



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Ciencias Biológicas

TESINA DE GRADO

**Supervivencia y crecimiento post fuego en cuatro especies de cactus
globosos en las Sierras Chicas (Córdoba, Argentina)**

Tesinista: Zupichiatti, Verónica

Director: Gurvich, Diego E.

Cátedra de Biogeografía. Año 2018



**Supervivencia y crecimiento post fuego en cuatro especies de cactus
globosos en las Sierras Chicas (Córdoba, Argentina)**

TRIBUNAL EXAMINADOR

- Nombre y Apellido: Gurvich, Diego E.

Firma:.....

- Nombre y Apellido: Barri, Fernando

Firma:.....

- Nombre y Apellido: Torres, Romina

Firma:.....

- Calificación:.....

- Fecha:.....



INDICE

Resumen.....	4
Introducción.....	4
Materiales y métodos.....	7
Resultados.....	10
Discusión.....	14
Conclusión.....	16
Bibliografía.....	16



Supervivencia y crecimiento post fuego en cuatro especies de cactus globosos en las Sierras Chicas (Córdoba, Argentina)

Palabras claves: cactus globosos, supervivencia, fuego, crecimiento, microambiente.

Resumen

Existen alrededor de 2.200 especies de cactus y la mayoría de ellos habitan en ecosistemas propensos al fuego. A pesar de esto, hay escasa información sobre los efectos del fuego en cactáceas. El objetivo del estudio fue evaluar los efectos de un incendio sobre la supervivencia y el crecimiento de cuatro especies de cactus globosos en las Sierras de Córdoba, Argentina. Luego de una estación de crecimiento después de un incendio (que se produjo a finales del invierno), se midió la supervivencia y el crecimiento en las especies *Echinopsis aurea*, *Gymnocalycium bruchii*, *Gymnocalycium mostii* y *Parodia submammulosa*. Se seleccionaron 26 afloramientos rocosos y en cada uno se establecieron tres parcelas de 3x1m. En cada parcela se registraron todos los individuos de cactus presentes, si estaban muertos o vivos, se midió su crecimiento, y además, en un radio de 30 cm se midió la cobertura de suelo desnudo, el tamaño y cobertura de las rocas. La supervivencia no varió entre las especies y fue alrededor del 80%, siendo mayor en individuos de mayor tamaño, pero sólo en dos especies, *G. mostii* y *E. aurea*. El crecimiento post fuego fue mayor en los individuos de menor tamaño para todas las especies, salvo en *G. bruchii*, siendo la especie de mayor crecimiento post fuego. Las variables microambientales tuvieron poco efecto sobre las variables medidas. Las cuatro especies globosas estudiadas presentan una alta tolerancia y recuperación ante los incendios.

Introducción

El fuego es uno de los disturbios más importantes a nivel global, afectando desde la fisonomía y composición florística hasta el ciclado de materiales de los ecosistemas terrestres (Keeley 2012). Las especies de plantas poseen diferentes maneras de responder al fuego, lo que depende tanto de la historia de fuego del ecosistema donde se encuentran, como de características propias



de las mismas (Whelan 1995; Martella et al. 2002; Gurvich et al 2005; Cable 2006). Una de las principales estrategias de las especies ante el fuego es el rebrote, donde si bien una parte importante de los individuos puede morir, permanecen tejidos vivos a partir de los cuales luego se regeneran (Bellingham & Sparrow 2000). Esta estrategia ha sido principalmente estudiada en plantas leñosas (Janzen 1967; Gill 1992; Bond & Midgley 2001; Gurvich et al. 2005), aunque también se ha registrado en especies suculentas como los cactus (Bunting 1980; May 2012).

Diferentes cactáceas muestran una baja a moderada tolerancia a los incendios, siendo ésta respuesta dependiente principalmente de la forma de vida de las especies. En especies del género *Opuntia* (Cactáceae), se observó que la supervivencia a corto plazo es variable, a menudo menor al 50%, pero raramente llega a ser total (Thomas 1991). Heirman & Wright (1973), también estudiando especies del género *Opuntia* observaron que individuos pequeños son más susceptibles a daños por incendios que individuos de mayor porte. Investigaciones realizadas en Norteamérica, en poblaciones de saguaro, *Carnegiea gigantea*, un cactus columnar, mostraron bajos valores de supervivencia, en general inferiores al 80% (Cave & Patten 1984; Rogers 1985; Narog 1995). Sin embargo, en cactáceas globosas, Thomas (2005) encontró una supervivencia no menor al 75% en *Coryphantha vivípara*, *Echinocereus pectinatus*, *Echinomastus intertextus* y *Mammillaria heyderi*. Estos antecedentes indicarían que las especies globosas serían más resistentes al fuego que especies columnares.

