



# Control de calidad de los frutos del castaño en el bosque mediante sensores portátiles

ANA SOLDADO CABEZUELO. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. [asoldado@serida.org](mailto:asoldado@serida.org)

SAGRARIO MODRÑO LOZANO. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. [msmodrno@serida.org](mailto:msmodrno@serida.org)

TERESA PICÓ MOYA. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes

MARTA CIORDIA ARA. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. [mciordia@serida.org](mailto:mciordia@serida.org)

BEGOÑA DE LA ROZA DELGADO. Área de Nutrición, Pastos y Forrajes. [broza@serida.org](mailto:broza@serida.org)

Los sistemas silvopastorales contribuyen a mejorar la rentabilidad económica, social y ambiental de los bosques y aumentar el nivel de renta de los ciudadanos que habitan en el medio rural, creando empleo, frenando el despoblamiento, disminuyendo los costes de mantenimiento (en desbroces por ejemplo), minimizando el riesgo de incendios y, si se usan razas autóctonas en peligro de extinción, como es el caso del cerdo celta (Gochu Asturcelta) hay que incluir su contribución a la conservación del acervo genético. Los sistemas silvopastorales con estas razas de cerdo en sotos de castaños y robledales están demostrando su viabilidad técnica y económica, lo que se manifiesta por el número creciente, aunque incipiente, de granjas instaladas con este sistema, ya que desde la primera mitad del siglo XX quedó restringida a las dehesas y bosques mediterráneos.

La producción porcina extensiva, basada en el aprovechamiento de recursos forestales por razas autóctonas, rústicas, permite incrementar el uso múltiple del territorio, mejorar la rentabilidad de los robledales y los castaños, teniendo en cuenta aspectos medioambientales. Sin embargo, existe poca información sobre la valoración nutritiva de los frutos del bosque del monte bajo asturiano (Flórez-Serrano *et al.*, 2010). En la actualidad, la disponible está íntegramente ligada a la dehesa

y bosque mediterráneo. Por ello, es necesario obtener información sobre la composición y valor nutritivo de los frutos y de los pastos arbóreos de la España húmeda.

Una alternativa a las técnicas de laboratorio tradicionales para llevar a cabo un análisis de calidad de las castañas es la utilización de la Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS). Esta técnica de análisis con respuesta inmediata permitiría conocer de manera rápida y precisa la composición de las castañas incluidas en la dieta del Gochu Asturcelta y el valor nutritivo de las mismas, con el propósito de mejorar la dieta del animal y las características organolépticas finales de las producciones (De la Roza-Delgado, 2012).

Con respecto al instrumento NIRS más adecuado para la realización de los análisis, señalar que los equipamientos NIRS de laboratorio son los más ampliamente utilizados para el análisis de productos agroalimentarios con los que se han desarrollado numerosas aplicaciones. Sin embargo, una alternativa a estos equipos, que hace viable la incorporación de la instrumentación NIRS para llevar a cabo el análisis *in situ* en el campo o en las explotaciones ganaderas, es la disponibilidad de equipos NIRS portátiles de relativo bajo coste, sin partes móviles, compactos, robustos, ergonómicos, de tamaño reducido y ligeros.





En este marco de actuación, podemos definir que **el objetivo general** del presente trabajo es la caracterización nutricional de los frutos del castañar mediante la puesta a punto de una metodología instrumental que posibilite el análisis *in-situ* y en tiempo real, basada en el empleo de los sensores NIRS portátiles. Para la consecución de este objetivo, se hace imprescindible la construcción de bases de datos espectrales y de referencia que permitan predecir los parámetros de calidad necesarios en la alimentación del Gochu Asturcelta y con el futuro propósito de llevar a cabo una mejora organoléptica, para lograr un producto final de alta calidad sensorial y alimenticia, combinado con una adecuada conservación del medio.

Para el desarrollo de este trabajo se seleccionaron parcelas de monte bajo en diferentes localizaciones del Principado de Asturias: Vegadeo, Ponga, Pravia, Teverga, Salas, Caso, Sobrescobio, Tineo, Allande, Boal, Grandas de Salime, Proaza, Riosa y San Martín del Rey Aurelio (Figura 1).

Se recogieron un total de 39 muestras de castañas en otoño de 2015, momento adecuado del año para recolectar este fruto, y se analizaron en el Programa de Nutrición del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, con el fin de llevar a cabo una caracterización morfológica y nutritiva completa de las castañas, puesto que estas parcelas son idóneas para la cría en extensivo del Gochu Asturcelta.

