Trabajo

Cuad. herpetol. 40 (2): 145-154 (*2026*)

Cambios en la riqueza y abundancia de reptiles a un evento del Desierto Florido en la Región de Atacama, Chile

Sandra Marambio N.[1], Jorge Mella Á.[2]

[1] FUSIS Asesoría Ambiental, Badajoz 100 of 1014, Las Condes, Santiago, Chile.

[2] Business For Conservation SpA, Paul Harris 603, Las Condes, Santiago, Chile.

Recibido: 07 Marzo 2026
Revisado: 10 Julio 2026
Aceptado: 21 Julio 2026
Editor Asociado: S. Quinzio

doi: 10.31017/CdH.2026.(2026-06)

ABSTRACT

Changes in seasonal richness and abundance, as well as changes associated with habitat use and vegetation formations of reptiles, were analyzed in response to the 2010 flowering desert (DF) event in the Atacama Region, Chile. Richness increased from four to eight species when comparing periods before and after the DF. *Liolaemus atacamensis* and *L. nigromaculatus* were the most frequent and abundant species, followed by *Callopistes maculatus* and *L. platei*. Total abundance also increased during the post-event period (mainly in spring and summer), but with seasonal variations depending on the species, and with high variability across all of them. Thus, *L. platei* and *C. maculatus* were recorded at only one station in the pre-event period (25% frequency), and this increased to four stations in the post-event period (80% frequency); for both species, there was a significant increase in abundance in the post-DF period compared to the pre-DF period. The use of habitats by reptiles diversified in the post-DF period compared to the pre-DF period. In scrub and scrub with succulents habitats, the richness and abundance of reptiles increased in the post-DF stage compared to the pre-DF stage, as did in areas devoid of vegetation, while species appeared in grasslands. In the case of presence in DF formations, greater richness was observed for all post-DF seasons compared to pre-DF seasons.

Key words: Abundance; ENSO; Habitats; Lizards.

RESUMEN

Se analizaron los cambios en riqueza y abundancia estacional, y los cambios asociados a uso de hábitats y formaciones vegetacionales de los reptiles, ante el evento de desierto florido (DF) de 2010, en la Región de Atacama, Chile. La riqueza aumentó de cuatro a ocho especies, comparando periodos previos y posteriores a DF. *Liolaemus atacamensis* y *L. nigromaculatus* fueron las especies más frecuentes y abundantes, seguidas por *Callopistes maculatus* y *L. platei*. La abundancia total también aumentó en el periodo post evento (principalmente en primavera y verano), pero desfasado estacionalmente, dependiendo de las especies, y con alta variación en todas ellas. Así, *L. platei* y *C. maculatus* sólo se registraron en una estación en pre evento (frecuencia de 25%), y aumentaron a cuatro estaciones en post evento (80% de frecuencia), y en ambas hay aumento significativo de su abundancia en postDF que en preDF. En cuanto al uso de hábitats por los reptiles, éste se diversificó en el periodo post DF en relación al preDF. En el hábitat de matorral y matorral con suculentas, la riqueza y abundancia de reptiles aumenta en etapa postDF a la preDF, al igual que en las áreas desprovistas de vegetación, mientras que aparece la presencia de especies en el herbazal. En el caso de la presencia en formaciones de DF, se observa mayor riqueza para todas las estaciones postDF en relación a preDF.

Palabras claves: Abundancia; El Niño; ENSO; Hábitats; Lagartijas.

Autor para correspondencia: jorgeemellaavila@vtr.net

Introducción

La región de Atacama es una zona de transición entre el norte grande, extremadamente árido, y el norte chico de Chile, semi-árido. Squeo *et al.* (2008a) caracteriza esta región por sus altas temperaturas y con ciclos diurnos muy marcados, con influencia del mar que da lugar a intensas neblinas costeras las que decrecen hacia el interior de la región, salvo en valles y zonas cultivadas, y sus bajas precipitaciones concentradas en los meses de invierno, las que aumentan durante los eventos de El Niño (ENSO, Lima *et al.* 1999).

En esta región ocurre un fenómeno donde existe un desarrollo inusual y explosivo de plantas herbáceas efímeras y algunas especies leñosas, denominado desierto florido, que ocurre en años cuando la precipitación acumulada es suficiente o se presenta un único evento de lluvia que supera los 20 mm (Armesto *et al.* 1993, Chávez *et al.* 2019), debido a que el elemento limitante es la precipitación (He *et al.* 2017). Posterior a las lluvias, la germinación ocurre dentro de un mes y la máxima floración en dos meses (Armesto *et al.* 1993). La riqueza de hierbas y el banco de semillas aumenta marcadamente durante los periodos ENSO (Jaksic 2001), lo que representa un aumento notable en la disponibilidad de recursos para las redes tróficas locales (Gutiérrez 2008).

Existen pocos estudios donde se analice la respuesta de la fauna al fenómeno del desierto florido y/o a los eventos ENSO que, como ya se ha establecido, se encuentran fuertemente relacionados. En artrópodos, Cepeda-Pizarro *et al.* (2005) mostraron un incremento en la mayoría de los taxas registrados, en la composición del ensamble de taxa dominantes y entre tipo de hábitats durante el evento ENSO del año 1997. Por su parte, Vidal *et al.* (2011) estudiaron la termorregulación en la interacción depredador-presa durante el desierto florido de 2002 en la región de Atacama, el único estudio que incluye reptiles. En aves, se ha determinado que durante los años ENSO este grupo alcanza su nivel máximo en cuanto a diversidad y densidad, lo que se explica por un aumento de la producción primaria (recursos vegetales) y secundaria (principalmente artrópodos, Jaksic 2001, Jaksic & Lazo 1999). En cuanto a mamíferos (grupo con más estudios), Meserve *et al.* (1995) observaron un aumento retardado de la abundancia con relación al evento ENSO de 1991-1992 en el parque nacional Fray Jorge, y el éxito de captura de pequeños mamíferos aumentó de 10% (previo al evento), a ser mayor a un 80%, donde la respuesta fue heterogénea entre las especies presentes, posiblemente relacionada a cada tipo de alimentación y su biología reproductiva. Por otra parte, Lima *et al.* (1999) establecieron que la ocurrencia de un rápido crecimiento de la población de roedores se relacionaba estadísticamente con el nivel de precipitaciones dentro del mismo año, mientras que Jaksic (2001) también sugiere que el aumento de la abundancia de roedores ocurre con un retraso de seis meses con respecto a las lluvias, y asimismo, el aumento de los depredadores tiene una respuesta con retraso de un año con respecto al aumento de pequeños mamíferos, y dicho aumento es una combinación entre la reproducción *in-situ* y la inmigración. Así, en general, se han documentado respuestas de aumento de riqueza y abundancia de artrópodos, aves y micromamíferos, pero se desconocen antecedentes de la eventual respuesta de los reptiles.

