

***Berberis mikuna* Job., una especie frutal nativa de Tucumán con potencial nutracéutico y tintóreo**

Radice, S., Dantur, G., Ceribelli, A. y Arena, M. E.

DOI: 10.31047/1668.298x.v38.n1.27719

RESUMEN

Berberis mikuna es una especie nativa que crece en el noroeste argentino. Actualmente su fruta se desconoce en el mercado, pero su madera se utiliza desde antes de la colonización hispánica hasta la actualidad para la tinción de lanas en la zona de Tafí del Valle. De allí su creciente valor comercial. Produce bayas azules muy poco conocidas que podrían poseer propiedades nutracéuticas. El objetivo de este trabajo es presentar la fenología de floración y evaluar la variabilidad de algunas características morfo fisiológicas y bioquímicas de las flores y frutos entre las accesiones y entre los dos sitios de la región Alto de Medina (Tucumán) donde se encuentran. Estos resultados preliminares señalan que los pistilos del sitio Chacra Dantur fueron significativamente más grandes que los medidos en la Quebrada, con diferencias significativas entre las accesiones. Las variables número de flores por racimo, peso seco de las inflorescencias, medida del grano de polen y número de óvulos por pistilo sólo mostraron diferencias entre las accesiones de un mismo sitio. Los altos contenidos de antocianinas y fenoles, aunque de elevada variabilidad, destacan a estos frutos como alimentos funcionales.

Palabras claves: frutas finas; biología reproductiva; antioxidantes; fenoles; antocianinas.

Radice, S., Dantur, G., Ceribelli, A. and Arena, M. E., 2020. *Berberis mikuna* Job., a fruit species native to Tucumán with nutraceutical potential and dyeing potential. *Agriscientia* 38 (1): 29-38

SUMMARY

Berberis mikuna is a native species that grows in the Argentinian Northwest. Currently, its fruit is unknown in the market, but its wood has been used since before Hispanic colonization until present day for dyeing wool in the Tafí del Valle area. Thus, its increasing commercial value. It produces little-known blue berries that may have nutraceutical properties. The objective of this work is to present the flowering phenology and to evaluate the variability of some

morphological, physiological and biochemical characteristics of flowers and fruits among accessions and between the two sites in the Alto de Medina Region (Tucumán) where they are found. These preliminary results indicate that the pistils of the Chacra Dantur site were significantly larger than those measured in La Quebrada, with significant differences, among the accessions. The variables number of flowers per cluster, dry weight of the inflorescences, size of the pollen grain and number of ovules per pistil only presented differences between the accessions of the same site. The significant content of anthocyanins and phenols, although of high variability, present this fruit as functional food.

Key words: small fruits; reproductive biology; antioxidants; phenols; anthocyanins.

Radice, S (ORCID: 0000-0002-5282-3223) y Arena, M. (ORCID: 0000-0002-2658-5233): Laboratorio de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Morón, Machado 914, Morón (B1708EOH), Buenos Aires, Argentina. Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Dantur, G. (ORCID: 0000-0001-5778-6583): Estudiante de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Tucumán. Ceribelli, A. (ORCID: 0000-0002-9598-4510): Estudiante de Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie, Scuola di Agraria DISPAA. Universidad de Florencia Italia. Correspondencia a: siradice@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

La flora nativa es una importante fuente de alimentos, lubricantes, resinas, ceras, colorantes, fibras, energía, sustancias aromáticas y medicinales, con valor ornamental y ecológico. Sin embargo, sólo unas pocas especies silvestres y subutilizadas han sido evaluadas por sus potenciales agronómico y medicinal en el mundo (Iriondo, 2001; Alonso y Desmarchelier, 2006). El género *Berberis* en Argentina está representado con 26 especies (Orsi, 1984; Landrum, 1999; Zuloaga, Morrone y Belgrano, 2008) distribuidas en dos grandes áreas, la selva subtropical Tucumano Oranense en donde *B. mikuna* es la especie más común (Job, 1942) y la Estepa patagónica junto con el Bosque subantártico (Orsi, 1984). Las especies del género *Berberis* tienen variadas propiedades nutraceuticas, es decir nutricionales y terapéuticas, por tal motivo se han estudiado los contenidos de fenoles en las hojas (Koncic Kremer, Karlovic y Kosalec, 2010), en las raíces (Surveswaran, Cai, Corke y Sun, 2007; Tomosaka, Chin, Salim, Keller, Chai y Douglas, 2008) y en las frutas (Albrecht, Pelaran, Rojas, Albesa y Eraso, 2010; Ruiz *et al.*, 2010; Arena, 2016).

El estudio de las poblaciones naturales es importante dado que se puede interpretar la plasticidad fenotípica de la especie. Esta puede

estar presente en diferentes órganos y funciones de la accesión y podría observarse a través de sus cambios en la fenología, la morfología, la anatomía, la composición y las tres funciones principales que son básicas para el crecimiento y desarrollo de la accesión como la fotosíntesis, la respiración y la transpiración (Atlan, Hornoy, Delerue, Gonzalez, Pierre y Tarayre, 2015). Esta plasticidad es la que les permite a las accesiones una rápida respuesta a los cambios climáticos (Čolić, Rakonjac, Zec, Nikolić y Fotiric Aksić, 2012) y resulta de tal relevancia como para ser considerada en estudios meteorológicos. Sin embargo, poco se sabe sobre cómo la geografía, la genética y el ambiente afectan estas características (Lankinen, Madjidian y Andersson, 2017). Estudios muy recientes demuestran cómo el ambiente (luz, temperatura, humedad) afectan los rasgos morfológicos y el éxito reproductivo de accesiones de *Berberis microphylla* crecidas en tres ambientes diferentes en Tierra del Fuego (Arena, Lencinas y Radice, 2018). Según estos estudios, la sombra en particular disminuye en las ramas el número de yemas según el total de nudos, el número de yemas mixtas y el número de frutos según la longitud de la rama (Radice y Arena, 2018). Además, aquellas condiciones que favorecieron el peso, el tamaño y el contenido de antocianinas en las frutas de calafate fueron menos beneficiosas para las variables productivas como el número y el peso de la fruta fresca según

la longitud del brote (Arena, M. E. comunicación personal, correo electrónico recibido el 20 de febrero de 2020).

