



Unión Europea

Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural

Europa invierte en las zonas rurales

Gobierno
de Navarra



Nafarroako
Gobernua



IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD, TRAZABILIDAD Y DIFERENCIACIÓN DE LAS PRODUCCIONES DE CEBADA Y MAÍZ (MECACEM)

Informe resultados de la Monitorización de parámetros de calidad de cebada y maíz

Entidades participantes



*Agrícola
San Isidro en
Carcastillo
S. Coop.*



Este proyecto se enmarca en el Programa de Desarrollo Rural de Navarra 2014-2020 y está financiado por la Unión Europea a través de los fondos FEADER en un 65% y por el Gobierno de Navarra en un 35%.



Unión Europea

Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural

Europa invierte en las zonas rurales

**Gobierno
de Navarra**



**Nafarroako
Gobernua**





ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	iError! Marcador no definido.
2.	ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN	4
2.1.	Difusión a través de la web y redes sociales .	iError! Marcador no definido.
2.2.	Creación de logo identificativo	iError! Marcador no definido.
2.3.	Paneles informativos	7
2.4.	Jornadas de divulgación de resultados en Cooperativas.....	iError! Marcador no definido.
2.5.	Jornada demostrativa	iError! Marcador no definido.
2.6.	Noticias	iError! Marcador no definido.
	ANEXO I	iError! Marcador no definido.



1- CEBADA MALTERA (predicción de la proteína en grano verde)

Se trata de un experimento novedoso ya que lo habitual es determinar la proteína con el grano seco, en el momento de la cosecha. No hay datos previos ni equipamiento probado para hacerlo con el grano verde.

Objetivo doble:

- Estimar la carga de trabajo si se quisiera implementar con los medios disponibles.
- Evaluar la fiabilidad que tendría el equipo Infratec NIR de FOSS para predecir la proteína de la cebada maltera en estados precoces.

El experimento se realizó en 2 campañas (2023 y 2024), en 27 parcelas de agricultor y microparcelas (se descartaron 8 por un fallo en un equipo), en 6 localidades (Murillo el Fruto, Mélida, Carcastillo, Ujué, Pueyo, Barásoain) y en 3 momentos de muestreo (aproximados):

- 15 de mayo (40-50% de humedad en grano) M1
- 30 de mayo (20-30% de humedad en grano) M2
- 15 de junio (10-20% de humedad en grano) M3

Los equipos Infratec utilizados fueron los que disponen las Cooperativas de Valdorba y Carcastillo.

1.1. Puesta a punto del método

a) Cosecha de las espigas:

Para cada muestra el Infratec necesita grano de unas 300-400 espigas (0,5 m2 aprox).

Es necesario que los muestreos se hagan siempre en la misma zona.

Tiempo estimado para una persona: 10 minutos/muestra.

Tiempo estimado de desplazamiento: según ubicación de las parcelas.

Material: cubo y tijeras.



b) Desgranado (Figura 1):

Se tuvo que realizar manualmente ya que no hay equipos mecánicos que desgranen la cebada en verde.

Es la fase más costosa. Y más complicado cuanto más humedad tiene el grano por la dificultad de separar el grano del raquis y de la arista.

Tiempo estimado para una persona: 90 minutos/muestra (algo menos en M3).

Hay que tener en cuenta también las fechas que son para organizarse. Son momentos en los que suele haber mucha actividad en las cooperativas ya que se está preparando la campaña de cosecha.

c) Análisis con Infratec (Figura 1):

Este equipo está calibrado para determinar la proteína en el grano seco, y era una incógnita el comportamiento con el grano verde. Una vez que se obtuvo la muestra en verde y se realizó la medición, el equipo fue capaz de dar un valor de proteína incluso en grano con más del 50% de humedad.