En el año 2010 se produjo un evento del desierto florido en la Región de Atacama, caracterizado por ser de mediana intensidad acumulativa, considerando el periodo desde 1983 a 2012. Comenzó en mayo y se prolongó por 165 días, con su máxima actividad el 7 de julio (Chávez *et al.* 2019); esto reafirma lo observado por Armesto *et al.* (1993) considerando que durante este año las precipitaciones de mayor intensidad fueron a mediados de mayo, acumulando entre 12,8 y 32 mm por estación de medición (DGA 2019).

En base a los antecedentes mencionados, el objetivo de este estudio fue analizar la variación de la riqueza y abundancia del ensamble de reptiles, al evento del desierto florido ocurrido el año 2010 en la Región de Atacama (en adelante DF). Es esperable que, al igual como ocurre con otros grupos de vertebrados (aves y mamíferos), tanto la riqueza como la abundancia de reptiles aumenten como consecuencia del evento de desierto florido en la región.

Materiales y métodos

El área de estudio se encuentra en el desierto de Atacama, en la región de Atacama, Norte de Chile, abarcando desde Caldera, rodeando la ciudad de Copiapó, y cruzando en algunos sectores el Valle del Río Copiapó. La altitud varía desde el nivel del mar hasta los 2.400 m s.n.m., abarcando 110 Km de poniente a oriente.

La vegetación del área de estudio incluye las formaciones matorral desértico y matorral desértico

interior, incluyendo los pisos Matorral desértico mediterráneo costero de *Heliotropium floridum* y *Atriplex clivicola,* Matorral desértico mediterráneo interior de *Skytanthus acutus - Atriplex deserticola y* Matorral bajo desértico tropical-mediterráneo andino de *Atriplex imbricata* (de acuerdo a Luebert & Pliscoff 2017). Durante los años secos la vegetación de estos pisos está casi completamente ausente (salvo las especies dominantes), mientras que en los años lluviosos se observa gran cantidad de plantas herbáceas y arbustos renovados (Luebert & Pliscoff 2017). La ausencia de vegetación durante los años secos se debe a la latencia de plantas anuales y geófitas bajo el suelo, como semillas o bulbos, indetectables hasta que emergen luego de las lluvias (Vidiella *et al.* 1999).

El muestreo se realizó en el marco del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) "Optimización Proyecto Minero Cerro Casale" de la Compañía Minera Casale (2011), con nueve campañas estacionales, entre otoño 2009 a otoño 2011.

Para este estudio se consideró como unidades geográficas de estudio los ambientes cartográficos o hábitats de fauna (en adelante hábitats), definidos con información acumulativa de todas las campañas de terreno, resultando en: área desprovista de vegetación, área urbana y/o industrial, herbazal, humedal, matorral, matorral arborescente, matorral con suculentas y terreno agrícola (Tabla 1).

Para el caso de área desprovista de vegetación y herbazal, la superficie es variable dependiendo de la presencia/ausencia de desierto florido (ver Apéndice).

Las formaciones de desierto florido se definieron como tal por encontrarse dentro del Sitio Prioritario oficial Desierto Florido (Squeo *et al.* 2008b), y, fuera de él, aquellas formaciones de herbazales o matorrales con flora característica como *Cristaria* spp., *Cistanthe longiscapa*, *Argylia radiata*, *Skytanthus acutus*, y *Nolana* spp., entre otras.

El muestreo fue estratificado (Mateucci y Colma 1982) con respecto a los hábitats, y se realizaron muestreos estacionales para reptiles (799 transectos totales, incluyendo réplicas estacionales, detalles en Tabla 1).

Los transectos fueron recorridos pedestres de 200 m x 20 m (Crump & Scott 1994, Jaeger 1994, De la Maza & Bonacic 2014), con búsqueda activa entre las 9:00 y las 19:00 hrs. Para cada transecto, se anotó el número de ejemplares registrados de cada especie. Todas las eventuales capturas fueron autorizadas por el Servicio Agrícola y Ganadero. El número de transectos realizados por hábitats (incluyendo réplicas estacionales) fue obviamente diferenciado, y asociado a su superficie, de modo de ser representativo. Así, el matorral tuvo la mayor cantidad de transectos (488), seguido por el matorral con suculentas (128), y el área desprovista de vegetación (92), mientras que los hábitats menos muestreados fueron el área urbana (4), el humedal (8) y el terreno agrícola (16; Tabla 1).

Para propósitos comparativos, se separaron las estaciones en dos grupos: uno en el periodo pre Desierto Florido (preDF en adelante), con cuatro muestreos estacionales, entre otoño 2009 a verano 2010 (con 164 transectos), y la otra en el periodo post Desierto Florido (postDF en adelante), con cinco muestreos estacionales, entre otoño 2010 (inicio de DF) a otoño 2011 (con 640 transectos).

Con el fin de analizar la variación de la disponibilidad de hábitats con vegetación del desierto florido durante los años muestreados, se utilizaron los índices EVI (Enhanced Vegetation Index) y NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ambos índices previamente exitosos en la detección de la variación de la vegetación en desierto florido para la región de Atacama (He *et al.* 2017, Chávez *et al*. 2019).

La respuesta de los reptiles al desierto florido fue evaluada según la composición taxonómica, riqueza y abundancia. La riqueza fue definida como el número total de especies registradas, y fue comparada en relación a la estación muestreada, el hábitat y la presencia/ausencia en formaciones de desierto florido. La abundancia fue estimada como el número de individuos/número de transectos, y nuevamente se realizó el análisis por estación muestreada, hábitat y la presencia/ausencia en formaciones de desierto florido, considerando únicamente las especies más frecuentes y abundantes durante el periodo de muestreo. Para comparar los valores de riqueza y abundancia en ambos periodos (pre y post DF), se utilizaron las pruebas no paramétricas de *U* de Mann Withney y *H* de Kruskal-Wallis, con $\alpha = 0{,}05$ (programa Past 4).

