

Características de calidad y condición de frutos de avellano europeo (*Corylus avellana* L.) cv. Barcelona en la zona centro-sur de Chile

Quality and condition features of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cv. Barcelona grown in South-Central of Chile

Jaime Guerrero C. ¹, Cristian Meriño-Gergichevich ², Kristopher Ogass C. ¹,
Camila Alvarado N. ¹, Verónica Sobarzo M. ¹

Originales: *Recepción*: 19/11/2014 - *Aceptación*: 02/07/2015

RESUMEN

En Chile, entre las regiones del Maule y Los Lagos, la producción y exportación de avellana europea (*Corylus avellana* L.) aumenta sostenidamente; constituyendo la calidad y condición, factores incidentes en el precio y exportación. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad y condición de avellana europea cv. Barcelona proveniente de 14 plantaciones comerciales ubicadas en el centro-sur de Chile. El peso de fruto y de semilla varió significativamente entre las plantaciones evaluadas, y en menor grado lo fue altura e índice de redondez del fruto, la relación cáscara/semilla y el calibre de la semilla. Los defectos de condición predominantes en todas las localidades fueron frutos vanos y semillas dobles y arrugadas, la prevalencia de fitopatógenos de poscosecha fue baja (1%; rango 0 - 4%). El desprendimiento del perisperma varió significativamente y en todos los casos fue de calidad aceptable para Barcelona (rango 3 - 5). El contenido de aceite (60,7%), proteína (16,5%), fibra (3,1%), cenizas (2,18%), índice promedio de acidez (0,15) y peróxidos (1,3) no varió significativamente entre las localidades. Considerando las características físicas evaluadas se conformaron dos grupos clúster de disimilitud, que no evidencia una tendencia clara en función de la localidad.

Palabras clave

Corylus avellana • cv. Barcelona • calidad y condición • análisis proximal

-
- 1 Laboratorio de Fitopatología. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de La Frontera. Casilla 54-D. Temuco. Chile. jaime.guerrero@ufrontera.cl
 - 2 Center of Plant, Soil Interaction and Natural Resources Biotechnology. Scientific and Technological Bioresource Nucleus (BIOREN-UFRO), Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

ABSTRACT

In Chile, from Del Maule to Los Lagos regions, the hazelnut (*Corylus avellana* L.) production and exportation increases steadily, being the quality and condition of fruit a factor to enhance the prices and exportation. In this way, the information is scarce. The aim of this research was to evaluate the fruit quality and condition of hazelnut cv. Barcelona from 14 commercial plantations located in South-Central Chile. Concerning, the fruit and seed weight varied significantly among evaluated plantations and in a lesser level for height, fruit roundness index, shell/seed ratio and seed caliber. Prevailing condition defects were vain fruits and double and wrinkled seeds, incidence of pathogens was low but variable (1%, ranging 0 - 4%). The detachment of perisperm was indicative of acceptable quality (range 3-5) among the plantations. The contents of fatty (60.7%), protein (16.5%), fiber (3.1%), ash (2.18%), acidity (0.15) and peroxides indexes (1.3) did not vary among plantations. Considering the evaluated features two clusters of dissimilarity groups among the localities were conformed, indicative of prevalence relationship to local site-specific and crop management conditions.

Keywords

Corylus avellana • cv. Barcelona • quality and condition • proximal analyses

INTRODUCCIÓN

El avellano europeo (*Corylus avellana* L.) es un frutal de nuez, originario de Europa Central y Asia Occidental; el principal productor de avellana es Turquía con alrededor del 75% de la producción mundial, seguido de Italia, Estados Unidos y España (7). En Chile, la superficie y producción se incrementa gradual y sostenidamente constituyendo la posibilidad de ser un productor importante a nivel mundial. Introducido en Chile a mediados del siglo XIX (18), actualmente, el principal cultivar plantado en Chile es Barcelona con el 80% de la superficie total (14.000 ha), con producciones promedio de 2500 t ha⁻¹ (12, 13).

La mayor demanda de avellana proviene de la industria, seguida del consumo de mesa, ambos con requerimientos específicos en calidad, especialmente características morfológicas y químicas.

La calidad es una consecuencia, y como tal se origina en campo, siendo dependiente de las características de sitio específico. Las prácticas agronómicas influyen en la composición de ácidos grasos, minerales y vitaminas, afectando las propiedades sensoriales y nutricionales y en consecuencia, la calidad y estabilidad del producto (13, 15, 16). En este sentido, la información publicada disponible en Chile es mínima, por lo que es conveniente desarrollar investigación a nivel local para contribuir a mejorar estos atributos, los cuales pueden llegar a ser un factor diferenciador propio de cada localidad. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad y condición de avellanas del cv. Barcelona proveniente de 14 plantaciones comerciales de avellano europeo ubicadas en la zona centro sur de Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica y recolección de muestras

Las avellanas evaluadas provinieron de huertos de avellano europeo cv. Barcelona establecidos en localidades de la zona centro-sur de Chile: Región del Maule: Teno (34°86' S, 71°18' W), Talca (35°43' S, 71°66' W), Colbún (35°70' S, 71°41' W), Longaví (35°96' S, 71°68' W); en Región del Bío Bío: Chillán (36°60' S, 72°10' W), Yungay (37°11' S, 72°01' W),

Santa Bárbara (37°66' S, 72°01' W); en Región de La Araucanía: Collipulli (37°95' S, 72°43' W), Allipén (38°93' S, 73°21' W), Gorbea (39°10' S, 72°68' W), Villarrica (39°30' S, 72°40' W), Loncoche (39°36' S, 72°63' W); y en Región de Los Ríos: Panguipulli (39°63' S, 72°33' W) y Valdivia (39°61' S, 73°06' W) (figura 1).