Si bien se ha avanzado en el estudio de la respuesta al fuego de las cactáceas, falta comprender mejor las causas de dicha respuesta. Es probable que la respuesta al fuego de distintas especies, o incluso individuos, dependa en gran medida de las características microambientales donde éstos se encuentran. A escala local se ha observado que especies de cactus que coexisten, ocupan diferentes microambientes determinados por las características de la roca y vegetación (Gurvich et al. 2008). Características como la cobertura de rocas podría afectar tanto la supervivencia como la recuperación post-fuego de los individuos. Microambientes con mayor cobertura de rocas brindarían una mayor protección térmica a los individuos, y al poseer menor biomasa vegetal se esperaría una menor intensidad de los incendios. Por otro lado, la respuesta de las diferentes especies al fuego puede depender de las características morfológicas de las mismas. Dentro de los cactus globosos existen especies que poseen un importante tallo subterráneo, mientras que otras no cuentan con dicha característica (Gurvich et al. 2006). Por consiguiente, es



probable que aquellas especies con mayor biomasa subterránea sean menos susceptibles al fuego, ya que el tallo subterráneo no se vería afectado por las altas temperaturas y también actuaría como fuente de reservas para el rebrote.

En la provincia de Córdoba, el fuego es un elemento importante que afecta principalmente a bosques y pastizales serranos (Argañaraz et al. 2015; Herrero et al. 2016). Al mismo tiempo, en las Sierras de Córdoba existe una alta diversidad de cactus con alrededor de 31 especies (Giorgis et al. 2011; Gurvich et al. 2014). Las cactáceas, además de ser la quinta familia con mayor número de especies en la región, representan la familia con mayor número de endemismos (Giorgis et al. 2011). Sin embargo, hasta el momento no existen estudios que hayan analizado el efecto del fuego sobre cactus de Argentina. En base a lo expuesto, el **Objetivo General** del presente trabajo fue analizar la supervivencia y crecimiento luego de incendios en cuatro especies endémicas de cactus globosos: *Echinopsis aurea* Britton & Rose var. *aurea*, *Gymnocalycium mostii* (Gürke) Britton & Rose, *Parodia submammulosa* (Lem.) R. Kiesling, *Gymnocalycium bruchii* (Speg.) Hosseus, en las Sierras Chicas (Córdoba, Argentina).

Objetivos particulares

- Analizar el efecto del fuego sobre la supervivencia en cuatro especies de cactus globosos.
- Analizar si el tamaño previo de los individuos, sus características morfológicas, cobertura de rocas y el suelo desnudo donde estos se encuentran, afecta la supervivencia en las cuatro especies.
- Analizar en las cuatro especies si el crecimiento post fuego se relaciona con el tamaño previo de los individuos y/o con la cobertura de rocas y el suelo desnudo donde estos se encuentran.

Hipótesis y predicciones

- Las características propias de cada especie (ej. presencia de tallo subterráneo) y el tamaño de los individuos influyen en la supervivencia. Individuos de mayor tamaño serán menos afectados por el fuego. La presencia de tallo subterráneo aumentará la supervivencia.
- Las características microambientales donde se encuentran los individuos, particularmente la cobertura y tamaño de rocas condicionan la supervivencia. Las rocas actuarían como protectoras, aumentando la supervivencia y el crecimiento post fuego.



- Las mismas características que promuevan una mayor supervivencia (mayor tamaño, presencia de tallo subterráneo, y microambiente más rocoso) influyen en el crecimiento de los individuos, prediciendo que dichas características, afectarán de manera positiva al crecimiento post-fuego.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en la Estancia Los Potreros localizada sobre el Camino del Cuadrado (S31° 07,056'; W64° 23,191') el cual une las ciudades de Río Ceballos y Valle Hermoso. Este se encuentra ubicado en las Sierras Chicas de la Provincia de Córdoba las cuales constituyen el cordón más oriental, siendo sierras bajas en su mayor extensión, pero en el Cerro Uritorco alcanzan casi los 2000 m s. n. m. (Gurvich et al. 2008).

El sitio se encuentra a 1000 m s. n. m. aproximadamente, donde la vegetación se compone de un mosaico de bosques, arbustales y pastizales, intercalados por afloramientos rocosos de distintos tamaños (Zak & Cabido 2002; Zeballos et al. 2014). El relieve está constituido por montañas antiguas, con cumbres redondeadas, quebradas y valles surcados por arroyos (Capitanelli 1979). El clima del área es semiárido y templado, con temperaturas medias anuales de 14 °C. Las lluvias presentan un régimen monzónico (concentradas entre octubre y abril) siendo la precipitación media anual de de 850 mm (Gurvich et al. 2006).

Valiéndome de un incendio que se produjo en esta área en el mes de septiembre del año 2011, se seleccionaron sitios afectados por el mismo para la realización de este proyecto.

Medición de supervivencia

Si bien un objetivo inicial era comparar la supervivencia entre sitios quemados y no quemados, esto no pudo realizarse debido a la gran magnitud del evento (el incendio cubrió unas 30000 ha). A raíz de esto no se pudieron establecer sitios control.