Resultados

Análisis Estacional

La riqueza total del ensamble de reptiles en el área de estudio fue de ocho especies (Tabla 2). Se observa que en otoño 2009 y entre las campañas invierno 2010 a otoño 2011 se obtuvieron los mayores valores

Tabla 1. Descripción de cada hábitat con el número de transectos realizados para reptiles (incluyendo réplicas estacionales).

HÁBITAT	DESCRIPCIÓN	TRANSECTOS REPTILES
Área desprovista de vegetación	Ambiente con cubierta vegetal nula o individuos aislados con cobertura < 1%.	92
Área urbana y/o industrial	Ciudades, pueblos, caseríos, instalaciones industriales y/o suelos removidos por maquinaria pesada.	4
Herbazal	Domina la cobertura herbácea y la cobertura arbustiva es < 5%, las suculentas también pueden aparecer como dominantes o con cobertura > 5%.	28
Humedal	Espejo de agua rodeado de vegetación.	8
Matorral	Tipo biológico arbóreo es < 5%, el arbustivo entre 5% y 75%, y el herbáceo entre 0 y 100%.	488
Matorral arborescente	Matorral con árboles > 2 m de altura en que la cobertura arbórea está entre 5 y 10%, el tipo biológico arbustivo entre 5 y 100%, y el herbáceo entre 0 y 100%. También se consideran el estrato arbóreo tiene cobertura de copas > 10%.	35
Matorral con suculentas	Presencia de suculentas > 5% y la cobertura arbustiva está entre 5% y 100%.	128
Terreno agrícola	Zonas que al momento de realizar el levantamiento cartográfico estaban siendo utilizadas en la fruticultura.	16

de abundancia y riqueza, en tanto que en verano 2010 se registraron los menores valores para ambos parámetros. *Liolaemus atacamensis* (Müller & Hellmich 1933) y *Liolaemus nigromaculatus* (Wiegmann 1834) fueron las especies de reptiles más frecuentes y abundantes en todas las estaciones, seguidas por *Callopistes maculatus* (Gravenhorst 1838) y *Liolaemus platei* (Werner 1898), presentes en las estaciones otoño 2009 y entre las campañas invierno 2010 y otoño 2011. Las especies restantes, *Liolaemus juanortizi* (Young-Downey & Moreno 1992), *Liolaemus velosoi* (Ortiz 1987), *Microlophus atacamensis* (Donoso-Barros, 1966) y *Philodryas chamissonis* (Wiegmann 1834), fueron avistadas sólo de forma ocasional (Tabla 2), por lo que su abundancia no será analizada en detalle.

En el periodo pre desierto florido (PreDF) se observaron entre dos a cuatro especies por estación, mientras que en el periodo post desierto florido (PostDF) la riqueza aumentó hasta el doble (con dos a seis especies por estación, aunque como se indicó, cuatro especies con abundancias muy bajas, Tabla 2). En promedio, la riqueza de preDF fue de 2,50 ± 1,00 (media ± DS) y en postDF la riqueza fue de 4,40 ± 1,52, con diferencia significativa entre ambos periodos (U = 48400, p = 0,049).

En relación a la abundancia total (con alta variación entre periodos y especies), en PreDF ésta varió entre 0,19 ind/transecto (verano 2010) a 0,97 ind/transecto (otoño 2009), mientras que en PostDF, osciló entre 0,58 ind/transecto (otoño 2010) a 0,94 ind/transecto (otoño 2011; Tabla 2). En promedio, la abundancia del periodo PreDF fue de 0,61 ± 0,33 (media ± DS) y en postDF fue de 0,76 ± 0,15, con una tendencia a una diferencia (marginalmente no significativa) entre ambos periodos (U = 48399, p = 0,052). Sin embargo, al comparar las distintas estaciones, se observan mayores diferencias: en otoño e invierno preDF, los valores son mayores a los de las mismas estaciones en postDF. En primavera preDF (2009) la abundancia fue de 0,75 ind/transecto, aumentando en primavera postDF a 0,88 ind/transecto, diferencia más acentuada aún en verano, con valores de 0,19 ind/transecto en preDF y de 0,69 ind/transecto en postDF (aumento de casi cuatro veces; Tabla 2).

Analizando los cambios independientemente para cada especie (todas con alta variación), *C. maculatus* en el periodo preDF sólo se registró en la estación de otoño 2009 (25% de frecuencia estacional), con una abundancia media (0,15 ind/transecto), mientras que en postDF se registró en cuatro estaciones (con una frecuencia estacional de 80%), con un máximo en primavera 2010 (con 0,34 ind/transecto) y un mínimo en otoño 2011 (con 0,04 ind/transecto; Tabla 2), y existe una diferencia significativa entre ambos periodos, siendo mayor en postDF (0,13 ± 0,47; media ± DS) que en PreDF (0,04 ± 0,22; H =

Tabla 2. Abundancia (N° de individuos/transecto) y riqueza de reptiles por estación (desierto florido en línea roja).

