

Estudio de sistemas mecánicos de desgranado de la faba fresca de tipo granja

DAVID BLANCO FERNÁNDEZ. Área de Ingeniería de Procesos de Fabricación. Depto. Construcción e Ingeniería de Fabricación. Universidad de Oviedo. dbf@uniovi.es

CARLOS SUÁREZ ÁLVAREZ. Área de Ingeniería de Procesos de Fabricación. Depto. Construcción e Ingeniería de Fabricación. Universidad de Oviedo. csuarez@uniovi.es

JUAN JOSÉ FERREIRA FERNÁNDEZ. Programa de Genética Vegetal. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. SERIDA. jferreira@serida.org

ANTONIO MARTÍNEZ MARTÍNEZ. Departamento Tecnológico y de Servicios. SERIDA. anmartinez@serida.org

GUILLERMO GARCÍA GONZÁLEZ DE LENA. Área de Experimentación y Demostración Agroforestal. SERIDA. ggarcía@serida.org



Vainas de faba fresca.
(Fotografía © J. J. Ferreira)

Introducción

El cultivo de la faba tipo granja en Asturias

La judía del tipo "Granja Asturiana", un tipo varietal de la especie *Phaseolus vulgaris* L., es la principal leguminosa cultivada en Asturias. La superficie total dedicada a este cultivo ha venido descendiendo de forma continuada durante los últimos 20 años, pasando de 3.236 ha en 1987 hasta las 1.240 en 2007 (SADEI 2009), aunque la dedicada a monocultivo, que puede considerarse como más profesional, ha crecido hasta

casi doblarse en el mismo periodo, pasando de 364 a 700 ha.

Las causas de este retroceso, además de la pérdida de activos que afecta de forma general a cualquier actividad agraria, hay que buscarlas en las limitaciones propias del cultivo, con problemas, sobre todo de tipo fitosanitario, cada vez más difíciles de controlar por la reducción de materias activas autorizadas, y en las dificultades para su comercialización a precios que aseguren la rentabilidad del cultivo. Actualmente sufre la competencia de judías importadas que se ofrecen (y en

muchas ocasiones de forma desleal (como producto asturiano) a precios por debajo del coste de producción en nuestra región.

La faba "granja" se comercializa y consume principalmente como judía seca, definida por el Reglamento de la Denominación Específica "Faba Asturiana" (1990) como un grano "oblongo, largo y aplanado, de fondo blanco, con una longitud mínima de 18 mm., una anchura máxima de 11,5 mm. y un grosor máximo de 8,5 mm".

Sin embargo, también es habitual en Asturias su aprovechamiento como producto de temporada, en el estado de semilla inmadura: la faba fresca o faba verde. Se considera faba fresca cuando la semilla está totalmente desarrollada en la vaina (en tamaño y color) pero todavía no ha comenzado a deshidratarse de forma natural. Las vainas son de un color amarillo o amarillo/verdoso y están rígidas e hinchadas y las semillas tienen unas dimensiones superiores en un 25% a las de las que están secas y un contenido en humedad alrededor del 60% de su peso (Fotografía 1).

Como ya ocurre en otras regiones españolas y europeas, donde su consumo está muy consolidado, el aprovechamiento de la semilla fresca de faba tipo granja, también gana adeptos cada año en Asturias, especialmente en el ámbito de la restauración.

La faba fresca tiene para los consumidores y para los productores notables ventajas frente a la semilla.

Ventajas para los consumidores

- No necesita remojo previo en agua, por lo que se evita el re-hidratado previo del grano seco antes de su preparación.
- Requiere menos tiempo de cocción, lo que implica un cierto ahorro energético, y mantiene muy bien su integridad.
- La faba fresca tiene una consistencia cremosa, absorbe bien el sabor de los ingredientes y resulta tierna y suave. Además, no existen diferencias fácilmente perceptibles por el consumidor respecto a la judía seca.