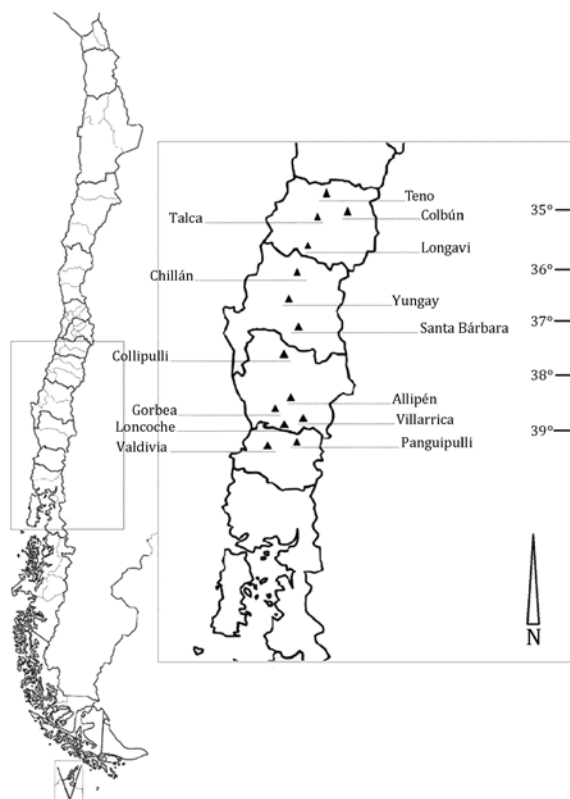


Figura 1. Ubicación geográfica de las plantaciones de avellano europeo cv. Barcelona evaluadas, en localidades de la zona centro-sur de Chile.

Figure 1. Geographical location of hazelnut cv. Barcelona plantations in the South- central Chile.

La fruta cosechada, según criterio comercial, se estabilizó a 7% de humedad en estufa de secado con aire forzado durante tres días a $30\pm 3^{\circ}\text{C}$. Las evaluaciones físicas y químicas se realizaron en el Laboratorio de Fitopatología del Instituto de Agroindustria, Universidad de La Frontera.

Evaluación física

La medición morfológica se realizó según metodología empleada por Ozdemir y Akinci (2004) y Aydin (2002). Se midió peso de fruto y semilla (g), rendimiento de semilla (%) se determinó según fórmula $(\text{Peso de la semilla} / \text{Peso del fruto}) * 100$ (6), diámetro de fruto y semilla (mm), índice de redondez del fruto y semilla (relación altura y diámetro; 0 - 1); homogeneidad del calibre del fruto y semilla (%) e índice de pelabilidad (remoción del perisperma que recubre la semilla mediante el tratamiento de calor en horno a 140°C por 10 minutos), cuantificado por escala de notas de 1 a 7 (19), frutos vanos (%); semillas arrugadas o deformes (%); semillas dobles (%) e incidencia (%) de hongos.

Evaluaciones químicas

Mediante análisis proximal se evaluó el contenido de aceite (%), fibra (%), cenizas (%), acidez (% de ácido oleico) e índice de peróxidos ($\text{meq O}_2 \text{ kg}^{-1}$) en frutos previamente estabilizados en 7% de humedad.

Análisis estadístico

Se colectó 500g de avellanas en forma aleatoria por plantación en cada localidad. Cada fruto constituyó la unidad experimental (100 unidades/repetición). Para variables con efecto controlado se realizó análisis de varianza (ANDEVA) y como comparación de medias se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0,05$).

También se comparó las variables mediante análisis de componentes principales (PCA) con rotación varimax, obteniendo puntaje factorial utilizado para análisis de conglomerado jerárquico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros físicos

El peso seco de fruto fue muy variable entre las plantaciones, con un promedio 3,16 g, el mayor detectado en localidades de Allipén y Colbún, mientras el peso promedio fue menor en Talca (2,89 g) y Linares (2,86 g) (tabla 1, pág. 5).

Respecto del peso promedio de semilla, la tendencia fue similar al fruto, siendo las localidades de Allipén y Colbún donde se obtuvo el mayor peso de semilla (1,48 g y 1,42 g, respectivamente), y el más bajo se detectó en plantaciones de Villarrica y Loncoche con un peso similar de 1,21 g (tabla 1, pág. 5). Las localidades de Allipén y Colbún difieren significativamente en condiciones de suelo y clima, infiriendo con razonable certeza que la causalidad se vincula principalmente con aspectos ambientales y de manejo agronómico, los cuales no fueron específicamente cuantificados en este estudio. En tanto que entre Villarrica y Loncoche existe una mayor similitud edafoclimática. Grau (2003) y Ellena (2009), señalan para Chile un peso promedio de fruto entre 3,3 y 3,5 g y de semilla entre 1,4 y 1,5 g.