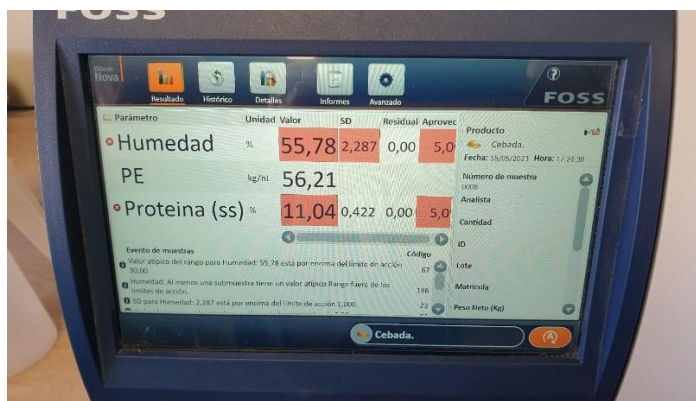


Figura 1: Imagen del desgranado de la cebada en la Cooperativa Valdorba en el momento M1, el aspecto de la muestra y los valores del Infratec.

1.2. Análisis del nitrógeno en laboratorio acreditado

Posteriormente al paso por el Infratec, las mismas muestras (Figura 2 y 3) se secaron en estufa a 70°C hasta humedad constante en las instalaciones de la UPNA, se molieron, y se llevaron al laboratorio AGROLAB para determinar la humedad y el porcentaje de nitrógeno (%N) (directamente relacionado con el valor de proteína) mediante el método Kjeldahl.

Los resultados se utilizaron como referencia y se correlacionaron con los obtenidos por el Infratec.



Figura 2: Muestras etiquetadas para su análisis en laboratorio.

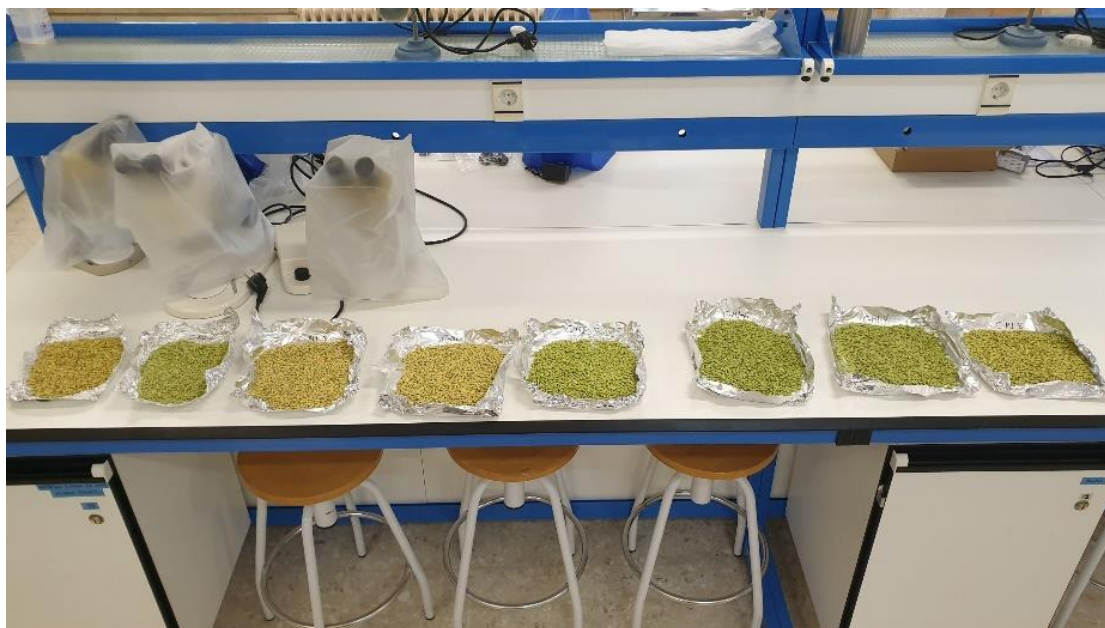


Figura 3: Muestras preparadas para introducir en la estufa.



1.3. Predicción del % de proteína en estados tempranos, mediante Infratec:

En la Figura 4 se observa que la estimación del % de proteína por Infratec va mejorando conforme avanza el ciclo de la cebada y va perdiendo humedad el grano. En M1 el equipo sólo es capaz de estimar el 24% de la variabilidad, en M2 el 63% y en M3 ya se llega a un 80%. Estos resultados no sorprenden ya que el equipo está calibrado para grano seco y si se pretendiese calibrarlo para grano húmedo serían necesarias muchas más muestras. En nuestro caso, debido a lo laborioso y el tiempo que se utiliza para el desgranado manual, se pudieron analizar 19 muestras para cada momento de muestreo y eso puede dar una idea del comportamiento del equipo, pero no es suficiente para una nueva calibración.