El Gochu Asturcelta es un animal que puede incorporar en su dieta cualquier alimento que encuentre a su alcance pero, con suficiente comida y sin escasez de castañas, el animal procede al pelado del fruto para comerlo sin la cáscara. Si hubiese escasez de castañas, ingeriría el fruto al completo. Por ello, se procedió a caracterizar la mitad de las castañas enteras con corteza y la otra mitad peladas, para poder determinar las características nutricionales del fruto en ambas situaciones (Figura 2).

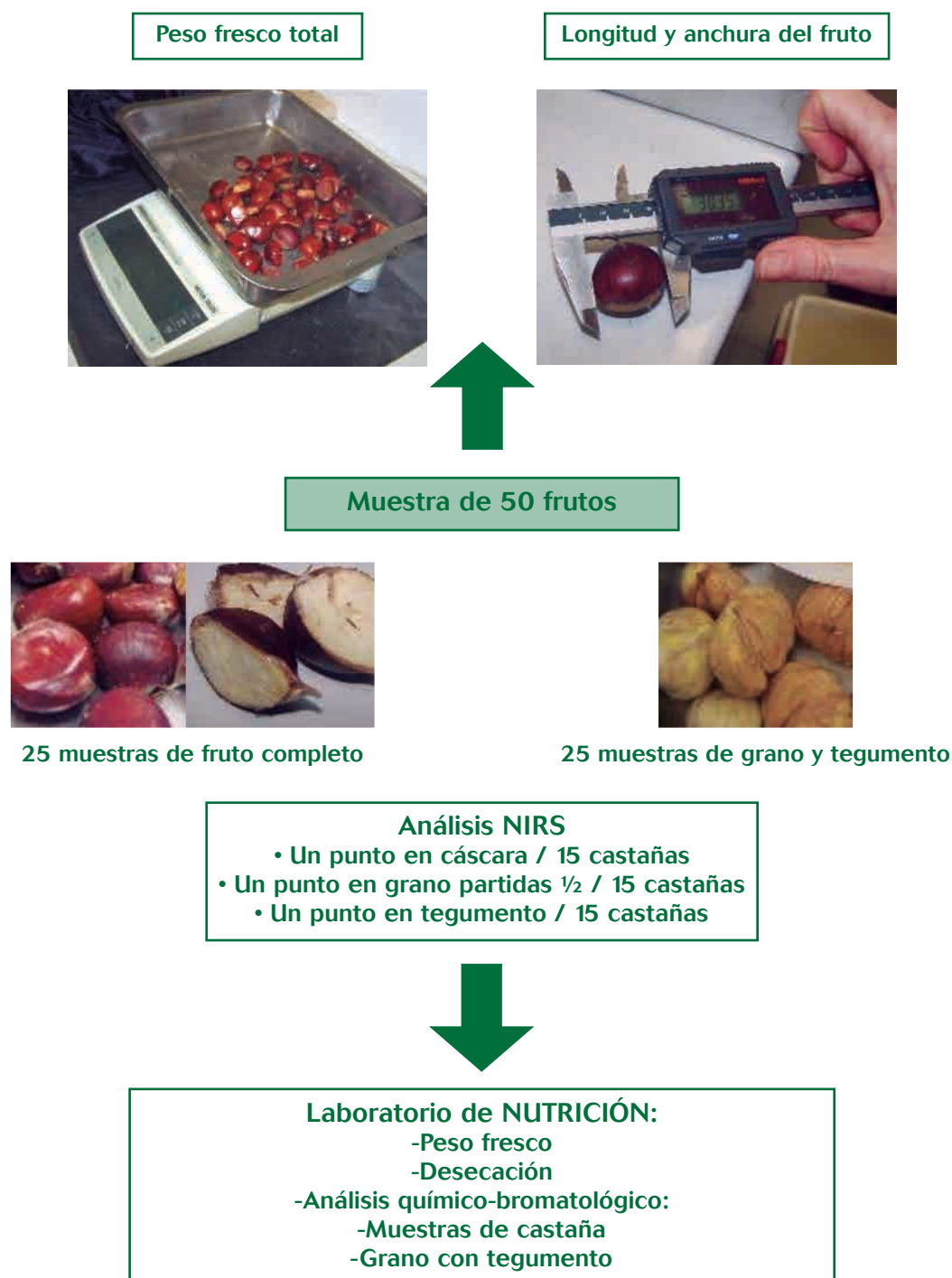
↑  
**Figura 1.**—Distribución geográfica de las zonas de muestreo de castañas.