La especie *B. mikuna* además de la berberina en la madera, que es la sustancia utilizada para teñir lanas y telas de color amarillo y que ha sido revalorizada en los últimos años por el grupo WARMIPURA de Tafí del Valle (Pastrana, 2016), posee un fruto violáceo interesante en sabor y tamaño.

Tanto por su aplicación en la industria tintórea como por las posibles propiedades nutracéuticas de la fruta es importante conocer todos los procesos fisiológicos de crecimiento y reproducción relacionados con la formación y maduración del fruto. Algunos aspectos de la fisiología de la especie han sido ya estudiados (Ceribelli, 2018) como también la conservación del polen (Mati, 2019) y los cambios histológicos que ocurren durante esa conservación (Radice, Galati, Zarlavsky y Arena, 2020). El objetivo de este trabajo es presentar la fenología de floración, y evaluar la variabilidad de algunas características morfo fisiológicas y bioquímicas de las flores y frutos entre las accesiones y entre los dos sitios de la región Alto de Medina (Tucumán).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y sitios de muestreo

Se seleccionaron arbustos de *B. mikuna* crecidos de manera espontánea en dos sitios considerados áreas de reserva natural de la localidad de Alto de Medina (Tucumán), denominados Chacra Dantur (CHD) ($n = 5-6$) y La Quebrada (QB) ($n = 10-11$). El criterio de selección fue la diversidad de ambientes respecto al relieve, la insolación y el clima. Si bien entre los dos sitios había menos de 2 km de distancia, los micrositios creados por la pendiente, la exposición geográfica y las especies acompañantes crearon situaciones ambientales muy diversas. El sitio CHD se caracterizó por una pronunciada pendiente y exposición oeste enfrentada a la cadena de cerros que marcan el límite geográfico con Salta. En consecuencia, la incidencia de la luz solar fue siempre menor que la del sitio QB y con diferencias de temperaturas entre las accesiones ubicadas en la parte alta y baja de la ladera que difieren en 90 m de desnivel aproximadamente. Por otro lado, las accesiones del sitio QB fueron seleccionadas en una situación de menor desnivel (40 m aproximadamente) y el sitio tuvo exposición este, es decir con mejor insolación contando además con la cercanía de un

arroyo natural que aumentó la humedad ambiente. Los dos sitios pertenecen a la región protegida del bosque natural del *Podocarpus parlatorei* por lo cual no existe la intervención antrópica.

Las accesiones seleccionadas fueron identificadas satelitalmente para su seguimiento posterior (Tabla 1).

Tabla 1. Posición satelital de las accesiones de *Berberis mikuna* seleccionadas en el área de Alto de Medina (Tucumán)

Población	Accesión	Posición satelital		
		Lat. O	Long. S.	Msnm
Chacra Dantur (CHD)	230	65 03 16 7	26 25 33 6	1406
	235	65 03 19 8	26 25 31 4	1518
	240	65 03 21 6	26 25 30 7	1490
	245	65 03 37 0	26 25 51 6	1487
	250	65 03 21 5	26 25 30 2	1420
	255	65 03 21 9	26 25 29 3	1450
Quebrada (QB)	155	65 03 25 5	26 24 39 0	1542
	162	65 03 24 8	26 24 38 8	1524
	163	65 03 26 0	26 24 38 9	1504
	164	65 03 25 2	26 24 38 9	1535
	165	65 03 24 8	26 24 36 7	1550
	172	65 03 24 9	26 24 39 3	1545
	180	65 03 26 7	26 24 41 5	1541
	182	65 03 26 2	26 24 39 5	1543
	184	65 03 25 7	26 24 40 7	1557
	190	65 03 25 5	26 24 40 4	1548
185	65 03 26 2	26 24 39 5	1543	

Medidas florales y fenología de floración

Durante la primavera del año 2017 se registró para cada una de las accesiones seleccionadas: el número de flores por inflorescencia ($n=10$) y el peso seco de las flores ($n= 20$). Se evaluó también el tamaño del grano de polen ($n=20$) y la germinación *in vitro* de los granos de polen ($n= 500$) según metodología de Radice y Arena (2016). Los pistilos fueron tomados de capullos en fase de pre antesis o código 59, según BBCH (escala fenológica universal) (Arena, Giordani y Radice, 2013) para ser escaneados y medidos a través del programa UTHSCSA Image Tool software 3.0 (Wilcox, D., Dove, B., McDavid, D. y Greer, D., 1996). Posteriormente se evaluó el número de óvulos por pistilo de acuerdo con Arena *et al.* (2018). La fenología de floración fue tomada sobre las accesiones crecidas en sitio CHD durante los años 2014, 2015 y 2016 y en la primavera del año 2017 en todas las accesiones muestreadas de ambos sitios. Se consideraron las fases de capullo, antesis, marchitamiento y fruto formado las cuales se evaluaron en proporción respecto del total de

yemas florales presentes según la metodología de Radice and Arena (2018).

Evaluación de los frutos

La evaluación física de los frutos ($n=10$ por accesión) se realizó según Arena (2016). Se registró el peso fresco, peso seco, diámetro ecuatorial, diámetro polar, humedad, coloración de la piel, número de semillas, peso seco de semillas y la proporción del peso seco de las semillas respecto al peso seco del fruto. La evaluación química ($n=3$ por accesión, 5 g de frutos en cada muestra) se llevó a cabo según Arena, Postemsky y Curvetto (2012) y se evaluó el contenido de sólidos solubles, la concentración de antocianinas expresada en mg cianidina-3-glucósido/100 g peso fresco y la concentración de fenoles totales expresada como mg ácido tánico/100 g peso fresco.