Ventajas para los agricultores

- El peso por semilla es mayor y, en consecuencia, también lo es el rendimiento del cultivo, que puede doblar al que se consigue de grano seco.
- Se acorta el ciclo del cultivo, con lo que se reduce la exposición de éste a enfermedades y riesgos climatológicos tan frecuentes en el último tramo del cultivo.

Sin embargo, la producción de faba fresca también presenta algunas desven-



Fotografía 1.-Vainas y granos de faba fresca de tipo "granja".

(Fotografías © J. J. Ferreira)

tajas, que tienen que ver con la recogida de las vainas y su desgranado. Esta última operación constituye el auténtico cuello de botella para el desarrollo rentable de este tipo de aprovechamiento. En la actualidad, esta labor se realiza exclusivamente de forma manual con un coste cercano a los 2 €/kg de faba, que representa en torno a un 25% del precio final al consumidor.

Justificación del trabajo y objetivos

Con las técnicas actuales de conservación, que permiten desestacionalizar la oferta, la faba fresca ofrece una atractiva e innovadora oportunidad de negocio, tanto para los productores como para los envasadores o distribuidores. Sin embargo, el desgranado manual representa un notable obstáculo para el desarrollo de este tipo de aprovechamiento. La solución a este problema pasa por la mecanización del desgranado, para lo que se ha llevado a cabo un estudio desarrollado por técnicos del Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación de la Universidad de Oviedo y del SERIDA. Este trabajo consistió en el diseño y la evaluación de sistemas mecánicos eficientes de apertura de las vainas de faba en estado verde que minimicen los daños del grano y garanticen la calidad del producto.

Este estudio ha sido financiado, en su totalidad, por la Dirección General de Ganadería y Agroalimentación de la

Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias. Se trata de una investigación básica de con alto riesgo tecnológico para la iniciativa privada, al no estar garantizados resultados finales positivos.

Sistemas de desgranado diseñados

Definición de procesos

Como primer paso para el diseño de prototipos de desgranado se idearon una serie de formas de abrir las vainas, de forma muy mecánica, pensando que la máquina no tiene sentidos (vista, tacto) y que, por tanto, no puede actuar de la misma forma que una persona. También fue necesario considerar la productividad de a tecnología.

Se definieron una serie de procesos, que se pueden agrupar en dos familias (Fotografía 2):

- Los que abren la vaina separando directamente sus dos mitades.
- Los que abren la vaina deformándola (flexión, torsión).

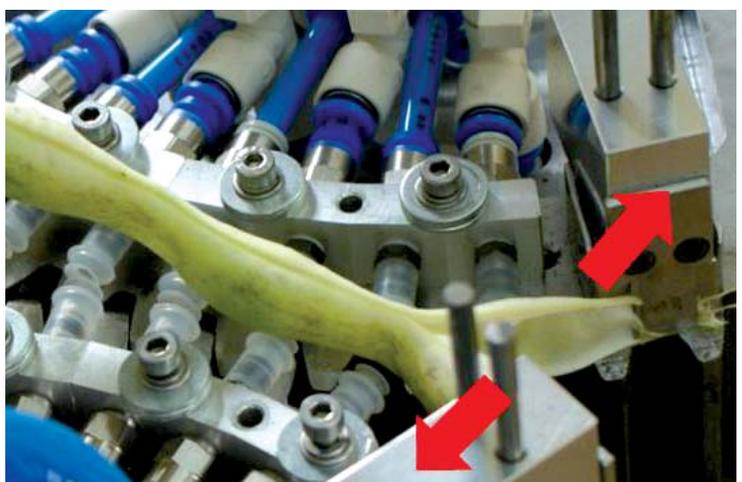
La hipótesis de partida era que el primer grupo sería más respetuoso con el grano y el segundo proporcionaría mayor productividad y sería mecánicamente más sencillo.