La supervivencia se evaluó luego de una temporada de crecimiento posterior al incendio, debido a que de ese modo se pueden diferenciar bien los individuos totalmente muertos de los individuos vivos (Figura 1). Los muestreos a campo se realizaron entre los meses de marzo a mayo del año 2012. En el área quemada se seleccionaron 26 afloramientos rocosos, donde se encuentran los cactus, y en cada uno se establecieron tres transectas de 1 metro de ancho por 3



metros de largo. En cada transecta se registraron todos los individuos tanto vivos como muertos identificándolos por especie.

Mediciones de los individuos

En el caso de los individuos que sobrevivieron se tomaron medidas del tamaño previo al incendio y el crecimiento luego de una temporada tal como se puede observar en las figuras 1 y 2. En estas especies de cactus, los fuegos dejan claras marcas lo que permite evaluar cuál fue el tamaño previo y cuánto crecieron luego del mismo. En base a estas observaciones a campo, se decidió medir el diámetro total y el diámetro del crecimiento que representan el tamaño previo y el crecimiento post fuego, tal como se esquematiza en la figura 2. Estas mediciones permitieron estimar el tamaño que tenían los individuos tanto muertos como vivos antes al incendio, y el crecimiento posterior al mismo.



Figura 1. Individuo quemado de la especie *Parodia submammulosa*. Tal como se observa, se puede medir cuál era el tamaño que tenía previo al incendio (diámetro mayor, con marcas de fuego), y cuánto creció luego del mismo (diámetro menor, tejido nuevo).

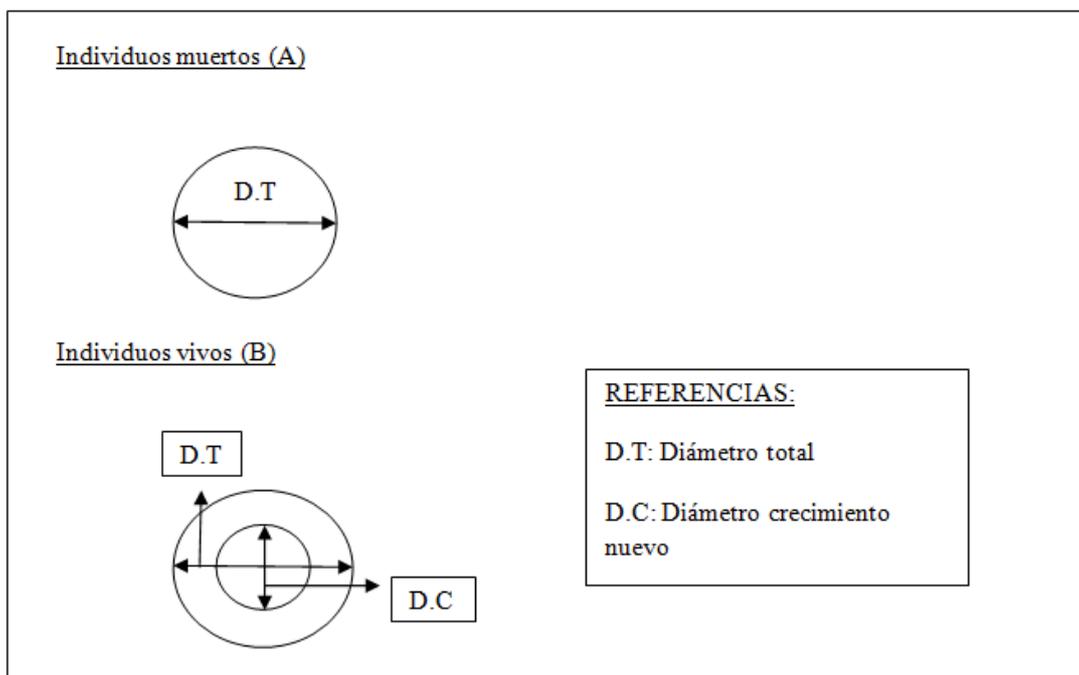


Figura 2. Diagrama de las mediciones de tamaño. Cada esquema representa la vista desde arriba de un cactus. (A) En los individuos muertos solo se midió el diámetro total, que representa el tamaño que poseía al momento de morir.

(B) En los individuos que sobrevivieron se midió el diámetro total y el diámetro del crecimiento nuevo.

Mediciones del microambiente

En cada uno de los individuos, tanto vivo como muerto, se tomaron medidas del microambiente en un radio de 30 cm, tomando como centro al individuo, comenzando la medición desde el borde del mismo. En estas parcelas se midió la cobertura de suelo desnudo (%), la cobertura de rocas (en %) y el tamaño medio de las mismas rocas. Para esta última variable se dividieron las rocas en tres categorías: roca chica (0 cm - 5 cm), roca mediana (5 cm – 15 cm) y roca grande (más de 15 cm).

Análisis de datos

A partir de los diámetros obtenidos a campo se calcularon las aéreas, tanto totales (a partir del diámetro total, correspondiente al tamaño previo al fuego) y el área de crecimiento nuevo (a partir del diámetro de crecimiento nuevo). Dado que los individuos tenían diferentes tamaños previos al incendio, el crecimiento post fuego se calculó como % de crecimiento nuevo en relación al área total del individuo.



