

Variabilidad en el contenido de aceite en la jojoba de Argentina

Ricardo Ayerza (h)

Universidad de Arizona. Tucson, Arizona, USA. AZ. 85706. Tel. +541148062370.

Autor para correspondencia: rayerza@newcrops.org.

Resumen

La jojoba es una especie perenne, arbustiva, originaria del Desierto de Sonora, en EE. UU. y México. La jojoba fue introducida en Argentina en el año 1976 en la provincia de Córdoba. Argentina es el principal productor de jojoba del mundo, seguido por Israel, Perú y EE. UU. Hasta el presente, la inmensa mayoría de los esfuerzos de selección ha estado basado esencialmente en los rendimientos de semillas. El objetivo de este trabajo es determinar la importancia de incluir en los programas de selección, la variabilidad en el contenido de aceite existente en la especie. El presente estudio realizado con la información disponible y la generada aquí, demuestra la importante variabilidad significativa ($p < 0.05$) en cantidad y composición de ácidos grasos. Conocer y elevar los contenidos de aceite e incluso su composición química, podría permitir la formación de estándares que facultaran al productor el acceso a bonificaciones por contenido y calidad.

Palabras clave: aceite, Argentina, genética, jojoba.

Recibido: marzo de 2020

Aceptado: mayo de 2020

Introducción

La jojoba (*Simmondsia chinensis* Link. [Schneider]) Es una especie perenne, arbustiva, originaria del desierto de Sonora localizado en parte de los estados de Arizona y California, en el suroeste de EE. UU, y de Baja California, Baja California Sur y Sonora en el norte de México. Su semilla pose una cera que a temperatura ambiente es líquida, por lo que en general, y en forma fundamentalmente comercial, se denomina aceite, siendo muy utilizado en cosmética de alta calidad y lubricación de instrumentos de precisión (Ayerza, 1990a).

También su contenido del compuesto Simmondsina abre nuevas y prometedoras oportunidades a la especie como inhibidora del apetito (Kolodziejczyk *et al.*, 2000). La jojoba fue introducida en Argentina en el año 1976 en la localidad de Chancaní, provincia de Córdoba (Ayerza, 1980). La genética introducida, fue el origen de varios clones implantados en plantaciones hoy día existente en el país. Se la clonó por primera vez en Argentina en 1986 y desde allí se dispersó en plantaciones comerciales establecidas en las localidades de Catinzaco, provincia de La Rioja, y Zancas y Pomancillo en la provincia de Catamarca. De estos tres lugares varios clones y semillas fueron a formar parte de plantaciones en la región de Aimogasta-Bañado de los Pantanos, las cuales crecieron en superficie con el clonado y la multiplicación de plantas de este origen, continuando aún hoy con este proceso. En Chancaní se introdujeron semillas provenientes de plantas silvestres de las Tucson Mountains y del sur de California.

Las primeras pruebas comparativas mostraron un comportamiento superior de las plantas originadas en Arizona, por lo que se dejó de lado las de California y todas las multiplicaciones posteriores sólo utilizaron las primeras (Ayerza y Zeaser, 1987). La primera plantación realizada en Bañado de los Pantanos, La Rioja, en 1982, con semillas de plantas provenientes del sur de California (Ayerza, 1984), constituyó un importante recurso de obtención de banco genético. Posteriormente se distribuyeron semillas y estacas enraizadas de plantas clonadas allí, pero no se mantuvo información sobre su origen. De estos materiales se seleccionaron en las nuevas plantaciones, ejemplares superiores que luego fueron clonados y utilizados para incrementar estos emprendimientos. Probablemente este origen sea el más difundido hoy día en Aimogasta-Bañado de los Pantanos. En la Figura 1 se sintetiza la historia del origen y camino recorrido por el germoplasma introducido en el país.

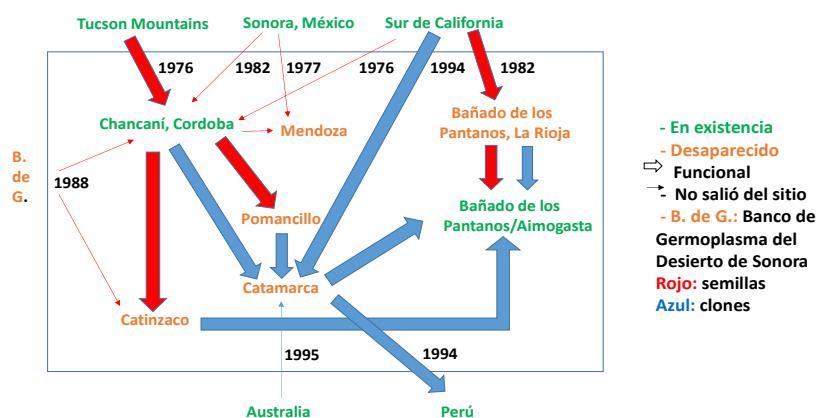


Figura 1. Origen de los genotipos de jojoba introducidos en Argentina.