↓
Fotografía 2.-Ejemplos de procesos básicos de desgranado.
 (Fotografías © D. Fernández y C. Suárez)

FLEXIÓN DE LA VAINA



SEPARACIÓN DIRECTA AMBAS MITADES VAINA





Diseño y fabricación de prototipos

Se diseñaron y construyeron cinco prototipos, procurando que pudieran modificarse fácilmente las dimensiones o los elementos en contacto con las vainas para mejorar su comportamiento. Cuatro de los cinco prototipos pasaron a la fase final de evaluación:

Prototipo A

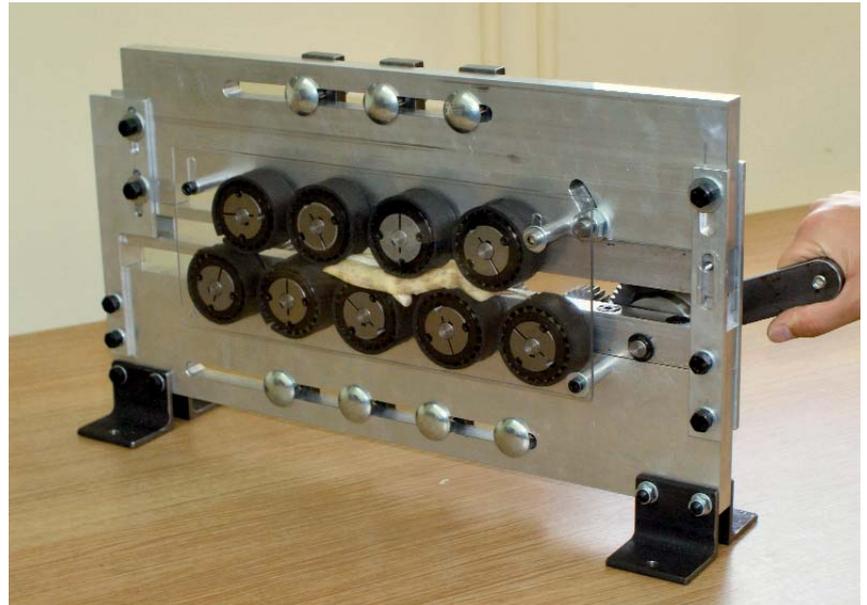
Este prototipo (Fotografía 3) flexiona la vaina alternativamente en sentidos opuestos y, tras varias flexiones, se separan ambas mitades. Consiste en dos hileras de rodillos que giran accionados manualmente y que dejan, entre ellos, un camino en zigzag por el que se obliga a pasar la vaina. Se construyó de forma que se puede variar la separación entre las hileras de rodillos, y la separación entre rodillos de una hilera. Además, los rodillos son fácilmente intercambiables lo que permite el cambio de textura en los mismos.

Prototipo B

Este prototipo (Fotografía 4) separa directamente ambas mitades de la vaina. Para ello, se introducen dos uñetas que se tocan y que están alineadas con la junta entre ambas mitades de la vaina. Estas uñetas se clavan en la zona entre el pedúnculo y el primer grano y no sólo separan en esa zona ambas mitades de la vaina, sino que sujetan estos extremos debido a su diseño. El siguiente paso es separar las uñetas, haciéndolas correr sobre un carril perpendicular a la vaina. En este caso, el clavado de las uñetas se hace mediante sendos cilindros neumáticos y la separación de las mismas de forma manual.

Prototipo C

Es similar al anterior, pero las uñetas sólo se separan unos 20 mm. (Fotografía 5). Una vez conseguida esta separación, un taco de material plástico entra por el extremo abierto y recorre longitudinalmente toda la vaina, abriéndola y forzando a los granos a salir. Se usan cilindros neumáticos para clavar las uñetas, pero tanto su separación como el movimiento del taco derivan de un único movimiento manual.