Se realizó un ANOVA para evaluar si existen diferencias entre las cuatro especies en cuanto a su supervivencia. Además, con la finalidad de comparar tanto la supervivencia como el crecimiento en relación al tamaño previo al fuego de las cuatro especies, se realizó un modelo lineal general (GLM) utilizando una distribución binomial. Para analizar como las variables microambientales y el tamaño previo antes del fuego afectaba tanto la supervivencia como el crecimiento se realizó un modelo mixto lineal generalizado (GLMM) con el efecto fijo el tamaño previo y las variables microambientales y como efecto aleatorio cada uno de los afloramientos. En cada análisis se comprobaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos obtenidos. Para analizar las diferencias en el crecimiento postfuego entre las cuatro especies se realizó un análisis de Kruskal Wallis.

Resultados

La mayor cantidad de individuos encontrados a campo en los sitios quemados fueron de la especie *Gymnocalycium mostii*, siendo *Parodia submammulosa* la especie con menos ejemplares (Tabla 1).

Tabla 1: Cantidad de individuos muestreados (vivos, muertos y el total) en las cuatro especies de cactus analizadas.

Espece	Individuos vivos	Individuos muertos	Total
<i>Echinopsis aurea</i>	91	27	118
<i>Gymnocalycium bruchii</i>	72	20	92
<i>Gymnocalycium mostii</i>	192	52	244
<i>Parodia submammulosa</i>	67	19	87
Total	322	118	541

No se encontraron diferencias significativas en la supervivencia entre las diferentes especies (Figura 3; ANOVA, $p > 0.05$), siendo además, bastante similar entre las especies, de un 80 %.

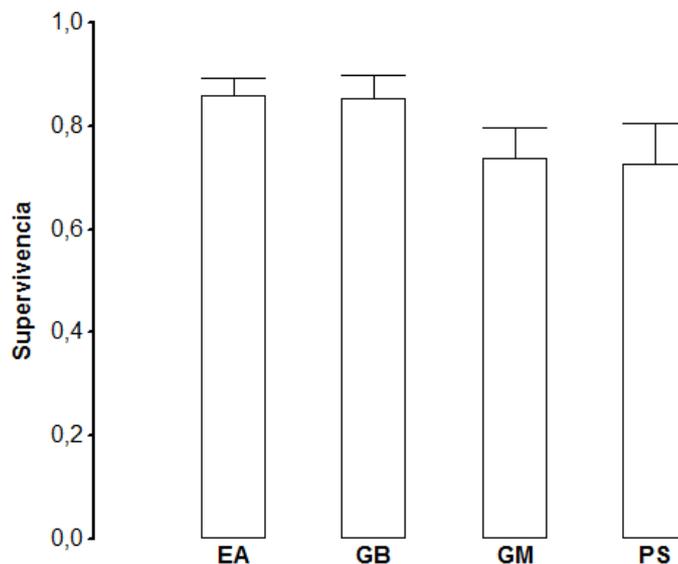


Figura 3: Supervivencia de cada una de las especies analizadas: EA, *Echinopsis aurea*; GB, *Gymnocalycium bruchii*; GM, *Gymnocalycium mostii*; PS, *Parodia submammulosa*. ANOVA, $p > 0.05$.

De las cuatro especies estudiadas en sólo *E. aurea* y *G. mostii* se encontró una relación entre la supervivencia y el tamaño de los individuos. En ambas especies los individuos más grandes presentaron una mayor supervivencia (Figura 4).