Análisis estadísticos

Los datos de la caracterización de las flores (número de flores por inflorescencia, peso seco de las flores, tamaño del grano de polen, número de óvulos y dimensiones de los pistilos) y la caracterización físico-química de los frutos se analizaron mediante ANOVA ($p < 0,05$). El modelo estadístico utilizado fue un modelo de efectos fijos con el factor accesión anidado al sitio. Sin embargo, las variables relativas a las propiedades físicas y químicas de los frutos se analizaron solamente en función del factor accesión dado que en el sitio CHD sólo dos accesiones produjeron frutos en cantidad suficiente para la obtención de muestras representativas, debido a cuestiones climáticas. Las medias se compararon a través de la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Se efectuaron correlaciones estadísticas entre pares de variables químicas de los frutos. La germinación del grano de polen se analizó a través de la prueba de χ^2 y las diferencias entre accesiones con la prueba Post Hoc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de flores diferenciadas por racimo no fue significativamente diferente entre sitios ($p = 0,976$), pero sí entre las accesiones de QB ($p < 0,001$) (Figura 1). En QB, en las accesiones 162, 164, 165 y 182, se registraron 11 flores/racimo mientras que en la accesión 185 sólo 6,4 flores/racimo cuyo valor fue significativamente inferior a todo el resto de las accesiones testeadas. Por otro lado, el peso seco de las inflorescencias

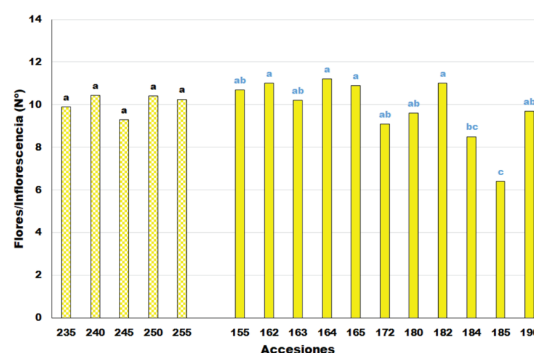


Figura 1. Número de flores por inflorescencia en accesiones de *Berberis mikuna* durante la primavera del año 2017. Letras diferentes en cada sitio indican diferencias significativas de acuerdo con el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

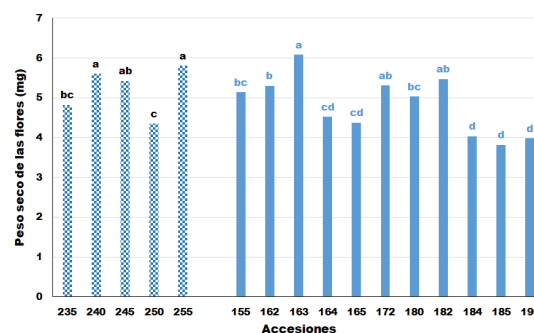


Figura 2. Peso seco de las inflorescencias en accesiones de *Berberis mikuna*. Letras diferentes en cada sitio indican diferencias significativas de acuerdo con el test de Tukey ($p \leq 0,05$)

no presentó diferencias significativas entre sitios ($p = 0,070$), pero sí entre las accesiones dentro de cada sitio ($p < 0,001$), aunque sin correlación entre esta medida y el número de flores/inflorescencia, especialmente para el sitio CHD (Figura 2). En CHD los máximos valores de peso seco de las inflorescencias se observaron en las accesiones 240 y 255 (5,6 y 5,8 mg respectivamente), mientras que el mínimo peso seco de las inflorescencias se encontró en la accesión 250 (4,3 mg). En la QB, la accesión 163, con inflorescencias de 6,1 mg de peso, fue significativamente superior a las accesiones 184, 185 y 190 (4 mg por inflorescencia) (Figura 2). La variabilidad encontrada en el peso seco de las inflorescencias dentro de cada sitio podría deberse a diferentes causas como la poca disponibilidad de hidratos de carbono de sus reservas, competencia entre crecimiento vegetativo y reproductivo como también a diferencias génicas entre los diversos germoplasmas estudiados (Arena *et al.*, 2018). Un mayor número de flores por racimo podría

ser una desventaja sobre todo para aquellas especies que son polinizadas por insectos como es el caso de *Berberis*. Un mayor número de flores por racimo aumenta la oferta de flores, pero a su vez disminuye el número de visitas por flor lo cual resulta en menor cantidad de polen depositado en el estigma (Aker, Biella y Klecka, 2017).

El número de óvulos por pistilo no mostró diferencias significativas entre los dos sitios ($p=0,106$) pero sí se encontraron diferencias entre accesiones sólo para el sitio QB ($p<0,001$) (Tabla 2). En este sitio, el número de óvulos por pistilo varió entre 3 (accesión 180) y 4,9 (accesión 184). Los valores observados no mostraron grandes dispersiones en esta variable a diferencia de lo observado en la especie patagónica *B. microphylla*, en la cual se registraron variaciones entre 5,93 y 12,48 (Arena *et al.*, 2018).

