



Aprovechamiento de subproductos y valorización de recursos autóctonos: interrelación investigación-producción-desarrollo y sociedad



Red Temática 415RT0495 LACFUN



CONSEJO
INTERUNIVERSITARIO
NACIONAL





Aprovechamiento de subproductos y valorización de recursos autóctonos: interrelación investigación-producción-desarrollo y sociedad

112 págs./ pages 1ª Edición/ 1st Ed. (Agosto 2016 / August 2016),

ISBN (electrónico/ electronic PDF): 978-987-42-1627-4.

Derechos reservados conforme a la ley.

1. DESARROLLO SOSTENIBLE 2. RECURSOS VEGETALES 3. DESARROLLO INDUSTRIAL
4. ALIMENTOS SALUDABLES 5. LÁCTEOS 6. INDUSTRIA LÁCTEA 7. DESARROLLO
ECONÓMICO Y SOCIAL

© Las opiniones, conceptos, tablas, gráficas, ilustraciones y fotografías, que hacen parte de cada uno de los capítulos, son responsabilidad exclusiva de los autores.

Editores/ Editors María del Pilar Buera y Patricio Román Santagapita

Apoyo editorial / Editorial support

Liliana Alamilla, Fabiano Freire-Costa, M. Alicia Judis, Mónica Nazareno, Luis Panizzolo, Ximena Quintanilla, Patricia Risso, Erick Rojas, Sergio Rozycki, José Ángel Rufián-Henares

Contribuciones especiales/ Especial contributions

Gustavo Polenta. INTA, Argentina

Myriam Elizabeth Villarreal. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina

Claudio O. Budde EEA INTA San Pedro, Argentina

Diseño/ Layout

Silvio D. Rodríguez, Leonardo C. Favre, Mariela Santin

Apoyo técnico/ Technical support Cristina dos Santos-Ferreira, Verónica Busch, Mario Cueto

Distribución/ Distribution: www.lacfuncyted.org & www.cyted.org

**PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO –
CYTED**

RED TEMÁTICA 415RT0495 “LACFUN”

**IBEROAMERICAN PROGRAMME FOR SCIENCE, TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT
ACTION 415RT0495 THEMATIC NETWORK “LACFUN”**

Contacto/ Contact: María del Pilar Buera. FCEN-UBA-CONICET, Argentina

pilar@di.fcen.uba.ar; pbuera@yahoo.com

Fotos de tapa / Cover pictures

Quinoa: <http://www.iesjorgemanrique.com/?p=2806>

Quesos/ Cheese: <https://bellnu.wordpress.com/category/leche/>

Nopal: <http://www.binipatia.com/nopal/>

Vainas de vinal / vinal pods: Verónica Busch Tesis doctoral /PhD thesis, Universidad de Buenos Aires, 2016

Logo LACFUN / logo

Leonardo Favre

Fotos del evento / Pictures

Leonardo Favre y Diego Archaina

Red Temática CYTED 415RT0495

Instituciones a las que pertenecen los miembros de la Red



Universidad de Juiz de Fora,
Brasil



Universidad de Chile



Universidad de Granada,
España



Instituto Politécnico Nacional,
México



Universidad Nacional del
Chaco Austral, Argentina



UNSE
Universidad Nacional
de Santiago del Estero



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación



4.2. Herramientas para el agregado de valor de productos autóctonos: aplicaciones de espectroscopía + quimiometría para la discriminación de cultivares de quinoa

*Silvio D. Rodríguez*²¹

Ciertos cultivos andinos, son re-emergentes debido a sus características nutricionales y a las potenciales aplicaciones tecnológicas de sus componentes en la industria de alimentos. Se consideran cultivos con una gran variabilidad genética, siendo este hecho favorable, desde el punto de vista de que poseen gran adaptabilidad a diversas condiciones agroclimáticas y condiciones edáficas. Por otro lado, la gran variabilidad, se traduce también en una gran dispersión en cuanto a sus macrocomponentes, alterando sus propiedades nutricionales y la funcionalidad de los mismos, dependiendo fuertemente del cultivar utilizado, por lo que se requiere un detallado análisis para verificar su procedencia y/o potenciales características tecnológicas (Nascimento y col., 2014). Las técnicas espectroscópicas son un conjunto de técnicas de análisis instrumental que permiten las mediciones en forma no invasiva, posibilitando la determinación en simultáneo de todos los componentes in situ en la matriz del alimento y en ocasiones en línea durante el proceso productivo, lo cual abre nuevas posibilidades dentro del análisis de alimentos, que son explotadas en mayor medida cuando se aplican en conjunto métodos estadísticos multivariados o también denominado métodos quimiométricos. Dichos métodos son un número de