Prototipo D

En este caso (Fotografía 6), también se usan uñetas para separar ambas mitades de las vainas, pero están montadas sobre dos piñones que engranan entre sí. Tras las uñetas se han dispuesto unas ventosas con accionamiento neumático, cuya misión es sujetar cada mitad de la vaina y contribuir al esfuerzo de separación. El funcionamiento es muy similar al del prototipo B, pretendiendo mejorarlo con la contribución de las ventosas. Además, la vaina dobla poco lateralmente al separarse lo que evita roturas, sobre todo, si aún es muy turgente.



Fotografía 3.-Prototipo A.

(Fotografías © D. Fernández y C. Suárez)



Fotografía 4.-Prototipo B.

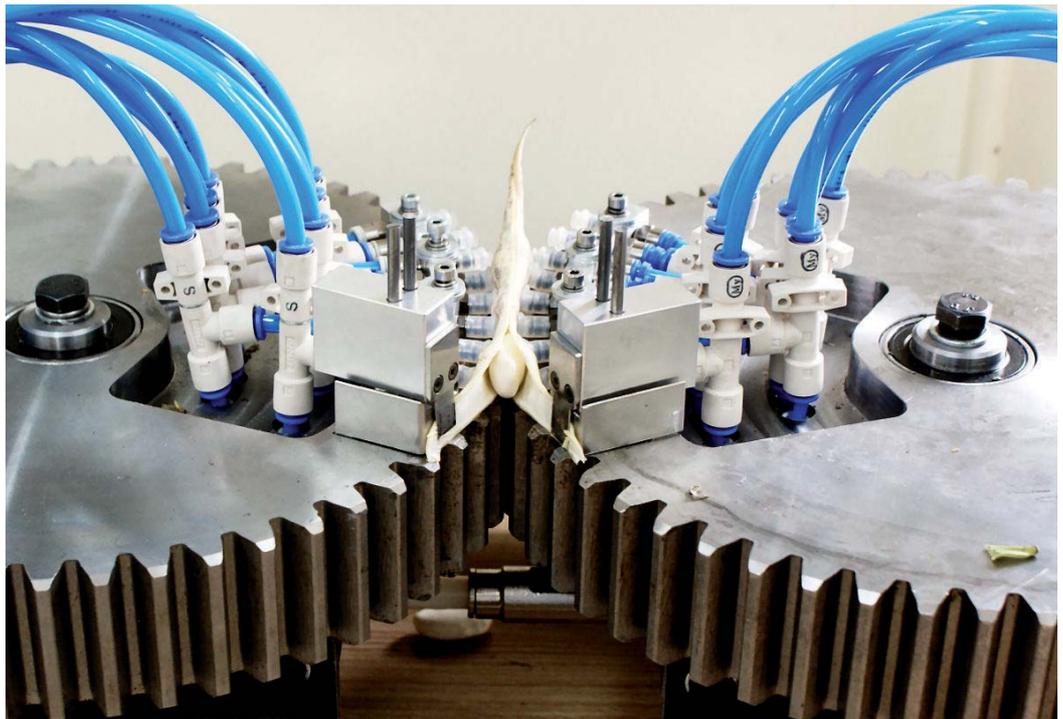
(Fotografías © D. Fernández y C. Suárez)



→
Fotografía 5.-Prototipo C.
 (Fotografías © D. Fernández y
 C. Suárez)



→
Fotografía 6.-Prototipo D.
 (Fotografías © D. Fernández y
 C. Suárez)



Caracterización de las vainas

Para la evaluación de los diferentes sistemas diseñados se definieron, atendiendo a su estado de maduración, cinco categorías de vainas. De estas, tres son aptas para su aprovechamiento en fresco y se describen de manera que sean fácilmente identificables:

1.-Vainas de color amarillo-verdoso.

Las vainas son rígidas, turgentes y presentan una coloración entre amarillenta y verdosa con vetas del color verde original. La semilla está totalmente formada, aunque pueden aparecer granos (que no resultan comerciales) con tonalidades verdosas.



