

Residuos agroindustriales: una fuente potencial de antioxidantes naturales

Editores: Cristina Vergara H., Jorge Yáñez M., Olga Zamora V., INIA La Platina; Nicolás Pizarro A., INIA Remehue

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS – INFORMATIVO INIA LA PLATINA Nº 65 – AÑO 2025

En la elaboración de muchos productos agroindustriales se generan residuos, también conocidos como descartes o subproductos vegetales o frutícolas, tales como orujos, pulpas, entre otros. Estos incluyen desde la parte sólida de frutas y hortalizas luego de extraer el jugo o el aceite, hasta aquellos productos descartados por no cumplir con los criterios de calidad exigidos por ciertos mercados, como el calibre, el aspecto u otras características que los hacen no aptos para el procesamiento. Muchas veces, estos materiales son destinados a vertederos o reincorporados al campo para aportar propiedades físicas y químicas a los suelos. No obstante, presentan características de interés para la alimentación, ya que conservan nutrientes como fibras, proteínas, azúcares y compuestos con propiedades saludables, entre ellos los polifenoles, conocidos por su capacidad antioxidante y por contribuir a la reducción de la incidencia de enfermedades que afectan al sistema nervioso, cardiovascular, la diabetes, entre otras.

Los polifenoles son compuestos producidos por las plantas como parte del metabolismo secundario, es decir, no son esenciales para sus funciones vitales, pero cumplen roles importantes. Entre ellas, se incluyen la defensa contra patógenos y herbívoros, así como la protección frente al daño celular causado por especies reactivas de oxígeno (ROS), que se generan en respuesta al estrés ambiental y pueden llevar a la muerte de las células afectadas.

Se ha comprobado que estos descartes o residuos tienen potencial para la industria alimentaria, ya que pueden ser una fuente de antioxidantes y contribuir a la reducción del desperdicio de alimentos. La cantidad y el potencial

antioxidante de los compuestos vegetales son altamente variables dentro del reino vegetal, y dependen tanto de factores genéticos propios de cada especie y variedad, como de las condiciones ambientales y el estado de madurez, los cuales pueden influir en su biosíntesis y favorecer su aumento. También pueden encontrarse en distintas concentraciones según el tipo de tejido dentro de una misma planta, lo que plantea la necesidad de estudiar diversas fuentes y materias primas para evaluar su potencial de aplicación. En este contexto, los residuos o descartes se presentan como una alternativa viable para ser usados en nuevos productos, y considerar su incorporación como ingredientes y/o aditivos en alimentos o en la industria nutracéutica, en el marco de la economía circular.



Figura 1. Residuos agroindustriales con contenido de polifenoles.

Proyecto y colecta de residuos

En el contexto del proyecto "Agregación de valor a la leche bovina: evaluación de distintas fuentes dietarias ricas en compuestos fenólicos para obtención de un producto con propiedades funcionales", se evaluaron 17 descartes naturales (subproductos) de la agroindustria en la Unidad de Materias Primas y Alimentos de INIA La Platina, recolectados entre los años 2023 y 2024 (Figura 1) debido a su potencial fuente de compuestos saludables.

Las características de estos subproductos, en relación con el tipo de tejido y el momento de obtención, se detallan a continuación y se representan gráficamente en la Figura 2:

Ajo chilote: el ajo chilote (*Allium ampeloprasum*) es un tallo modificado que es utilizado para consumo fresco y elaboración de otros productos. Durante el envasado se almacena el conjunto de bulbillos y es desechado el resto de los elementos, como las raíces y las catáfilas envolventes del bulbo (residuo c, Figura 2).

Avellana europea: la avellana europea (*Corylus avellana*) es un fruto seco cuya parte comestible corresponde a la semilla del fruto, que es directamente consumido y utilizado para distintas preparaciones culinarias. Al envasar este alimento se eligen los frutos que cumplen los estándares de calibre, sanidad y madurez, produciéndose residuos compuestos por el precalibre, incluyendo semilla y su pericarpio leñoso (residuo e, Figura 2) o residuos propiamente de la avellana (residuo o, Figura 2).

Pomaza de manzana, pera y membrillo: durante la elaboración de jugo y/o sidra de manzana (*Malus domestica*), pera (*Pyrus communis*) o membrillo (*Cydonia*

oblonga) se muele la fruta y luego se prensa para extraer el jugo, dejando un residuo compuesto por la piel, pulpa y semillas (residuos f, h, i, Figura 2).