²¹*Laboratorio de propiedades y conservación de biomoléculas, Dto. de Industrias, FCEyN, Universidad de Buenos Aires y CONICET, Argentina.*

técnicas que se utilizan cuando cada muestra está asociada a varias mediciones o variables (Pomerantsev y col., 2012; Van den Berg y col., 2013). Los datos espectroscópicos en general consisten en varios cientos o miles de variables (asociados a la frecuencia o longitud de onda de los espectros obtenidos) y dichas variables individuales están fuertemente correlacionadas.

Los métodos quimiométricos están diseñados para tratar este conjunto de datos multivariados y correlacionados, los cuales pueden ser problemáticos para modelos con métodos estadísticos tales como regresión lineal multivariada (MLR). Los métodos bilineales, como por ejemplo, el análisis de componentes principales (PCA), regresión por componentes principales (PCR) y regresión por mínimos cuadrados parciales (PLSR) sobrellevan la problemática de la colinearidad del conjunto de datos extrayendo variables latentes linealmente independientes de las variables originales. En particular, las espectroscopías de infrarrojo (IR), infrarrojo cercano (NIR) y Raman generalmente contienen variaciones sistemáticas tales como compensaciones aditivas o multiplicativas causadas por efectos dispersivos, interferentes químicos o variaciones del instrumento (*drift*). Dichas variaciones en ocasiones complican el análisis de datos y su interpretación, con lo cual se utiliza el preprocesado matemático (por ejemplo la normalización) del conjunto de datos, reduciendo el impacto de la información no relevante y generalmente obteniendo modelos de regresión más simples y robustos, consiguiendo finalmente una mejor interpretación de los datos (Gislum y col., 2004; Kim y Kays, 2009). El objetivo de este trabajo fue llevar a cabo la discriminación de muestras de semillas de quinoa de diferentes regiones: Colanzuli (Salta, Argentina), BO25, Regalona, Udc9 (Chile) y una muestra comercial, empleando espectroscopía infrarroja por reflectancia total atenuada (FT-MIR/ATR) y espectroscopía infrarroja cercana mediante esfera integradora

(FT-NIR/NIRA) en conjunto con análisis de componentes principales (PCA) y análisis de clusters (CA). Previa obtención de los espectros se procedió a moler las semillas por molienda en mortero de porcelana y el polvo obtenido se analizó directamente en el equipo. En la **Figura 1** se representan los espectros FT-MIR/ATR de uno de los replicados (para el posterior PCA y CA se utilizaron triplicados de cada una de las muestras) obtenidos para cada una de las 5 muestras (Col: Colanzuli, BO25, Reg: Regalona, BO25 y Com: Comercial) en el rango de 800 cm^{-1} hasta 4000 cm^{-1} . Además, en el *inset* de la **Figura 1** se muestran los espectros FT-NIR/NIRA en el rango de 5000 cm^{-1} a 10000 cm^{-1} .

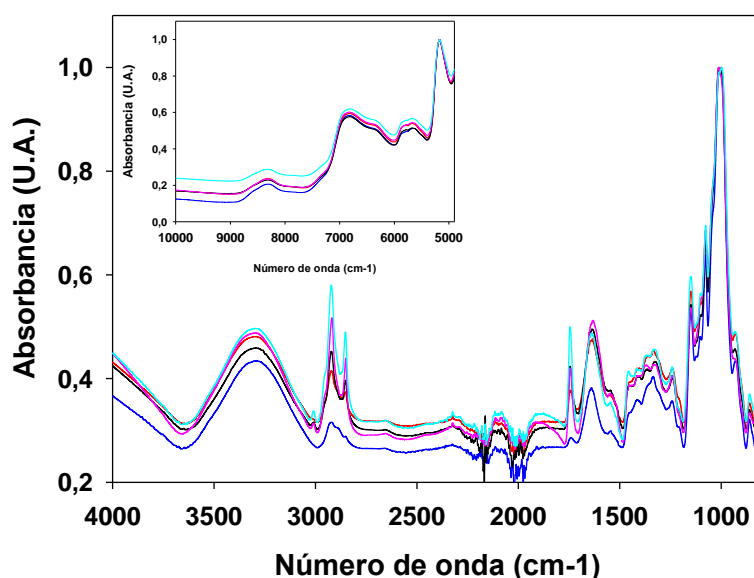


Figura 1. Espectros de FT-MIR/ATR normalizados en función de la absorbancia para uno de los replicados de las 5 muestras de semillas de quinoa analizadas: Com (—), Col (—), Reg (—), BO25 (—) y Com (—). Inset: Espectros de FT-NIR/NIRA normalizados en función de la absorbancia para cada uno de los replicados de las 5 muestras de semillas de quinoa analizadas (las leyendas coinciden con las del gráfico principal).