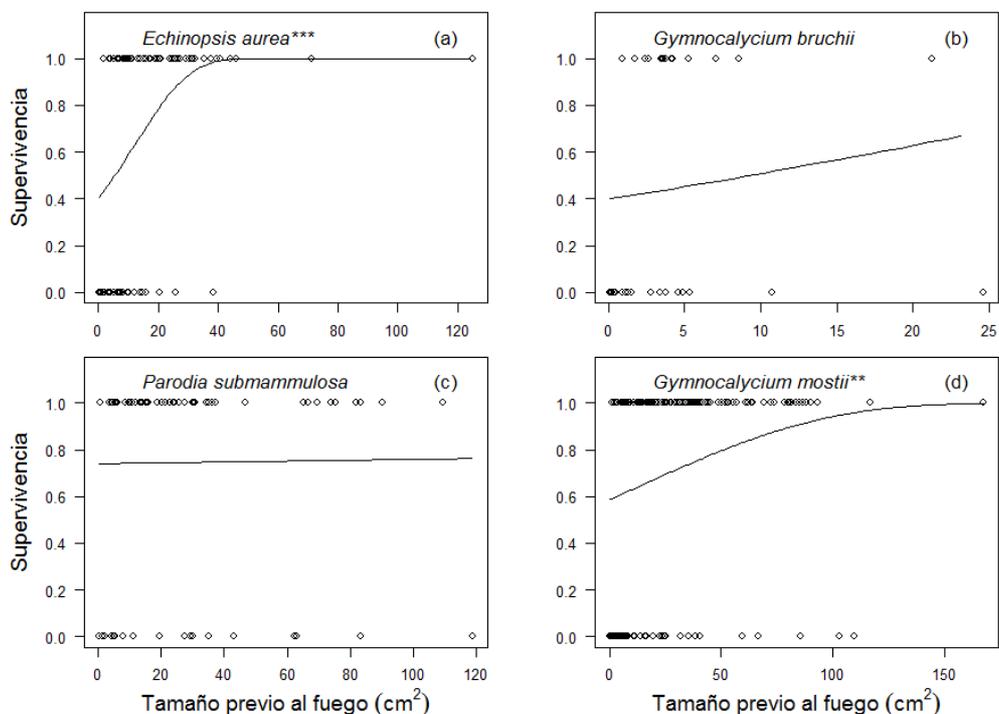




Figura 4: Relación entre el tamaño previo al incendio y la supervivencia de los individuos para las cuatro especies estudiadas. **, $p \leq 0,01$; ***, $p \leq 0,001$.

Ninguna de las variables ambientales tuvo efecto estadísticamente significativo sobre la supervivencia de las especies (datos no mostrados).

El crecimiento post fuego de los individuos que sobrevivieron, varió entre las especies siendo mayor en *G. bruchii* (Figura 5).

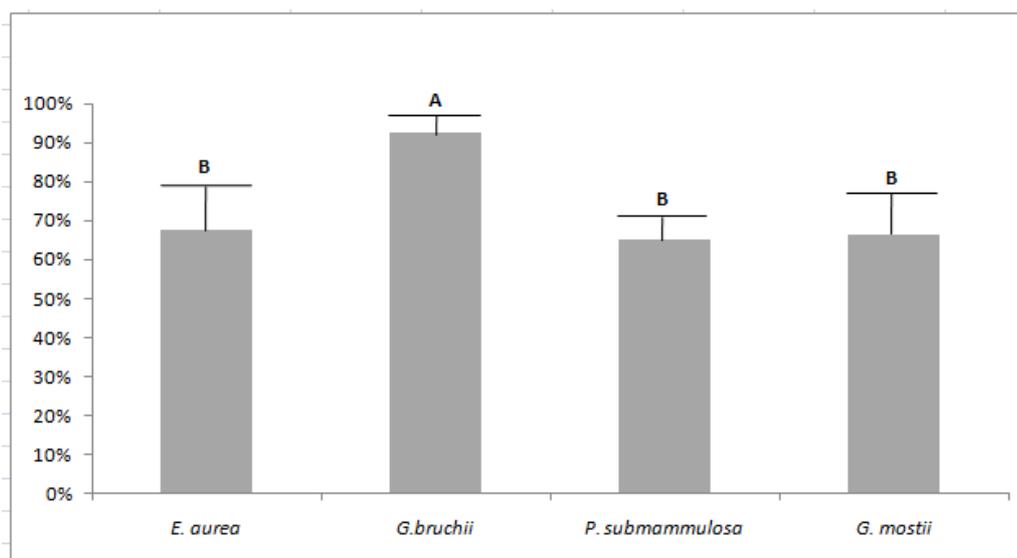


Figura 5: Crecimiento post incendio (% de crecimiento en relación al tamaño previo) en las cuatro especies estudiadas: *Echinopsis aurea*, *Gymnocalycium bruchii*, *G. mostii* y *Parodia submammulosa*. Kruskal Wallis, $p \leq 0,001$.

Para *Echinopsis aurea*, *Gymnocalycium mostii* y *Parodia submammulosa* existió un efecto significativo y positivo del tamaño previo sobre el crecimiento (Figura 6). Para *G. bruchii* no se encontró una relación significativa entre el tamaño previo y el crecimiento post fuego.