En Italia, Tombesi y Limongelli (2002) reportaron valores de 3,7 g y 1,6 g, respectivamente. En Estados Unidos McCluskey *et al.* (2005) informaron similares rangos (3,4-3,8 g y 1,4-1,7 g). En Australia, Baldwin (2010), reportó un peso de semilla de 1,3g y en Nueva Zelanda, Redpath (2011) determinó un rango entre 1,4 y 1,5 g.

Tabla 1. Peso seco de frutos y semilla (g) y rendimiento de semilla (%) de avellano europeo cv. Barcelona según localidades de la zona centro sur de Chile.

Table 1. Fruit and seed dry weights (g) and seed yield (%) in hazelnut cv. Barcelona according to evaluated localities in the South-Central Chile.

Localidades	Peso fruto (g)	Peso semilla (g)	Rendimiento (%)
Allipén	3,48±0,57	1,42±0,22	40,9±4,22
Colbún	3,46±0,69	1,48±0,30	42,9±4,09
SantaBárbara	3,35±0,59	1,37±0,23	40,5±4,16
Longaví	3,33±0,58	1,42±0,23	42,5±3,45
Panguipulli	3,25±0,49	1,30±0,18	40,0±2,91
Valdivia	3,20±0,73	1,32±0,29	41,6±4,11
Yungay	3,08±0,52	1,25±0,24	40,3±4,07
Collipulli	3,05±0,49	1,28±0,20	42,1±3,94
Villarrica	3,00±0,58	1,21±0,21	40,6±3,89
Loncoche	2,99±0,69	1,21±0,25	39,9±4,42
Talca	2,89±0,55	1,26±0,24	43,4±4,22
Linares	2,86±0,53	1,30±0,21	44,9±4,40
Promedio	3,16±0,62	1,32±0,25	41,8±4,21

*(n=100).

La relación promedio cáscara/semilla fue de 41,8 %, con el porcentual más alto en huertos de Linares (44,9%) y Talca (43,4%). El menor rendimiento de semilla se detectó en Loncoche (39,9%); el promedio para las otras localidades evaluadas fue de 41,2 % (tabla 1). Este parámetro de calidad, fue similar a lo reportado en Australia (2), Nueva Zelanda (24), Italia (27), Estados Unidos (20), y en la ex Yugoslavia (22), y menor al reportado en Italia por Tombesi y Limongelli (2002) con un 48%.

En Chile la relación cáscara/semilla ha variado entre 43% y 46% (10, 14). El diámetro mayor de la avellana fue de 20,7 mm y el menor de 17,4 mm en promedio, la altura promedio de 20,5 mm; lo que implica un índice de redondez de 0,92 (tabla 2, pág. 6); coincidente con lo señalado por Bioversity, FAO y CIHEAM (2008) y Redpath (2011), como representativo de avellana del cv. Barcelona.

Índices similares fueron reportados en Italia por De Salvador *et al.* (2002) y Valentini *et al.* (2005).

En el caso de la semilla, el promedio de diámetro mayor (15,2 mm), diámetro menor (12,6 mm) y altura (15,1 mm), configuran un índice de redondez de 0,92 (tabla 2, pág. 6). La secuencia para calibre de la avellana tanto en diámetro mayor de fruto como de la semilla según localidades fue la siguiente: Allipén>Colbún>Talca>Linares.

En semilla, según localidad, el calibre mayor fue medido en Allipén (16,0 mm) y Panguipulli (16,0 mm), mientras el menor se detectó en Talca (14,6 mm) y Yungay (14,2 mm) (tabla 2, pág. 6).

El calibre de fruto varió entre 20 mm y 21 mm, con 74% por sobre 20 mm y el calibre de la semilla, entre 15 mm y 16 mm, con 60% de las semillas sobre 15 mm (tabla 2, pág. 6).

Tabla 2. Índice de redondez de fruto y semilla de avellano europeo cv. Barcelona, según localidades de la zona centro-sur de Chile.

Table 2. Roundness index in fruit and seed of hazelnut cv. Barcelona, according to evaluated localities in the South- central Chile.