Bagazo de cebada: el bagazo u orujo de cebada (*Hordeum vulgare*) es obtenido luego de la molienda y filtrado de la malta en el proceso de elaboración de cerveza. Corresponde al salvado del grano y una pequeña cantidad de mosto (residuo g, Figura 2).

Olivo: la oliva (*Olea europaea*) es consumida en estado fresco como aceituna de mesa y como aceite. En la cosecha de las olivas se obtiene como residuo hojas. En la elaboración de aceite de oliva, se generan residuos como el alperujo (compuesto por orujo, pulpa y semillas), tras extraer el aceite por molienda y centrifugación en el sistema de extracción de dos fases, o el orujo, que se obtiene en el prensado cuando el aceite se obtiene mediante la elaboración tradicional (residuos d, k, l, Figura 2).

Rosa Mosqueta: el fruto de la rosa mosqueta (*Rosa* spp.) tiene versatilidad en usos abarcando muchos alimentos, además, su semilla se usa en la industria cosmética. En la selección se separan los restos vegetales que no corresponden al fruto, como tallos, hojas y semillas (residuos a, b, Figura 2).

Uva: durante la elaboración de vino de uva (*Vitis vinifera*) se extrae el jugo o mosto de la baya pasteurizada mediante el prensado, proceso en el que se produce un residuo comprendido por el orujo (epidermis de la baya), semillas y muy pequeñas porciones del escobajo (residuos j, m, n, Figura 2). En este caso, el afrecho representa al salvado de la semilla (residuo m, Figura 2).

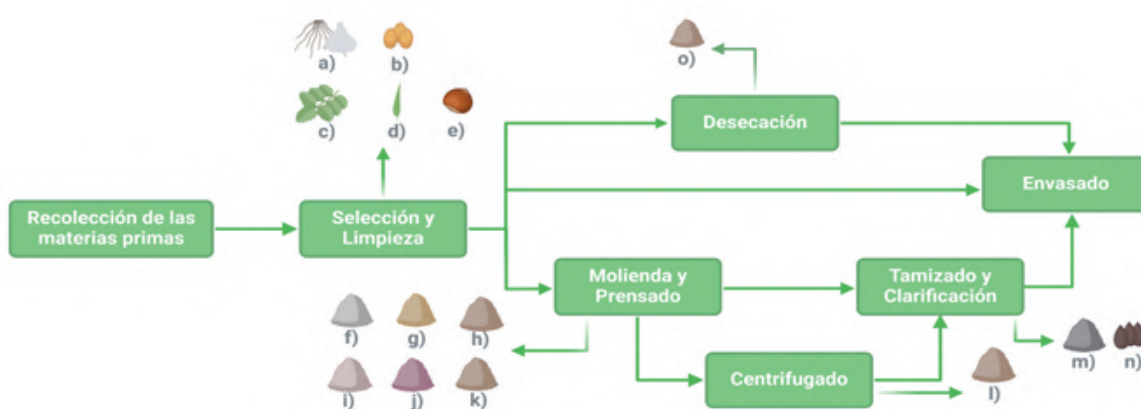


Figura 2. Flujograma de la elaboración de productos agroindustriales y la obtención de subproductos a) Semillas de Rosa Mosqueta; b) Hojas y Tallos Rosa Mosqueta; c) Catáfilas y raíces Ajo Chilote; d) Hojas de Olivo; e) Precalibre de Avellana; f) Pomaza de Pera; g) Bagazo de Cebada; h) Pomaza de Membrillo; i) Pomaza de Manzana; j) Orujo de Uva; k) Orujo de Oliva; l) Alperujo de Oliva; m) Afrecho Semilla de Uva; n) Semilla de Uva; o) Residuo de Avellana.

Contenido de antioxidantes

Se realizó la extracción de los antioxidantes de las muestras de subproductos previamente liofilizadas (técnica que permite mantener de forma intacta los compuestos bioactivos o antioxidantes). La obtención de los compuestos se realizó mediante una extracción sólido-líquido, utilizando metanol como solvente.

La cuantificación de polifenoles totales se realizó mediante el método colorimétrico Folin-Ciocalteu, donde los resultados fueron expresados como mg equivalente de ácido gálico por gramo de muestra seca (mg EAG/g).