ESPECIE	OT09	IN09	PR09	VE10	OT10	IN10	PR10	VE11	OT11
Callopistes maculatus	0,15					0,06	0,34	0,10	0,04
Liolaemus atacamensis	0,05	0,50	0,40	0,02	0,40	0,08	0,09	0,38	0,67
Liolaemus nigromaculatus	0,28	0,47	0,35	0,17	0,18	0,37	0,40	0,11	0,22
Liolaemus juanortizi								0,01	
Liolaemus platei	0,03					0,21	0,05	0,10	0,01
Liolaemus velosoi						0,01			
Microlophus atacamensis								0,02	
Philodryas chamissonis							0,01		
ABUNDANCIA TOTAL	0,51	0,97	0,75	0,19	0,58	0,73	0,88	0,69	0,94
RIQUEZA TOTAL	4	2	2	2	2	5	5	6	4

1,53; p = 0,009). En el caso de *L. atacamensis* (presente en todas las estaciones, por lo que su frecuencia estacional es 100%), en preDF su abundancia fue mínima en verano 2010 (con 0,02 ind/transecto) y máxima en invierno 2009 (con 0,50 ind/transecto), en tanto que en postDF su abundancia varió entre un mínimo de 0,08 ind/transecto (invierno 2010) a un máximo de 0,67 ind/transecto (otoño 2011; Tabla 2). Para *L. atacamensis*, no hay diferencia significativa entre ambos periodos (H = 0,17; p = 0,46), con una media de 0,24 ± 0,89 en preDF, y 0,33 ± 1,49 en postDF. Para *L. nigromaculatus* (también presente en todas las estaciones), en preDF su abundancia fue mínima en verano 2010 (con 0,17 ind/transecto) y máxima en invierno 2009 (con 0,47 ind/transecto), en tanto que en postDF su abundancia varió entre un mínimo de 0,11 ind/transecto(verano 2011) a un máximo de 0,40 ind/transecto (primavera 2010; Tabla 2). Tampoco hay diferencia significativa en la abundancia de *L. nigromaculatus* entre ambos periodos (H = 0,71; p = 0,09), con una media de 0,32 ± 0,98 en preDF, y 0,26 ± 1,33 en postDF. Finalmente, *L. platei* en preDF sólo se registró en otoño 2009 (25% de frecuencia estacional), con una baja abundancia (0,03 ind/transecto), en tanto que en postDF se observó en cuatro estaciones (80% de frecuencia), con un mínimo de 0,01 ind/transecto (otoño 2011) a un máximo de 0,21 ind/transecto (invierno 2010; Tabla 2). *Liolaemus platei* mostró mayor abundancia significativa en PostDF (0,08 ± 0,40) que en preDF (0,01 ± 0,08; H = 0,70; p = 0,01).

En resumen, de las cuatro especies analizadas en detalle, todas presentan una alta variación numérica en sus abundancias, y dos de ellas (*C. maculatus* y *L. platei*), muestran una mayor frecuencia y una mayor abundancia significativa en postDF que en preDF.

Riqueza por hábitats y formaciones del DF

Existen diferencias de manera previa y posterior al DF en cuanto a la riqueza acumulada de reptiles por hábitat y su presencia en formaciones de DF (Fig. 1). El único hábitat con presencia de reptiles en todas las estaciones es matorral, y en este hábitat la riqueza aumenta en la etapa postDF en comparación a preDF, salvo en el caso del otoño 2010 (Fig. 1). En el hábitat área desprovista de vegetación se observa un aumento en la riqueza para la mayor parte de las estaciones postDF, al igual que en matorral con suculentas para las últimas tres estaciones (primavera 2010 a otoño 2011). Los hábitats humedal y herbazal sólo son ocupados posterior al DF con valores bajos de riqueza, mientras que para los hábitats restantes se observan variaciones de menor relevancia (Fig. 1). En el caso de la presencia en formaciones de DF, se observa mayor riqueza para todas las estaciones postDF en relación a preDF (Fig. 1).

Abundancia por hábitats y formaciones del DF

Para *C. maculatus* y *L. platei* se observa presencia durante las mismas estaciones (otoño 2009, y desde invierno 2010 a otoño 2011; Fig. 2). Sin embargo, los máximos de abundancias de cada especie se dan con una estación de diferencia, primavera 2010 para *C. maculatus* (Fig. 2) e invierno 2010 para *L. platei* (Fig. 2). *C. maculatus* estuvo presente sólo en matorral en preDF, mientras que se registró en los siete hábitats disponibles durante post DF, incluyendo dos nuevos hábitats para los reptiles de la zona: herbazales y humedales, y en este último tuvo la

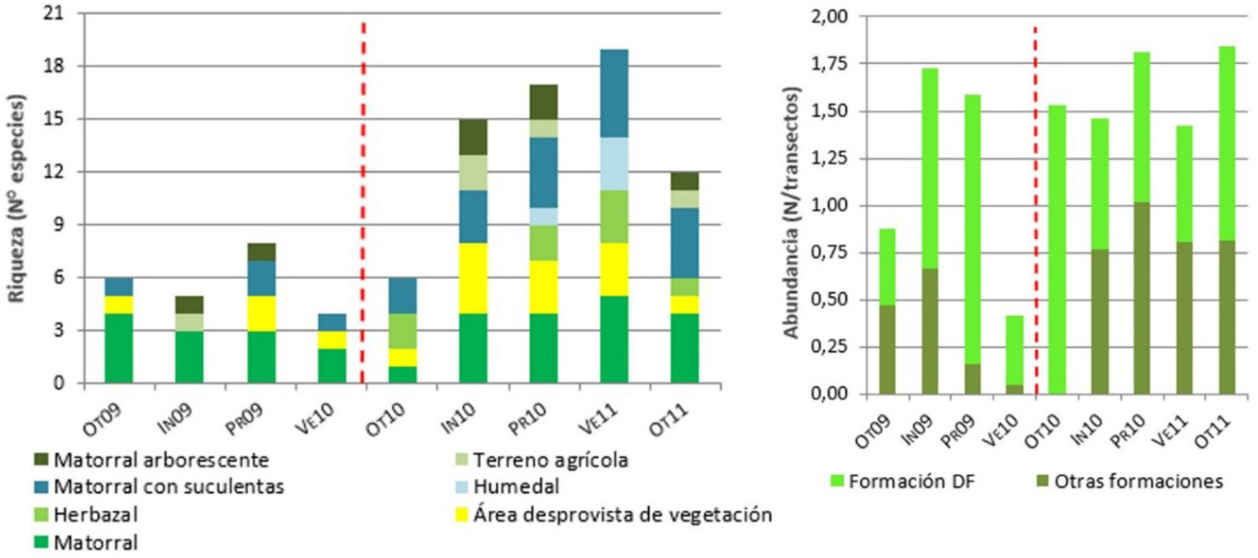

Figura 1. Riqueza acumulada de reptiles por hábitat (izquierda) y abundancia en formación de desierto florido versus otras formaciones (derecha); desierto florido en línea roja..

mayor abundancia en primavera 2010 y verano 2011 (Fig. 2). Destaca también la abundancia en terreno agrícola en invierno 2010 y primavera 2010 (Fig. 2). Su abundancia fue mayor en formaciones de DF durante en otoño 2009 y primavera 2010 (Fig. 2). Por su parte, *L. platei* estuvo presente sólo en matorral en preDF, y se registró en cinco hábitats durante postDF, destacando invierno 2010, con una abundancia siete veces mayor en el matorral arborescente frente a terreno agrícola, el segundo hábitat donde fue más abundante (Fig. 2). Durante primavera 2010 ocupa únicamente el matorral, mientras que para otoño 2011 sólo se registró en matorral con suculentas (aunque3 en ambas con baja abundancia; Fig. 2). Su abundancia en formaciones de DF fue menor para la mayoría de las estaciones, salvo verano 2011 (Fig. 3).