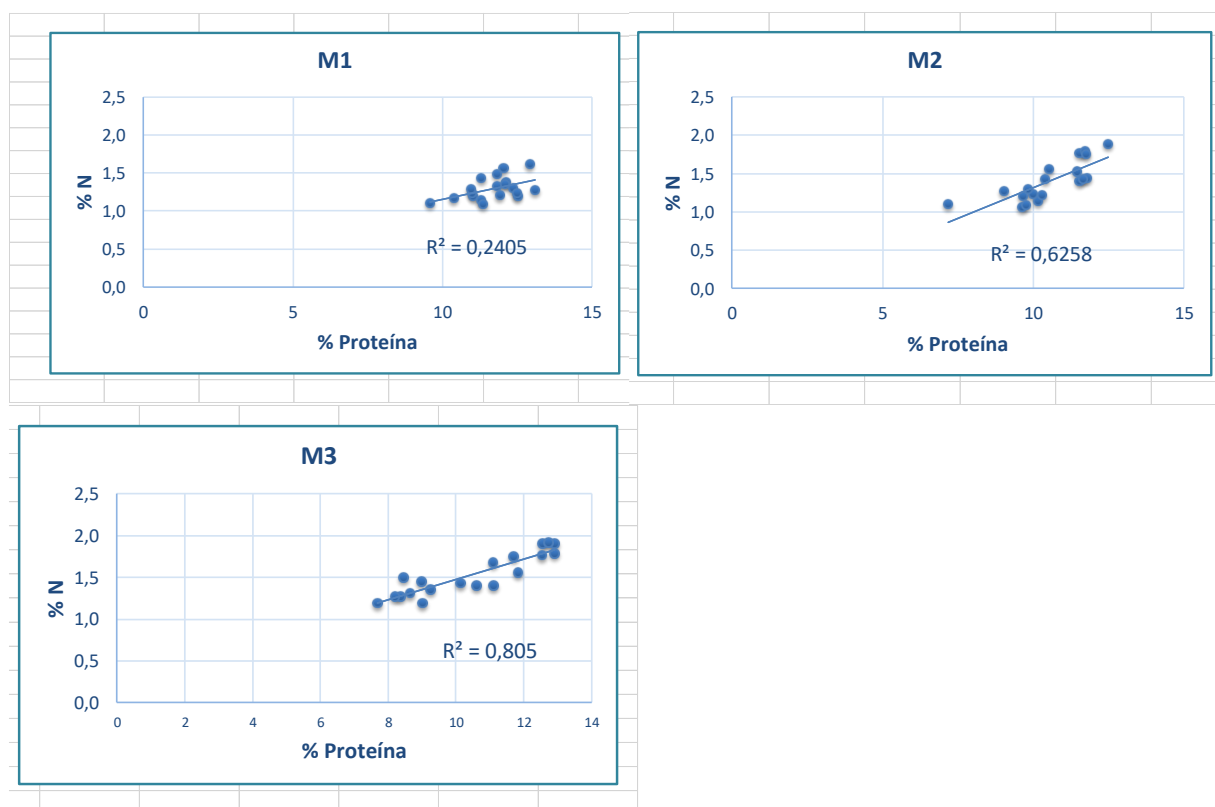


Figura 4: Correlación entre el % de proteína determinado por Infratec y el % de nitrógeno en grano determinado en laboratorio mediante Kjeldahl, para cada uno de los momentos de muestreo.



Lo ideal hubiera sido que el modelo de calibración interna del Infratec hubiera estimado correctamente el %N en cada momento, pero no fue así. Aun así, a pesar de que las correlaciones en los momentos más interesantes (M1 y M2) fueron bajas con la calibración actual de Infratec y no se tuvieron datos suficientes para crear otro modelo de calibración para grano húmedo, se propuso analizar los datos de otro modo tratando de encontrar una aplicación práctica.