La actividad antioxidante se determinó de acuerdo con el método FRAP (Poder Antioxidante Reductor del ion Férrico), que mide la capacidad reductora del extracto al medir la reducción del ion férrico (Fe^{+3}) a ferroso (Fe^{+2}). Las mediciones se expresan como miligramo equivalente de trolox por gramo de muestra seca (mg Trolox/g).

En la Figura 3 se muestra el contenido total de polifenoles y la actividad antioxidante de los 17 subproductos agroindustriales, expresados por gramo de peso seco, utilizando la muestra liofilizada según los procedimientos descritos. El orujo de uva junto con las hojas de olivo variedad sevillana presentaron la mayor capacidad antioxidante (FRAP).

La mayor concentración de polifenoles fue obtenida por el orujo de uva, seguido por hojas de olivo sevillana y alperujo de oliva. Además, estas dos variables mostraron una relación positiva en la totalidad de los residuos ($r^2 = 0,98$).

En el Cuadro 1, se muestra la concentración de polifenoles de los 17 residuos agroindustriales, según el peso en el estado en que fueron recibidos en la Unidad de Materias Primas y Alimentos. Además, se detalla el contenido de humedad de cada muestra analizada al momento de recepción, previo a su liofilización.

Como la actividad antioxidante contempla el aporte de polifenoles totales, vitaminas y otros compuestos con capacidad antioxidante, este parámetro superó entre 4 y 19 veces al contenido de polifenoles totales.

También es posible que se presenten polifenoles de alto poder antioxidante en aquellas muestras con la mayor relación de FRAP/polifenoles totales, donde se pueden requerir moléculas diferentes para realizar una actividad antioxidante de alto impacto.

Los subproductos del olivo (alperujo, hojas y orujo) se distinguen por su alto contenido de polifenoles totales, similar a las hojas y tallos de rosa mosqueta. Sin embargo, el orujo de uva *Pinot noir* presenta el mayor contenido de polifenoles totales entre los subproductos analizados. En cambio, el bagazo de cebada, el precalibre de avellano y residuo de avellano presentan el menor contenido de polifenoles totales. Si bien el ajo chilote, el membrillo y la pera presentan un menor contenido de polifenoles totales en comparación con otros subproductos analizados, son productos que se consumen en gran medida ya que poseen propiedades saludables.

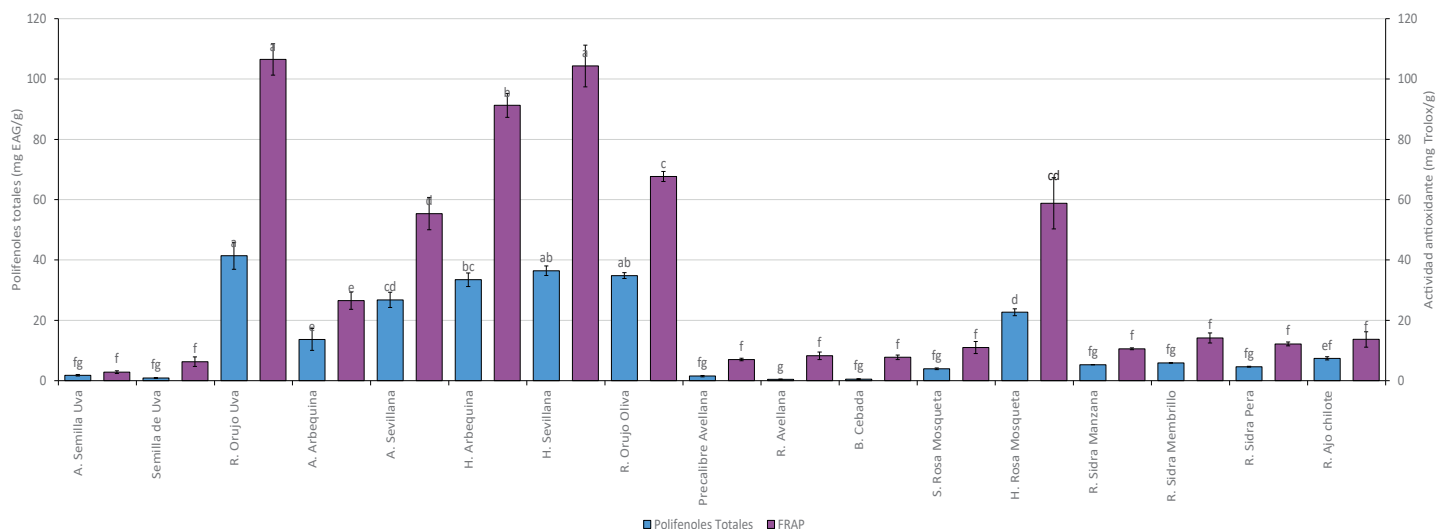


Figura 3. Contenido de polifenoles totales (mg EAG/g peso seco) y actividad antioxidante FRAP (mg Trolox/g peso seco) de 17 subproductos agroindustriales. Las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 1. Contenido de polifenoles totales (g EAG/kg de muestra adquirida) y contenido de humedad de 17 subproductos agroindustriales.