↓  
**Figura 2.**—Muestras de fruto completo (a), fruto partido ½ (b), grano y tegumento completo (c) y grano y tegumento partido ½ (d).





**Figura 3.-**Protocolo de caracterización y análisis de las muestras de castaña.



Cada muestra estaba compuesta por 50 frutos de castañas y, tras su recepción, se llevó a cabo el protocolo que se recoge en la Figura 3 para la caracterización y el análisis de las mismas: caracterización física (peso en fresco y tamaño) y caracterización químico-bromatológica, como fruto completo (castaña con cáscara) y como grano con tegumento. Así mismo, se presenta la metodología se-

guida para desarrollar la estructura de las bibliotecas espectrales NIRS, que consistió en el análisis NIRS en 15 puntos diferentes de cada muestra, resultando cada espectro el promedio de esos 15 espectros que se recogieron sobre diferentes castañas, tanto en el fruto completo (sobre la cáscara), fruto partido  $\frac{1}{2}$  (sobre el grano), y en muestras de grano con tegumento (sobre el tegumento).





Figura 4.-Equipo NIRS, MicroPHAZIR™ Handheld NIR Analyzer para análisis *in-situ*.

Para la realización del ensayo se utilizó un equipo NIRS, MicroPHAZIR™ Handheld NIR Analyzer, equipo de análisis NIR portátil de mano. Su peso es de 1,25 kg y sus baterías recargables a la red, con una vida de aproximadamente 6 horas, que hacen que sea muy práctico para su uso en el mismo campo de recogida de muestras para su análisis. Entre 1600-2400nm, con una resolución de 8nm y una ventana de muestreo con una superficie de irradiación de 0,13 cm<sup>2</sup> (Figura 4).

El primer paso en la realización del ensayo fue la optimización de los parámetros instrumentales y de muestreo para la

recogida de la información espectral. Se recogieron espectros en tres modos diferentes, a partir de la exploración directa sobre la superficie de la muestra analizada en modo de fruto completo, grano y tegumento o fruto partido. En la Figura 5 se muestra el modo de recogida de la información espectral en las castañas.

En cada uno de los modos de análisis NIRS se recogió la información espectral de todas las castañas. En la Figura 6, se muestran los espectros promedio del colectivo de calibración de las castañas, analizadas como fruto completo, partido y como grano y tegumento. Las características espectrales nos muestran la gran