Cabe aclarar que se emplearon los espectros en intensidad de absorbancia y se normalizaron en ambos casos dividiendo todo el espectro por la intensidad del pico con mayor valor de absorbancia.

En el PCA y el CA se utilizó una matriz de datos que consistía en 15 filas (5 muestras por triplicado) y 4176 columnas (representando una selección de variables de los espectros FT-IR/ATR y FT-NIR/NIRA normalizados). En la **Figura 2** se muestra un gráfico de dispersión de los primeros 3 componentes principales, los cuales acumulan en total un 93,0% de la varianza del conjunto de datos original (PC1 versus PC2 versus PC3), en el cual se puede distinguir, en forma bien definida, una buena agrupación de las muestras de cada una de las 5 regiones.

La observación anterior fue confirmada mediante el CA que arrojó una agrupación correcta (100% de aciertos) de todas las muestras en 5 grupos, con un valor promedio de *silhouette width* (ASW) de 0,88 (considerado como óptimo un resultado de $ASW = 1$). A partir de estos resultados, se demuestra el valor potencial de estas técnicas para la discriminación geográfica de las diferentes semillas analizadas, lo que posibilitará agregar valor y mejorar sus condiciones de comercialización y aprovechamiento tecnológico.

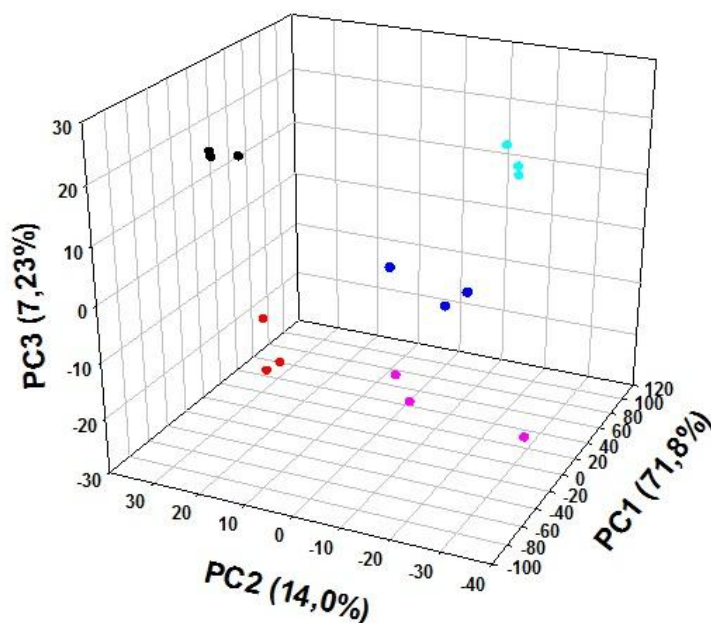


Figura 2. Gráfico de dispersión de los 3 primeros componentes principales (PC1 versus PC2 versus PC3) para cada uno de los replicados de las muestras de semillas de quinoa analizadas mediante PCA: Com (●), Col (●), Reg(●), BO25 (●) y Com (●). Entre paréntesis se indica el porcentaje de varianza asociada a cada una de las componentes principales.

Referencias

- Gislum, R., Micklander, E. y Nielsen, J. (2004). Quantification of nitrogen concentration in perennial ryegrass and red fescue using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) and chemometrics. *Field Crops Research*, 88,269–277.
- Kim, Y. y Kays, S. E. (2009). Near-Infrared (NIR) Prediction of trans-Fatty Acids in Ground Cereal Foods. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57,8187–8193.
- Nascimento, A. C., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M., Matos, A.S., Gimenez, A., Lobo, M., Samman, N. y Castanheira, I. (2014). Characterisation of nutrient profile of

quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*, 148,420–426.

Pomerantsev, A. L. y Rodionova, O. Y. (2012). Process analytical technology: critical view of the chemometricians. *Journal of Chemometrics*, 26,299–310.

Van den Berg, F., Lyndgaard, C. B., Sørensen, K. M. y Engelsen, S. B. (2013). Process Analytical Technology in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 31,27–35.



Dr. Silvio Rodríguez