La premisa que utilizaremos es que, a la hora de establecer lotes de calidad en las cooperativas, se trabaja con rangos y no tanto con valores exactos. Los contratos de la industria maltera establece como ideal un valor de proteína de 9,5% a 11,5%. Ello permitiría establecer lotes de menos de 9,5%, de 9,5% a 11,5%, y de más de 11,5%. Es decir, una desviación de 1-2% de proteína en M1 ó M2 se podría considerar tolerable para poder predecir con 15-30 días de antelación los lotes altos y bajos de proteína.

Se determinó el error cometido en la predicción de M1 y de M2, tomando como referencia el valor de M3 (valor cercano a cosecha). En la Tabla 1 se muestran los resultados de este cálculo. Los primeros datos de Carcastillo (año 2023) no se consideraron fiables debido a que el equipo utilizado era Sofia (modelo de Foss inferior a Infratec) y dio algunos errores que propiciaron la pérdida de datos. Posteriormente Carcastillo adquirió un Infratec en 2024 y ya no hubo problemas.



	M1		M2		M3
Carcastillo	15	-5			10
Carcastillo	13				
Carcastillo	15	-3			12
Carcastillo	15	-4			11
Carcastillo	16	-6			10
Carcastillo	15	-3			12
Carcastillo	15	-6			9
Carcastillo	15	0			15
Valdorba	11	-2	12	-3	9
Valdorba	10	+1	10	+1	11
Valdorba	11	+1	12	0	12
Valdorba	12	+1	12	+1	13
Valdorba	12	-1	12	-1	11
Valdorba	12	+1	11	+2	13
Carcastillo	12	-1	12	-1	12
Carcastillo	12	1	12	1	13
Carcastillo	13	-1	11	2	13
Carcastillo	13	0	12	1	13
Carcastillo	13	-1	10	1	11
Carcastillo	11	-2	9	0	9
Carcastillo	11	-2	10	-1	9
Carcastillo	10	-1	7	1	8
Valdorba	11	-3	10	-1	9
Valdorba	12	-2	10	0	10
Valdorba	12	-5	10	-2	8
Valdorba	11	-3	10	-2	8
Valdorba	12	-4	10	-2	8

Tabla 1: % de proteína estimado por Infratec en cada uno de los ensayos en M1 y M2, y su diferencia respecto al valor de referencia obtenido en M3 (los datos de Carcastillo que faltan se debieron a una avería en el equipo).



En la Tabla 1 se observa que, en general, las desviaciones de los datos estimados en M1 y M2 oscilan entre 1 y 2 puntos respecto al dato de cosecha (M3), excepto en Valdorba en 2024, que en M1 los errores se incrementan hasta 3, 4 y 5 puntos. Esto se puede deber a que en 2024 en Valdorba, la climatología propició un excelente llenado del grano (periodo posterior al muestreo M1) y ello modificó la cantidad de materia seca sintetizada en el grano, y por consiguiente el % de proteína. Este hecho vino a indicar que en un secano fresco el momento M1 (en torno al 15 de mayo) puede ser excesivamente temprano para estimar la proteína de la cebada en cosecha. Sin embargo, la estimación de la proteína en el momento M2 para este mismo caso, ya da un error de 1 a 2 puntos, indicando que el Infratec, con la calibración actual, es capaz de estimar en M2 (30 de mayo) el % de proteína en cosecha con un error de 2 puntos porcentuales. Ahora son los gestores de las cooperativas quienes tienen que decidir si estos errores son asumibles para establecer lotes de "alta" y "baja" proteína, y hacen rentable el esfuerzo para muestrear y desgranar manualmente las muestras en húmedo. Un equipo de desgranado mecánico en verde facilitaría aumentar el número de muestras analizadas, pero no se conocen equipos comerciales.

2. MAÍZ GRANO (influencia de factores agronómicos en el contenido de micotoxina DON)

El contenido de micotoxina Deoxinivalenol (DON) en grano de maíz ha pasado a tener una relevancia en los últimos años. De hecho, el reglamento oficial indica que se tolera un valor máximo de 1750 µg/kg y 12000 µg/kg DON para el caso de maíz para consumo humano y animal, respectivamente. Por ello conviene conocer cómo influyen en la concentración de DON, aquellos factores agronómicos que los agricultores pueden controlar (variedad de maíz, cultivo precedente), así como los incontrolables (climatología de la campaña), y otros que también tienen relevancia como la variabilidad del contenido de DON entre parcelas, dentro de cada parcela e incluso dentro de una muestra.