Argentina es el principal productor de jojoba del mundo, seguido por Israel, Perú y EE. UU. (Ayerza, 2016). Si bien hoy día la superficie de jojoba en producción en el país es de 2 470 ha (Ayerza, 2018a), el área implantada llegó a 13 000 ha en 2007 (Coates y Ayerza, 2008), pero las plantaciones de miles de hectáreas localizadas en el centro y norte del ecosistema del Chaco Seco fueron abandonadas cuando se determinó que allí la jojoba no podía cumplimentar su requerimiento de vernalización (Ayerza, 1992).

Hasta el presente, la inmensa mayoría de los esfuerzos relacionados en la selección de variedades clónales se ha basado esencialmente en los rindes de semillas, sin tener prácticamente en cuenta el contenido de aceite. El objetivo de este trabajo es mostrar la variación que presenta el aceite y la importancia que implica incorporarlo en los planes de selección de los agricultores de la región. Para ello se presenta una revisión sobre la información disponible del contenido de aceite en la jojoba de Argentina.

La revisión compara el contenido de aceite del material nativo del desierto de Sonora presente en la colección realizada por el autor en 1986 y financiada por la Encyclopaedia Britannica e introducido en la Argentina (Ayerza, 1990b) y también las variaciones que mostraron diversos genotipos en distintos ecosistemas durante la existencia del cultivo en el país. Recientemente, The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (2018) de EE. UU, enfatizó que entre las actividades más importantes que debe realizar la ciencia para que la agricultura pueda suprir las necesidades de la alimentación y las industrias en el año 2030, está la formación de importantes bancos de germoplasma para el desarrollo de nuevas variedades. Debido a los grandes desmontes del desierto de Sonora.

Urge la necesidad de realizar una recolección de la diversidad genética de la jojoba antes de que se pierda irremediablemente, y con ella la posibilidad de obtener genotipos que provean resistencia a futuras plagas, enfermedades y cambios climáticos y permitan el incremento de los rendimientos de sus distintos componentes e, incluso, la supervivencia de la especie. El objetivo de este trabajo es demostrar la importancia de incluir la variabilidad en el contenido de aceite existente en la especie en los programas de selección.

Materiales y métodos

La información utilizada proviene de la extracción de los datos referidos al aceite de trabajos realizados y publicados por el autor. Al contar con los datos originales, en la mayoría de los casos se agregaron a lo publicado nuevos análisis estadísticos (desviaciones estándar, correlaciones y regresiones) para los cuales se utilizó el programa Cohort Stat (2006) y datos no incluidos en dichos trabajos como información climatológica y geográfica y sus interacciones.

Esto permitió determinar resultados adicionales a los publicados originalmente y así ampliar las discusiones y conclusiones. Al ámbito nacional. Las descripciones de los materiales y métodos de cada una de las parcelas y de los análisis químicos realizados en la determinación del contenido de aceite y composición de ácidos grasos están en cada uno de los trabajos originales citados.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 (Ayerza, 1990a) se muestran las características geográficas y climáticas de las áreas de las poblaciones nativas de jojoba colectadas a través de su área de dispersión natural. El análisis de correlación estadística de los datos de este cuadro muestra una correlación significativa ($R=0.56$; $p<0.0102^*$) alta y positiva entre altitud del terreno y las lluvias (Figura 1) y significativa ($R=-0.727$; $p<0.0003^{***}$).

Cuadro 1. Contenido de aceite y peso de semilla de plantas nativas del Desierto de Sonora y características geográficas y climáticas de los sitios muestreados.