2.-Vaina totalmente amarilla y rígida.

Aunque el pico de la vaina puede conservar, en este estado, una tonalidad verdosa, el resto de la vaina es de color totalmente amarillo, conservando aún su turgencia y rigidez. Si se sujeta la vaina con los dedos por el extremo del pedúnculo, y se la hace oscilar como un péndulo se comporta como una pieza rígida, es decir, no flexiona por el punto de sujeción.

La semilla está totalmente formada e hidratada y presenta su color blanco característico.

3.-Vaina amarillo claro (blanquecino) y flexible.

En este estado las vainas ya han perdido parte de su contenido en agua y, aparte del color, el principal rasgo para su identificación es que muestran una clara flexibilidad. Si se realiza la prueba descrita en el tipo de vaina amarilla y rígida, se comportan realmente como un péndulo, flexionando por el punto de sujeción. La semilla está totalmente formada y comienza a deshidratarse.

El Gráfico 1 muestra el porcentaje de materia seca del grano y de la vaina en los estados 1, 2 y 3 al día siguiente y a los tres días de su recolección, conservadas en ambiente fresco pero no refrigerado. El contenido de materia seca aumenta a medida que avanza el estado de maduración y afecta especialmente a las vainas, aunque en ningún caso resulta estadísticamente significativo. Tampoco resulta significativo el efecto del almacenamiento en ambiente fresco durante dos días.

Valoración de los resultados de cada modelo

En una primera evaluación se estableció la eficacia del procedimiento de desgranado, de acuerdo a dos parámetros: el número de vainas abiertas y granos desprendidos.

Tras evaluar la eficacia de desgranado de cada prototipo en cada uno de los estados fenológicos considerados (1, 2 y 3), se estudió la calidad del desgranado en función de los daños experimentados por las fabas en el proceso. Para ello, se contaron los granos obtenidos en cada una de las categorías siguientes:

–**No comerciales:** se incluyen los no desprendidos totalmente de las vainas, los partidos o rotos, y aquéllos con daños que afectan seriamente a su integridad, como aplastamientos, roturas parciales, desgarros, rozaduras, etc.

–**Comerciales:** granos enteros sin defecto alguno y los que tienen algún defecto de poca importancia, como alguna pequeña marca superficial o ligeros desprendimientos de piel, que no comprometen su integridad en la cocción si se procede a su procesamiento (congelado) de forma inmediata al desgranado.

Resultados

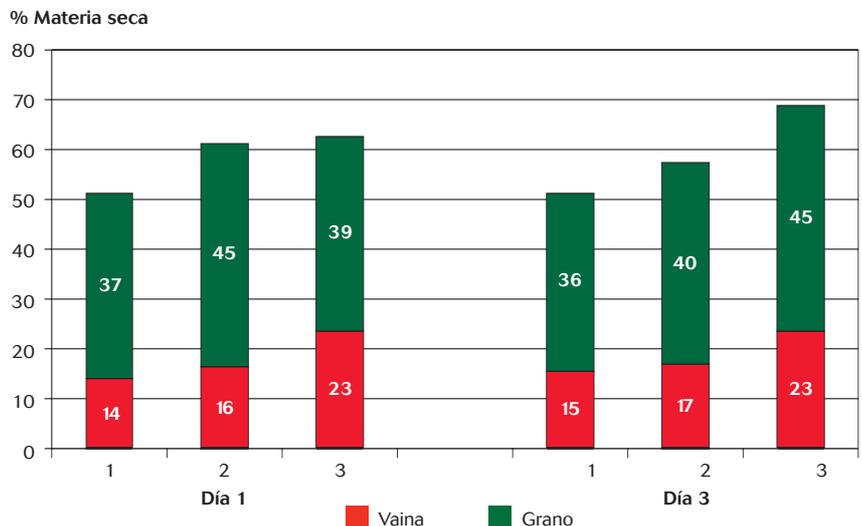
Puesta en funcionamiento y ajustes

Lo primero que se abordó fue el ajuste de los prototipos. Así, se modificaron, por ejemplo, las uñetas de los prototipos B y D. También se descubrió que las ventosas del D eran inoperantes, por lo que se anuló su funcionamiento, aunque no se retiraron para dar un apoyo a la vaina a medida que se abre.