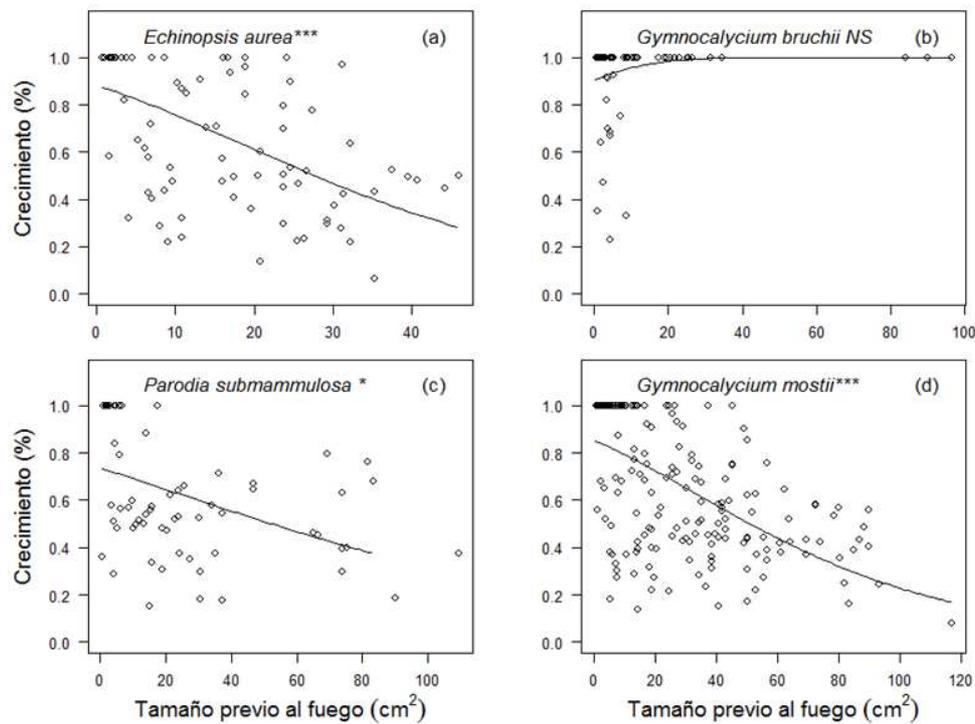


Figura 6: Relación entre el tamaño de los individuos y su crecimiento post fuego para *Echinopsis aurea* (a), *Gymnocalycium bruchii* (b), *Parodia submammulosa* (c) y *Gymnocalycium mostii* (d). *, $p \leq 0,05$; **, $p \leq 0,01$; ***, $p \leq 0,001$; NS, no significativo.

Respecto de las variables ambientales, no tuvieron un efecto significativo en relación a la supervivencia y al crecimiento, con excepción de la variable suelo desnudo en las especies *E. aurea* y *G. bruchii*, donde se encontró una relación negativa entre supervivencia y suelo desnudo, mayor suelo desnudo menor supervivencia (Figura 7; $p=0.05$).

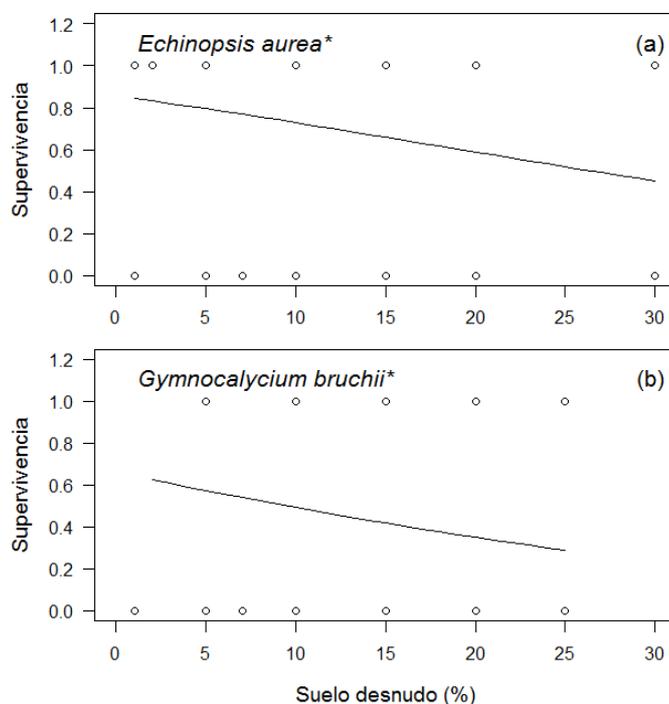


Figura 7: Relación entre el suelo desnudo (%) y la supervivencia en las especies *Echinopsis aurea* y *Gymnocalycium bruchii*.

Discusión

Los resultados del presente trabajo muestran que los cactus globosos estudiados son tolerantes a los incendios, debido a la gran supervivencia y su posterior crecimiento. El tamaño de los individuos tuvo un efecto tanto sobre la supervivencia y el crecimiento, pero no en todas las especies. Las variables ambientales medidas no tuvieron mayor importancia al explicar tanto la supervivencia como el crecimiento postfuego en las especies estudiadas.

La supervivencia encontrada fue alta, aproximadamente de un 80% para todas las especies. Si bien no se pudo comparar estos valores con la supervivencia natural de las especies, datos de otros estudios (Giorgis et al. 2015) y observaciones en sitios con condiciones ambientales similares, sugieren que los incendios producen una mortalidad de los individuos.