Tabla 2. Valores promedios para área y perímetro de los pistilos, y número de óvulos de flores de *Berberis mikuna* según las accesiones seleccionadas en Alto de Medina (Tucumán)

Población	Accesión N°	Área mm ²	Perímetro mm	Óvulos N°
Chacra Dantur	235	4,21c	10,75b	4,2a
Chacra Dantur	240	6,82a	13,65a	4,2a
Chacra Dantur	245	5,65ab	12,07ab	4,5a
Chacra Dantur	250	4,99bc	11,26b	4,1a
Chacra Dantur	255	5,14bc	11,61b	4,2a
Chacra Dantur Promedios		5,38	11,89	4,24
F		10,147	6,830	0,549
p		<0,001	<0,001	0,701
Quebrada	155	3,95bc	9,72bc	4,1bc
Quebrada	162	3,99bc	11,10b	3,8cd
Quebrada	163	6,2a	12,80a	4,4ab
Quebrada	164	6,66a	13,35a	4,4ab
Quebrada	165	3,48c	10,28bc	3,9bc
Quebrada	172	6,14a	12,93a	3,9bc
Quebrada	180	4,51bc	10,45bc	3,0d
Quebrada	182	4,65b	10,32bc	4,1bc
Quebrada	184	4,26bc	10,57bc	4,9a
Quebrada	185	3,58bc	9,92bc	3,6cd
Quebrada	190	6,14bc	12,93c	4,0bc
Quebrada Promedios		4,74	11,14	4,01
F		20,093	19,794	9,270
p		<0,001	<0,001	0,001
Sitio F		4,744	5,058	2,272
p		<0,001	0,007	0,106

Letras diferentes para una misma columna señalan diferencias significativas según test de Tukey ($p<0,05$).

El tamaño del pistilo mostró diferencias muy significativas. El área del pistilo fue diferente entre

los dos sitios ($p=0,01$) y entre las accesiones dentro de cada sitio ($p=0,001$). Los valores en CHD variaron entre 4,2 mm² (accesión 235), y 6,8 mm² (accesión 240), mientras que en QB variaron entre 3,5 mm² (accesión 165) y 6,1 a 6,68 mm² (accesiones 163, 164 y 172) (Tabla 2). El perímetro de los pistilos también mostró resultados similares. Para esta variable se detectaron efectos significativos de sitio ($p=0,007$) y de accesión ($p=0,001$). Los máximos valores en CHD fueron de 13,6 mm (accesión 240), mientras que en QB los máximos valores oscilaron entre 12,8 a 13,3 mm (accesiones 136, 134 y 172) (Tabla 2). Estas diferencias de tamaño se traducen también en una diferencia de forma. Así, si bien en el eje menor de los pistilos no se encontraron diferencias significativas entre los sitios ($p=0,161$), las mismas fueron significativas entre las accesiones en cada sitio ($p<0,001$), mientras que en el eje mayor de los pistilos las diferencias fueron significativas entre los sitios y accesiones ($p<0,001$ para ambas). Las medidas de la altura y ancho del pistilo demuestran que las diferencias significativas más grandes fueron las del eje menor, es decir que en CHD el eje menor varió entre 1,2 mm (accesión 235) y 1,8 mm (accesión 240), mientras que en QB la accesión 185 presentó el pistilo más delgado (1,1 mm) y las accesiones 163, 164 y 172 fueron las que presentaron los pistilos más anchos (1,8 mm) (Figura 3B). Respecto del alto de los pistilos, en CHD las accesiones 235, 250

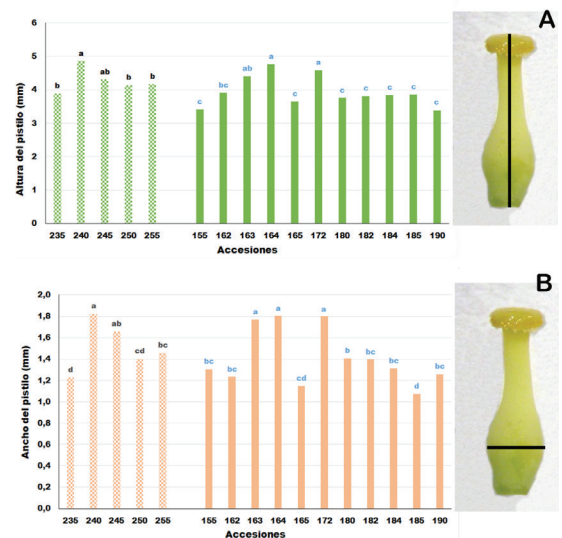


Figura 3. Dimensiones del pistilo en accesiones de *Berberis mikuna*. Letras diferentes en cada sitio indican diferencias significativas de acuerdo al test de Tukey ($p \leq 0,05$). **A**, Alto; **B**, Ancho

y 255 (3,9 a 4,2 mm) fueron las que resultaron con pistilos más cortos, mientras que los pistilos de la accesión 240 los más largos (4,9 mm) (Figura 3A). En QB, los pistilos más cortos se observaron en las accesiones 155, 165, 180, 182, 184 y 185 (3,4 a 3,8 mm), mientras que los más largos fueron observados en las accesiones 164, 172 y 190 (4,8 a 4,6 mm). El tamaño de la flor como el del ovario tiene una estrecha correlación con el tamaño final del fruto. Esto ha sido observado en varias especies como el duraznero (*Prunus persica*), el arándano rojo (*Vaccinium ashei*), el olivo (*Olea europaea*) y la granada (*Punica granatum*) (Wetzstein, Weiguang y Porter, 2013).