Localidades	$\phi > \text{fruto}$	$\phi < \text{fruto}$	H fruto	IR fruto	$\phi > \text{sem}$	$\phi < \text{sem}$	h sem	IR sem
Talca	20,0±1,74	16,9±1,36	20,4±1,54	0,90±0,07	14,6±1,61	12,4±1,61	15,5±1,73	0,88±0,14
Colbún	21,4±1,54	18,3±1,52	21,0±1,58	0,94±0,06	15,5±1,29	13,4±1,25	15,7±1,55	0,93±0,10
Linares	19,9±1,34	16,8±1,17	20,0±1,21	0,91±0,04	14,7±1,32	12,6±0,96	15,1±1,21	0,90±0,09
Longaví	20,8±1,56	17,7±1,45	20,5±1,52	0,94±0,06	15,7±1,38	13,0±1,43	15,1±1,62	0,96±0,12
Yungay	20,4±1,39	17,3±1,00	20,7±1,14	0,91±0,05	14,2±1,72	12,0±1,27	15,6±1,35	0,84±0,12
Santa Bárbara	21,0±1,08	17,7±1,14	20,7±1,22	0,93±0,05	15,3±1,34	12,6±1,22	15,4±1,42	0,91±0,11
Collipulli	20,7±1,43	17,2±1,15	20,4±1,28	0,93±0,05	15,6±1,54	12,9±1,18	14,6±1,29	0,98±0,12
Allipén	21,7±1,48	18,0±1,35	21,0±1,19	0,94±0,05	16,0±1,33	13,3±1,45	15,1±1,28	0,97±0,12
Villarrica	20,7±1,56	17,1±1,42	19,6±1,24	0,96±0,06	15,0±1,35	12,3±1,11	14,2±1,28	0,96±0,12
Loncoche	20,3±2,02	16,8±1,80	20,6±1,62	0,90±0,07	14,7±1,56	11,3±1,73	15,6±1,40	0,83±0,10
Panguipulli	21,2±1,38	17,6±1,30	20,2±0,99	0,95±0,06	16,0±1,36	12,9±1,43	14,2±1,28	1,01±0,11
Valdivia	20,7±1,95	17,3±1,52	20,4±1,48	0,93±0,06	15,2±1,79	12,2±1,43	15,2±1,36	0,91±0,09
Promedio	20,7±1,63	17,4±1,43	20,5±1,39	0,92±0,06	15,2±1,56	12,6±1,4	15,1±1,48	0,92±0,12

*IR= Índice de redondez $((\phi > \text{fruto} + \phi < \text{fruto})/2)/h_{\text{fruto}}$; $(\phi \text{sem} + \phi < \text{sem})/2)/h_{\text{sem}}$; h_{fruto} = altura de fruto; h_{sem} = altura de semilla; (n=100).

*IR= Roundness index $((\phi > \text{fruit} + \phi < \text{fruit})/2)/h_{\text{fruit}}$; $(\phi \text{seed} + \phi < \text{seed})/2)/h_{\text{seed}}$; h_{fruit} = fruit height; h_{seed} = seed height; (n=100).

Es pertinente consignar que los resultados obtenidos tanto para calibres y relación cáscara/semilla, fueron muy similares entre localidades evaluadas y se posicionan en los rangos reportados por la literatura especializada.

El desprendimiento del perisperma o blanqueado (pelado) varió significativamente entre localidades, siendo menor en avellanas provenientes de Chillán (4,97) y Teno (4,90), mientras las avellanas con pelabilidad mayor provenían de Gorbea (2,7) y Valdivia (2,4), localidades ubicadas más al sur, situación que podría vincularse con factores ambientales.

El índice de pelabilidad promedio de todas las localidades fue de 3,8 (rango a 2,4 -4,9) (tabla 3). Estos índices fueron similares a los reportados en Australia en distintos años y lugares con rangos entre 3,0 a 4,5 (4) y en Estados Unidos con rangos entre 3,2 a 5,2 (19). Este índice varía entre cultivares y sería dependiente de variadas condiciones de sitio específico.

La importancia de este factor está referido al potencial uso de la avellana. En referencia, Lemus (2001) sostiene que la factibilidad de realizar este blanqueado incide en el destino de las avellanas para procesamiento agroalimentario o para consumo de mesa como "snack". Los mercados compradores requieren avellanas con un blanqueado de la semilla superior al 65% (3).

Condición de la avellana

Los defectos predominantes fueron: frutos vanos (12,3%), rango 2-28%), semillas arrugadas (4%, rango 0-10%), semillas dobles (3,6%, 0-11%), e incidencia de hongos 1,8% (0-42%) (tabla 4, pág. 8). El promedio de avellana sin defecto fue de 78%, situación que se incluye en el rango de entre 64 y 88% reportado por McCluskey *et al.* (2005) y McCluskey *et al.* (2009).

Tabla 3. Pelado de semilla de avellano europeo cv. Barcelona, según localidades de la zona centro sur de Chile.

Table 3. Seed peeling of hazelnut cv. Barcelona, according to evaluated localities in the South-Central Chile.

Localidades	Índice de pelado	Pelado (%)
Chillán	4,97±0,80 a	40-54
Teno	4,90±0,45 a	40-54
Villarrica	4,17± 0,41 ab	40-54
Longaví	3,93± 0,30 ab	55-69
Loncoche	3,90 ±1,24 ab	55-69
Collipulli	3,87± 1,28 ab	55-69
Allipén	3,73± 0,77 ab	55-69
Colbún	3,63± 0,56 ab	55-69
Talca	3,33± 0,55 ab	55-69
Linares	3,07± 0,05 ab	55-69
Gorbea	2,73±0,32 b	70-85
Valdivia	2,43±0,23 b	70-85
Promedio	3,76±0,94	53,8-67,9

*Letras distintas indican diferencia estadística según prueba de Tukey (p<0,05). (n=100).

*Different low letters indicate statistical differences according to Tukey (p<0.05). (n=100).

Tabla 4. Incidencia (%) de frutos vanos, semillas arrugadas, semillas dobles y hongos, en avellano europeo cv. Barcelona, según localidades de la zona centro-sur de Chile.