Sitio	Latitud norte	Longitud oeste	Aceite (%) ⁷	Peso semilla (g)	Altura (m) ⁸	Lluvia (mm) ⁹	Temperatura ¹⁰ (°C)
Aguanga ¹	33° 26' 50"	116° 52' 54"	50.2 ^{de11}	0.5 ^{mn11}	628	400	14
Jacumba ¹	32° 39' 90"	116° 13' 11"	47.3 ^h	0.38 ^p	859	402	14.6
Joshua Tree ¹	34° 04' 10"	116° 10' 34"	48 ^{fgh}	0.61 ^f	858	130	15.8
La Huerta ²	31° 54' 12"	116° 15' 39"	46 ⁱ	0.55 ^{ij}	600	180	16.1
San Matías ²	31° 19' 14"	116° 15' 51"	48 ^f	0.36 ^q	968	215	16.6
Ensenada ²	31° 51' 10"	116° 37' 27"	48.4 ^{fg}	0.43 ^o	18	277	16.4
El Palmar ³	23° 16' 18"	110° 10' 39"	50 ^e	0.56 ^{hij}	1	195	24.6
El Gaspareño ³	23° 15' 19"	110° 10' 34"	45 ^j	0.75 ^a	18	214	23.2
San Agustín ³	24° 04' 17"	110° 57' 05"	46 ⁱ	0.53 ^{jkl}	160	182	24.2
El Cardón ³	23° 14' 20"	110° 10' 54"	49.6 ^e	0.58 ^{gh}	7	180	24.2
Bahía Kino ⁴	29° 00' 16"	111° 55' 08"	48.6 ^f	0.52 ^{klm}	5	155	23.7
Puerto Libertad ⁴	29° 54' 15"	112° 43' 39"	50.2 ^{de}	0.64 ^{cde}	113	122	20
Clifton ⁵	33° 03' 80"	109° 17' 48"	50.8 ^{cd}	0.48 ⁿ	1 055	306	19.2
Cave Creek ⁵	33° 43' 20"	112° 03' 00"	53 ^a	0.63 ^{def}	771	312	20.3
Desert Museum ⁵	32° 15' 10"	111° 10' 11"	49.6 ^e	0.57 ^{ghi}	858	244	21.1
First Water ⁵	33° 28' 40"	111° 35' 10"	47.6 ^{gh}	0.53 ^{jk}	576	324	21.3
Globe ⁵	33° 23' 60"	110° 47' 11"	51.4 ^{bc}	0.65 ^{cd}	1 082	394	16.6
Organ Pipe ⁵	31° 56' 11"	112° 47' 21"	48.6 ^f	0.58 ^q	511	233	20.7
Superior ⁵	33° 18' 70"	111° 06' 47"	48 ^{fgh}	0.65 ^{cd}	913	433	20.5
Tonto Forest ⁵	33° 40' 30"	111° 09' 03"	51.8 ^b	0.68 ^b	678	368	20
SD ⁶				397.6	98.3	3.37	

¹= California; ²= Baja California; ³= Baja California Sur; ⁴= Sonora; ⁵= Arizona; ⁶= desviación estándar; ⁷= % sobre el peso de la semilla; ⁸= metros sobre el nivel del mar; ⁹= mm año⁻¹ (medias de entre 15 y 20 años); ¹⁰= media anual año⁻¹ (medias de entre 15 y 20 años); ¹¹= medias en columna con la misma letra no son significativamente diferentes ($p<0.05$) para el test de diferencia mínima significativa.

Muy alta y negativa entre altitud y temperatura media anual (Figura 2). No se halló relación significativa entre ninguno de los datos topográficos o climáticos y el porcentaje de aceite o peso de la semilla, ni entre estas dos últimas variables. Los contenidos de aceite en las semillas de esta

colección mostraron diferencias significativas ($p < 0.05\%$) entre ellos (Cuadro 1). Las semillas colectadas en Cave Creek, Arizona, presentaron el significativamente ($p < 0.05$) más alto contenido de aceite (53%), seguido por las de Tonto National Forest, Arizona (51.8%).

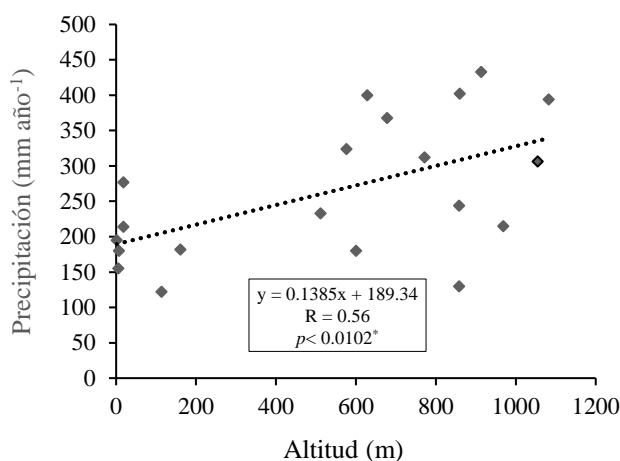


Figura 2. Correlación entre precipitación media anual y elevación del terreno en poblaciones nativas de jojoba.