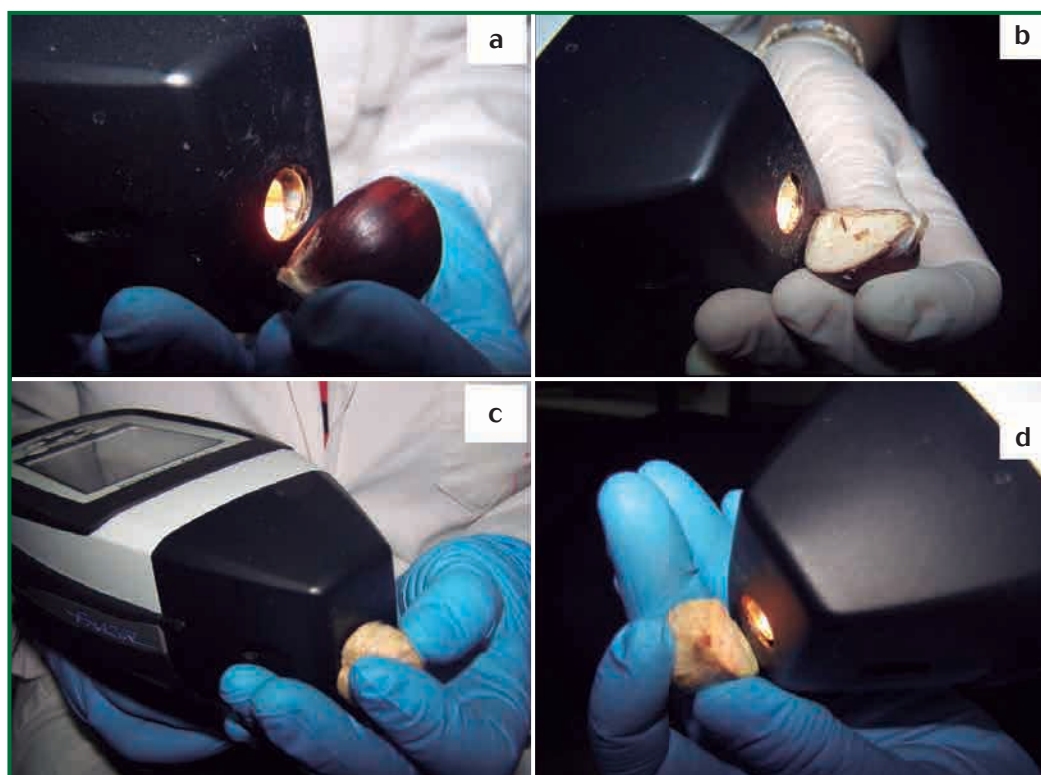
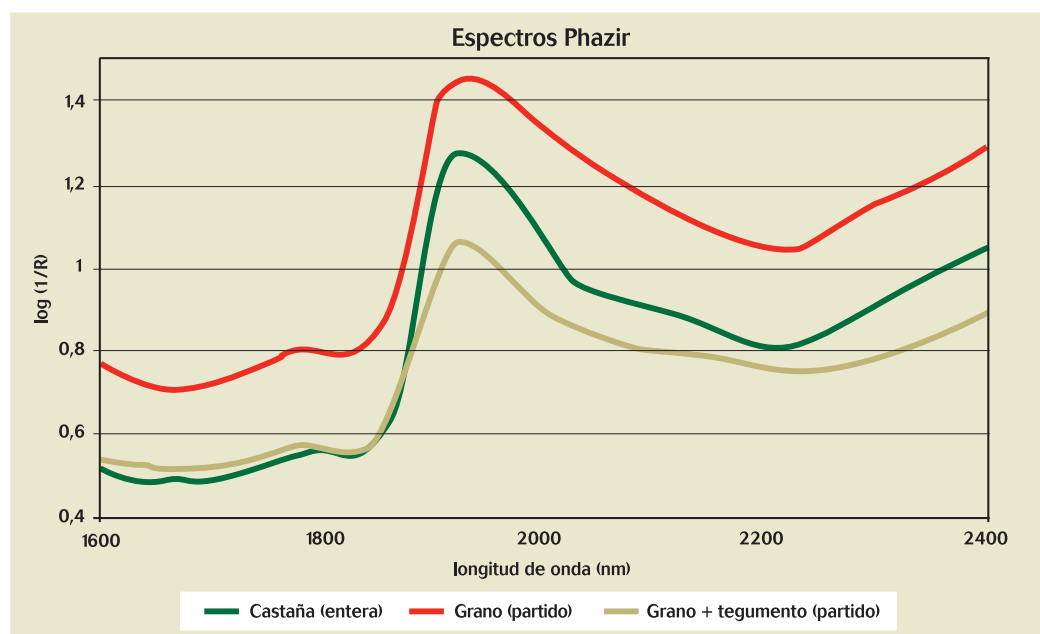


Figura 5.-Análisis NIRS de castañas:  
(a) fruto completo,  
(b) fruto partido,  
(c y d) grano y tegumento.



→ **Figura 6.**-Espectros promedio del colectivo de calibración de las castañas, analizadas enteras, partidas y como grano+tegumento.



similitud existente entre los 3 modos de recogida de información espectral NIRS, observándose que el espectro del fruto entero y grano con tegumento posee una línea de base muy similar; sin embargo, en el máximo de aproximadamente 1950nm, la castaña entera posee una intensidad mayor, hecho que podría relacionarse con la absorción de radiación de la cáscara de la castaña.

A continuación, se realizó el análisis químico-bromatológico de las muestras de castaña como fruto completo y como grano con tegumento. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Combinando los análisis de referencia y los datos de las muestras de castañas en cada uno de los tres modos de análisis, se realizaron los correspondientes

modelos de calibración para la predicción NIRS de los diferentes parámetros nutritivos de interés. Se ensayaron distintos tratamientos matemáticos de derivación y corrección de la línea de base. Los modelos obtenidos se compararon en base a los estadísticos de calibración: error estándar de calibración (ETC) y coeficiente de determinación de la calibración ( $R^2$ ). En la Tabla 2 se muestran los primeros resultados preliminares, dado el reducido tamaño de la población inicial ( $N=39$ ), obtenidos para las ecuaciones de calibración seleccionadas con estadísticos aceptables.

Los estadísticos de calibración recogidos en la Tabla 2 (ETC y  $R^2$ ) permiten evaluar como positiva la aplicabilidad de la tecnología NIRS para la caracterización nutritiva del fruto del castaño, especialmen-

↘ **Tabla 1.**-Análisis de referencia de la castaña como fruto completo y como grano con tegumento (g/100g).