Table 4. Incidence (%) in vain fruits, wrinkled seeds, double seeds and pathogens, in hazelnut cv. Barcelona, according to evaluated localities in the South-Central Chile.

Localidades	Frutos vanos	Semillas arrugadas	Semillas dobles	Hongos
Longaví	6	0	8	0
Talca	9	1	4	0
Linares	5	4	1	0
Colbún	2	4	11	0
Santa Bárbara	28	2	1	0
Yungay	12	10	5	0
Collipulli	10	1	2	0
Allipén	8	7	3	1
Loncoche	27	8	1	4
Villarrica	7	3	2	1
Panguipulli	18	5	0	3
Valdivia	15	3	5	3
Promedio	12,0	4,0	3,6	1

(n=100).

En términos porcentuales, la fruta vana fue el defecto predominante en la mayoría de las localidades, independiente de la ubicación geográfica, aspecto que depende de la condición climática de cada lugar, manejo agronómico, edad de la planta en relación con el proceso de polinización y cuaja. Por ejemplo, en Santa Bárbara (28%) y Loncoche (27%), localidades muy distantes (tabla 4). La semilla arrugada también fue un defecto predominante, aunque menor a la fruta vana y con menor variación entre localidades distantes como Yungay (10%) y Allipén (7%).

La semilla doble ha sido una condición que varió significativamente entre localidades con una mayor incidencia en aquellas más al centro-sur del país Colbún (11%), Longaví (8%), Yungay (5%) y Talca (4%).

La detección de hongos de poscosecha fue relativamente mayor en avellanas colectadas desde las plantaciones establecidas en localidades de la zona sur, con predominio de mayor precipitación,

humedad relativa y baja temperatura en primavera y verano, tal es el caso de Loncoche (12%), Valdivia (5%), Panguipulli (3%), Allipén (1%) y Villarrica (1%) (tabla 4).

Al respecto, Guerrero *et al.* (2014) reportaron diferentes hongos de poscosecha, destacando con prevalencia mayor *Botrytis cinerea*, *Aspergillus niger*, *Penicilium spp.* y *Trichotecium roseum* en avellana en la zona sur de Chile. Su incidencia depende de factores ambientales favorables para la infección de fitopatógenos, especialmente durante la floración y cuaja.

Es preciso indicar que en las plantaciones muestreadas el manejo fitopatológico es muy variado y basado preferentemente en el uso de productos cúpricos.

Análisis de factores latentes

Sobre el promedio de las localidades se determinó las variables más relevantes en cuanto a las diferencias observadas por medio de un análisis de componentes principales (PCA), con rotación varimax.

Los resultados permitieron diferenciar entre localidades, destacándose como más incidente el peso de semilla, diámetro menor de fruto, peso de fruto, altura de fruto y diámetro mayor del fruto.

El peso de semilla fue la componente que discriminó mejor entre localidades, seguido de diámetro menor, peso, altura y diámetro mayor del fruto (Factor 1). Otro grupo de variables que se constituyeron como incidentes, aunque en menor grado para diferenciar la localidad fueron: índice de redondez de la semilla, índice de redondez del fruto y diámetro mayor de la semilla.

En cuanto al rendimiento, por ser una consecuencia de la interacción de las componentes enunciadas para cada localidad, su incidencia relativa es baja (tabla 5).

El grado de diferencia entre localidades, representado por los factores latentes indicados, sería más dependiente de factores de manejo más que de las características globales de la localidad.

Al respecto, Garrone y Vacchetti (1994), reportaron que es fundamental para obtener una avellana de calidad, establecer las plantas en zonas adecuadas, donde los factores restrictivos como humedad excesiva, sectores ventosos, riesgo de helada tardía, estén atenuados y potenciar un manejo agronómico productivo, particularmente la polinización en condiciones de invierno riguroso.

Análisis de variables según grupos clúster

Sobre la base de los puntajes factoriales se realizó una clasificación mediante análisis de conglomerado jerárquico, obteniendo dos grupos diferenciados. Como método de validación de la selección de las variables se empleó el análisis de segmentación jerárquica de clasificación de árboles de regresión (CART) (figura 2, pág. 10).

Tabla 5. Relación de las variables respecto de factores latentes.

Table 5. Relationship among variables regarding to latent factors.

Variable	Factor 1	Factor 2
Peso semilla (g)	0,9410	0,0013
Ø<fruto (mm)	0,9386	0,2241
Peso fruto (g)	0,9380	0,2534
H fruto (mm)	0,8035	-0,4321
Ø>fruto (mm)	0,8017	0,5194
Ø<semilla (mm)	0,7152	0,3699
Ø>semilla (mm)	0,6097	0,6993
IR fruto*	0,3446	0,8643
h semilla (mm)	0,3109	-0,9348
IR semilla*	0,2878	0,8929
Rendimiento (%)	-0,0134	-0,3347

*IR=Índice de redondez $((\text{Ø}>\text{fruto}+\text{Ø}<\text{fruto})/2)/h_{\text{fruto}}$; $((\text{Øsem}+\text{Ø}<\text{sem})/2)/h_{\text{sem}}$.

h_{fruto} = altura de fruto; h_{sem} = altura de semilla; (n=100).