Los menores contenidos se determinaron en las semillas de dos sitios localizados en Baja California Sur, San Agustín (46%) y El Gaspareño (45%), con diferencias significativas entre ellos ($p < 0.05$). Esta variabilidad entre extremos de hasta 17,7% le abre interesantes perspectivas para la selección y el mejoramiento genético. Sin embargo, como se ha demostrado en otras especies *viz*, moringa y chía (Ayerza, 2019a, b), el contenido de aceite responde a una interacción entre el genotipo y el medio ambiente, por lo que hay que entender esta relación.

Así también debemos tener en cuenta que estos contenidos fueron obtenidos en semillas de plantas localizadas en su área de dispersión con variaciones en topografía, suelos, temperaturas y precipitaciones (Cuadro 1). Si bien la jojoba es una especie de sexos en distintos pies y el control del origen del polen no ha sido individualizado en ningún trabajo de la especie; en otras especies, como es el caso de la colza (*Brassica napus* L.)

Se determinó que el factor maternal implica 75% de la variabilidad genética del contenido de aceite y responde a una interacción genotipo x ambiente (Guo *et al.*, 2017). Estudios previos han demostrado que la fotosíntesis en la pared de silicona es una contribución crucial para el contenido de aceite (Hua *et al.*, 2012) y proporciona una explicación de la influencia de los progenitores maternos en el contenido de aceite. Esta influencia ha sido determinada en otras especies como es el caso del girasol (*Helianthus annus* L.) (Ramírez *et al.*, 2007).

En el Cuadro 2 (Ayerza, 1990c) podemos ver los contenidos de aceite obtenidos en una plantación localizada en Chancaní, donde se midieron 15 genotipos provenientes de semillas colectadas en las Tucson Mountains, en condiciones de secano. Se analizó una muestra compuesta por semillas producidas durante cinco años de cada planta, obteniéndose una diferencia de 9.1% entre el máximo (52.89%) y el mínimo (48.47%).

Cuadro 2. Porcentaje promedio de cinco años de producción de aceite en 15 plantas a partir del tercer año de plantadas Chancaní, Córdoba.

Planta	Aceite (%) ²	Semillas (kg planta ⁻¹) ³
32	52.89	3.456
55	52.53	
48	52.52	
58	52.5	2.521
416	52.21	
119	51.7	
37	51.53	2.42
1112	51.1	
610	50.9	3.433
415	50.34	
35	50.3	
36	49.8	
410	49.71	1.949
310	49.71	2.029
380	48.47	
SD ¹	1.33	664.77

¹= desviación estándar; ²= % sobre el peso de la semilla; ³= Σ de la producción de 5 años.

Esta menor diferencia comparada con el Cuadro 1 puede explicarse por ser plantas provenientes de semillas con un mismo origen, cultivadas en un mismo sitio e igual manejo agronómico. No se detectó correlación significativa alguna entre porcentaje de aceite y producción de semilla acumulada en el período medido. En el Cuadro 3 (Ayerza, 1990b) se encuentran los contenidos comparativos de seis genotipos, obtenidos en forma anual durante cinco años consecutivos, en condiciones de secano.

Cuadro 3. Variabilidad del contenido de aceite entre años en plantas originadas por semillas en Chancaní, Córdoba.

Planta	1982	1983	1984	1985	1986	SD ¹
	Aceite (%) ²					
32	53.97 ^{a3}	52.89 ^c	53.2 ^b	51.2 ^c	53.2 ^b	1.03
36	49.8 ^c	49.8 ^c	52.4 ^a	50.6 ^b	46.4 ^d	2.18
38	49.7 ^b	40.6 ^c	51.9 ^a	49.7 ^b	50.4 ^b	4.48
310	47.24 ^c	49.71 ^b	52.8 ^a	49.7 ^b	49.1 ^b	2
48	52.9 ^b	55 ^a	53.5 ^b	50.8 ^c	50.4 ^c	1.92
610	46.52 ^d	50.9 ^c	53.4 ^a	52.3 ^b	51.4 ^c	2.63
SD ¹	2.97	4.95	0.63	0.98	2.29	

¹= desviación estándar; ²= % sobre el peso seco de la semilla.

Allí se puede ver que la variabilidad comparativa entre años de un mismo genotipo está fuertemente influida por la interacción genética-ambiente. La magnitud de las desviaciones estándar de 1.03 y 1.92 correspondientes a los rendimientos anuales de las plantas 32 y 48 respectivamente, demuestran una mayor estabilidad de rendimiento de aceite que los otros cuatro genotipos. El caso opuesto lo presentó la planta 38, con una desviación estándar igual a 4.48 y una diferencia de 25.4% entre el más alto y el más bajo rendimiento.