Para ello se muestrearon 72 parcelas de agricultor durante las campañas 2023 y 2024, repartidas en 7 localidades de 2 zonas de cultivo diferentes (Zona geográfica 1: Miranda de Arga, Larraga, Artajona y Mendigorriá; y Zona geográfica 2: Carcastillo, Murillo el Fruto, Mérida).



Los criterios para la elección de las parcelas se basaron en el Factor de Riesgo, que es una combinación de:

- Variedad: Tolerante – Sensible
- Precedente: Bueno – Malo (maíz, trigo)

De tal forma los niveles de riesgo quedaron establecidos de la siguiente forma:

- Nivel 1: riesgo bajo. Precedente bueno y variedad tolerante.
- Nivel 2: riesgo medio-bajo. Precedente bueno y variedad sensible.
- Nivel 3: riesgo medio-alto. Precedente malo y variedad tolerante.
- Nivel 4: riesgo alto. Precedente malo y variedad sensible.

En cada parcela se realizaron muestreos de mazorcas en 3 momentos próximos a recolección:

- M1 3 semanas antes de cosecha
- M2 2 semanas antes de cosecha
- M3 1 semana antes de cosecha

En cada momento y parcela, se tomaron 3 puntos de muestreo (izquierda, centro, derecha) para poder estimar la variabilidad intra-parcela.

Las muestras se analizaron en los equipos MycoFoss de las cooperativas de Artajona y Carcastillo para determinar la concentración de DON.

También se realizaron unas pruebas para evaluar la variabilidad intra-muestra, y se compararon con analíticas de DON en el laboratorio de NASERTIC.

2.1. Efecto de la Campaña en la concentración de DON en el grano, en el momento de cosecha

Según se observa en la Figura 5, independientemente de la Zona geográfica, la concentración de micotoxina DON en el grano de maíz fue significativamente mayor en la campaña 2024, respecto a la de 2023. Es decir, aunque sólo se han analizado 2 campañas, se ha podido constatar el efecto significativo que tienen las condiciones climáticas que se incluyen dentro del factor Campaña y que se dan durante el ciclo del maíz. Este hecho tiene una especial relevancia ya que el factor Campaña es un factor incontrolable por parte del agricultor.

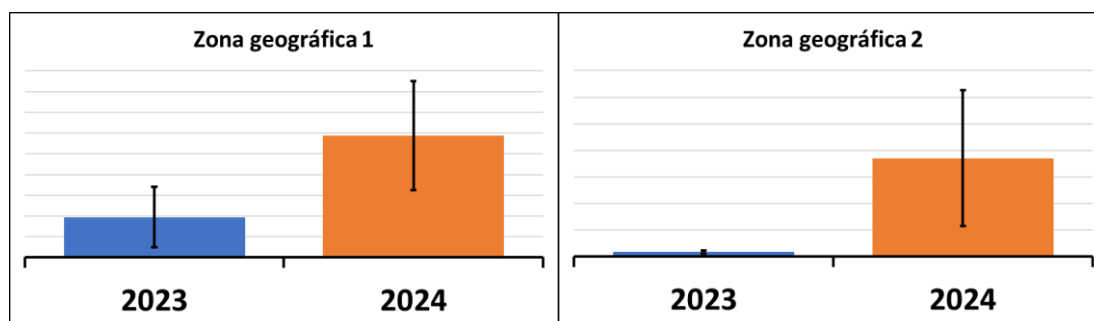


Figura 5: Influencia del factor Campaña en el contenido de micotoxina DON en cosecha, para cada Zona geográfica.

Al ser factores independientes la Zona geográfica y la Campaña, podemos juntar las Zonas geográficas para concluir de forma más general lo comentado en el párrafo anterior y que se muestra en la Figura 6. La Campaña (climatología) ha tenido un efecto significativo sobre la concentración de micotoxinas en el grano de maíz, aunque la variabilidad entre fincas es muy alta, según se muestra por el tamaño de las barras de error (desviación de la media).