*IR=Roundness index $((\text{Ø}>\text{fruit}+\text{Ø}<\text{fruit})/2)/h_{\text{fruit}}$; $((\text{Øseed}+\text{Ø}<\text{seed})/2)/h_{\text{seed}}$.

h_{fruit} = fruit height; h_{seed} = seed height; (n=100).

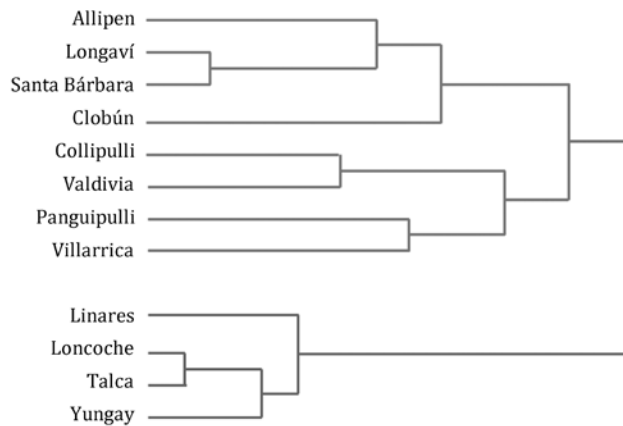


Figura 2. Análisis de conglomerado jerárquico, según plantaciones de avellano evaluados en localidades de la zona centro-sur de Chile.

Figure 2. Hierarchical clustering analysis, according to evaluated hazelnut plantations in localities from the South-Central Chile.

En la tabla 6 (pág. 11), se incluye el promedio de las variables respecto de los grupos conformados (clúster), evidenciando que el clúster A (localidades de Allipén, Longaví, Santa Bárbara, Colbún, Collipulli, Valdivia, Panguipulli y Villarrica) concentra los promedios mayores de las variables, respecto del clúster B (localidades de Linares, Loncoche, Talca y Yungay), a excepción del rendimiento y altura de fruto y semilla, variables de menor importancia y con significancia negativa en relación con los factores latentes del análisis (tabla 5, pág. 9).

La configuración de los clústers no muestra una tendencia vinculante con efecto localidad, pareciera más ligada a las características de sitio específico de cada plantación de la que se obtuvo la avellana, lo que sugiere un efecto del manejo agronómico.

En la conformación de los dos grupos clúster, es posible advertir que el factor localidad ha influido poco en

los parámetros de calidad evaluados. No obstante, es requerido a futuro precisar en este aspecto, por constituir el ambiente una variable que incide tanto en el rendimiento como en la calidad (8). En este sentido, a través de un manejo agronómico focalizado sería posible alcanzar un mayor potencial productivo y de calidad de la avellana del cv. Barcelona, considerando también los factores inherentes con la poscosecha de esta especie frutal.

Parámetros químicos

El contenido de aceite referencial para avellana se cuantificó entre 59,8% y 61,5%; la avellana de la Región de La Araucanía (61,5%), Bío Bío (60,8%), Maule (60,7%) y Los Ríos (59,8%) (tabla 7, pág. 11). Valores similares fueron encontrados por Baldwin (2010) en Australia, donde los rangos variaron desde un 57,4% a 64,2%. Estudios en Oregon (EE.UU) por Ebrahim *et al.* (1994) reportaron un 62,8% y un 61,8% para Barcelona.

Tabla 6. Promedio de las variables según clasificación de los grupos Clústers.
Table 6. Averages of evaluated variables according to classification of Clúster groups.

	Clúster A (Rojo)	Clúster B (Verde)
Variable	Promedio	Promedio
Peso fruto (g)	3,26±0,17	2,95±0,09
Ø>fruto (mm)	21,0 ±0,36	20,1±0,24
Ø<fruto (mm)	17,6 ±0,39	17,0±0,26
h fruto (mm)	20,5 ±0,44	20,4±0,31
IR fruto*	0,93±0,01	0,90±0,00
Rendimiento (%)	41,4±1,04	42,1±2,40
Peso semilla (g)	1,35±0,08	1,25±0,03
Ø>semilla (mm)	15,5±0,35	14,6±0,26
Ø<semilla (mm)	12,8±0,43	12,1±0,57
h semilla (mm)	14,9±0,52	15,4±0,21
IR semilla*	0,95±0,03	0,86±0,03

*IR=Índice de redondez $((\varnothing>\text{fruto}+\varnothing<\text{fruto})/2)/h_{\text{fruto}}$; $((\varnothing\text{sem}+\varnothing<\text{sem})/2)/h_{\text{sem}}$.
 h_{fruto} = altura de fruto; h_{sem} = altura de semilla; (n=100).

*IR=Roundness index $((\varnothing>\text{fruit}+\varnothing<\text{fruit})/2)/h_{\text{fruit}}$; $((\varnothing\text{seed}+\varnothing<\text{seed})/2)/h_{\text{seed}}$.
 h_{fruit} = fruit height; h_{seed} = seed height; (n=100).

Tabla 7. Análisis proximal de semilla de avellano europeo cv. Barcelona, según regiones de la zona centro sur de Chile.