Los genotipos no fueron coincidentes en el año de mayor o menor producción, sugiriendo distintas respuestas de la interacción genotipo-ambiente. Estas diferencias en la variabilidad anual en la producción de aceite debida a la interacción genética-ambiente han sido reportadas en otras especies de zonas áridas como la moringa y el olivo (Ayerza y Sibbett, 2001; Ayerza, 2011).

En el Cuadro 4 (Ayerza, 1993), se ven los resultados en el contenido de aceite de semillas con cuatro niveles de riego en Chancaní. Las plantas provenían de semillas colectadas en el mismo lugar del Cuadro 3 y descendientes de plantas originales de Tucson Mountains. Básicamente se ve una tendencia a la disminución en el contenido de aceite con el aumento del riego, ligeramente en el año 1986 y más pronunciada en el año 1987, presentando la mayor desviación estándar interanual con el tratamiento de mayor riego.

Cuadro 4. Porcentaje de aceite con cuatro niveles de riego en Chancaní, Córdoba.

Año	0 mm	300 mm	600 mm	900 mm	SD ¹
	Aceite (%) ²				
1986	56.37	56.32	55.33	55.26	0.61
1987	50.49	49.87	49.79	40.09	4.99
SD ¹	4.16	4.56	3.92	10.73	

¹= desviación estándar; ²= % sobre el peso de la semilla.

La magnitud de las desviaciones estándar de los dos años mensurados, muestran una mayor dispersión comparativa entre tratamientos para el año 1987. Esto sugiere un mayor inconformismo respecto de las condiciones ambientales, esencialmente climáticas. El año 1987 recibió heladas tardías, cuando el fruto ya estaba en desarrollo, la lluvia (654 mm) resultó 142% más elevada con 52.3% más de días con precipitaciones y 2 °C más de temperatura máxima anual en comparación con el año precedente.

Estas variaciones climáticas han demostrado influir en el contenido de aceite de numerosas especies viz, girasol, chía, moringa, soya y olivo (Thomas *et al.*, 2003; Kumar *et al.*, 2006; Ayerza, 2011, 2019a), a mayor temperatura, menor rendimiento de aceite (Ayerza, 2009, 2010); así también se ha comprobado que existe una alta correlación negativa entre contenido de proteína y aceite y que las altas precipitaciones favorecen fuertemente el contenido proteico.

Se ha demostrado que las altas temperaturas influyen negativamente sobre el contenido de aceite de las semillas de otras especies como chía y moringa (Ayerza, 2001). Estos aspectos podrían explicar las diferencias entre años y entre tratamientos de este experimento. Así también, en el Cuadro 5 comparando el contenido de aceite de ocho clones en Zancas, Catamarca, bajo condiciones de riego, se determinó una diferencia significativa ($p < 0.05$) de 13.8% entre el mayor y el menor contenido.

Cuadro 5. Variabilidad del contenido de aceite entre clones en Zancas, Catamarca.

Clon	Aceite (%) ¹	Semillas (g planta ⁻¹)
Coca-Huasi	56.2 ^{a2}	705 ^a
SF-5-133	54.1 ^b	383 ^b
SF-5-167	53.5 ^b	362 ^{bc}
SF-5-166	51.2 ^c	296 ^{bcd}
SF-5-192	50.4 ^{cd}	292 ^{bcd}
Llipta	50.3 ^{cd}	272 ^{cd}
Acullico	50.1 ^{cd}	227 ^{de}
SF-5-188	49.4 ^d	148 ^e

El clon Coca-Huasi resultó significativamente ($p < 0.05$) superior a los otros siete. Los promedios corresponden a la producción de tres años consecutivos (estacas de 3, 4 y 5 años de implantadas de clones de entre 25 y 30 años) con origen en plantas de semillas introducidas en Chancaní, desde Tucson Mountains, con cuatro plantas por clon en un diseño estadístico al azar.

Esta variación entre clones (Cuadro 6) se repitió en otro ensayo comparativo con riego e igual diseño estadístico realizado durante un año en la misma localidad, con cinco clones distintos de igual origen (Ayerza, 2001). La repetibilidad del comportamiento de los clones en estos dos ensayos confirma la estabilidad de la relación genotipo x medio ambiente.

Cuadro 6. Variabilidad del contenido de aceite entre clones en Zancas, Catamarca.

Planta	Aceite (%) ¹
SF-4-31	55.05 ^{a3}
SF-5-151-3	53.65 ^a
SF-5-121	50.8 ^b
SF-40	50.7 ^b
SF-6-245	49.85 ^b
LSD ²	1.4

¹= % sobre el peso de la semilla; ²= mínima diferencia significativa para $p < 0.05$; ³= las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el test de rangos múltiples de Duncan.