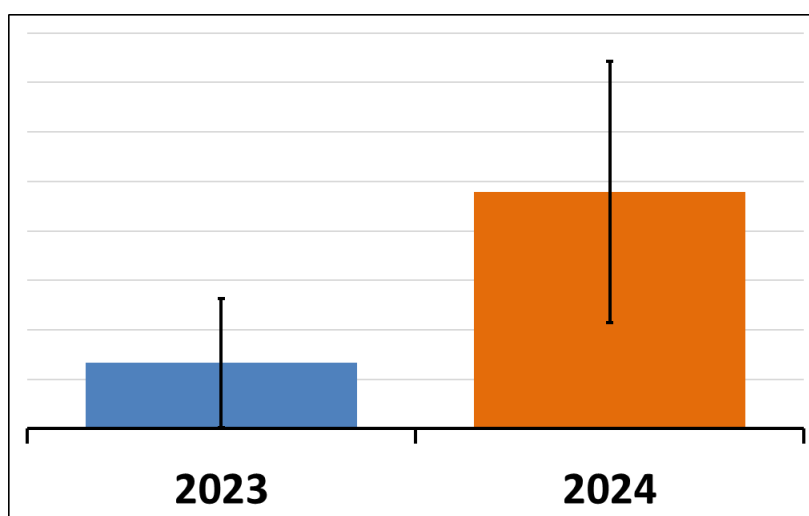


Figura 6: Influencia del factor Campaña en el contenido de micotoxina DON en cosecha, juntando ambas Zonas geográficas.

2.2. Efecto del Factor de Riesgo en la concentración de DON en el grano, en el momento de cosecha

Juntando los datos obtenidos en ambas Zonas geográficas no se puede concluir nada claro en cuanto al Factor Riesgo (Figura 7). Recordemos que el nivel 1 fue definido como el riesgo más bajo (variedad tolerante y precedente bueno), y que el nivel 4 fue definido para aquellas parcelas con riesgo más alto (variedad sensible y precedente malo).

Realmente con los ensayos y muestreos realizados se esperaba conseguir explicar mejor el riesgo que conlleva sembrar maíz bajo unas premisas de más probabilidades de DON en cosecha, pero no fue así. Según se observa en la Figura 7, únicamente en la campaña 2023 se observó una tendencia a aumentar la concentración de DON cuando el Factor de Riesgo era mayor, pero la variabilidad tan alta de los datos (barras de error) enmascara un resultado más claro. Lo mismo puede ocurrir para el caso de la campaña 2024.

Sin embargo, conviene indicar que en diversos estudios de INTIA se constata la influencia del factor variedad en el contenido de micotoxinas en grano, y también existen numerosos trabajos publicados (Dill-Macky et al., 2000; Schaafsma et al., 2005; Maiorano et al., 2008) que concluyen que el control de los residuos de trigo y maíz es crucial para controlar los niveles de DON en los cultivos siguientes.

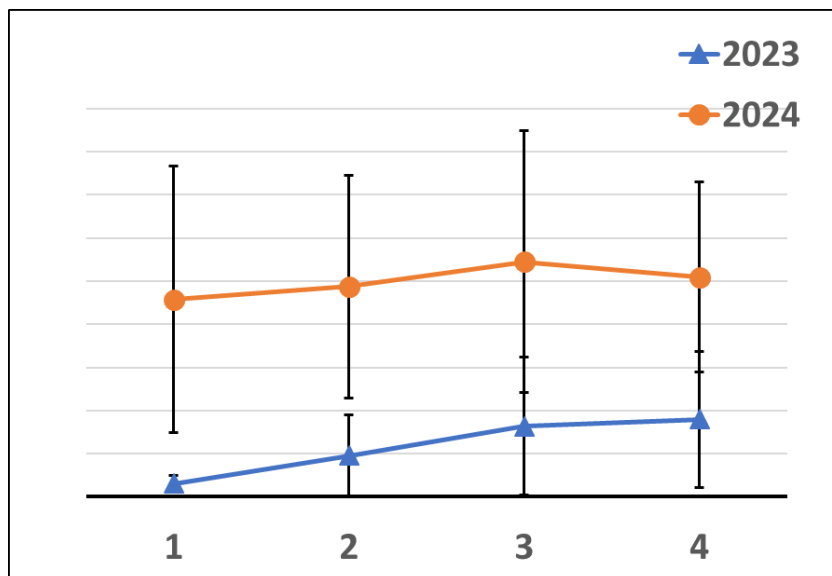


Figura 7: Influencia del Factor de Riesgo en el contenido de micotoxina DON en cosecha, juntando ambas Zonas geográficas.