La fenología de floración observada entre el grupo de accesiones crecidas en el sitio CHD entre las primaveras de 2014 y 2016 fue notablemente diferente (Figura 4). La fase de antesis de las flores se inició el 11 de octubre del 2014 mientras que

en el 2015, unos días antes del 24 de octubre. Para el año 2016, el 15 de octubre se observó un 30 % de flores en antesis lo cual indica que esta fase podría haberse iniciado la primera semana de octubre. Por otro lado, se puede observar cómo la presencia de frutos formados fue diferente observándose la mayor diferencia entre los años 2015, con un 15 % de frutos formados el 29 de noviembre, y 2016, con un 10 % el 23 de octubre (Figura 4). Además, la evolución de las fases capullo, antesis, marchitamiento y fruto, evaluada de manera proporcional, fue muy diferente según la accesión estudiada tal como se muestra en la Figura 5. En la accesión 230 se observó una fase de antesis incipiente mientras que en la 235, una fase final de antesis con un 79 % de frutos formados. La floración de las especies frutales silvestres puede ocurrir en diferentes momentos por diferencias genéticas, sin embargo, el comienzo, la duración

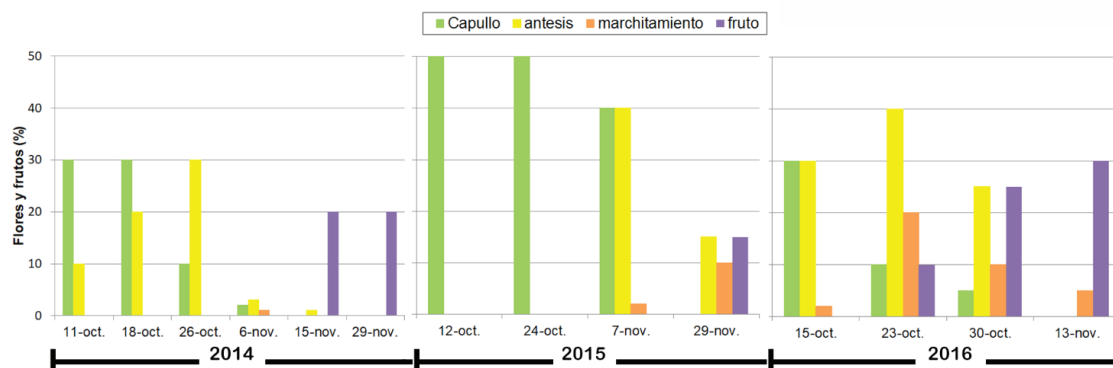


Figura 4. Fenología de floración de *Berberis mikuna* registrada sobre accesiones seleccionadas en el sitio CHD durante las primaveras de los años 2014, 2015 y 2016

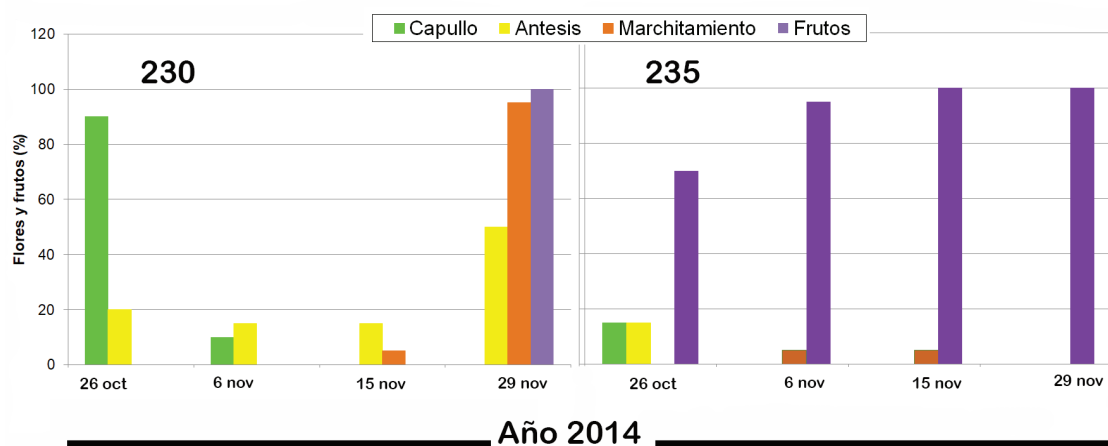


Figura 5. Fenología de floración de *Berberis mikuna* registrada sobre dos accesiones crecidas en el sitio CHD durante la primavera 2014

y la intensidad del período de floración están fuertemente influenciados por factores ecológicos (Nyéki y Soltész, 1996). El período de latencia y las necesidades de calor determinan el inicio de la floración, mientras que la temperatura, la radiación solar, la humedad y las condiciones de heladas influyen en la plena floración y los días totales del período de la floración (Arena *et al.*, 2018). En estudios realizados con otros *Berberis*, se observó también, diferencias en la evolución de las fases entre germoplasmas debido a las variaciones genéticas existentes (Giordani *et al.*, 2017).

El diámetro del grano de polen presentó diferencias significativas entre los sitios ($p=0,045$) y entre accesiones dentro de cada sitio ($p<0,001$). En CHD, el diámetro del grano de polen varió entre 38,9 y 45,5 μm entre las accesiones 245 y 255, respectivamente (Tabla 3), mientras que en QB varió entre 38,0 y 44,5 μm entre las accesiones 162 y 164, respectivamente. Los granos de polen

Tabla 3. Tamaño promedio de los granos de polen de las flores de *Berberis mikuna* en accesiones de Alto de Medina (Tucumán)

Población	Accesión	Medida del grano de polen
	N°	μm
Chacra Dantur	230	43,38ab
Chacra Dantur	235	42,75ab
Chacra Dantur	240	42,25abc
Chacra Dantur	245	38,88c
Chacra Dantur	250	41,75bc
Chacra Dantur	255	45,50a
Chacra Dantur	Promedio	42,417
F		6,260
p		<0,001
Quebrada	155	40,38bcd
Quebrada	162	38,00d
Quebrada	163	41,7abc
Quebrada	164	44,50a
Quebrada	165	42,63abc
Quebrada	172	40,00cd
Quebrada	180	43,25ab
Quebrada	182	42,50abc
Quebrada	184	41,50abc
Quebrada	185	41,75abc
Quebrada	190	40,86bcd
Quebrada	Promedio	41,557
F		6,433
p		<0,001
Sitio F		4,055
p		<0,045