En el Cuadro 7 (Ayerza, 1996) se compara el contenido de aceite entre las plantas de un mismo clon, con riego. Se utilizaron cuatro plantas por clon en un diseño estadístico al azar. Los promedios corresponden a una muestra compuesta de la producción de tres años consecutivos de cada planta. La desviación estadística entre plantas fue de 1.03 y 0.81% para los clones A-SF5-151 y A-SF6-245 respectivamente, lo que demostró la mayor estabilidad productiva del segundo.

Cuadro 7. Variabilidad del contenido de aceite entre plantas de un mismo clon y entre clones en Zancas, Catamarca.

Clon A-SF5-151		Clon A-SF6-245	
Planta	Aceite (%) ²	Planta	Aceite (%)
PL-5	54.8	PL-6	50.6
PL-1	54.3	PL-4	50.5
PL-3	52.8	PL-7	49.2
PL-2	52.8	PL-3	49.1
SD ¹	1.03	SD	0.81
A-SF5-151	53.68 ^{a4}		
A-SF6-245	49.85 ^b		
LSD ³	1.604		

¹= desviación estándar; ²= % sobre el peso de la semilla; ³= mínima diferencia significativa para $p < 0.05$; ⁴= las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el test de rangos múltiples de Duncan.

La diferencia entre ambos clones resultó con un rinde de 53.68% significativamente ($p < 0.05$) más alto para el clon A-SF5-151, que 49.85% del clon A-SF6-245, como se observa en el Cuadro 8. La producción de aceite de 13 de los clones destacados por rendimiento de semillas provenientes de la plantación que produce bajo condiciones de riego aproximadamente 46% del total de la semilla de Argentina (Ayerza, 2018c), fue medida durante un año en Aimogasta. Esta presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) que variaron su contenido de aceite 17% entre extremos (Tobares *et al.*, 2004) demostrando que existe un fuerte diferencial de selección en los clones utilizados hoy día.

Cuadro 8. Composición de ácidos grasos del aceite de ocho clones en Zancas, Catamarca.

Clon	Ácidos grasos				
	C16:0	C18:1	C20:1	C22:1	C24:1
% del total de ácidos grasos					
SF-5-166	2.69 ^{a1}	9.99 ^a	68.02 ^c	3.74 ^b	15.57 ^{ab}
Acullico	1.5 ^{ab}	10.15 ^a	70.68 ^{abc}	3.3 ^{bc}	16.18 ^{ab}
SF-5-133	1.23 ^{ab}	8.71 ^{abc}	72.23 ^{ab}	2.87 ^{bc}	14.93 ^b
Llipta	1.09 ^{ab}	8.74 ^{abc}	71.03 ^{abc}	4.26 ^{ab}	14.65 ^b
Coca-Huasi	1.04 ^{ab}	7.01 ^c	73.68 ^a	2.1 ^c	14.37 ^b
SF-5-167	0.7 ^{ab}	8.63 ^{abc}	69.73 ^{bc}	5.81 ^a	15.06 ^b
SF-5-192	0.69 ^b	7.81 ^{bc}	71.2 ^{abc}	3.03 ^{bc}	17.27 ^a
SF-5-188	0.33 ^b	9.3 ^{ab}	69.6 ^{bc}	5.56 ^a	15.21 ^b

¹= los promedios de cada columna con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$) para el test de rangos múltiples de Duncan.

A diferencia de la falta de relación entre contenido de aceite y producción de semilla determinado en los ensayos del Cuadro 2 y del trabajo con clones realizado en Aimogasta (Tobares *et al.*, 2004), en la Figura 3, formada con los datos del Cuadro 5 se determinó una relación positiva muy alta

($R^2=0.916$; $p<0.0023^{**}$). Este comportamiento diferente podría en parte explicarse basándose en que estos ocho clones fueron seleccionados por producción de aceite por planta y no por producción de semillas, como lo fueron en los otros dos trabajos.

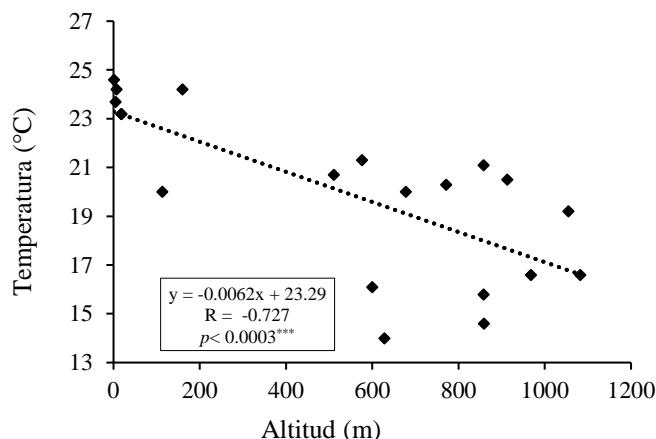


Figura 3. Correlación entre temperatura media anual y elevación del terreno en poblaciones nativas de jojoba.