MS: Materia seca;  
CZ: Cenizas;  
PB: Proteína bruta;  
FND: Fibra neutro detergente;  
FNDLC: Fibra neutro detergente libre de cenizas;  
EE: Extracto etéreo;  
ALM: Almidón;  
DE: Desviación estándar.

|       | Castaña entera |       |       | Grano y Tegumento |       |       |
|-------|----------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
|       | Rango          | Media | DE    | Rango             | Media | DE    |
| MS    | 90,53-94,63    | 92,39 | 0,989 | 90,99-94,81       | 92,65 | 0,799 |
| CZ    | 1,41-2,18      | 1,78  | 0,213 | 1,46-2,56         | 1,94  | 0,265 |
| PB    | 4,42-8,89      | 6,65  | 1,105 | 4,92-10,51        | 7,45  | 1,373 |
| FND   | 31,43-50,18    | 40,02 | 3,081 | 31,49-40,14       | 35,66 | 1,841 |
| FNDLC | 30,88-49,85    | 39,56 | 2,962 | 31,17-39,75       | 35,34 | 1,745 |
| EE    | 1,01-2,78      | 1,81  | 0,383 | 1,06-3,44         | 2,16  | 0,532 |
| ALM   | 26,33-43,62    | 35,85 | 3,783 | 40,89-54,69       | 46,33 | 3,642 |



| Parámetro | Modo de presentación | Tratamiento | R <sup>2</sup> | ETC   |
|-----------|----------------------|-------------|----------------|-------|
| MS        | Fruto completo       | 1,6,4       | 0,671          | 0,743 |
|           | Fruto partido        | 1,6,4       | 0,791          | 0,500 |
|           | Grano con tegumento  | 1,6,4       | 0,575          | 0,695 |
| CZ        | Fruto partido        | 1,6,4       | 0,757          | 0,169 |
| PB        | Fruto completo       | 1,6,4       | 0,773          | 0,711 |
|           | Fruto partido        | 1,6,4       | 0,562          | 1,083 |
| EE        | Fruto partido        | 1,6,4       | 0,793          | 0,328 |
| FND       | Fruto partido        | 1,6,4       | 0,692          | 1,325 |
|           | Grano y tegumento    | 2,6,4       | 0,622          | 1,346 |
| FNDLC     | Fruto partido        | 1,6,4       | 0,665          | 1,301 |
|           | Grano y tegumento    | 2,6,4       | 0,555          | 1,370 |
| ALM       | Grano y tegumento    | 2,6,4       | 0,752          | 2,226 |

te sobre la castaña partida (fruto partido), presentación sobre la que ha sido posible predecir todos los parámetros nutritivos evaluados, excepto el almidón, que exige pelar la castaña para facilitar la recogida del espectro sobre el grano con tegumento.

Estos resultados abren grandes expectativas sobre la posibilidad de llevar a cabo el análisis químico-bromatológico *in-situ* de las muestras de castaña, con pequeños equipamientos NIRS portátiles

## Financiación

Esta actividad de I+D está financiada por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria (INIA) a través de los proyectos RTA2010-00128-00, RTA2012-00063-02, RTA2014-00051-04 cofinanciados con fondos FEDER.

## Agradecimientos

Al personal técnico del Laboratorio de Nutrición y personal de campo de los Programas de Nutrición y Forestal del SERIDA por su colaboración.

## Referencias bibliográficas

DE LA ROZA-DELGADO, B. 2012. Valoración de alimentos para Gochu Asturcelta en el laboratorio de Nutrición animal del SERIDA. Manual de Gochu Asturcelta, Eds.: SERIDA; ISBN.: 978-84-695-3049-8, 7: 103-112.

FLÓREZ SERRANO, J.; SANTÍN FERNÁNDEZ, P. J.; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, J. A.; DEL PINO GU-TÍERREZ, F. J.; MELCÓN MARTÍNEZ, P. "El castaño manual y guía didáctica" (LE-1020-2001). ■



←  
**Tabla 2.**-Estadísticos de calibración NIRS para la predicción de parámetros nutritivos en los diferentes modos de presentación de la muestra.  
MS: Materia seca;  
CZ: Cenizas;  
PB: Proteína bruta;  
FND: Fibra neutro detergente;  
FNDLC: Fibra neutro detergente libre de ceniza;  
EE: Extracto etéreo;  
ALM: Almidón;  
R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación de la calibración;  
ETC: Error típico de calibración.

