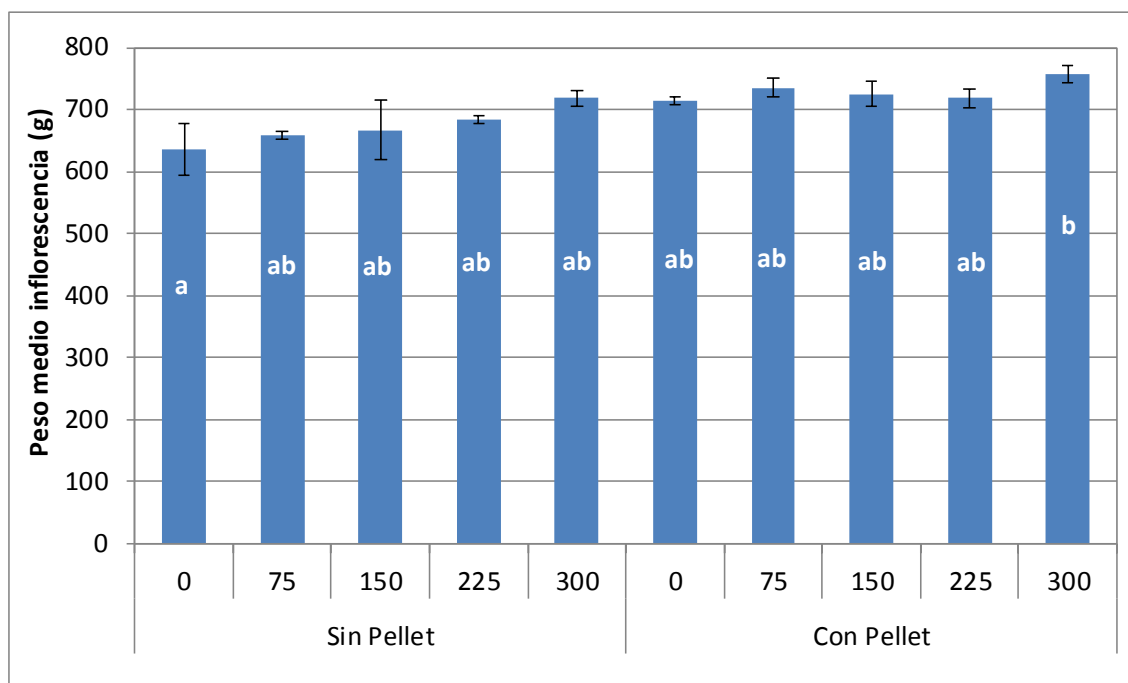


Figura 9. Peso medio de la inflorescencia (g) en las diferentes estrategias de fertilización ensayadas (Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey).

Con fertilización orgánica (Tabla 6 y Fig. 10), el peso medio de la inflorescencia ha superado los 700 gramos en todos los tratamientos. No obstante, el menor valor ha correspondido al tratamiento T6, sin aporte de nitrógeno mineral, 714,2 gramos. Por el contrario, el mayor peso medio de 756,3 gramos se ha alcanzado en el tratamiento T10, con un aporte mineral de 300 kg N/ha.

Tabla 5. Resultados de producción en función de la dosis de abono mineral sin fertilización orgánica a base de Pellet de Gallinaza

Tratamiento Sin Pellet	Abono mineral (Kg N/ha)	Producción comercial		Peso medio (g) inflorescencia
		t/ha	%	
T1	0	21,29	93,81	636,1
T2	75	22,19	94,29	659,0
T3	150	21,96	92,38	666,5
T4	225	22,07	90,48	683,4
T5	300	23,58	91,90	718,5

Tabla 6. Resultados de producción en función de la dosis de abono mineral con fertilización orgánica a base de Pellet de Gallinaza

Tratamiento Con Pellet	Abono mineral (Kg N/ha)	Producción comercial		Peso medio (g) inflorescencia
		t/ha	%	
T6	0	23,45	91,90	714,2
T7	75	24,04	91,43	735,4
T8	150	23,03	89,05	724,5
T9	225	22,82	89,05	718,5
T10	300	23,62	87,62	756,3