En el Cuadro 8 (Ayerza, 1996) se incluye la composición en ácidos grasos del aceite de jojoba de ocho clones implantados bajo riego en Zancas. Las diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$) entre clones localizados en un mismo ecosistema, para cada uno de los cinco principales ácidos grasos determinados, permite pensar en su utilización en programas de mejoramiento genético. En el caso del ácido graso eicosenoide que es el mayoritario, la diferencia significativa ($p<0.05$) fue de 8.32% entre extremos.

Esta variabilidad significativa ($p<0.05$), aunque en menor porcentaje en el ácido graso eicosenoide (4%), fue también reportada cuando se comparó la composición de los ácidos grasos al analizar 13 de los clones más productivos en cuanto a semillas, implantados en Aimogasta (Tobares *et al.*, 2004) donde en la actualidad se concentra la totalidad de la producción comercial de jojoba de la Argentina. Cuando se comparó la composición de los ésteres de cera en los clones del Cuadro 6, se detectaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre genotipos para los distintos ésteres.

Estas diferencias también fueron detectadas entre clones implantados en Ica, Perú y originados en Zancas, Catamarca (Ayerza, 2001). El polen tiene una influencia mucho mayor en la composición del aceite que en el contenido (Xie *et al.*, 2019), por lo que toma importancia la utilización de la polinización artificial con material proveniente de padres probados. La implementación de esta tecnología ha demostrado su eficiencia en la jojoba al aumentar la producción de semillas (Coates *et al.*, 2006; Coates y Ayerza, 2008).

Conclusiones

El presente estudio realizado con la información disponible y la generada aquí, analiza el origen de la genética de la jojoba introducida en Argentina a partir de 1976; a través, del tiempo hasta clones hoy en producción en Aimogasta-Bañado de los Pantanos, respecto del rendimiento de aceite. Demuestra la variabilidad existente en este factor de producción y la importancia que tiene incorporarlo en futuros planes de selección.

Conocer y elevar los contenidos de aceite e incluso su composición química, podría permitir la formación de estándares de contenido y el acceso del productor a bonificaciones por contenido como ocurre con otras oleaginosas, viz, girasol, colza, soya, maní, etc. Al fin y al cabo, hoy día la única razón de la producción de la semilla de jojoba es la utilización de su aceite.

La formación de un banco de germoplasma de jojoba a partir de las poblaciones naturales del Desierto de Sonora es la opción evidente para mantener la variabilidad genética en los programas de selección y salvaguardar los genes necesarios para el futuro del cultivo. La jojoba se presenta como un cultivo promisorio para las zonas áridas y semiáridas subtropicales debido a su capacidad de producir un aceite de gran valor en estas difíciles y desertificadas regiones.

Literatura citada

- Ayerza (h), R. 1980. Jojoba in Argentina. Proceedings of the IV International Conference on Jojoba and its Uses. International Council on Jojoba, Hermosillo, Sonora, México. 467-470 pp.
- Ayerza (h), R. 1984. La Jojoba. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 224 p.
- Ayerza (h), R. and D. Zeaser. 1987. Evaluation of two origins of jojoba from production. In: Proceedings of the II Australian Jojoba Association Seminar. Australian Jojoba Booklet, Perth, Australia. 5-7 pp.
- Ayerza (h), R. 1990a. La Jojoba: ecología, manejo y utilización. Orientación Grafica Editora, Buenos Aires, Argentina. 262 p.
- Ayerza (h), R. 1990b. Variability of oil content in jojoba (*Simmondsia chinensis* L. [Schneider]) seeds harvested in the Sonoran desert. In: Proceedings of the 8th International Conference on Jojoba and Its Uses, and 1st International Conference on Promising Crops for Arid and Semi Arid Lands. Latin America Jojoba Association and Jojoba Growers Association, Asunción, Paraguay. 200-205 pp.
- Ayerza (h), R. 1990c. The potential of jojoba (*Simmondsia chinensis*) in the Arid Chaco. I Rooting capacity, seed and wax yield. In: Proceedings of The First International Conference on New Industrial Crops and Products. The University of Arizona, Tucson, Arizona, USA. 41-46 pp.
- Ayerza (h), R. 1992. Deficiente vernalización de la jojoba en el Chaco Paraguayo. Gaceta Agronómica. 68:264-268.
- Ayerza (h), R. 1993. Effect of irrigation on jojoba production under Arid Chaco conditions: II- Seed yields and wax quality. J. Am. Chem. Soc. 70(12):1225-1228.
- Ayerza (h), R. 2001. Seed wax ester composition of ten jojoba clones growing in two arid ecosystems of South America. Trop. Sci. 41:1-4.
- Ayerza (h), R. y Sibbett, G. S. 2001. Thermal adaptability of olive (*Olea europaea* L.) to the Arid Chaco of Argentina. Agric. Ecosyst. Environ. 84(3):227-285.
- Ayerza (h), R. 2009. The seed's protein and oil content, fatty acid composition, and growing cycle length of a single genotype of chia (*Salvia hispanica* L.) as affected by environmental factors. J. Oleo Sci. 58(7):347-354.
- Ayerza (h), R. 2011. Seed's yield components, oil content, and fatty acid composition of two populations of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) growing in the Arid Chaco of Argentina. Ind. Crops Prod. 33:389-394.