Letras diferentes para una misma columna señalan diferencias significativas según test de Tukey ($<0,05$)

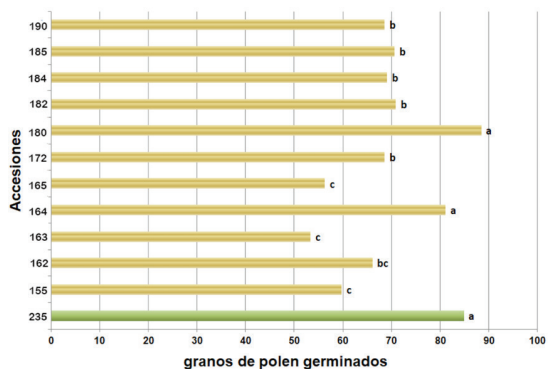


Figura 6. Germinación de los granos de polen (%) de accesiones de *Berberis mikuna*. Las barras representan el valor promedio. Las letras diferentes señalan diferencias significativas según Test de χ^2 ($p\leq0,05$)

resultaron muy similares en forma y dimensiones a los ya observados en las flores de calafate (*B. microphylla*) (Radice y Arena, 2016). Respecto de la germinación, los granos de polen de las accesiones 164, 180 y 235 fueron los que se diferenciaron significativamente del resto por sus valores mayores (80 %) (Figura 6). Sin embargo, en las accesiones 155, 163 y 165 la germinación resultó con valores significativamente más bajos que todo el resto pero mayores que 50 %. Estos resultados permiten inferir que la especie no posee problemas de andro-esterilidad (Nyéki y Soltész, 1996). Una eficiente fecundación está estrechamente relacionada con la viabilidad del polen y precisamente se considera el 50 % de viabilidad de los granos de polen como criterio base para la selección de ejemplares donores de polen utilizados en planes de mejoramiento de *Berberis* (Urquieta, 2010).

Como era previsible, la forma de los frutos maduros fue significativamente diferente entre las diferentes accesiones estudiadas. Respecto de las propiedades físicas de los frutos se observaron diferencias significativas en las variables de peso fresco, peso seco y tamaño (diámetro ecuatorial y polar), color, humedad, número y peso seco de semillas entre las accesiones (Tabla 4). Sin embargo, la relación porcentual de las semillas con el fruto (PSS/PSF) no presentó diferencias significativas. La accesión 163 produjo frutos grandes y más pesados en términos de peso fresco con respecto al resto de las accesiones, a excepción de las accesiones 172 y 180. Además, si bien no hubo diferencias en la relación porcentual de los pesos de fruto y semilla entre accesiones, en la accesión 163 se obtuvo un valor intermedio respecto del resto, lo cual podría ser beneficioso

dado que la parte importante del fruto es la pulpa (Tabla 4). La accesión 185 produjo frutos más pequeños, pero sin diferencias significativas con los medidos en las accesiones 155, 184 y 186. Los frutos presentaron un alto contenido de humedad (> 60 %) lo cual los hace muy jugosos destacándose en particular los de la accesión 172 con un 76 % de humedad (Tabla 4). El número de semillas por fruto varió entre 2,7 y 4,2. Estos valores fueron significativamente inferiores a

los observados en los frutos de *B. microphylla* (Arena, Giordani y Radice, 2011). Sin embargo, en la especie *B. mikuna*, las semillas son de mayor tamaño y constituyen entre el 43 y 68 % del peso total del fruto (Tabla 4).

Las propiedades químicas de los frutos también mostraron diferencias significativas entre las accesiones (Tabla 5). La accesión 184 registró el valor más alto de sólidos solubles (21 °Brix), pero sin diferenciarse significativamente de la

Tabla 4. Valores medios para las propiedades físicas de frutos de *Berberis mikuna* cosechados en diciembre del año 2017. Peso fresco (PF), Peso seco (PS), diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), humedad, color de la epidermis (Color), número de semillas (Cant), peso seco de semillas (PSS) y relación entre el peso seco de semillas y peso seco del fruto (PSS/PSF)

Población	Accesión	Medidas del fruto						Semilla		Relación
	Nº	PF g	PS g	DE mm	DP Mm	Humedad %	Color %	Cant Nº	PSS g	PSS/PSF %
CHD	235	0,14de	0,04bc	6,1ab	6,6b	72,06abc	27,5c	3,9a	0,022ab	56,03
CHD	245	0,15cd	0,04ab	6,3ab	6,8b	69,38abc	70,0b	3,0b	0,021ab	45,28
QB	155	0,12ef	0,03c	5,5b	6,3b	74,64ab	60,0b	3,7ab	0,016b	55,58
QB	162	0,15cd	0,04bc	6,0ab	7,2ab	71,22abc	100a	3,0b	0,018ab	42,71
QB	163	0,22a	0,05a	7,0a	7,7a	74,83ab	100a	4,2a	0,026a	47,49
QB	164	0,16bc	0,05ab	6,5ab	6,5b	70,23abc	64,0b	4,1a	0,021ab	48,63
QB	172	0,17ab	0,04bc	6,0ab	7,3ab	75,97a	80,0ab	3,0b	0,019ab	68,23
QB	180	0,18ab	0,05ab	6,5ab	7,2ab	71,97abc	85,0ab	3,4b	0,026a	53,35
QB	184	0,12ef	0,03bc	5,7ab	6,1bc	65,89cd	65,0b	3,9ab	0,020ab	50,37
QB	185	0,10f	0,03c	5,6b	6,8ab	66,42cd	90,0a	2,9b	0,014b	42,81
QB	186	0,12ef	0,04bc	5,6b	6,7b	70,02abc	72,5b	2,9b	0,016b	45,38
QB	190	0,10f	0,03c	5,3b	5,9c	69,44abc	62,5b	2,7b	0,016b	53,96
Accesión	F	10,50	3,82	6,10	17,13	2,63	5,38	0,89	6,93	2,13
	p	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,013	<0,01	<0,01	0,57

Las letras diferentes entre valores de una misma columna señalan diferencias significativas según Tukey (< 0,05).