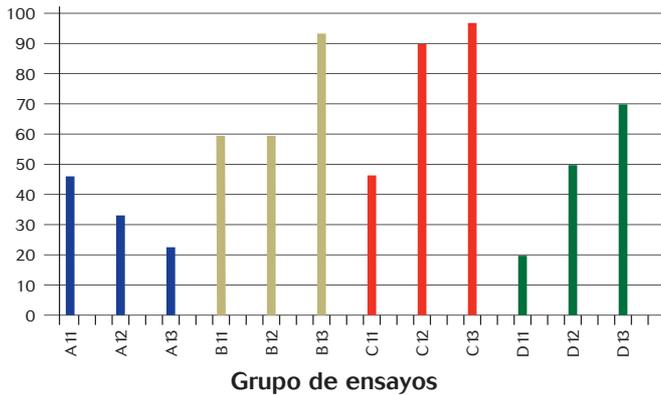
En cuanto al prototipo A, además de ajustar distancias entre rodillos, se forraron con una espuma de caucho, lo que mejoró notablemente su funcionamiento, disminuyendo drásticamente los daños producidos a los granos. También se modificó el sistema de guiado de las vainas, sustituyendo las primitivas valonas de los rodillos (que machacan los granos) por una cubierta de plástico transparente.



Gráfico 1-Porcentaje de materia seca en el grano y la vaina.

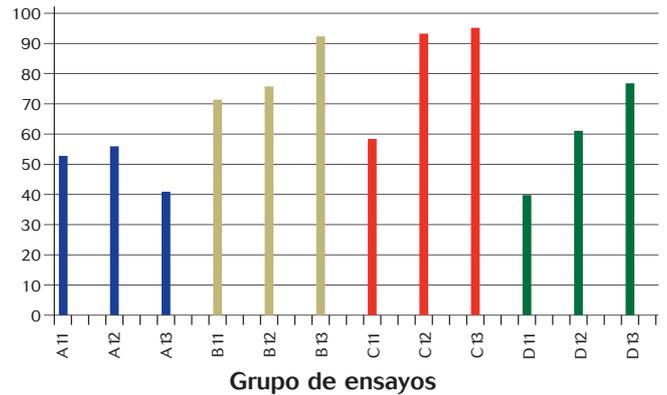


% Vainas desgranadas



[Prototipo, días desde la recolección, Estado fenológico]

% Granos desprendidos



[Prototipo, días desde la recolección, Estado fenológico]



Gráfico 2.—Resultados vainas desgranadas al día siguiente de su recolección.

Eficacia de desgranado de los diferentes sistemas y calidad de los granos

Una vez cosechadas las vainas se conservaron en ambiente fresco sin refrigerar. A continuación, se procedió a la evaluación de los procesos, mediante una batería de ensayos sobre los prototipos construidos, considerando tres variables de entrada:

- El prototipo en sí (A, B, C, D).
- Tiempo transcurrido desde la recolección de la vaina (1 o 3 días).
- Estado de maduración de las vainas (1, muy verde; 2, madura; 3, muy madura).

En una primera evaluación se estableció la eficacia del procedimiento de desgranado de acuerdo a dos parámetros: las vainas abiertas y los granos desprendidos de estas.

En el Gráfico 2 se muestran los resultados de la primera evaluación (vainas abier-

tas y granos desprendidos) obtenidos en vainas ensayadas al día siguiente de su recolección. La identificación del ensayo se realizó con una letra correspondiente al prototipo utilizado, una cifra relativa a los días transcurridos desde la recolección (en este caso, 1) y una segunda cifra correspondiente al estado de maduración.