2.3. Efecto del Momento de muestreo en la concentración de DON en el grano.

En la Figura 8 se observa, independientemente de la Campaña, una tendencia a aumentar la concentración de micotoxinas DON en grano, conforme se acerca y se avanza en la recolección.

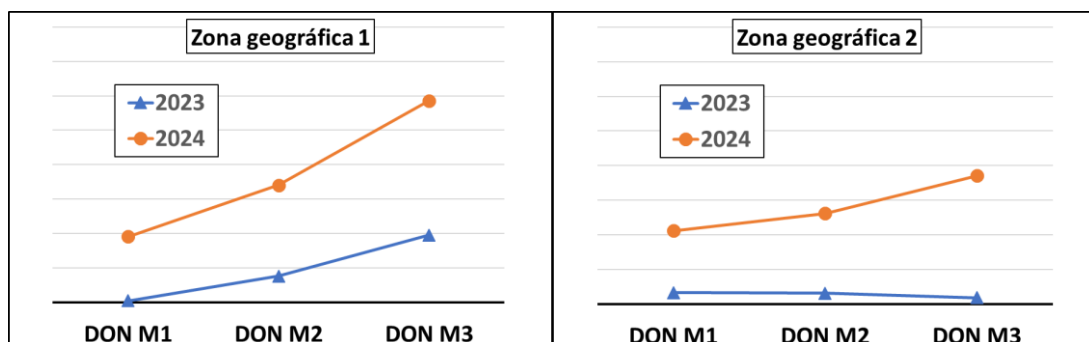


Figura 8: Influencia del Momento de muestreo en el contenido de micotoxina DON en cosecha, para cada Zona geográfica.

Si juntamos los datos de ambas Zonas geográficas (Figura 9) se observa cómo aumenta la concentración de DON en grano conforme se retrasa el muestreo, indicando que una cosecha más temprana dará lugar a concentraciones más bajas de DON en el grano, respecto a una cosecha más tardía.

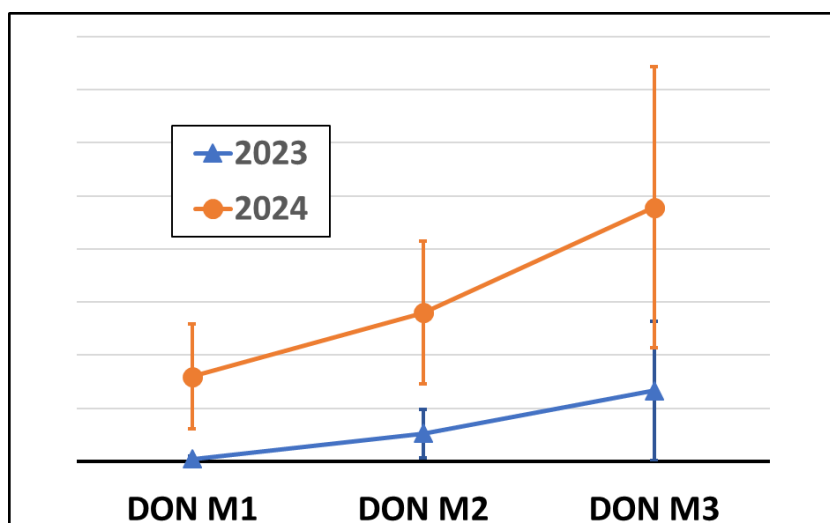


Figura 9: Influencia del Momento de muestreo en el contenido de micotoxina DON en cosecha, juntando ambas Zonas geográficas.