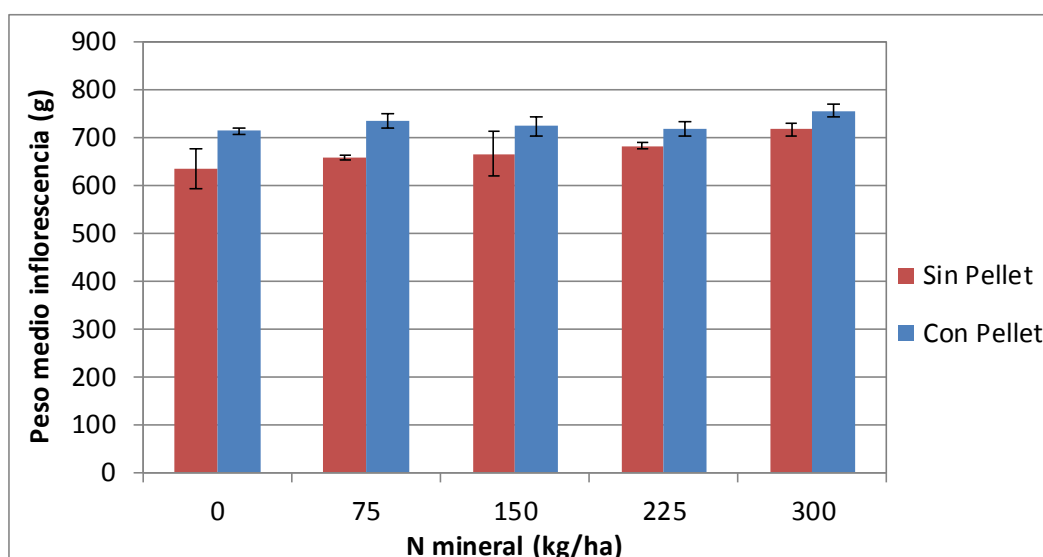


Figura 10. Peso medio de la inflorescencia (g) en las diferentes estrategias de fertilización ensayadas

En producción comercial, condicionada por el número de inflorescencias comerciales y su peso medio, las diferencias encontradas entre tratamientos (Fig. 11) no han llegado a ser significativas a nivel estadístico.