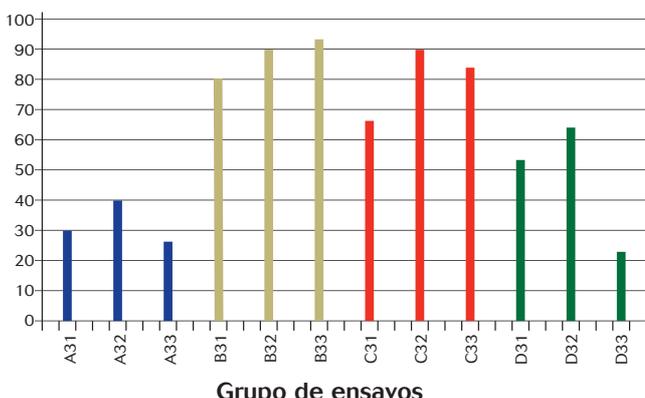
En el Gráfico 3 se muestran los resultados correspondientes a los ensayos realizados tres días después de la recolección de las vainas. Se aprecia una cierta mejora en los resultados respecto a los ensayos realizados al día siguiente de la recolección.

Los procedimientos basados en el uso de uñetas para separar ambas mitades de la vaina son más efectivos, pues la tasa de vainas abiertas y de granos desprendidos es mayor. No obstante, son más complejos desde un punto de vista mecánico y, por tanto, derivarán en máquinas más complejas y caras. Los que están basados en esfuerzos de flexión parecen ser



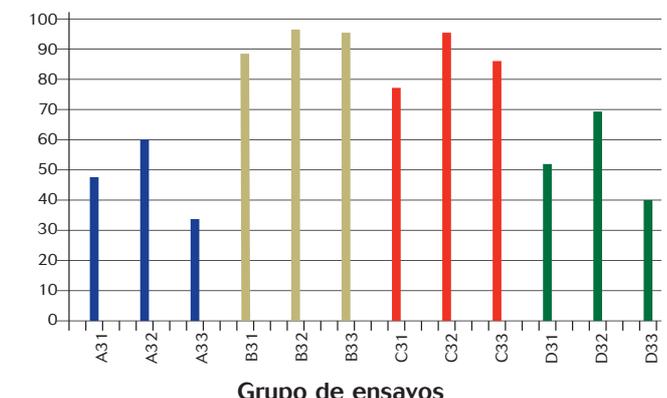
Gráfico 3.—Resultados vainas desgranadas a los tres días de su recolección.

% Vainas desgranadas



[Prototipo, días desde la recolección, Estado fenológico]

% Granos desprendidos



[Prototipo, días desde la recolección, Estado fenológico]



menos efectivos pero, por el contrario, la máquina que derive de los mismos sería muy sencilla a nivel mecánico.

En los Gráficos 4 y 5 se muestra, para cada dispositivo de desgranado y estado de maduración de las vainas, el porcentaje de granos no comerciales obtenidos, al día siguiente de la recolección de las vainas (Gráfico 4) y al tercer día (Gráfico 5).

Los estados más avanzados de maduración (2 y 3) resultan los más adecuados para la recogida de las vainas, de cara a su desgranado mecánico, con cualquiera de los dispositivos a excepción del A.

La eficacia en el desgranado mejora, generalmente, de forma importante en algún caso, si se procesan las vainas tres días después de recogidas. También lo hace la calidad de los granos obtenidos, reduciéndose el porcentaje de los aplastados o con daños severos, especialmente con el dispositivo B.

Los sistemas B y C son los que mayor eficacia de desgranado consiguen, con porcentajes razonablemente bajos de granos no comerciales cuando el estado de maduración está más avanzado (estados 2 y 3) Se mejoran los resultados cuando se procesan las vainas pasados tres días desde su recolección.