2.4. Estimación de la variabilidad intra-parcela en la concentración de DON.

En cada parcela se recogieron 3 submuestras (izquierda, centro, derecha). Las parcelas se dividieron en varios grupos según su concentración de DON (altos, medios, bajos). Se calculó la media de las 3 submuestras para cada muestreo realizado, la desviación de la media y el coeficiente de variación (CV).

El resultado fue que, para cada momento de muestreo, el valor medio del CV osciló entre el 40% y el 50%.

Por tanto, la variabilidad de DON intra-parcela se estimó como en un 40-50%. Este dato tan elevado coincide con lo comentado en los apartados anteriores y enmascara el efecto de los factores que se han estudiado.



2.5. Estimación de la variabilidad intra-muestra en la concentración de DON.

Se tomó 1 bolsa de 2kg de grano de maíz de cada Cooperativa, se mezcló, tomaron 3 submuestras a modo de repetición y se analizaron en el MycoFoss. A continuación, esa misma muestra se llevó al laboratorio de NASERTIC para la determinación de concentración de DON.

En la Tabla 2 se muestran los resultados en cada caso. Se observan diferencias significativas entre los resultados de MycoFoss y los de NASERTIC, pero hay que indicar que todos están dentro del mismo rango de concentraciones.

Ensayo	Humedad grano	Peso espec	DON (ppb)	MEDIA DON ppb	Desviación
Laboratorio	16,3	73	107	89	16
Laboratorio			80		
Laboratorio			80		
Mycofoss	16,3	73	546	543	16
Mycofoss	16,3	73	557		
Mycofoss	16,3	73	525		
Laboratorio			341	352	17
Laboratorio			372		
Laboratorio			344		
Mycofoss	20,7		20	10	10
Mycofoss	20,7		10		
Mycofoss	20,7		0		

Tabla 2: % de proteína estimado por Infratec en cada uno de los ensayos en M1 y M2, y su diferencia respecto al valor de referencia obtenido en M3 (los datos de Carcastillo que faltan se debieron a una avería en el equipo).

A pesar de que las diferencias no fueron exageradas, la pequeña cantidad que se utiliza para la analítica (5 gramos) hace que aunque la muestra de grano se haya homogeneizado lo mejor posible, se puedan tomar submuestras con concentraciones muy diferentes. Esto se soluciona incrementando el número de submuestras (aumentando el coste de análisis que ya de por sí es muy alto).

De todas formas, para descartar que se trataba de una calibración deficiente de los MycoFoss, se realizó una segunda prueba con 4 muestras, esta vez utilizando la misma muestra molida y preparada según la metodología del MycoFoss, y analizándola en los equipos de Artajona y Carcastillo.

El resultado se muestra en la Figura 10.

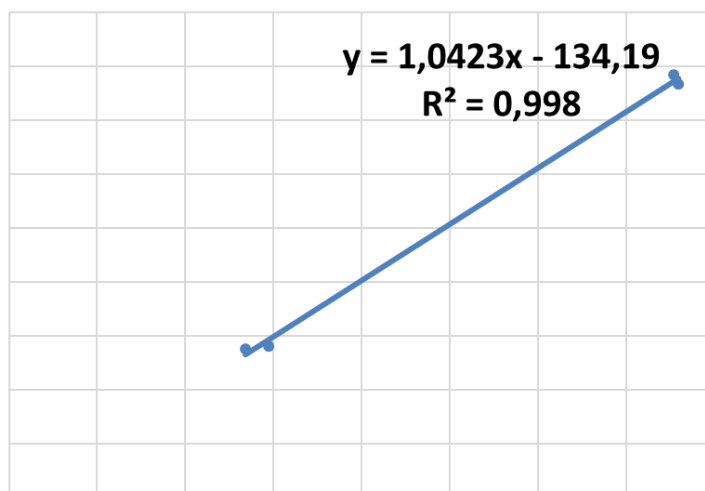


Figura 10: Correlación de los resultados de concentración de DON en grano, entre los equipos MycoFoss de Artajona y Carcastillo.

La conclusión en este aspecto fue que puede existir mucha variabilidad en una muestra de grano relativamente pequeña y no es problema de los equipos de medida. La variabilidad del resultado puede deberse a que las micotoxinas DON se concentran en determinados puntos de la mazorca.