Liolaemus atacamensis y *Liolaemus nigromaculatus* se encuentran presentes en todas las estaciones muestreadas. El uso de los hábitats en ambas especies fue variable, sin embargo, ambas especies son abundantes en el herbazal para algunas estaciones postDF, mientras que no fueron observadas en dicho hábitat en preDF (Fig. 2). El hábitat de matorral con suculentas también tiene más abundancia en postDF que en preDF para ambas especies (Fig. 2). *L. atacamensis* es más abundante en formaciones de desierto florido para las estaciones postDF, salvo primavera 2010, y preDF también es más abundante en este tipo de formaciones para invierno 2009 (Fig. 2). En el caso de *L. nigromaculatus* se registra más en área desprovista de vegetación en preDF que en postDF (Fig. 2). Finalmente, *L. nigromaculatus* es marcadamente más abundante en las otras formaciones (no de desierto florido) para todas las estaciones, tanto en preDF como en postDF (Fig. 3).

Discusión y Conclusiones

La respuesta del ensamble de reptiles al evento de desierto florido de 2010 fue una mayor abundancia y riqueza (dado por *Callopistes maculatus* y *Liolaemus platei*), además de un cambio en el uso de hábitat y/o formaciones de desierto florido, desde invierno 2010 hasta fines del muestreo. Estos incrementos de riqueza y abundancia concuerdan con la respuesta de invertebrados (como los artrópodos, Cepeda-Pizarro *et al.* 2005), y vertebrados, como las aves (Jaksic & Lazo 1999, Jaksic 2001) y los micromamíferos (Meserve *et al.* 1995). Estos cambios muestran la estrecha relación entre los distintos niveles tróficos, sobre todo en estos ambientes normalmente desérticos, donde un rápido aumento de la productividad primaria (vegetación, como hierbas y plantas efímeras, producto de las lluvias), determina un subsecuente incremento de los productores secundarios (herbívoros), como los polinívoros (artrópodos) y granívoros (algunas aves y micromamíferos), y luego de los productores terciarios, como los insectívoros (reptiles y algunas aves), aunque con diferentes desfases temporales,

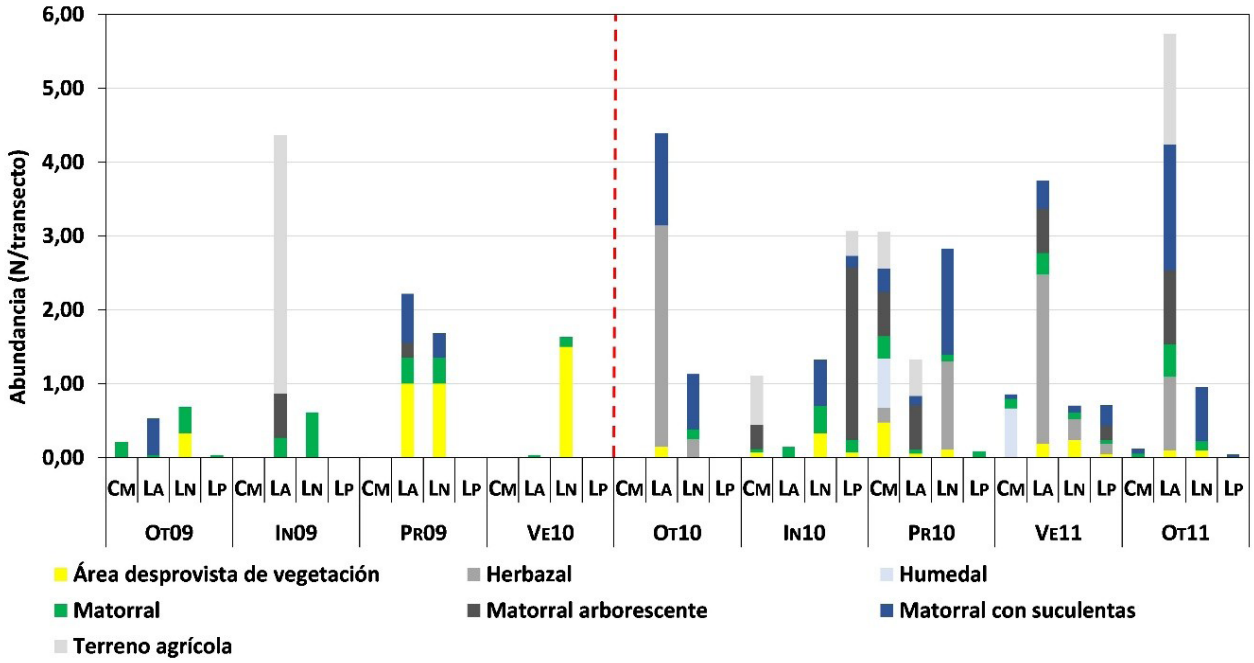

Figura 2. Abundancia de reptiles por hábitat; desierto florido en línea roja, CM: *Callopistes maculatus*, LA: *Liolaemus atacamensis*, LN: *Liolaemus nigromaculatus*; LP: *Liolaemus platei*.

y aun dentro de los distintas clases, con respuestas especie-específicas (Jaksic 2001, Cepeda-Pizarro *et al*. 2005, Vidal *et al*. 2011).