Table 7. Proximal analysis of hazelnut cv. Barcelona sedes, according to regions in the South-Central Chile.

Región	Aceite (%)	Humedad (%)	Proteína (%)	Fibra (%)
Maule	60,7±1,50	4,64±0,26	17,8±1,30	2,78±0,08
Bío Bío	60,8±0,38	5,48±1,13	16,5±1,41	3,07±0,09
LaAraucanía	61,5±1,65	5,36±0,26	16,0±0,80	3,24±0,01
Los Ríos	59,8±0,23	5,63±1,20	16,0±0,57	3,28±0,14
Promedio	60,7±1,14	5,27±0,82	16,5±1,20	3,09±0,22

Región	Cenizas (%)	Acidez (% ác. oleico)	Peróxidos (meq O ₂ kg ⁻¹)
Maule	2,25±0,13	0,17±0,02	0,70±0,03
Bío Bío	2,24±0,10	0,17±0,02	1,58±0,15
La Araucanía	2,20±0,01	0,16±0,02	1,43±0,18
Los Ríos	2,05±0,02	0,11±0,01	1,28±0,23
Promedio	2,18±0,11	0,15±0,03	1,25±0,37

En Italia Bignami *et al.* (2005) señalan un 63% de aceite y De Salvador *et al.* (2002) un 62,2%, valores superior a lo encontrado por Mitrovic *et al.* (1997) en la ex Yugoslavia con un 57,5%.

El contenido de proteína promedio fue de 16,5%, con un valor superior en el Maule (17,8%) y menor en La Araucanía (16%) y Los Ríos (16%). La fibra fue en promedio de 3,09%, siendo en Los Ríos (3,28%) superior al Maule (2,78%), Bío Bío (3,07%) y la Araucanía (3,24%). La ceniza promedio fue de 2,18%, el valor más alto en Maule (2,25%) y el menor en Los Ríos (2,05%).

El efecto de la localidad sobre las distintas variables, determinada por estimación de máxima verosimilitud restringida (REML) con modelo aleatorio sobre la región, indica para el contenido de aceite (0,28%), proteína (23,1%), fibra (84,3%), cenizas (45,5%) y humedad (-7,01%).

El factor más variable fue humedad, que depende del tiempo y temperatura de secado.

Acidez e índice de peróxidos

El promedio de la acidez (% ácido oleico) fue de 0,15%, con valores más altos en avellana del Maule y Bío Bío (0,17%), La Araucanía (0,16%) y Los Ríos (0,11%).

La acidez máxima fue de 0,17%, indicando una adecuada estabilidad de los aceites frente a procesos hidrolíticos, ya que valores superiores a 1% son indicadores de rancidez.

El promedio de peróxidos fue 1,25 meq O_2 kg^{-1} , siendo el mayor valor en Bío Bío (1,58) La Araucanía (1,43), Los Ríos (1,28) y el Maule (0,7).

El índice máximo de 1,58 meq O_2 kg^{-1} , fue muy inferior a los consignados en la literatura (5-10 meq O_2 kg^{-1}) (tabla 7, pág. 11), estos valores demuestran una adecuada conservación, demostrando que no hubo procesos oxidativos.

La estabilidad de los aceites depende fundamentalmente de la humedad y temperatura en almacenamiento (25).

CONCLUSIONES

Las características físicas de avellanas cv. Barcelona fueron diferentes entre las plantaciones evaluadas; siendo mayor este diferencial para peso de fruto y peso de semilla y menor para altura de fruto e índice de redondez de fruto.

La relación cáscara/semilla y calibre de fruto y semilla, se situó dentro del rango establecido para el cv. Barcelona.

El desprendimiento del perisperma varió significativamente entre las plantaciones, pero se mantuvo dentro de los márgenes de calidad aceptable para el cultivar Barcelona (rango 3 - 5).

El promedio de contenido de aceite (60,7%), proteína (16,5%), fibra (3,1%) y cenizas (2,18%) fueron similares entre las plantaciones.

El índice promedio de acidez (0,15%) y peróxidos (1,25 meq O_2 kg^{-1}) fue bajo, lo que indica una adecuada estabilidad de los aceites frente a procesos hidrolíticos y una baja presencia de procesos oxidativos en las avellanas colectadas.

Los defectos de condición predominantes en todas las localidades fueron frutos vanos y semillas dobles y arrugadas, la prevalencia de fitopatógenos de poscosecha fue baja (1%; rango 0 - 4%).