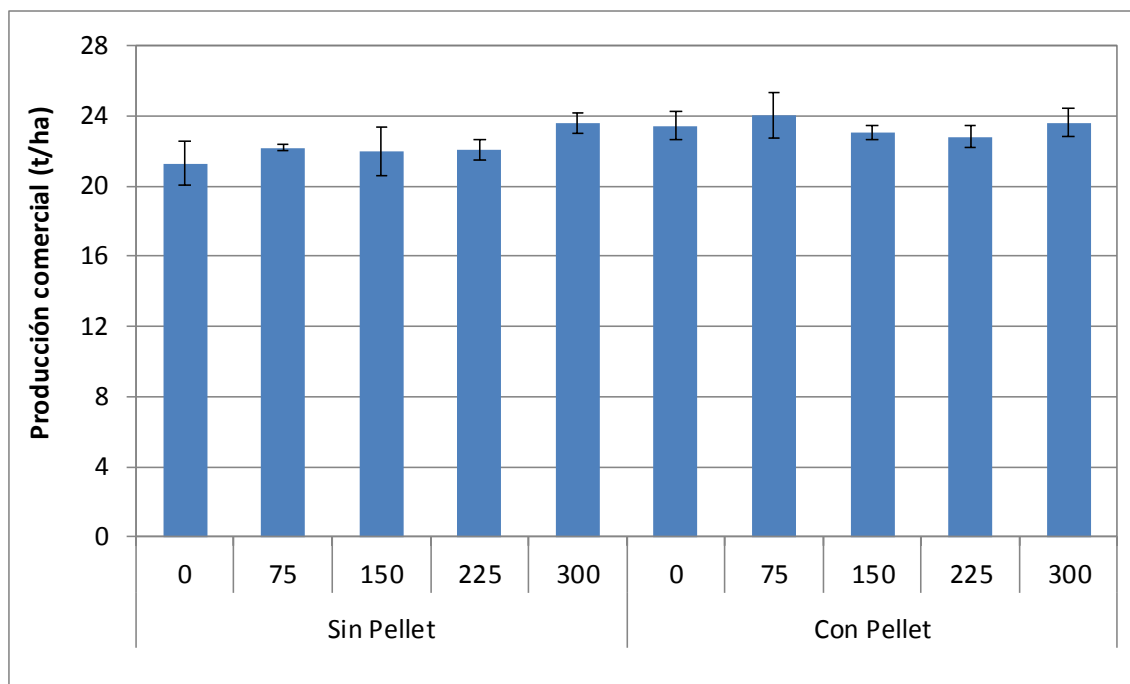


Figura 11. Producción comercial (t/ha) en las diferentes estrategias de fertilización ensayadas

Las mayores producciones, cercanas o superiores a 23 t/ha, se han alcanzado en los tratamientos con aporte de pellet en fondo y en el tratamiento T5 (Sin pellet + 300 kg N mineral/ha). La menor producción, 21,29 t/ha, ha correspondido al tratamiento T1, sin fertilización orgánica ni nitrógeno mineral.

En la figura 12 se puede ver dentro del tipo de fertilización orgánica (con aporte o sin aporte), las diferencias encontradas en función de la dosis de nitrógeno mineral. Tanto con pellet de gallinaza como en el caso de no aporte de fertilización orgánica la mayor producción se ha obtenido con la dosis de nitrógeno mineral de 300 kg/ha. Aunque no ha habido diferencias significativas de producción entre tratamientos, sin aporte de pellet orgánico se observa un incremento de la producción de la dosis más baja (0 kg N mineral/ha) a la más alta (300 kg N mineral/ha) de un 10,74%. Con la aportación de pellet este incremento ha sido del 0,73%.

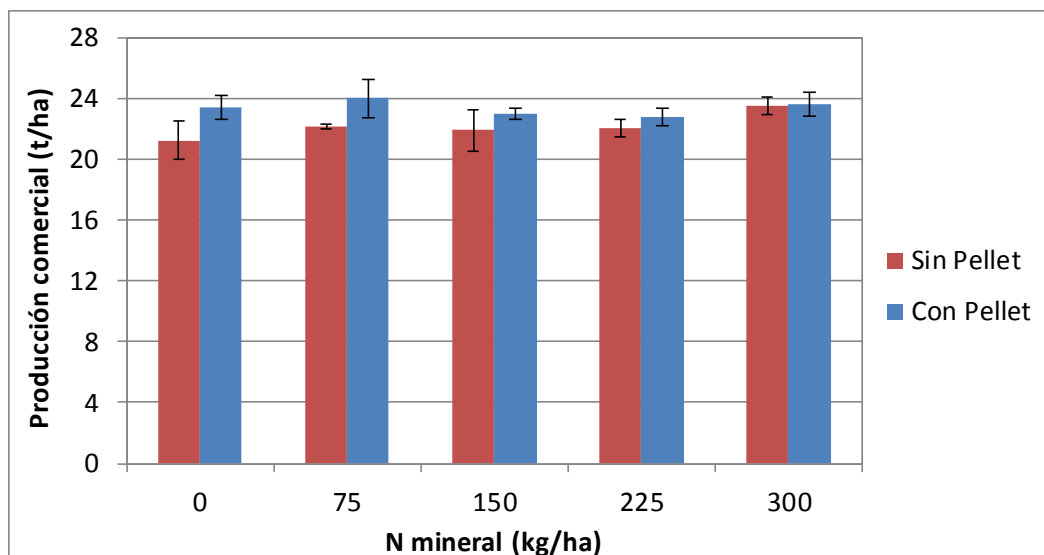


Figura 12. Producción comercial (t/ha) en las diferentes estrategias de fertilización ensayadas

En los parámetros relacionados con la producción (Tabla 7) se observa una influencia de la fertilización orgánica aplicada al cultivo del brócoli, aumentado el peso medio de la inflorescencia (+8,49%) y la producción comercial (+5,27%).