Destaca la respuesta de las especies *Liolaemus nigromaculatus, Callopistes maculatus* y *Liolaemus platei*, las dos últimas prácticamente ausentes previo al evento; con un desfase en los máximos de abundancia, estación subsiguiente para las dos primeras y estación siguiente para la última. Por su parte, la abundancia de *L. atacamensis* fue muy variable e irregular entre las estaciones y entre los distintos años muestreados, por lo que es necesario un estudio más detallado sobre esta especie, para analizar si estas variaciones en su abundancia tienen relación al efecto del desierto florido o se deben a otros factores; así, su máximo al año siguiente podría deberse a un conjunto de factores relacionados indirectamente con el evento, como la disminución de la competencia al disminuir la abundancia de las otras especies de reptiles presentes.

La respuesta de aumento de abundancia de reptiles se mantiene hasta fines del muestreo, lo que indicaría una prolongación de al menos un año. sin embargo, es necesario un muestreo más prolongado con el fin de evidenciar cuánto tiempo se prolongan los efectos, idealmente durante un año con evento de desierto florido seguido de uno con ausencia del mismo. En este sentido, el DF de 2010 fue inusual, ya que existió un evento de DF previo, en invierno 2008, y un evento posterior de gran intensidad en invierno 2011 (Chávez *et al.* 2019). La prolongación de un año en reptiles podría explicar la riqueza en otoño 2009 que, a pesar de encontrarse previo al evento del desierto florido 2010, tuvo valores similares a otoño 2011, probablemente debido al evento de invierno de 2008, al cual todavía estaría respondiendo favorablemente.

Se observaron cambios (con muy alta variación) en las abundancias por hábitat para todos los reptiles, además la estación con máxima abundancia coincide con la estación con mayor diversificación en el uso de hábitat. Destaca, además, la ocupación de dos nuevos hábitats durante el periodo de respuesta positiva al evento de desierto florido: humedal y herbazal. Este cambio en herbazal se explica debido a que permaneció en latencia en 2009, mientras que, durante el máximo del DF la superficie con cobertura vegetal aumentó entre 4 y 16 veces (dependiendo del índice en consideración, ver Apéndice), ofreciendo una mayor disponibilidad de recursos. Las especies de reptiles más frecuentes y abundantes en herbazal fueron *Liolaemus atacamensis* y *L. nigromaculatus*, aunque no simultáneamente, seguida de *Callopistes maculatus*. No sólo en herbazal se observa un desfase en su uso, también en matorral arborescente y con suculentas, lo que sugiere una

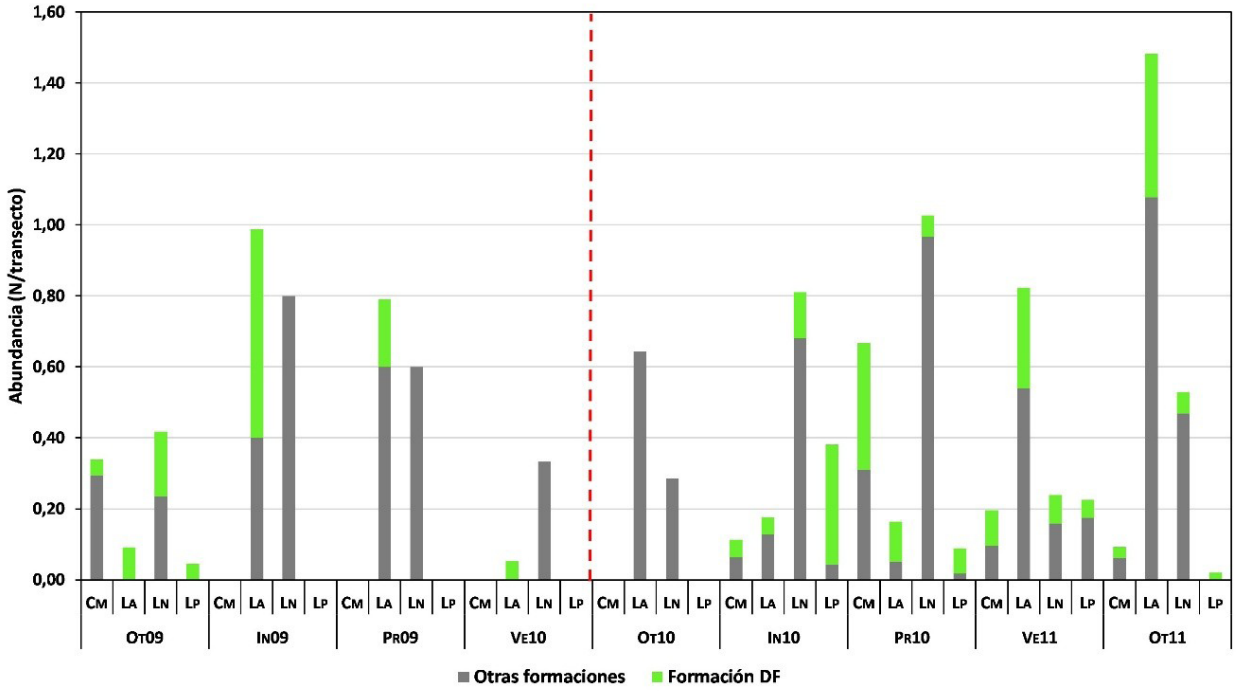

Figura 3. Abundancia de reptiles por presencia en formación de desierto florido (DF); desierto florido en línea roja, CM: *Callopistes maculatus*, LA: *Liolaemus atacamensis*, LN: *Liolaemus nigromaculatus*; LP: *Liolaemus platei*.

utilización diferenciada de los distintos recursos que los hábitats proveen durante la evolución del desierto florido. Se debe considerar que, si bien el máximo de floración ocurre a los dos meses para la mayoría de las especies, algunas especies anuales y geófitas continúan floreciendo hasta cinco meses después (Vidiella *et al.* 1999). Por otra parte, el humedal sólo fue ocupado por *C. maculatus* en las estaciones de primavera 2010 y verano 2011. Este tipo de humedal corresponde a una vega preandina a 1.845 m s.n.m., con gran diversidad de insectos y aves, además de ser un punto de reproducción del anfibio *Rhinella* sp. (Fitzinger 1826). Posiblemente, la gran diversidad de potenciales presas, como los tenebriónidos, en particular del género *Gyriosomus,* con alta abundancia en periodos del desierto florido (Vidal *et al*. 2011), haya contribuido al uso de este hábitat por *C. maculatus*.