Considerando las características físicas evaluadas se conformaron dos grupos clúster de disimilitud, que no evidencia una tendencia clara en función de la localidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aydin, C. 2002. Physical properties of hazelnuts. *Biosystems Engineering*. 82(3): 297-303.
2. Baldwin, B.; Gilchrist, K.; Snare, L. 2003. Hazelnut variety assessment for South eastern Australia. N°03/141. 50 p.
3. Baldwin, B.; Simpson, M. 2003. Hazelnut market assesement study. A report for the hazelnut growers of Australia Ltd. 40 p.
4. Baldwin, B. 2010. Hazelnuts. Variety assessment for South-eastern Australia. N°09/178. 94 p.
5. Bignami, C.; Bertazza, G.; Bizzarri, S.; Bruziches, A.; Cammilli, C.; Cristofori, V. 2005. Effect of high density and dynamic trees pacing on yield and quality of hazelnut. *Acta Horticulturae*. 686: 263-270.
6. Bioversity, FAO, CIHEAM. 2008. Descriptors for hazelnut (*Corylus avellana* L.). Bioversity International, Rome, Italy; Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy; International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Zaragoza, Spain. 54 p.
7. Boccacci, P.; Botta, R. 2009. Investigating the origin of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars using chloroplast microsatellites. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 56(6): 851- 859.
8. Céccoli, G.; Panigo, E. S.; Gariglio, N.; Favaro, J. C.; Bouzo, C. A. 2013. Fruit yield and growth parameters of several *Carica papaya* L. genotypes in a temperate climate. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 45(2): 299-310.
9. De Salvador, F. R.; Giorgioni, M.; Massari, D.; Bizzarri, S.; Onorati, P.; Kaswalder, F. 2002. Atti del Convegno Nazionale sul Nocciolo, le frontiere delle corili coltura italiana. Giffoni Valle Piana (SA), 5-6 ottobre, Attip.171-177.
10. Ebrahim, K. S.; Richardson, D. G.; Tetley, R. M.; Mehlenbacher, S. A. 1994. Oil content, fatty acid composition, and vitamine concentration of 17 hazelnut varieties, compared to other types of nuts and oil seeds. *Acta Horticulturae*. 351: 685-692.
11. Ellena, M. 2009. Avellano europeo. Aspectos técnicos en el cultivo. INIA, Tierra Adentro. Enero-Febrero, n°83: 26-28.
12. Ellena, M. 2010. Polinización y manejo del avellano europeo. Boletín INIA n° 202. Centro Regional de Investigación Carillanca. Temuco, Chile. 90 p.
13. Ellena, M.; Sandoval, P.; Anders, G. 2014. Prospection of hazelnut germoplasm (*Corylus avellana* L.) in the Araucanía region South of Chile. *Acta Horticulturae*. 1052: 79-84.
14. Garrone, W.; Vacchetti, M. 1994. La qualità delle nocciole in rapporto alle esigenze dell'industria dolciaria utilizzatrice. *Acta Horticulturae*. 351: 641-656.
15. Godoy, C.; Dome, C. 2013. Relación entre la madurez fisiológica y la madurez comercial de frutos de kiwi 'Hayward' producidos en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 45(2): 311-325.
16. Grau, P. 2003. Avellano europeo: manual de plantación y manejo. Boletín INIA n°108. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile. 90 p.
17. Guerrero, C. J.; Pérez, F. S.; Ferrada, F. S.; Cona, Q. L.; Bensch, T. E. 2014. Phytopathogens of hazelnut (*Corylus avellana* L) in Southern Chile. *Acta Horticulturae*. N° 1052: 269-275.
18. Lemus, G. 2001. Curso: Frutales de nuez no tradicionales: Macadamia, pistacho, pecano, avellano europeo. Serie Actas-INIA CRI La Platina- FIA N°7. 101 p.
19. McCluskey, R.; Azarenko, A.; Mehlenbacher, S.; Smith, C. 2001. Commercial hazelnut cultivar and advanced selection evaluations at Oregon State University. *Acta Horticulturae*. 556: 89-96.
20. McCluskey, R.; Mehlenbacher, S.; Azarenko, A.; Smith, D. 2005. "Santiam" Hazelnuts (OSU 509.064). Extension Service of the Oregon State University. Corvallis, United States of America. 3 p.
21. McCluskey, R.; Mehlenbacher, S.; Smith, D. 2009. "Yamhill" Hazelnuts (OSU 542.102). Extension Service of the Oregon State University. Corvallis, United States of America. 3 p.

22. Mitrovic, M.; Ogasanovic, D.; Tesovic, Z.; Stanisavljevic, M.; Plazinic, R. 1997. Pomological and technological properties of some hazelnut cultivars. *Acta Horticulturae*. 445: 151-156.
23. Özdemir, F.; Akinci, I. 2004. Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. *Journal of Food Engineering*. 63(3): 341-347.
24. Redpath, M. 2011. The identification of hazelnut varieties available in New Zealand. Sustainable Farming Fund Project L08-088. New Zealand. 41 p.
25. Savage, G.; McNeil, D.; Dutta, P. 1997. Lipid composition and oxidative stability of oils in hazelnuts (*Corylus avellana* L.) grown in New Zealand. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 74(6): 755-759.
26. Tombesi A.; Limongelli, F. 2002. Varietà e miglioramento genético del nocciolo. *Atti del Convegno Nazionale sul Nocciolo, le frontiere delle corili coltura italiana*. Giffoni Valle Piana (SA), 5-6 ottobre; p. 11-27.
27. Valentini, N.; Rolle, L.; Zeppa, G. 2005. Characterisation of hazelnut varieties by texture analysis. *Acta Horticulturae*. 686: 485-490.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto DIUFRO DI13-0033, Dirección de Investigación, Universidad de La Frontera.
Jaime Armengolli, Agrícola La Campana Ltda.