Tabla 7. Resultados de producción en función de la fertilización orgánica (media de los tratamientos de fertilización mineral)

Fertilización orgánica	Producción comercial		Peso medio (g) inflorescencia
	t/ha	%	
Sin Pellet	22,22	92,57	672,7
Con pellet	23,39	89,81	729,8

El aumento de nitrógeno mineral desde 0 a 300 kg/ha ha contribuido a un aumento de la producción comercial en un 5,5% y un 9,21% en el peso medio de la inflorescencia. No obstante, no se observa un incremento lineal de producción al aumentar la dosis de nitrógeno (Tabla 8). El Nmineral disponible presente en el suelo al inicio del ensayo explica en gran medida los resultados obtenidos, ya que al ser un valor elevado junto con la mineralización de la materia orgánica presente en el suelo ha hecho posible obtener unos rendimientos buenos incluso si aporte de ningún tipo de fertilización.

Tabla 8. Resultados de producción en función de la fertilización mineral (media de los tratamientos de fertilización orgánica para cada dosis de N mineral)

Nitrógeno mineral	Producción comercial		Peso medio (g) inflorescencia
	t/ha	%	
0	22,37	92,86	675,17
75	23,11	92,86	697,21
150	22,49	90,71	695,52
225	22,44	89,76	700,97
300	23,60	89,76	737,40

5.3 Calendario de recolección

Como se ha comentado anteriormente, la recolección es escalonada en varios pases. La recolección se inició el 21 de diciembre, a los 90 días de la plantación, y finalizó el 9 de enero (Tabla 9).

La recolección se ha realizado en cuatro a siete pases, con un periodo de recolección (considerado como los días desde inicio hasta fin de recolección) de 22 a 42 días (Tabla 9).

Tabla 9. Calendario de producción

Estrategia fertilización	Porcentaje inflorescencias comerciales por pase								Días ciclo	Nº rec	Días rec
	Noviembre		Diciembre				Enero				
	21	28	5	12	19	27	3	9			
T1-Sin P+0		6	23	12	23	18	8	10	97	7	42
T2-Sin P+75		14	23	16	35	13			97	5	29
T3- Sin P+150		9	32	6	22	18	8	5	97	7	42
T4- Sin P+225			20	27	38	15			104	4	22
T5- Sin P+300	5	19	47	11	18				90	5	28
T6- Con P+0	19	21	30	10	15	5			90	6	36
T7- Con P+75	15	30	26	4	18	7			90	6	36
T8- Con P+150		12	26	28	19	15			97	5	29
T9- Con P+225	8	27	28	15	22				90	5	28
T10- Con P+300	16	28	25	8	16	7			90	6	36

La precocidad la marca la fecha de recolección, y en caso de iniciarse la recolección el mismo día, el porcentaje de unidades comerciales recogidas en la primera fecha de recolección.

En general, se observa una mayor precocidad con la aplicación de fertilización orgánica.

5.4 Coeficiente de equivalencia del nitrógeno

Se calculó para el pellet de gallinaza de 2018 y de 2019 las unidades fertilizantes de N aplicadas con urea a las que equivale el N total aplicado con cada pellet. A este valor le denominaremos coeficiente de equivalencia del N del abono orgánico. Para ello, se tomó el dato de producción total de brócoli obtenido con el pellet de gallinaza, sin la aportación de nitrógeno mineral, y se introdujo en la ecuación de segundo grado que relaciona el rendimiento y la dosis de nitrógeno mineral aportado (Figuras 13 y 14). El valor obtenido de esta manera se compara con las unidades fertilizantes de nitrógeno aportadas con el residuo orgánico (250 UFN), y así se obtiene el coeficiente de equivalencia del nitrógeno (Tabla 10).