Finalmente, al analizar la riqueza y abundancia de reptiles en formaciones de desierto florido versus otras formaciones, se observa una marcada diferencia en la preferencia del tipo de formación. Destaca la marcada preferencia de *L. nigromaculatus* a formaciones de desierto florido durante todo el periodo de muestreo, mientras que *L. platei* pareciera hacer justo lo contrario. La diferenciación de uso de hábitats y su asociación con las formaciones del DF en reptiles sugieren un nicho distinto para todas las especies, debido, posiblemente, a la ventaja diferenciada que cada especie puede obtener de la evolución del desierto florido debido a su biología reproductiva, su tipo de dieta e interacciones con competidores y depredadores (Meserve *et al.* 1995; Holmgren *et al.* 2006).

Este estudio aporta con antecedentes inéditos sobre la respuesta de reptiles a eventos de ENSO, y se requieren de otros muestreos y análisis de mediano a largo plazo (uno a dos años pre y post evento), para tener una visión más completa de la relación de este grupo de vertebrados con la ocurrencia de estos eventos climáticos, los que pareciera ocurrirán cada vez más frecuentemente.

Agradecimientos

A la Gerencia de Medio Ambiente de la Compañía Minera Cerro Casale, de Barrick Gold y a MWH Chile, por su apoyo logístico, durante la realización de la línea base del Proyecto Casale. Además, se agradece a todos los integrantes de Cedrem Consultores que participaron en los muestreos en terreno, y a quienes colaboraron activamente en este trabajo: María Paz Cárdenas, Jessica Labarca, Tomás Lizama, Claudia Márquez y Fernanda Norambuena. A Héctor Jiménez, por las facilidades otorgadas para

la realización de esta publicación. Al SAG, por los permisos de captura otorgados mediante Resolución Exenta N°7105/2008 con sus modificaciones N°8388/2009, 4018/2010 y 1353/2011. A Juan Luis Allendes y Víctor Bravo, por su apoyo estadístico. A un revisor anónimo, por sus sugerencias que ayudaron a mejorar notoriamente este artículo.

Literatura citada

Armesto J., P. Vidiella & J. Gutiérrez. 1993. Plant communities of the fog-free coastal desert of Chile: plant strategies in a fluctuating environment. *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 271-282.

Chávez Ro, A. Moreira-Muñoz, M. Galleguillos, M. Olea, J. Aguayo, A. Latín, I. Aguilera-Betti, A. Muñoz & H. Manríquez. 2019. GIMMS NDVI time series reveal the extent, duration, and intensity of "blooming desert" events in the hyper-arid Atacama Desert, Nothern Chile. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 76: 193-203.

Compañía Minera Cerro Casale. 2011. Optimización Proyecto Minero Cerro Casale. URL: *http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=5854754.* Accedido en Diciembre 12, 2019.

Crump M. & N. Scott. 1994. Standard techniques for inventorying and monitoring – Visual encounter surveys. En: Heyer, W.R., Donnelly, M.A., McDiarmid, R.W., Hayek, L.C., Foster, M.S. (Eds.) Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians: 84-92. Smithsonian Institution Press, Washington, EE.UU.

De La Maza M. & C. Bonacic (Eds.) 2014. Manual para el monitoreo de fauna silvestre en Chile. Santiago, Chile: Ediciones UC.

DGA. 2019. Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea. URL: http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes. Accedido en Noviembre 6 y Diciembre 23, 2019.

ESRI. 2015. ArcGIS Desktop: Release 10.3. Environmental Systems Research Institute. Redlands, California, USA. URL: https://www.esri.com/es-es/home.

Gutiérrez J. 2008. El desierto florido en la Región de Atacama. En: Squeo, F.A., Arancio, G., Gutiérrez, J. (Eds) Libro rojo de a flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación, Región de Atacama: 285-290. Edición Universidad de La Serena, La Serena, Chile.

He B., L. Huang, J. Liu, H. Wang, A. Lü, W Jiang & Z. Chen. 2017. The observed cooling effect of desert blooms based on high-resolution Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer products. *Earth and Space Science* 4: 247-256.

Holmgren M., P. Stapp, Cr Dickman, C. Gracia, S. Graham, Jr Gutiérrez, C. Hice, F. Jaksic, Da Kelt, M. Letnic, M. Lima, Bc López, Pl Meserve, Wb Milstead, Ga Polis, Ma Previtali, M. Richter, S. Sabaté & Fa Squeo. 2006. A synthesis of ENSO effects on drylands in Australia, North America and South America. *Advances in Geosciences* 6: 69-72.

Jaeger R.G. (1994) Standard techniques for inventorying and monitoring – Transect sampling: 103-106. En: Heyer, W.R., Donnelly, M.A., McDiarmid, R.W., Hayek, L.C., Foster, M.S. (Eds.) Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians: 84-92. Smithsonian Institution Press, Washington, EE.UU.

Jaksic F.M. (2001) Ecological effects of El Niño in terrestrial ecosystems of western South America. *Ecography* 24: 241-250.

Lima M. P. Marquet & F.M. Jaksic. 1999. El niño events, precipitation patterns, and rodents outbreaks are statistically associated in semiarid Chile. *Ecography* 22: 213-218.

Luebert F. & P. Pliscoff. 2017. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago, Chile: Universitaria.

Mateucci D. & A. Colma. 1982. Metodología Para El Estudio De La Vegetación. OEA, Monografía Científica # 22, Washington. EE.UU. 168+VI pp.

Mella J. (2017) Guía de campo Reptiles de Chile. Tomo 2: Zona norte. Peñaloza (ed.). Santiago, Chile. 316 + XVI pp.

Qgis Developmen Team. 2019. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. URL: http://qgis.osgeo.org.

Squeo F.A., G. Arancio, J. Gutiérrez, L. Letelier, M.T.K. Arroyo, P. León-Lobos & L. Rentería-Arrieta. 2008A. Flora Amenazada de la Región de Atacama y Estrategias para su Conservación. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. viii + 72 pp.