Diferentes estudios realizados con plantas suculentas muestran diversos efectos de los incendios sobre la supervivencia. Por ejemplo, Bond (1983) encontró un 32% de supervivencia en la especie *Aloe ferox*, Thomas (1991) observó que la supervivencia fue en algunos casos menor al 50%, en individuos de los géneros *Aloe* y *Agave*, y Cousins (2016) registra tasas de



supervivencia de 36%, 60% y 89%, en una monocotiledónea suculenta del género *Aloe*. Los resultados encontrados en el presente estudio concuerdan con los encontrados por Thomas (1991) quien estudio también cactus globosos, pero del hemisferio norte. Estos datos sugieren que la forma de vida tiene un efecto importante sobre la respuesta a los incendios, la mayor supervivencia de esta forma de vida podría estar relacionada a diferentes factores. Por un lado, tienen una menor relación superficie volumen lo que les daría una mayor inercia térmica, y por otro lado, al estar cerca del suelo estarían expuestos a menores temperaturas, ya que durante los incendios la temperatura a nivel de piso es menor que a mayor altura (Thomas 2005).

Se encontró que para *E. aurea* y *G. mostii* la supervivencia dependió del tamaño previo al fuego. Individuos más grandes presentaron mayor supervivencia. Este resultado puede deberse a que mientras más grande es el individuo, absorbe menos energía por unidad de volumen, lo que afecta de manera positiva la posibilidad de un individuo de soportar altas temperaturas. La falta de relación entre el tamaño y la supervivencia para *G. bruchii* y *P. submammulosa* se debería a que también existirían otros factores que afectan la supervivencia. En el caso de *G. bruchii*, su raíz pivotante sería la razón de este patrón. Este resultado tendría efecto sobre la estructura poblacional de estas dos especies, al afectar de manera negativa las clases de tamaño más pequeñas. Cousins (2016), trabajando con una especie de aloe, *Kumara plicatilis*, observó el mismo patrón, donde las plantas pequeñas fueron más vulnerables al daño de fuego debido al grosor de la corteza.

Si bien, las diferentes especies difieren en cuanto a los micrositios donde se encuentran (Gurvich et al. 2006), estas características no fueron factores condicionantes que afectaron la supervivencia de las especies. Se esperaba que las características ambientales, particularmente la presencia de rocas, afectara la supervivencia, pero esto no se observó. Plantas suculentas de sistemas mediterráneos adoptan una estrategia de supervivencia al fuego dual, por un lado ocupan sitios rocosos para evitarlo y por otro presentan características morfológicas, como meristemas apicales bien protegidos y tallos engrosados para tolerarlo (Cousins 2016).

El crecimiento de los individuos dependió del tamaño de los mismos para todas las especies, salvo para *G. bruchii*. Los individuos de menor tamaño crecieron proporcionalmente más que los individuos de mayor tamaño. Si bien esto puede ser el patrón común en el crecimiento de estas especies (mayor crecimiento en individuos pequeños) también, indicaría una capacidad de



aumentar rápido el tamaño luego de los incendios. Esto sería positivo para *E. aurea* y *G. mostii* donde se observó que los individuos de menor tamaño presentaron menor supervivencia. En *G. bruchii* no se encontró una relación entre estas variables: el crecimiento siempre fue alto, independientemente del tamaño previo de los individuos. Este resultado estaría relacionado a la presencia de una raíz pivotante, donde se encuentran la mayor parte de las reservas de la planta. La presencia de órganos de reserva subterránea es de vital importancia para el rebrote en especies de plantas (Gurvich et al. 2015). Pese a que se observó un importante crecimiento en todas las especies, estudios futuros son necesarios para comparar estos valores con individuos no sometidos a incendios.

Conclusión

Los cactus son una de las familias de plantas más amenazadas debido a la actividad humana (Goettsch et al. 2015). Es esperable que los incendios aumenten tanto en su frecuencia como en la intensidad debido a las actividades antrópicas (Bond & Van Wilgen 1996). Los resultados del presente estudio aportan nueva evidencia de las respuestas ante los incendios de especies de cactáceas globosas; indican que las especies son tolerantes a los incendios, presentando una alta supervivencia y crecimiento post fuego. En contra de lo esperado, variables microambientales tuvieron muy poco efecto tanto sobre la supervivencia como sobre el crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

A mi director, Dr. Diego E. Gurvich por aceptarme como tesinista, por enseñarme, aconsejarme, por tener paciencia y dedicación en este proceso final.

A Whitworth Hulse, Juan Ignacio y Zeballos Sebastián, un agradecimiento especial, por acompañarme y brindarme sus conocimientos en trabajo de campo, por estar siempre presentes ayudándome y sacándome todas las dudas.

A mi familia y amigos, por su apoyo incondicional.

Bibliografía

Argañaraz, J. P., G. Gavier Pizarro, M. Zak, & L. M. Bellis. 2015. Fire regime, climate, and vegetation in the Sierras de Córdoba, Argentina. *Fire Ecology* 11:55-73.



Bellingham, P. J. & A. D. Sparrow. 2000. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. *Oikos* 89:409–16.

Bond, W. 1983. Dead leaves and fire survival in Southern African tree aloes. *Oecología* 58:110-114.

Bond, W. J. & J. J. Midgley. 2001. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. *Trends in Ecology & Evolution* 16:45-51.

Bond, W.J., & B.W. Van Wilgen. 1996. *Fire and plants*. London: Chapman & Hall.