Con el pellet de gallinaza de 2018 se obtuvo un coeficiente de equivalencia del nitrógeno de 65%. Esto significa que de cada 100 kg de N/ha aplicados con ese pellet, en el año están disponibles para el cultivo 65 kg de N/ha. En 2019 el contenido en nitrógeno mineral del suelo fue muy alto (168 kg de N/ha), por lo que no hubo una respuesta progresiva de la producción a dosis crecientes de nitrógeno. Eso impidió

calcular el coeficiente de equivalencia del nitrógeno ese año. Aún así se observa que el rendimiento es de media 2,03 t/ha mayor en los tratamientos con pellet a los de sin abono orgánico.

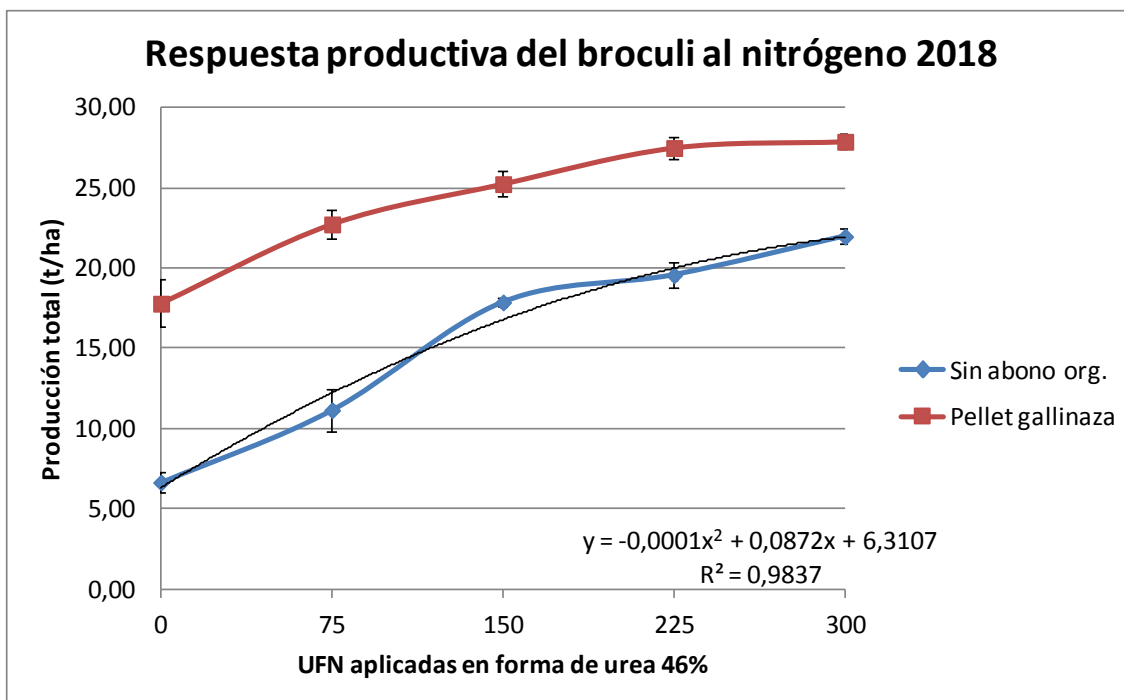


Figura 13. Comparación del efecto en la producción total de bróculi (t/ha) entre la aplicación de pellet de gallinaza en 2018 con dosis crecientes de nitrógeno mineral (kg N/ha), con la aplicación exclusiva de dosis crecientes de nitrógeno mineral en forma de urea 46%.