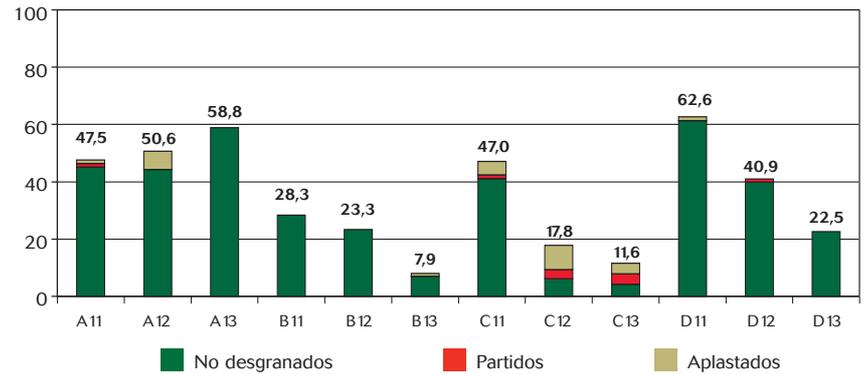
Destaca el sistema B de desgranado por su eficacia al tercer día de la recolección en los estados 2 y 3 de maduración, donde consigue un 95% de granos comerciales.

En el lado opuesto se sitúan los sistemas A y D, que son los que peor eficacia de desgranado ofrecen con porcentajes de granos no separados de las vainas casi siempre por encima del 40%, independientemente del estado de madurez de las mismas.

Conclusiones y perspectivas de futuro

La eficacia del desgranado y los porcentajes de granos comerciales son muy altos en todos los casos y confirman la viabilidad de un sistema de desgranado mecánico de faba fresca mediante procedimientos basados en la deformación de

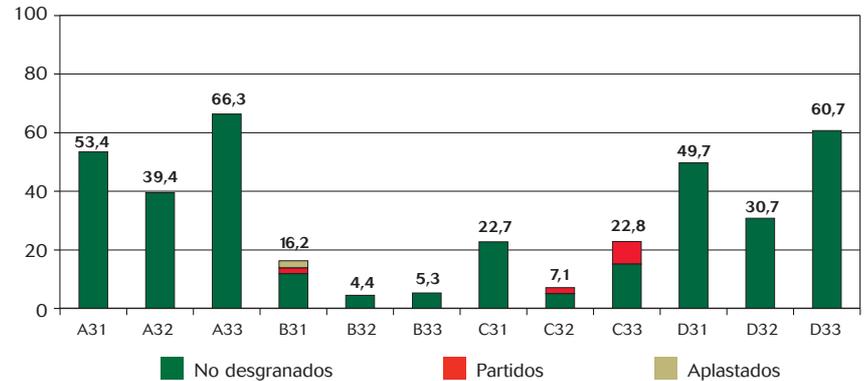
% Daños en faba



Grupo de ensayos [Prototipo, días desde la recolección, Estado fenológico]

↑
Gráfico 4.-Porcentaje de granos no comerciales al día siguiente a la recolección.

% Daños en faba



Grupo de ensayos [Prototipo, días desde la recolección, Estado fenológico]

↑
Gráfico 5.-Porcentaje de granos no comerciales al tercer día desde la recolección.

la vaina o en la separación directa de ambas mitades de la misma.

En el último caso, es preciso diseñar sistemas que permitan una correcta automatización del proceso y eviten tiempos muertos por el retroceso de las uñetas a su posición inicial. En el caso de los rodillos la actuación principal se centraría en la forma y textura de los mismos para conseguir un mejor guiado de las vainas (que es el principal problema por el que no se abren) al tiempo que se evitan daños en los granos.

Por todo ello, es necesario proseguir en el desarrollo de prototipos de máquinas completas, en el que deben contemplarse mecanismos de alimentación eficiente del material recogido en campo. El desarrollo de esta segunda fase deberá, en todo caso, ser abordada por agentes del sector agroalimentario. ■