Tabla 5. Valores medios para las propiedades químicas de frutos de *Berberis mikuna* cosechados en diciembre del año 2017 en Alto de Medina (Tucumán)

Población	Accesión	Sólidos Solubles	Antocianinas	Fenoles
	Nº	°Brix	(mg/100 peso fresco)	(mg/100 peso fresco)
Chacra Dantur	235	12,00d	159,06f	598,06de
Chacra Dantur	245	13,27cd	223,18e	404,22e
Quebrada	155	16,83bc	364,52d	870,07bc
Quebrada	162	11,50d	328,71de	590,39de
Quebrada	163	16,33bc	357,54de	650,37cd
Quebrada	164	17,00bc	401,55cd	1154,75ab
Quebrada	165	13,00cd	443,13bc	809,38bc
Quebrada	172	12,70cd	456,28bc	553,77de
Quebrada	180	15,17cd	675,92a	1270,52a
Quebrada	182	18,17ab	623,72ab	1057,51ab
Quebrada	184	21,00a	339,02de	1077,75ab
Quebrada	185	15,75cd	144,88f	476,44e
Accesión	F	8,83	13,60	11,01
	p	<0,01	<0,01	<0,01

Letras diferentes para una misma columna señalan diferencias significativas según test de Tukey (<0,05).

accesión 182. Contrariamente las accesiones 162 y 235 mostraron valores muy bajos de sólidos solubles (11,5 y 12,0 °Brix, respectivamente), sin diferenciarse significativamente de las accesiones 172, 180, 185 y 245. Los frutos de la accesión 180 presentaron la mayor concentración de antocianinas (675,9 mg cianidina-3-glucósido/100 g peso fresco), aunque sin diferencias significativas con respecto a los frutos de la accesión 182. Los frutos de la accesión 180 también presentaron la mayor concentración de fenoles totales (1270,5 mg ác. tánico/100 g peso fresco) pero sin presentar diferencias significativas con respecto a las accesiones 164, 182 y 184. Estos resultados se reafirman con la correlación establecida entre el contenido de antocianinas y fenoles totales ($r=0,66$ y $p<0,01$). Los contenidos de antocianinas y fenoles totales en los frutos de algunas accesiones fueron comparables a los obtenidos en frutos cosechados en el año 2017 (Ceribelli, 2018) y comparables con los encontrados en los frutos de *B. microphylla* de Tierra del Fuego (Arena *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, *B. mikuna* presenta una elevada variabilidad en la mayoría de las características morfofisiológicas y bioquímicas evaluadas tanto en las flores como en los frutos formados de las diversas accesiones. Sin embargo, en general los ambientes no mostraron efectos diferenciados sobre las medidas florales estudiadas. El contenido de antocianinas y fenoles en los frutos de la mayoría de las accesiones, aunque de elevada variabilidad, destaca a estos frutos como potenciales alimentos funcionales. Estas propiedades, además del contenido de berberina en su leño, hacen que esta especie sea muy interesante en el mejoramiento vegetal. Por otro lado, si bien no se calcularon aún los rindes en las condiciones en las cuales crece, esta especie produce una cantidad considerable de fruta que podría incrementarse notablemente si se le aplicaran las prácticas de manejo adecuadas. Los resultados obtenidos en este trabajo son los primeros antecedentes en *B. mikuna*, los que contribuirán al conocimiento de la biología reproductiva de esta especie y serán de fundamental importancia para la introducción de esta especie al cultivo productivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Agr. Oscar Dantur

por su apoyo incondicional en la logística. Por otro lado, las actividades prácticas han sido financiadas por el proyecto PIO/17-06-SR-008 otorgado por la Universidad de Morón.

BIBLIOGRAFÍA

- Akter, A., Biella, P. y Klecka, J. (2017). Effects of small-scale clustering of flowers on pollinator foraging behaviour and flower visitation rate. *PLoS one*, 12 (11), e0187976. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187976>
- Albrecht, C., Pellarin, G., Rojas, M. J., Albesa, I. y Eraso, A. (2010). Beneficial effect of *Berberis buxifolia* Lam, *Ziziphus mistol* Griseb and *Prosopis alba* extract on oxidative stress induced by chloramphenicol. *Medicina Buenos Aires*, 70 (1), 65-70.
- Alonso, J y Desmarchelier, C. (2006). Accesiones medicinales autóctonas de la Argentina: bases científicas para su aplicación en atención primaria de la salud. Fitotecnia (ed), Buenos Aires, Argentina.
- Arena, M. E. (2016). *Estudios de algunos fenómenos morfofisiológicos y cambios bioquímicos en Berberis microphylla G. Forst. (sinónimo B. buxifolia Lam.) asociados a la formación y maduración de frutos en Tierra del Fuego y su relación con la producción de metabolitos útiles*. Tesis doctoral no publicada, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Recuperado de: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/3391>
- Arena, M. E., Giordani, E. y Radice, S. (2011). Flowering, fruiting and leaf and seed variability in *Berberis buxifolia*, a native Patagonian fruit species. En: L. Marin y D. Kovac (Eds.), *Native Species: Identification, Conservation and Restoration* (117-136). Nueva York, Estados Unidos: Nova Scientia Publisher Inc.
- Arena, M. E., Postemsky, P. y Curvetto, N. R. (2012). Accumulation patterns of phenolic compounds during fruit growth and ripening of *Berberis buxifolia*, a native Patagonian species. *New Zealand Journal of Botany*, 50 (1), 15-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0028825X.2011.638644>.
- Arena, M. E., Giordani, E. y Radice, S. (2013). Phenological growth and development stages of the native Patagonian fruit species *Berberis buxifolia* Lam. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11 (3-4), 1323-1327.
- Arena, M. E., Lencinas, M. V. y Radice, S. (2018). Variability in floral traits and reproductive success among and within populations of *Berberis microphylla* G. Forst., an underutilized fruit species. *Scientia Horticulturae*, 241, 65-73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.080>.