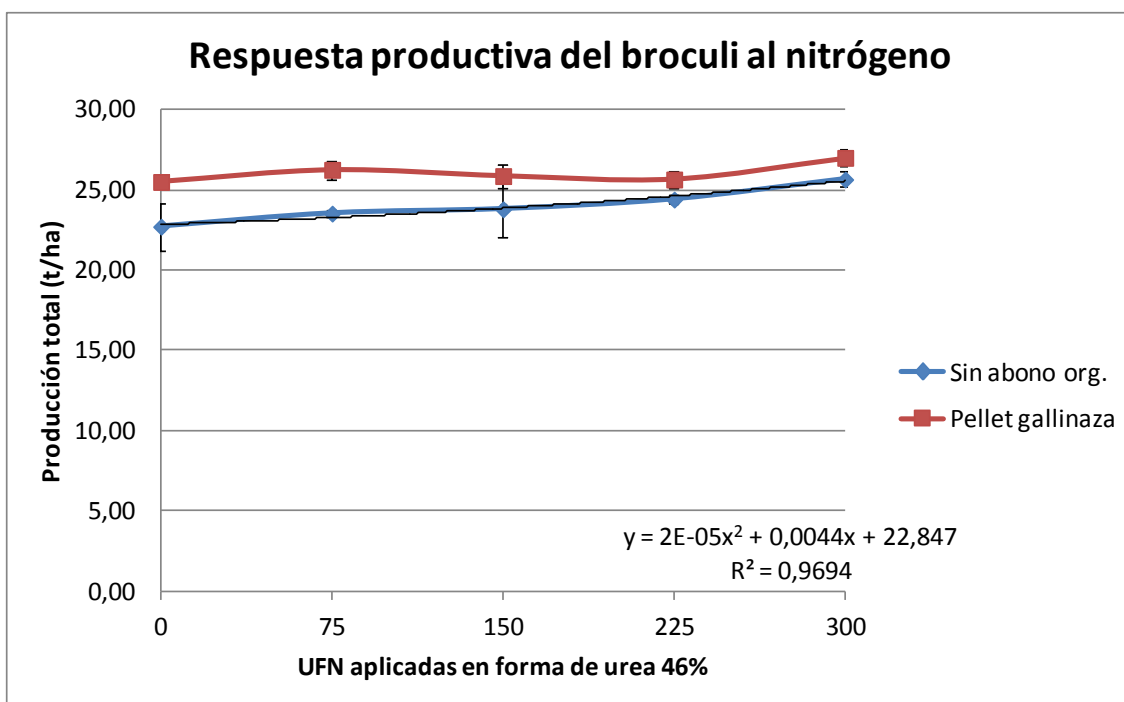


Figura 14. Comparación del efecto en la producción total de brócoli (t/ha) entre la aplicación de pellet de gallinaza en 2019 con dosis crecientes de nitrógeno mineral (kg N/ha), con la aplicación exclusiva de dosis crecientes de nitrógeno mineral en forma de urea 46%.

Tabla 10. Coeficientes de equivalencia del nitrógeno

Abono orgánico	Coeficiente equivalencia N (%)
Pellet gallinaza 2018	65
Pellet gallinaza 2019	-

6. CONCLUSIONES

El aporte de fertilización orgánica, a base de pellet de gallinaza, al cultivo del brócoli respecto a un brócoli sin este tipo de fertilización ha implicado aumentar el peso en recolección de las inflorescencias comerciales y el rendimiento, aunque no el número de inflorescencias comerciales. No obstante, las diferencias encontradas no han sido estadísticamente significativas.

Independientemente del tipo de fertilización orgánica (con aporte o sin aporte) el incremento de la dosis de nitrógeno mineral también se ha traducido en un mayor peso medio de las inflorescencias comerciales y de la producción comercial, aunque no de forma estadísticamente significativa.

Se observa una ligera mayor precocidad en recolección con aporte de fertilización orgánica, e independientemente del aporte o no de fertilización orgánica con el incremento de la dosis de nitrógeno mineral.

El coeficiente de equivalencia del nitrógeno del pellet de gallinaza de 2018 fue del 65%. Con el pellet de gallinaza de 2019 se obtuvo de media 2,03 t/ha más que en los tratamientos sin abono orgánico.

Referencias

Gobierno de Navarra. <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/155322B0-77B6-4221-88C8-0A3FF78D2770/0/NormativaCruciferas.pdf>