Especie	Subproducto	Estado del Subproducto	Contenido de Humedad (%)	Polifenoles Totales (g EAG/kg muestra recibida)
Ajo chilote	Hoja exterior y raíces	Fresco	38,9 ± 8,9	4,5 ± 0,3
Avellana europea	Precalibre	Precalibre	4,2 ± 0,4	0,68 ± 0,1
	Residuo	Seco	7,1 ± 0,2	0,43 ± 0,09
Membrillo	Bagazo	Fresco	74,2 ± 0,5	1,5 ± 0,03
Cebada	Bagazo	Fresco	78,4 ± 0,4	0,11 ± 0,03
Manzana	Bagazo	Fresco	78,2 ± 0,3	1,14 ± 0,005
Olivo	Alperujo Arbequina	Seco	3,4 ± 0,2	13,6 ± 0,003
	Alperujo Sevillana	Seco	3,6 ± 0,2	26,7 ± 0,002
	Hojas Arbequina	Seco	5,1 ± 0,3	33,4 ± 0,002
	Hojas Sevillana	Seco	4,6 ± 0,6	36,5 ± 0,001
	Orujo	Seco	3,0 ± 0,3	34,8 ± 0,9
Pera	Bagazo	Fresco	76,4 ± 0,4	1,08 ± 0,03
Rosa mosqueta	Hojas y tallos	Seco	1,0 ± 0,3	22,4 ± 0,001
	Semillas	Seco	2,5 ± 0,1	3,82 ± 0,2
Uva	Afrecho semilla	Seco	7,8 ± 0,1	1,76 ± 0,2
	Semilla	Seco	9,8 ± 0,1	0,88 ± 0,15
	Orujo pinot noir	Seco	6,2 ± 0,7	41,39 ± 0,004

*Resultados expresados como promedio ± desviación estándar.

Consideraciones finales

La protección que posee un antioxidante dependerá de su concentración, su capacidad para interactuar con las especies reactivas de oxígeno, su perfil químico y su estado. Es relevante analizar el perfil de los polifenoles en aquellos residuos que mostraron una alta concentración de estos compuestos, así como en aquellos con una alta relación FRAP/polifenoles totales. Se puede suponer que en estas concentraciones influye tanto la capacidad de síntesis de la planta, como el poder antioxidante de ciertos compuestos bioactivos de manera independiente. Además, es importante considerar la variabilidad entre proveedores de subproductos, la época del año y las variedades utilizadas, ya que diferentes proporciones de tejidos en un mismo residuo pueden generar diferencias en los contenidos de polifenoles y antioxidantes.

Finalmente, para valorizar los subproductos agroindustriales como aditivo o fortificador en la dieta, es fundamental comprender el comportamiento integral de sus propiedades físicas y químicas. Esto permitirá su uso eficaz y adecuado, abriendo nuevas alternativas de reutilización de alto valor. En cuanto a su aplicación en la alimentación animal, los próximos pasos incluyen realizar la digestión gastrointestinal en sistema simulado para bovinos, y posteriormente evaluar el impacto en la dieta y su posible transferencia a la leche bovina.

Agradecimientos

Agradecemos el financiamiento del proyecto "Agregación de valor a la leche bovina: evaluación de distintas fuentes dietarias ricas en compuestos fenólicos para obtención de un producto con propiedades funcionales" (código 503476-70), otorgado por la Subsecretaría de Agricultura. Asimismo, reconocemos la valiosa contribución de las investigadoras de INIA Carillanca, Ana María Sandoval e Iverly Romero.

INIA

Permitida la reproducción total o parcial de esta publicación citando fuente y autor.

La mención o publicidad de productos no implica recomendación INIA.

Más información: Cristina Vergara H., cristina.vergara@inia.cl

INIA La Platina, Av. Santa Rosa 11610, La Pintana, Región Metropolitana.

www.inia.cl