- Atlan, A., Hornoy, B., Delerue, F., Gonzalez, M., Pierre, J. S. y Tarayre, M. (2015). Phenotypic plasticity in reproductive traits of the perennial shrub *Ulex europaeus* in response to shading: a multi-year monitoring of cultivated clones. *Plos One*, 10 (9), e0137500. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0137500>.
- Ceribelli, A. (2018). *Berberis mikuna* Job, especie endemica argentina potencial fuente alimentaria de antioxidantes. Tesis de grado no publicada, Universidad de Florencia, Florencia, Italia.
- Colic, S., Rakonjac, V., Zec, G., Nikolic, D. y Fotiric Aksic, M. (2012). Morphological and biochemical evaluation of selected almond [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb] genotypes in northern Serbia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36, 429–438.
- Giordani, E., Muller, M., Gambineri, F., Paffetti, D., Arena, M. y Radice, S. (2017). Genetic and morphological analysis of spontaneous *Berberis microphylla* G. Forst accessions in Tierra del Fuego (Argentina). *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 151 (4), 715-728. DOI: <https://doi.org/10.1080/11263504.2016.1211194>
- Iriondo, J. M. (2001). Conservación de germoplasma de especies raras y amenazadas. *Revista de Investigación Agraria, Serie: Producción y Protección Vegetales*, 16 (1), 5–24.
- Job, M. M. (1942). Los *Berberis* de la región del Nahuel-Huapi. *Revista del Museo de la Plata Sección Botánica*, 5 (19), 21-72.
- Koncic, M. Z., Kremer, D., Karlovic, K. y Kosalec, I. (2010). Evaluation of antioxidant activities and phenolic content of *Berberis vulgaris* L. and *Berberis croatica* Horvat. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (8-9), 2176-2180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.025>
- Lankinen, A., Madjidian, J. A. y Andersson, S. (2017). Geographic variation in floral traits is associated with environmental and genetic differences among populations of the mixed mating species *Collinsia heterophylla* (Plantaginaceae). *Botany*, 95 (2), 121–138. DOI: <http://dx.doi.org/10.1139/cjb-2016-0014>
- Landrum, L. R. (1999). Revision of *Berberis* (Berberidaceae) in Chile and adjacent Southern Argentina. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 86 (4), 793-834. DOI: <https://doi.org/10.2307/2666170>
- Mati, E. (2019). *Conservazione di polline di Berberis mikuna*. Tesis de Maestría no publicada. Universidad de Florencia, Florencia, Italia.
- Nyéki, J., Soltész, M. (1996). *Floral biology of temperate zone fruit trees and small fruits*. Budapest, Hungría: Akadémiai Kiadó.
- Orsi, M. C. (1984). Berberidaceae. En: M.N. Correa (Ed.), *Flora Patagónica* (325-348). Buenos Aires, Argentina: INTA.
- Pastrana L. (2016). *Volver a lo nuestro. Rescate y preservación de las técnicas ancestrales sobre tintes naturales*. San Miguel de Tucumán, Argentina: Ediciones del Parque.
- Radice, S. y Arena, M. E. (2016). Characterization and evaluation of *Berberis microphylla* G. Forst pollen grains. *Advances in Horticultural Science*, 30 (1), 31-37. DOI: <https://doi.org/10.13128/ahs-18699>
- Radice, S. y Arena, M. E. (2018). Reproductive shoots of *Berberis microphylla* G. Forst. In relation with the floral bud development and the fruit set. *Heliyon*, 4 (11) e00927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00927>
- Radice, S., Galati, B., Zarlavsky, G. y Arena, M. E. (2020). Histological changes of *Berberis mikuna* pollen grains in relation to viability and germinability. *Flora*, 268, 151623. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151623>
- Ruiz, A., Hermosin-Gutierrez, I., Mardones, C., Vergara, C., Hertlitz, E., Vega, M. ... y von Baer, D. (2010). Polyphenols and antioxidant activity of calafate (*Berberis microphylla*) fruits and other native berries from southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (10), 6081-6089. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf100173x>
- Surveswaran, S., Cai, Y. Z., Corke, H. y Sun, M. (2007). Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. *Food Chemistry*, 102 (3), 938–953. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.033>
- Tomosaka, H., Chin, Y. W., Salim, A. A., Keller, W. J., Chai, H. y Kinghom, A. D. (2008). Antioxidant and cytoprotective compounds from *Berberis vulgaris* (barberry). *Phytotherapy Research*, 22 (7), 979-981. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.2443>
- Urquieta, C. A. P. (2010). *Evaluación de la viabilidad polínica de cuatro especies pertenecientes al género Berberis L. (Berberidaceae)*. Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Wilcox, D., Dove, B., McDavid, D. y Greer, D. (1996) (versión 3.0) [Software]. San Antonio, Texas, Estados Unidos: University of Texas Health Science Center San Antonio
- Wetzstein, H. Y., Weiguang, Y., Porter, J. A. y Ravid, N. (2013). Flower position and size impact ovule number per flower, fruit set and fruit size in pomegranate. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 138 (3), 159–166. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.138.3.159>
- Zuloaga, F. O., Morrone, O. y Belgrano, M. J. (2008). *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Southern Brazil, Chile, Paraguay y Uruguay)*. San Luis, Missouri, Estados Unidos: Missouri Botanical Garden.