- Ayerza (h), R. 2016. Case studies Jojoba, new industrial crop development and commercialization in Argentina. Proceedings of the International Workshop on Olive and Jojoba. State Institute of Agriculture Management, Government of Rajasthan, Jaipur, India. 1-14 pp.
- Ayerza (h), R. 2018. Argentina jojoba seeds production (1999-2018): farm data. Field Data Report (no publicado). Buenos Aires, Argentina. 2 p.
- Ayerza (h), R. 2019a. Moringa, ¿utopía o realidad?. Utilización, composición y producción de un árbol destacado en la tradición Ayurvédica de la India. Editorial A Ojo, La Rinconada, Santa Elena, Ecuador. 162 p.
- Coates, W. and Ayerza (h), R. 2008. Supplemental pollination Increasing jojoba (*Simmondsia chinensis* L. [Schneider]) seed yields in the Arid Chaco environment. Ind. Crops Prod. 27:364-370.
- Coates, W.; Ayerza (h), R. and Palzkill, D. 2006. Supplemental pollination of jojoba -a means to increase yields. Ind. Crops Prod. 24(1):41-45.
- Cohort Stat. 2006. Cohort Stat 6.311. Cohort Software Inc., Monterey, California, USA.
- Guo, Y.; Si, P.; Wang, N.; Wen, J.; Yi, B.; Ma, C.; Tu, J.; Zou, J.; Fu, T. and Shen, J. 2017. Genetic effects and genotype environment interactions govern seed oil content in *Brassica napus* L. BMC Genetics. 18(1):2-11.
- Hua, W.; Li, R.; Zhan, G.; Liu, J.; Li, J.; Wang, X.; Liu, G., and Wang, H. 2012. Maternal control of seed oil content in *Brassica napus*: the role of silique wall photosynthesis. Plant J. 69(3):432-44.
- Kolodziejczyk, P. P.; Lu, W.; Ayerza (h), R. and de Larmint, M. A. 2000. Capillary electrophoresis: novel tool for simmondsin analysis and its application to jojoba breeding. Ind. Crops Prod., 12:193-202.
- Kumar, V.; Rani, A.; Solanki, S. and Hussain, S. M. 2006. Influence of growing environment on the biochemical composition and physical characteristics of soybean seed. J. Food Comp. Anal. 19(2-3):188-195.
- National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. 2018. Science Breakthroughs to Advance Food and Agricultural Research by 2030. Washington, DC. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25059>.
- Ramírez, P. A.; García, M. C. J. and Reyes-Valdés, H. M. 2007. Maternal determination of oil content in sunflower seeds. Rev. Fitotec. 30(1):39-42.
- Thomas, J. M. G.; Boote, K.; Allen, H. Jr.; Gallo-Meagher, M. and Davis, J. M. 2003. Elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance. Crop Sci. 43(4):1548-1557.
- Tobares, L.; Frati, M.; Guzman, C. and Maestri, D. 2004. Agronomical and chemical traits as descriptors for discrimination and selection of jojoba (*Simmondsia chinensis*) clones. Ind. Crops Prod. 8:145-149.
- Xie, L.; Hu, J.; Zhang, Q.; Sun, Q.; Zhang, Y. and Niu, L. 2019. Influence of pollen sources on the expression of FA and TAG biosynthetic pathway genes in seeds of *Paeonia rockii* during the rapid oil accumulation. Sci. Hort. 243:477-483.