Bunting, S.C, H.A. Wright & L.F. Neuenchwander. 1980. Long-term Effects of Fire on Cactus in the Southern Mixed Prairie of Texas. *Journal of Range Management* 33:85-88.

Cable, D.R. 2006. Fire effects on semidesert grasses and shrubs. *Journal of Range Management Archives* 20:170-176.

Capitanelli, J. 1979. Clima. En Vázquez, J., R. Miatello & M. Roque (eds). *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*, pp. 45-138. Editorial Boldt, Buenos Aires. Argentina.

Cave, G.H & D.T. Patten. 1984. Short-term vegetation responses to fire in the Upper Sonoran Desert. *Journal of Range Management* 37:491-496.

Cousins, S. R., E. T. Witkowski, & M. F. Pfab. 2016. Fire survival in the fan aloe (*Kumara plicatilis*), a succulent monocotyledonous tree endemic to the Cape fynbos, South Africa. *Austral Ecology* 45:466-479.

Gill, A. M., & R. A. Bradstock. 1992. A national register for the fire responses of plant species. *Cunninghamia* 2: 653-660.

Giorgis, M. A., A. M. Cingolani, D.E. Gurvich, J. Astegiano. 2015. Flowering phenology, fruit set and seed mass and number of five coexisting *Gymnocalycium* (Cactaceae) species from Córdoba mountain, Argentina. *The Journal of the Torrey Botanical Society* 142:220-230

Giorgis, M. A., A. M. Cingolani, et al M. Cabido. 2011. Composición florística del Bosque Chaqueño Serrano de la provincia de Córdoba, Argentina. *Kurtziana* 36: 9-43.

Goettsch, B., C. Hilton-Taylor, et al. K.J. Gaston. 2015. High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants* doi:10.1038/nplants.142.

Gurvich, D. E., L. Enrico, & A. M. Cingolani. 2005. Linking plant functional traits with post-fire sprouting vigour in woody species in central Argentina. *Austral Ecology* 30:789-796.



Gurvich, D.E., P. Demaio, & M.A. Giorgis. 2006. The diverse globose cacti community of the Argentina's Sierras Chicas: ecology and conservation. *Cactus and Succulent Journal* 78:224–230.

Gurvich, D.E., M.A. Giorgis, & A.M. Cingolani. 2008. Biología, ecología y conservación de cactus globulares en las Sierras de Córdoba, Argentina.

Gurvich, D.E., S.R. Zeballos & P.H. Demaio. 2014. Diversity and composition of cactus species along an altitudinal gradient in the Sierras del Norte Mountains (Córdoba, Argentina). *South African Journal of Botany* 93: 142-147.

Heirman, A.L., & H.A. Wright. 1973. Fire in the medium fuels of west Texas. *Journal of Range Management* 26: 331–33.

Herrero, M. L., R.C. Torres, & D. Renison. 2016. Do Wildfires Promote Woody Species Invasion in a Fire-Adapted Ecosystem? Post-fire Resprouting of Native and Non-native Woody Plants in Central Argentina. *Environmental management* 57:308-317.

Janzen, D. 1967. Fire, vegetation structure, and the ant x acacia interaction in Central America. *Ecology* 48:26-35.

Keeley, J. E., W. J. Bond, R. A. Bradstock, J. G. Pausas, & P. W. Rundel. 2012. *Fire in Mediterranean ecosystems: ecology, evolution and management*. Cambridge University Press.

Martella, M.B., E.V. Trumper, L.M. Bellis, D. Renison, P.F. Giordano; et al. 2012. Manual de Ecología. Evaluación de la biodiversidad. *Reduca* 5:71-115.

May, B. C. 2012. The effects of fire on Kuenzler's hedgehog cactus. Tesis de Maestría, Texas Tech University, USA.

Narog, M.G., A.L. Koonce, R.C. Wilson, & B.M. Corcoran. 1995. Burning in Arizona's giant cactus community. In *Proceedings, Biswell symposium: fire issues and solutions in urban interface and wildland ecosystems* (pp. 15-17).

Rogers, G.F. 1985. Mortality of burned *Cereus giganteus*. *Ecology* 66: 630-612.

Thomas, P.A. 1991. Response of succulents to fire: a review. *International Journal of Wildland Fire* 1: 11–22.

Thomas, P.A. 2005. Mortality over 16 years of cacti in a burnt desert grassland. *Plant Ecology* 1:9-17.

Whelan, R. J. 1995. *The Ecology of Fire*. Cambridge University Press, Cambridge.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Ciencias Biológicas

Zak, M.R., M. Cabido.2002. Spatial patterns of the Chaco vegetation of central Argentina: integration of remote sensing and phytosociology. *Applied Vegetation Science* 5:213–226.

Zeballos, S.R., P.A. Tecco, M.Cabido, D.E. Gurvich.2014. Composición de especies leñosas en comunidades invadidas en montañas del centro de Argentina: su relación con factores ambientales locales. *Revista de Biología Tropical* 62:1673–1681.