Squeo F.A., L. Letelier, R.A. Estevez, L.A Cavieres, M. Mihoc, D. López & G. Arancio. 2008b. Definición de los sitios prioritarios para la conservación de la flora nativa de la Región de Atacama. En: Squeo, F.A., Arancio, G., Gutiérrez, J. (Eds). Libro rojo de a flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación, Región de Atacama: 137-163. Edición Universidad de La Serena, La Serena, Chile.

Vidal M.A., J. Pizarro-Araya, V. Jerez & J.C. Ortiz (2011) Daily activity and thermoregulation in predator-prey interaction during the Flowering Desert in Chile. *Journal of Arid Environments* 75: 802-808.

Vidiella, P.E., J.J. Armesto & J.R. Guitiérrez. 1999. Vegetation changes and sequential flowering after rain in the southern Atacama Desert. Journal of Arid Environments, 43: 449-458

USGS. 2019. EarthExplorer. URL: https://earthexplorer.usgs.gov/. Accedido en Noviembre 13, 2019.

APÉNDICE I

Dependiendo de la presencia o ausencia de desierto florido, una misma unidad cartográfica, ya sea de área desprovista de vegetación (ADV) y/o herbazal, pudo variar no sólo en cobertura, sino que también en la descripción del hábitat. Es decir, algunos herbazales aparentaban ser ADV durante los años con ausencia de desierto florido y sólo fueron reconocidos como tal en su presencia.

Mediante los valores promedio de EVI y NDVI para cada polígono de ambos hábitats se definieron umbrales de floración con valores 0,06 en EVI y 0,09 en NDVI utilizando la herramienta Estadísticas de zona en QGIS (QGIS Development Team 2019). Ambos índices utilizados con éxito para detectar florecimiento en desierto florido para la región de Atacama en He *et al.* (2017) y Chávez *et al.* (2019), sin embargo, los umbrales utilizados no se ajustaron al área de estudio, probablemente por la escala utilizada en ambas publicaciones (varias regiones) y debido a que el área de estudio no se ubica en la zona de máxima expresión de floración (observación de los resultados de Chávez *et al.* 2019).

En la Figura 4 se observa que los índices EVI y NDVI se comportaron de modo similar para todas las campañas,

asimismo la superficie de muestreo de ADV y herbazal coinciden en gran medida con los índices para el año de desierto florido, mayor expresión de la vegetación durante el muestreo. En el año 2009 la superficie de herbazal fue menor que 315 Ha para ambos índices mientras ADV fue mayor a 11.000 Ha, luego, durante el desierto florido en 2010, la superficie de herbazal aumentó aproximadamente en 1.000 Ha, disminuyendo el ADV en el mismo orden; finalmente, en el año 2011 la situación se revierte, aunque los valores de herbazal son aún más bajos que en 2009. Las diferencias entre los años sin desierto florido posiblemente se deban a las fechas de las imágenes utilizadas en el análisis, primavera en 2009 y otoño en 2011, sin embargo, estas diferencias no son relevantes al momento de esbozar el comportamiento de ambos ambientes en presencia y ausencia del fenómeno del desierto florido.

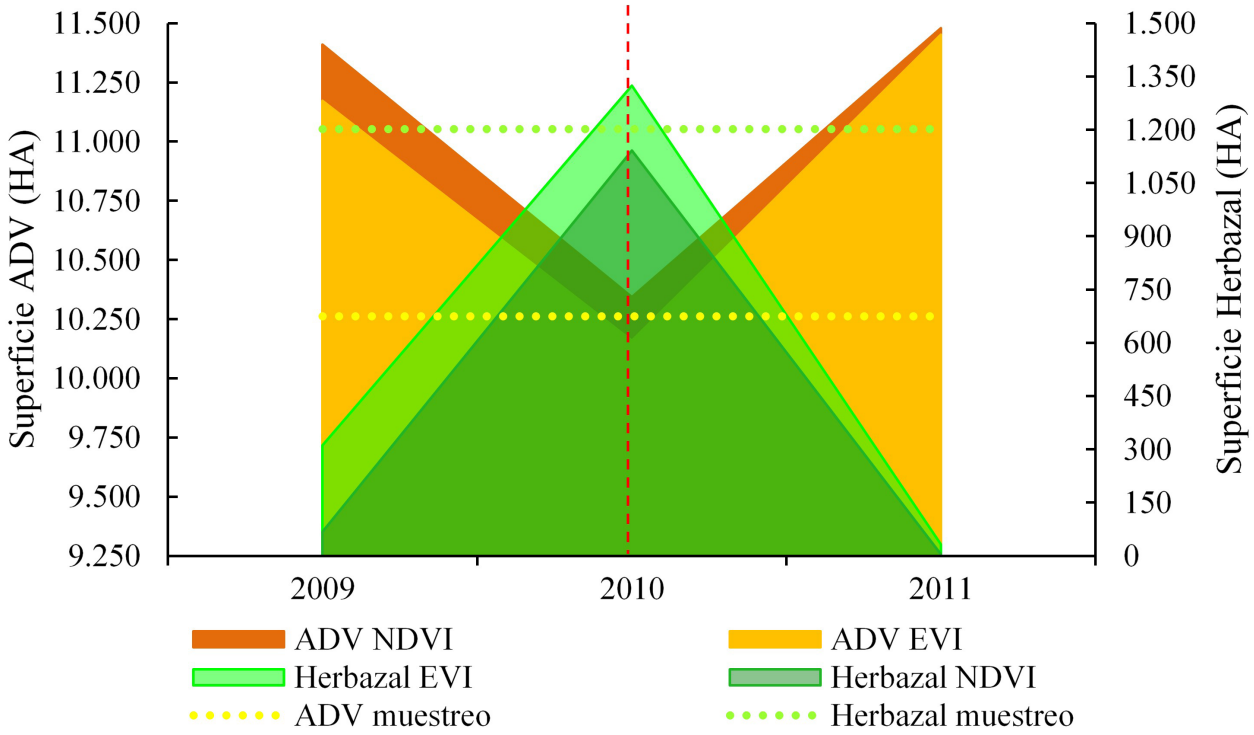

Figura 4. Superficie de los hábitats área desprovista de vegetación (ADV) y herbazal disponible por año según muestreo, EVI y NDVI (desierto florido en línea roja)

© 2026 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/